

HANNU HAAPALA TIMO LÖTJÖNEN HANNU MIKKOLA JANI AHO  
HENRIK SARIN TAPANI KIVINEN TUIJA ALAKOMI

# **VILJASADON KORJUU- JA VARASTOINTI**

**GRAIN HARVESTING AND STORAGE**



**VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUS 78**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

VIHTI 2001

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**  
Agricultural Research Centre of Finland

**VAKOLA**

Maatalousteknologian tutkimuslaitos

Institute of Agricultural Engineering

Osoite  
Vakolantie 55  
03400 VIHTI

Puhelin  
(09) 224 251  
Telekopio  
(09) 224 6210

Address  
Vakolantie 55  
FIN-03400 VIHTI  
FINLAND

Telephone int.  
+358 9 224 251  
Telefax int.  
+358 9 224 6210

HANNU HAAPALA TIMO LÖTJÖNEN HANNU MIKKOLA JANI AHO  
HENRIK SARIN TAPANI KIVINEN TUIJA ALAKOMI

**VILJASADON KORJUU- JA VARASTOINTI**  
**GRAIN HARVESTING AND STORAGE**

**VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUS 78**

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

**VIHTI 2001**

# SISÄLLYSLUETTELO

## Kuvailulehdet

Esisanat .....	7
1 Johdanto .....	8
2 Suomalainen vilja .....	9
2.1 Viljasadot ja viljan käyttö .....	9
2.2 Viljan laatu .....	10
2.2.1 Kauppavilja .....	11
2.2.2 Vilja omassa käytössä, tilojen välinen kauppa .....	12
2.3 Viljan hinta .....	13
3 Viljan käsittely ennen varastointia .....	15
3.1 Kuivaus .....	15
3.2 Tuoresäilöntä .....	15
3.2.1 Jyvässäilönnän työketju .....	15
3.2.2 Murskesäilönnän työketju .....	16
3.2.3 Ilmativiin säilönnän työketju .....	17
4 Tutkimusmenetelmän valinta .....	18
4.1 Systemianalyysi ja simulointi .....	18
4.2 Mallinnohjelmit ja laitteisto .....	20
5 Mallin rakentaminen ja lähtötietojen keruu .....	22
5.1 Viljasadon muodostuminen .....	23
5.2 Leikkuupuinti .....	25
5.3 Viljan kuljetus .....	26
5.4 Viljan käsittely ja varastointi .....	26
5.5 Korjuukustannusten laskentaperusteet .....	28
5.5.1 Kiinteiden kustannusten poisto ja korko .....	28
5.5.2 Työkustannus, poltto- ja voiteluaineet, sähkö .....	29
5.5.3 Leikkuupuinnin kustannukset .....	29
5.5.4 Lämminilmakuivauksen kustannukset .....	30
5.5.5 Kylmäilmakuivauksen kustannukset .....	31
5.5.6 Traktoreista aiheutuvat kustannukset .....	32
5.5.7 Perävaunuista aiheutuvat kustannukset .....	32
5.5.8 Tuoresäilönnän kustannukset .....	33
5.5.9 Ajallisuuskustannus .....	34
5.5.10 Yksikkökustannus .....	34
5.6 Mallin toiminnan testaus (validointi) .....	34
6 Korjuu- ja varastointikustannusten simulointi .....	35



7	Simulointien tulokset ja tulosten tarkastelu .....	36
7.1	Korjuu- ja varastointikustannus p/kg .....	36
7.2	Korjuu- ja varastointikustannuksen herkkyys .....	41
7.3	Työnmenekit .....	42
8	Koerakentaminen .....	44
8.1	Kylmäilmakuivuri .....	44
8.1.1	Suunnittelu .....	44
8.1.2	Kylmäilmakuivurin perustus ja kantavat rakenteet .....	44
8.1.3	Laarien mitoitus ja rakenne, puhaltimet .....	44
8.1.4	Kustannusarvio .....	45
8.1.5	Käyttökokemuksia .....	45
8.2	Lämminilmakuivuri .....	45
8.2.1	Suunnittelu .....	46
9	Johtopäätökset .....	46
	Kirjallisuus: .....	51
	Liitteet .....	55 - 64

Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri)		Julkaisun laji	
Hannu Haapala, Timo Lötjönen, Hannu Mikkola, Jani Aho Henrik Sarin, Tapani Kivinen, Tuija Alakomi		Tutkimusselostus	
		Toimeksiantaja	
		Toimielimen asettamispyvm	
Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)			
Viljasadon korjuu- ja varastointi. Skörd och lagring av spannmål			
Julkaisun osat			
Tiivistelmä			
<p>Viljan tuottajahinta on Suomessa laskenut puoleen tai jopa neljäsosaan siitä, mitä se oli ennen Suomen liittymistä Euroopan Unioniin. Tuottajien tulonmenetyksiä on kompensoitu tuilla, mutta myös kustannuksia pitäisi karsia tuotantoa tehostamalla. Tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin selvittää, onko mahdollisuuksia alentaa viljan korjuu- ja varastointikustannuksia 25 %:lla eli keskimäärin 10 pennillä kilo kohden. Kustannussäästön pitäisi toteutua kymmenen vuoden kuluessa.</p> <p>Tärkeimmät tutkimusmenetelmät olivat mallintaminen ja simulointi. Tutkimuksen aikana rakennettu dynaaminen simulointimalli kattaa puinnin, kuljetuksen, kuivauksen tai muun käsittelyn sekä varastoinnin. Kuivaus voi olla lämmin- tai kylmäilma-kuivaus ja mahdollisia tuoresäilöntämenetelmiä ovat jyväsäilöntä, murskesäilöntä ja ilmatiivis säilöntä. Pellon määrää, koneiden kapasiteettia ja ikää, koneketjuja, hintoja, sadon määrää, puintikosteutta, säätä, käytettävissä olevan työvoiman määrää ym. tuotantokustannukseen vaikuttavia tekijöitä voidaan muuttaa varsin vapaasti ja niitä yhdistelemällä saadaan haluttaessa aikaan lukematon määrä erilaisia yhdistelmiä. Koska kaikkia mahdollisuuksia ei ollut tarkoituksenmukaista simuloida, valittiin neljä tilakokoa, niille järkevät koneketjut ja sen jälkeen verrattiin simuloimalla eri kuivaus- ja tuoresäilöntämenetelmiä ja niiden yhdistelmiä.</p> <p>Jo malli sinänsä on arvokas tutkimustulos. Sen avulla voidaan monipuolisesti tutkia esimerkiksi korjuuketjun pullonkaulatöitä, työn ja kapasiteetin tarvetta sekä kustannuksia. Korjuuketjun herkkyys muuttujien arvojen muutoksille saadaan myös selville. Taulukkolaskentaohjelma on simulointiohjelmistoon verrattuna kömpelö työväline ja sillä on vaikea tutkia nopeasti muuttuvien tekijöiden, kuten sään vaikutusta lopputuloksiin. Mallia voidaan kehittää edelleen kohti realistista tilatason suunnitteluvälinettä, jos siihen lisätään paikkatiedon käyttömahdollisuus. Tällöin päästään simuloimaan vaikkapa tietyllä etäisyydellä olevan vuokrapellon vaikutus korjuukustannukseen ja kapasiteetin tarpeeseen.</p> <p>Simulointitulosten mukaan viljan korjuu on erittäin kallista pienillä, noin 30 hehtaarin tiloilla, jos käytetään omaa puimuria ja kuivuria. Korjuu maksaa enemmän kuin viljasta saadaan myytäessä. Jos kalusto on omaa, tuotanto voi perustua vain poistoikäisen kaluston käyttöön. Puinnin ja kuivauksen teettäminen vuokratyönä alentaisi kustannuksen puoleen. Surempien 70, 120 ja 200 hehtaarin tilojen korjuukustannuksissa ei ole suuriakaan eroja, koska koneiden kapasiteetti saadaan käytettyä paremmin hyväksi. Vuokrapuimurin käyttö näyttäisi olevan kannattavaa aina 120 hehtaarin alaan saakka.</p> <p>Simuloinnin perusteella puskurikuivurin rakentaminen vanhan lämminilmakuivurin kapasiteetin lisäämiseksi voi olla kannattavaa, mutta uudesta kuivurista kannattaa tehdä niin tehokas, että sen kapasiteetti riittää yksinään. Kylmäilmakuivaus kannattaa pienillä tiloilla, mutta ei suurilla. Jyvä- ja murskesäilöntä oli likimain yhtä kallista kuin lämminilmakuivaus, jos samalla ei hyödynnetty tehokkaana vuokrapuimurin käyttöä ja mahdollisuutta korjata viljaa myös tuleentumattomana. Simulointien jälkeen öljyn hinta on tosin noussut jyrkästi ja jyväsäilöntään käytettävän hapon hinta on laskenut, joten jyväsäilöntä on halventunut lämminilmakuivaukseen nähden. Ilmatiivis säilöntä oli mallissa noin 10 penniä edullisempaa kuin muut säilöntämuodot, kun siilo rakennettiin käytetyistä elementeistä.</p> <p>Tutkimuksen aikana suunniteltiin koerakennuskohteina ajonkestävä, monikäyttöinen kylmäilmakuivuri sekä lämminilmakuivuri. Kylmäilmakuivurin rakennushanke on raportoitu Vakolan rakennusratkaisuja -sarjassa numerolla 8/2000.</p>			
Avainsanat (asiasanat)			
viljankorjuu, puinti, kuivaus, tuoresäilöntä, varastointi, kustannukset			
Muut tiedot			
Saatavana:	Maatalouden tutkimuskeskus Maatalousteknologian tutkimus Vakola	Puhelin	(09) 224 521
		Telekopio	(09) 224 6210
Sarjan nimi ja numero	Vakolan tutkimusselostus 78	ISSN	0782-0054
		ISBN	
Kokonaissivumäärä	Kieli Tiivist. englanti	Hinta	Luottamuksellisuus Julkinen

Authors (if organ: name of organ, chairman, secretary)  Hannu Haapala, Timo Lötjönen, Hannu Mikkola, Jani Aho, Henrik Sarin, Tapani Kivinen, Tuija Alakomi	Type of publication Study report	
	Comissioned by	
	Date of setting up organ	
English and Swedish title of publication Grain harvesting and storage, Skörd och lagring av spannmål		
Parts of publication		
Abstract <p>In Finland, the producer prices of cereals have gone down to half or even to a quarter compared with the prices before Finland had joined the European Union. The income losses of farmers have been compensated with subsidies, but the production should nevertheless be rationalized in order to cut the production costs. The target of this research project was to find out if it is possible to cut down harvesting and storage costs of cereals with 25 % or 10 pennies (0.1 FIM) per kilogram. The cost savings should be realized in ten years.</p> <p>Modelling and simulation were the most important research methods used. The dynamic simulation model built up in the project covers harvesting, transportation, drying or some other treatment, and storage. Drying may be carried out with cool or hot air and the possible fresh preservation methods are preservation of whole grains with propionic acid, ensiling of crushed grains and airtight storage. The field area, the capacity and the age of machines, machine chains, prices, grain yields, the moisture content of the grain, weather, available labour and other factors which have an affect on the production costs can be varied freely and an innumerable number of combinations of these factors can be made if wanted. Four farm sizes (30, 70, 110 and 200 ha) were selected and provided with sensible machine chains, because all combinations could not be simulated. After that, different drying and fresh preservation methods and their combinations were compared by simulating.</p> <p>The model itself is a valuable result of the research work. It can be used in many ways to survey the bottle neck operations of the harvesting chain, the need of work, the need of capacity and the production costs. Sensitivity analysis can be used to find out the factors which have the greatest impact on the production costs. A spreadsheet is a clumsy tool compared with the simulation program and a spreadsheet is difficult to use to examine the impact of fast varying factors, as weather. The model can be developed further so that it is, for instance, possible to simulate the effect of a rented field block at a certain distance on the harvesting costs and the need of capacity.</p> <p>According to the simulations, harvesting of grain is very expensive on small 30 ha farms if the farmer owns the combine harvester and the grain dryer. The harvesting costs are bigger than the price of the grain. When the farmer owns the equipment, the production can be based only on fully depreciated machines. Use of contractors for combine harvesting and grain drying would cut the costs to half. There are no big differences in the harvesting costs of larger 70, 120 and 200 ha farms, because the capacity of the machines can be utilized better on these farms. Use of contractors for combine harvesting seems to be economic on farms up to 120 ha.</p> <p>On the basis of the simulations it may be economic to built a buffer dryer to increase the capacity of an old hot air grain dryer but when a new dryer is built, it should be so effective that it has enough capacity itself. On-floor grain dryers are economic on small farms but not on big farms. Preservation with propionic acid and ensiling of crushed grains was nearly as expensive as drying with hot air, if an effective contractor for combining and the possibility to harvest immature grain was not used. After the simulations were made, the oil price has increased and the price of the acid used for grain preservation has decreased, so fresh preservation has become cheaper compared with hot air drying. Airtight preservation was about 10 pennies per kilogram cheaper than the other preservation methods if the silo was made of second-hand elements.</p> <p>A drive-in multipurpose on-floor grain dryer and a hot air grain dryer were planned as experiment construction projects during the research. The on-floor grain dryer project has been reported in the series of Vakolan rakennusratkaisuja (Vakola Construction Plans), number 8/2000.</p>		
Key words grain harvesting, combine harvesting, drying, preservation, storage, production costs		
Additional information Available at from the Institute of Agricultural Engineering (MTT/Vakola) Phone +358 0 224 521 Fax +358 0 224 6210		
Name of series, number Vakolan tutkimusselostus 78	ISSN 0782-0054	ISBN
Pages	Language Finnish, tables and figures: English, Summaries: English	
Sold by MTT/Vakola, Vakolantie 55, FIN 03400 VIHTI, FINLAND	Price FIM	

## Esisanat

Suomen liittyminen Euroopan Unioniin on muuttanut viljanviljelijän taloudellisen toimintaympäristön aivan toiseksi kuin se oli ennen Unioniin liittymistä. Ennen viljanviljelijän tulojen kasvu muun väestön tahdissa turvattiin maataloustulolailla korottamalla viljan tuottajahintoja. Nyt viljan markkinahinta seuraa melko tarkoin hallinnollista interventiohintaa, joka on huomattavan alhainen aiempaan hintaan verrattuna. Tulojen laskua on kompensoitu erilaisilla tuilla, mutta viljelijöiden odotetaan myös tehostavan tuotantoaan niin, että osa tulonmenetyksestä korvautuisi tuotantokustannusten alenemisen kautta. Koska tuotantopanosten hinnat eivät ole laskeneet, kustannuksia pitäisi alentaa nimenomaan tuotantoa tehostamalla.

Tämän maatilatalouden kehittämisrahaston rahoittaman tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin selvittää mahdollisuuksia alentaa viljan korjuu- ja varastointikustannuksia 25 %:lla eli keskimäärin 10 pennillä kiloa kohden (vrt. Aaltonen et al. 1999). Kustannussäästöön pitäisi toteutua kymmenen vuoden kuluessa. Tutkimuksen kohteeksi valittiin korjuu, koska perinteisen viljanviljelyketjun kalleimmat tuotantovälineet ovat leikkuupuimuri ja kuivuri. Säästöä kannattaa etsiä sieltä, missä kustannukset ovat suurimmat. Toisaalta ei ole unohdettu sitä, että pienistä säästöistä useammassa tuotantoketjun kohdassa voi myös kertyä nuo tavoitteena olevat 10 p/kg.

Tutkimus on tehty ryhmätyönä, jonka aikaa vievin osa oli viljankorjuun simulointimallin lähtötietojen keruu ja itse mallin rakentaminen. Tutkimusryhmää on johtanut Hannu Haapala. Mallin rakentamiseen ovat osallistuneet Timo Lötjönen, Jani Aho ja Hannu Mikkola. Yhtenä tutkimuskeinona on käytetty koerakentamista, jonka tuloksena on suunniteltu kaksi kuivuria ja näistä toinen on myös rakennettu. Koerakennusten suunnittelusta ovat vastanneet Henrik Sarin, Tuija Alakomi ja Tapani Kivinen.

Tämän raportin kirjoittamiseen ovat osallistuneet Hannu Haapala, Timo Lötjönen, Hannu Mikkola, Jani Aho, Henrik Sarin ja Tuija Alakomi. Hannu Haapala vastaa raportin sisällöstä ja on kirjoittanut Jani Ahon kanssa kappaleen tutkimusmenetelmän valinta. Timo Lötjönen on kirjoittanut kappaleesta mallin rakentaminen ja lähtötietojen keruu osat 7.1 - 7.4 sekä 7.6, kappaleen korjuu- ja varastointikustannusten simulointi, kappaleen simulointien tulokset ja tulosten tarkastelu. Hannu Mikkola on kirjoittanut kappaleet viljan hinta, viljan laatu, viljasadot ja viljan käyttö, viljan käsittely ennen varastointia, koerakentaminen sekä kappaleesta mallin rakentaminen ja lähtötietojen keruuosan 7.5. Henrik Sarin ja Tuija Alakomi ovat kirjoittaneet koerakennuskohteista. Kaikki kirjoittajat ovat osallistuneet kappaleen johtopäätökset kirjoittamiseen.

Tutkimusryhmä kiittää Maatilatalouden kehittämisrahastoa merkittävästä rahallisesta tuesta, joka on mahdollistanut tutkimuksen tekemisen. Ryhmä kiittää myös tutkimuksen valvojakuntaa aidosta kiinnostuksesta käyttämiimme tutkimusmenetelmiin ja niillä saatuihin tuloksiin. Maanviljelijä Kalevi Pelanteri Lapualta ansaitsee kiitoksen ripeästä toiminnasta kuivurin rakentajana kesällä 1999.

Vihdissä 1.2.2001

Hannu Haapala  
MMT, tutkimusryhmän johtaja

## 1 JOHDANTO

Viljantuotannon jatkaminen edellyttää tervettä taloudellista pohjaa. Tuotantoprosessi on pystyttävä sopeuttamaan muuttuneeseen taloudelliseen tilanteeseen. Teknologian tarkka mitoitus ja järkevät, paikallisiin oloihin sovitettut ratkaisut antavat perustan taloudelliselle tuotannolle. On toisin sanoen tehtävä strategisesti perusteltuja tilakohtaisia teknologisia valintoja ja valittuja teknologioita on osattava käyttää oikein.

Tutkimuksellisesti tämä merkitsee sitä, että on kyseenalaistettava sekä perusvalinnat että valittujen teknologioiden käyttötapa. On pystyttävä pureutumaan tilakohtaiseen tilanteeseen, johon yleiset patenttiratkaisut eivät päde. Nyt onkin tärkeää kehittää toimivia menetelmiä tilatason teknologiavalintaan.

Viljantuotannon taloudelliset edellytykset ovat viime aikoina merkittävästi heikentyneet. Näyttää siltä, että viljan tuottajahinta on pudonnut pysyvästi alle tuotantokustannusten. Kaikki tuet huomioon ottaen, ja useissa tapauksissa vanhoja pääomia kuluttaen, viljely on kuitenkin toistaiseksi mahdollista. Ennen Agenda-ratkaisua viljasta saatu hinta riitti parhailla tiloilla peittämään viljelyn muuttuvat kustannukset, mutta Agendan jälkeen tukea on käytettävä myös muuttuvien kustannusten kattamiseen, vertaa Ala-Mantila & Riepponen (1998). Kannattavuuden heikkenemisestä huolimatta yleinen käsitys on, että viljanviljelyä tulee Suomessa jatkaa. Tietty omavaraisuusaste halutaan säilyttää ja epäsuoraa viljanviljelytarvetta aiheuttavat viljelykiertoihin ja ympäristönsuojeluun liittyvät seikat - esimerkiksi karjanlanta on voitava sijoittaa jonnekin.

Viljasadon korjuu ja kuivaus ovat viljelyketjun kalleimmat yksittäiset vaiheet. Aaltonen et al. (1999) ovat laskeneet, että vuonna 1997 keskimääräinen puintikustannus oli 12,4 p/kg ja kuivauskustannus 21,0 p/kg. Jollei kustannuksia onnistuta alentamaan, viljanviljely nykymuodossaan on taloudellisesti kannattamatonta tuetkin huomioon ottaen. Lyhyestä korjuukaudesta johtuen kapasiteettia tarvitaan paljon ja sen käyttöaika on lyhyt. Siksi kiinteiden kustannusten merkitys on keskeinen (Klemola & Pirilä 1999). Esimerkiksi puintikustannuksesta niiden osuus oli Aaltosen et al. (1999) mukaan 62 % ja kuivauskustannuksesta 71 %.

Tuotannon laajentaminen on nähty ehkä tärkeimpänä keinona alentaa kiinteitä kustannuksia. Osa tiloista lopettaa tuotannon ja jatkaville tarjoutuu mahdollisuus laajentaa vuokraamalla tai ostamalla lisää peltoa. Tilojen verkottuminen ja yhteistoiminta olisi toisaalta ratkaisu, jolla pienemmätkin tilat voisivat hyödyntää uutta tehokasta kalustoa ja alentaa kiinteitä kustannuksiaan. Näin taattaisiin riittävän ja ammattitaitoisen työvoimareservin säilyminen maatalouden piirissä. Työvoimaa on vaikeaa saada sesonkiluonteisiin töihin ja ammattitaidottoman tilapäistyövoiman käyttö kiireisessä sadonkorjuussa johtaa helposti taloudellisiin vahinkoihin ja työtapaturmien lisääntymiseen. Nykytekniikka on osin niin kehittynyttä, että ammattitaidoton henkilö ei suoriudu sen käytöstä.

Viljamarkkinat on opittu ymmärtämään vain kuivatun viljan kauppana. Yli puolet viljasadosta käytetään kuitenkin rehuna ja huomattava osa tästä viljasta voitaisiin säilöä tuoresäilöntämenetelmiä käyttäen. Tuoresäilöntä on mielenkiintoinen vaihtoehto, koska viljaa voidaan korjata heti keltatuleentumisesta lähtien ja huonommalla säällä kuin kuivattavaksi aiottua viljaa. Leikkuupuumuria voidaan tällöin käyttää pitemmällä jaksolla ja tuoresäilönnän vastaanottokapasiteetti saadaan vastaamaan puintikapasiteettia ilman suuria kustannuksia. Viljan viljely ja säilöminen tuoreena rehuksi saattaisi olla jopa kilpailukykyinen vaihtoehto leipäviljan tuottamiselle, koska rehuviljan ja muuhun käyttöön menevän viljan hintaero on selvästi supistunut siitä, mitä se oli ennen EU:iin liittymistä.



Kannattavan viljantuotannon edellytykset ovat täysin muuttuneet siirryttäessä maataloustulolailta ohjatusta hintajärjestelmästä EU:n hintajärjestelmään, jossa myyntitulojen osuus viljanviljelijän maataloudesta saamista tuloista on supistunut puoleen tai jopa alle sen. Muutos on niin suuri, että saattaa olla edelleenkin vaikeaa hahmottaa, mikä on tuotannon järkevä kustannustaso ja mitkä tekijät siihen eniten vaikuttavat. Esimerkiksi laadun merkitystä korostetaan, mutta on aiheellista kysyä, miten paljon viljelijät ovat valmiita siihen panostamaan ottaen lisähinnat huomioon.

Viljan hinnan laskun ja tuen suuren osuuden vuoksi satovaihteluilla ja huonosta säästä johtuvilla korjuutappioilla ei ole enää niin suurta merkitystä kuin ennen. Siksi korjuukapasiteettia ei ehkä kannata mitoittaa pahimman vaan enintään keskimääräisen sään mukaan. Lisäkapasiteetin osto vuokraamalla voi olla edullisempaa kuin oman hankkiminen ja pelkästään omaan käyttöön tulevien koneiden hankkimista kannattaa harkita entistä tarkempaan. Koneiden taloudellinen käyttöikä suhteessa niiden luotettavuuteen ja huoltokustannuksiin pitää sovittaa vallitsevien talouden raamien sisään.

Tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin selvittää, voidaanko viljan korjuu- ja varastointikustannuksia alentaa 25 %:lla eli keskimäärin 10 pennillä kiloa kohden (vrt. Aaltonen et al. 1999). Vastausten saaminen pelkästään edellä esitettyihin kysymyksiin on vaikeaa, koska ei ole ollut käytettävissä laskentamallia, joka voitaisiin räätälöidä riittävän yksityiskohtaisesti. Ei myöskään ole olemassa kahta samanlaista tilaa eikä kaikkea voida kokeilla käytännössä. Siksi todettiin tarpeelliseksi luoda matemaattinen malli, jonka avulla voidaan monipuolisesti simuloida erilaisia vaihtoehtoja sekä tuotantotekijöissä tapahtuvien muutosten vaikutuksia. Malli perustuu pääosin jo olemassa olevaan kirjallisuustietoon, mutta sen tekeminen toisaalta paljastaa mahdolliset aukkokohdat tai olemassa olevan tiedon epätarkkuuden. Kolmantena tutkimusmenetelmänä mallintamisen ja kirjallisuustiedon ohella haluttiin käyttää koerakentamista suunnittelusta valmiiseen rakennukseen saakka.

## 2 SUOMALAINEN VILJA

Suomi on maailman pohjoisin valtio, jossa tuotetaan vilja kansakunnan omaan tarpeeseen ja jopa sen yli. Sodan jälkeisenä aikana omaa viljantuotantoa pidettiin välttämättömänä kriisiaikojen ja laaja-alaisten katojen varalta. Suomalainen vilja on laadukasta ja se kelpaa sellaisenaan tai edelleen jalostettuna myös vientiin. Suomen liityttyä Euroopan Unioniin omaa viljantuotantoa pidetään edelleen tarpeellisena, mutta tuotantoedellytykset ovat nyt paljolti riippuvaisia siitä, miten hyvin edustajamme Unionin päättävissä elimissä pystyvät perustelemaan tuotannon tarpeellisuuden pohjoisissa oloissamme. Ehkä kaikkein suurin muutos on viljan hinnan jyrkkä ja nopea lasku, mikä pakottaa miettimään tuotannon perusteet perinpohjaisesti uudelleen.

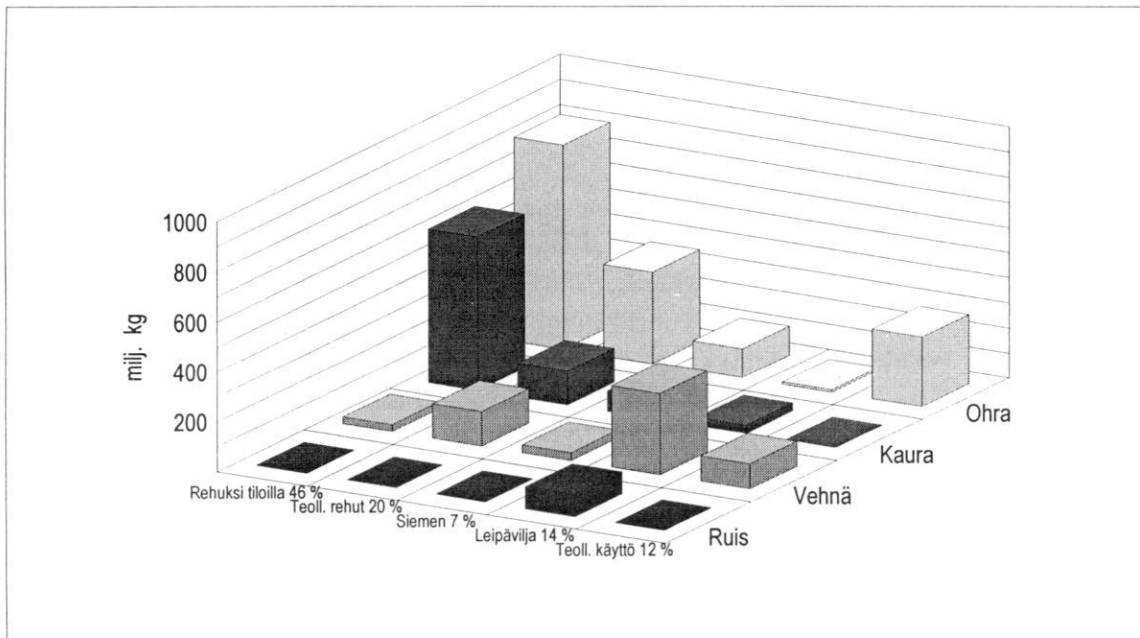
### 2.1 Viljasadot ja viljan käyttö

Suomen pääviljalajit ovat ohra ja kaura (Viljan tuotanto ja kulutus, viljataseet 1986/1987 - 1998/1999). Niiden osuus kokonaissadosta on vaihdellut 90-luvulla 80 - 90 %:iin. Vehnällä on merkitystä maan eteläosissa ja sen taloudellinen merkitys on suurempi kuin pelkkien kilomäärien vertailu antaisi olettaa. Ruis on melko marginaalinen vilja kilomäärien perusteella, mutta kotimaisella rukiilla on oma ohittamaton paikkansa suomalaisten ruokapöydässä. Rukiin ja syysvehnän satovaihtelut ovat suuria (Maatilatilastollinen vuosikirja 1999) ja leipäviljaa joudutaan aika ajoin tuomaan varmuusvarastoinnista huolimatta. Satovaihteluiden syynä ovat kylvöajankohdan vaihtelevat säät ja talvituhot.

Viljasadon kokonaismäärä on pikemmin laskussa kuin nousussa, mihin on ainakin osasyynä vuosikymmenen loppuun sattuneet kaksi katovuotta (Maatilatilastollinen vuosikirja 1999, Tietokappi 1/2000). Se voi olla myös loogista seurausta ympäristömääräysten voimaantulosta ja viljan hinnan laskusta. Maatiloille myytävien kasviravinteiden määrä on vähentynyt selvästi 80-luvun loppuun verrattuna, eikä se voi olla vaikuttamatta sadon määrään (Maatilatilastollinen vuosikirja 1996, Maatilatilastollinen vuosikirja 1999). Lannoitteiden käytölle on nyt selkeät hallinnolliset rajat ja viljan hinnan laskun myötä taloudellinen käyttömäärä on laskenut. Viljan hinnan jatkuva lasku on omiaan laajaperäistämään viljelyä, koska lisäpanoksille ei enää saada katetta.

Kevätviljojen satovaihtelut ovat myös suuria johtuen sekä säästä että viljelyssä olevan peltoalan vaihtelusta. Vuonna 1990 saatiin 90-luvun huippusato 4253 milj. kiloa ja vuonna 1992 huonoin sato 2567 milj. kiloa, joka on vain 60 % parhaasta. Vuonna 1990 satovahinkoala oli 0,5 %, kun vuonna 1992 se oli 11,7 % (Maatilatilastollinen vuosikirja 1996). 90-luvun keskimääräinen viljasato oli 3318 miljoonaa kiloa (Viljan tuotanto ja kulutus, viljataseet 1986/1987 - 1998/1999). Vuosi 1990 osoitti, että kapasiteettia on keskimääräistä paljon suuremmankin sadon korjaamiseen kunhan sää vain suosii.

Suomessa käytettiin viljaa satokaudella 98/99 (heinäkuusta 1998 kesäkuuhun 1999) 3151 miljoonaa kiloa. Koska tuotanto on useamman vuoden jaksolla suurempaa kuin kulutus, viljaa on vietävä ulkomaille. Viljan käyttö (kuva 1) sisältää myös tuontiviljan ja varastoissa tapahtuneen muutoksen. Lähes puolet viljasta menee tiloilla rehuksi ja tämä osuus voitaisiin ainakin loppukäytön puolesta säilöä muulla tavoin kuin kuivaamalla.



**Kuva 1.** Viljan käyttö Suomessa satokaudella 98/99 (Viljan tuotanto ja kulutus, viljatase 1998/1999).

**Figure 1.** Use of cereals in Finland, season 98/99.

## 2.2 Viljan laatu

Viljalle ei ole enää muutama vuoteen ollut yhtenäisiä laatuvaatimuksia kuten oli viljakauppain voimassa ollessa. Viljakauppalaki kumottiin elokuussa 1994 (Laki viljakauppain kumoamisesta, 684/1994) ja samalla kumoutui myös Maa- ja metsätalousministeriön päätös viljan laatuhi-

noittelusta (Maa- ja metsätalousministeriön päätös viljan laatuhinnoittelusta, 973/1991). Laatuvaatimukset ja hinta ovat siten ostajan ja myyjän välinen sopimusasia. Ne määritellään aina tapauskohtaisesti viljan käyttötarkoituksen mukaan.

### 2.2.1 Kauppavilja

Vaikka yhtenäistä laatuohjeistoa ei olekaan, tärkeimpien viljanostajien laatuvaatimukset eivät poikkea kovin paljon toisistaan. Suurimmat erot ovat interventiovarastoon ostettavan viljan ja muiden ostajien laatuvaatimuksissa. Seuraavassa on yhteenveto muun kuin interventioviljan laatuvaatimuksista (Avena Nordic Grain Oy, Raisio Yhtymä, Suomen Rehu Oy).

Viljakaupassa puhutaan nykyäänkin kauppakelpoisuudesta, mikä tarkoittaa lähinnä aistinvaraista laatuarviota. Kauppakelpoisuuden kriteerit ovat:

- vilja on tervettä ja tuleentuneena korjattua,
- vilja on väriltään ja muulta ulkonäöltään sekä maultaan normaalia,
- vilja ei saa olla homeista, nokista eikä tunkkaista,
- viljassa ei saa olla toukkia, ulosteita eikä peitattuja jyviä,
- viljaa ei ole käsitelty glyfosaattivalmisteilla ennen puintia.

Edellä lueteltujen kauppakelpoisuusvaatimusten lisäksi mitataan hintaan vaikuttavia laatutekijöitä (taulukko 1). Nekin voivat pahimmassa tapauksessa osoittaa viljan kauppakelvottomaksi tai ainakin estää viljan käytön aiottuun tarkoitukseen. Viljaa ei yleensä oteta vastaan, jos sen kosteus on yli 14 %. Joissakin tapauksissa viljan ostajalla on kuivuri ja kostean viljan toimittaminen on silloin mahdollista. Kuivauskustannukset vähennetään kuitenkin hinnasta.

**Taulukko 1.** Viljan ostajien (Avena Nordic Grain Oy, Raisio Yhtymä, Suomen Rehu, MMM:n Interventioyksikkö/Komission asetus (ETY) NO689/92) laatuvaatimuksia satovuoden 1999 viljalle.

*Table 1. Quality requirements of the biggest buyers for cereals on season 1999.*

	Ohra Barley	Kaura Oat	Kevätvehnä Spring wheat	Ruis Rye	Mallasohra Malting barley
Vesipitoisuus %, max Moisture content %, max	14,0 - 14,5	14,0 - 14,5	14,0 - 14,5	14,0 - 14,5	14
Hehtolitrainpaino kg/hl, min Volume weight kg/hl, min	62,0 - 65,0	52,0 - 56,0	72,0 - 76,0	68,0 - 71,0	-
Rikkapitoisuus % <sup>1)</sup> , max Weed seed content %, max	2,0 - 12,0	2,0 - 3,0	7,0 - 9,0	2,0 - 9,0	5
Vieraat lajit %, max Seeds of other varieties %, max	2,2 - 5,0	2,2 - 5,0	4,0 - 5,0	4,0 - 5,0	5
Vihreät jyvät %, max Content of green seeds %, max			4		
Sakoluku, min Falling number, min			160 - 180	75 - 100	
Valkuaispitoisuus %, min Protein content %, min			12		8,0 - 11,5 <sup>2)</sup> 11,5 <sup>3)</sup>
Itävyys %, min Germinability %, min					92

<sup>1)</sup> Poisluettuna vieraat lajit ja vihreät jyvät. *Excluded seeds of other varieties and green seeds.*

<sup>2)</sup> 2-tahoinen mallasohra. *2-row malting barley.*

<sup>3)</sup> Monitahoisen mallasohran alaraja. *Lower limit of multi-row malting barley.*

Viljan hehtolitrainpainon pitää olla annettua raja-arvoa korkeampi. Raja-arvo vaihtelee viljalajien ja jonkin verran myös vuosien välillä. Viljassa ei saa olla raja-arvoa ylittävää määrää rikkoja, joihin luetaan roskat ja pääviljalajiin kuulumattomien viljojen siemenet. Rukiin ja vehnän sakoluvun on oltava annettua raja-arvoa korkeampi. Vehnän valkuaispitoisuuden on oltava annettua arvoa korkeampi. Mallasohran on täytettävä itävyysvaatimus sekä oltava riittävän suuri jyväistä. Kaksitahoisen mallasohran valkuaispitoisuudelle on annettu sekä ala- että yläraja. Monitahoiselle mallasohralle on ainoastaan alaraja.

Selkeistä laaturajoista huolimatta monet viljanostajat tekevät kauppaa myös viljasta, jonka jokin ominaisuus ylittää tai alittaa laaturajan. Nämä ovat kuitenkin erikoistapauksia ja esimerkiksi hinta ja kaupan muut ehdot on sovittava joka kerta erikseen. Toisaalta ostajat haluavat viestittää hinnoittelupolitiikallaan viljelijöille, että minimirajoja parempi laatu on halutumpaa kuin laatuksien juuri ja juuri täyttävä vilja. Viljelyssä tulisi siksi olla tavoitteena käyttötarkoitukseen sopiva hyvä laatu. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi on tehty erilaisia seuranta- ja laatuohjelmia, jotka tarjoavat kasvukauden aikana tietoa hyvän laadun tuottamista tukevien päätösten tekemiseen.

Interventiovarastoon ostetaan periaatteessa ohraa, vehnää ja ruista, mutta hintasyistä Suomessa on tehty kauppaa vain ohrasta. Interventiovarastoon ostettavan viljan laatuvaatimukset poikkeavat muiden ostajien laatuvaatimuksista seuraavissa kohdissa (Komission asetus (ETY) NO689/92): Viljan vesipitoisuus voi olla 14,5 %, kun muiden ostajien raja on 14 %. Viljakasvuston käsittely glyfosaatilla ennen puintia ei ole kaupan este. Interventiovarastoon ostettavan viljan lämpötila ei saa ylittää marras-huhtikuussa 15 °C eikä touko-heinäkuussa 20 °C. Muut ostajat eivät ole määritelleet lämpötilarajoja. Ohran rikkapitoisuus voi olla korkeampi kuin muiden ostajien, koska rikkapitoisuuden sisällytetään 2,0 mm:n seulan läpäisevät surkastuneet ohranjyvät. Nämä luetaan kuuluvaksi luokkaan muut rikkajyvät. Surkastuneiden ohranjyvien määrä voi käytännössä olla enintään 9 - 10 %, koska viljan seassa on aina muitakin rikkapitoisuuden luettavia eriä. Rikkapitoisuuden enimmäismäärä on 12 % ja siihen kuuluvat muiden rikkajyvien lisäksi rikkoutuneet jyvät, itäneet jyvät ja roskat. Osa näistä luokista on jaettu edelleen alaluokkiin ja enimmäismäärille on annettu raja-arvoja. Viljan radioaktiivisen saastunnan tasoa valvotaan tilanteen niin vaatiessa, eikä se saa ylittää yhteisön säädöksissä vahvistettuja enimmäistasoja. Vähimmäiseräkokoko ei ole laatuvaatimus, mutta toisaalta Suomesta saattaa olla vaikeaa saada tasalaatuista 80 tonnin viljaerää.

Suuri osa mahdollisuuksista vaikuttaa viljaan laatuun on jo ohitettu siinä vaiheessa, kun viljaa aletaan korjata varastoon. Toisaalta taitamattomalla sadonkorjuulla voidaan hyväkin laatu perusteellisesti pilata. Väärä ajoitus, oloihin sopimattomat koneiden säädöt, odottamattomat viiveet, korjuuketjun osien yhteensopimattomuus tai riittämätön kapasiteetti ovat muutamia esimerkkejä tilanteista, jolloin sadon laatu todennäköisesti laskee. Hyvää laatua saadaan puimalla ja kuivaamalla hellävaroen, mitoittamalla korjuuketjun osat toisiinsa sopivaksi ja käsittelemällä sato esim. lajittelemalla se ennen toimittamista kauppaan.

## 2.2.2 Vilja omassa käytössä, tilojen välinen kauppa

Elintarvikekäyttöön otettavan oman viljan tulisi luonnollisesti täyttää samat hygieniaan ja terveyteen liittyvät vaatimukset kuin myytävän viljankin. Sama koskee rehuviljaa. Alhainen hehtolitraino, roskaisuus tai vieraan viljalajin siemenet eivät sen sijaan estä viljan rehukäyttöä. Nämä puutteet eivät välttämättä vaikuta edes eläinten tuotokseen, vaan ainoa ero kauppakelpoiseen viljaan verrattuna on suurempi rehunkulutus. Kotieläimethän on kautta aikojen tunnettu kyvystään hyödyntää markkinakelvottomia kasvituotteita. Rehun määrän laskemiseen on rehutau-

lukoiden yhteydessä selkeät laskentaohjeet, joita voidaan käyttää myös rehun hinnoitteluun tilojen välisessä kaupassa (Helander 1999). Rehu ei saa kuitenkaan vaarantaa eläinten terveyttä ja sen pitäisi olla tasalaatuista ja maittavaa, etteivät äkkinäiset muutokset rehun koostumuksessa johda tuotannon alentumiseen.

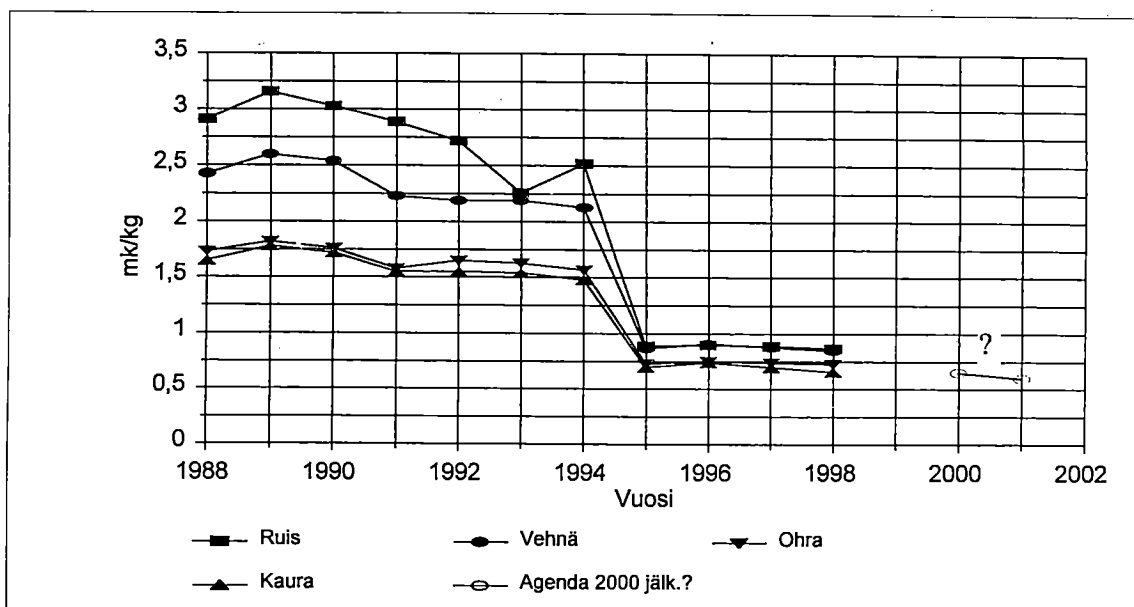
Tärkein poikkeus, joka omaan rehukäyttöön tulevan viljan kohdalla voidaan tehdä, on viljan kuivauksesta luopuminen. Vilja voidaan säilöä tuoreena jyväsäilöntämenetelmällä, murskesäilöntämenetelmällä tai säilöttyinä ilmatiiviiseen siiloon. Tuoreena säilöttyä viljaa on jostain syystä pidetty lähinnä märehtijöiden rehuna, mutta se käy aivan yhtä hyvin myös sikojen ja siipikarjan rehuksi (Huhtanen 1984, Jaakkola et al. 1999, Joki-Tokola 1999, Perttilä et al. 1999, Valaja et al. 1999). Tuoresäilöntä on tehokas ja edullinen rehuviljan säilöntämenetelmä, mutta siihen liittyy riskejä, jotka on tunnettava ennen työhön ryhtymistä. Jos happoa on käytetty liian vähän tai se on levitetty epätasaisesti, viljassa saattaa kasvaa homemyrkkijä tuottavia homesieniä. Pelätyin on karsinogeenina tunnettu aflatoksiini (Huhtanen 1984, Jonsson 1997). Jyväsäilöntään pitäisikin käyttää ainoastaan propionihappoa, koska muurahaishappoa käytettäessä homemyrkkijä on todettu useammin (Jonsson 1997). Murskesäilöntään voidaan sen sijaan käyttää propionihappoa halvempaa muurahaishappoa, koska siinä säilöntä perustuu sekä ilmatiiviuteen että maitohappokäymisen aikaansaamaan happamuuteen. Tuoresäilönnässä E-vitamiinipitoisuus yleensä laskee menetelmästä riippumatta ja siksi on huolehdittava sen lisäämisestä rehuun (Pokki 1982, Huhtanen 1984).

Elintarvikkeeksi käytettävä vilja, siementavara ja vientiin menevä vilja on kuivattava jatkossakin. Viljan hinnan jatkuva aleneminen johtanee kuitenkin siihen, että tilojen välillä tehdään rehuviljakauppaa myös tuoresäilötystä viljasta. Rehuviljan osuus viljasadosta on ehdottomasti kaikkein suurin (Viljan tuotanto ja kulutus, viljataseet 1986/1987 - 1998/1999) ja rehun hinnalla on merkittävä vaikutus kaiken kotieläintuotannon kannattavuuteen. Pieneltäkin tuntuvilla korjuu-, varastointi- ja kuljetuskustannusten säästöillä on merkitystä rehuviljaa paljon käyttäville lihan- ja munantuottajille. Toisaalta viljantuotanto on keskittynyt Suomessa etelään ja kotieläintuotanto keski- ja pohjoisosiin maata, jolloin on vaarana, että viljan tuottajat ja kuluttajat eivät kohtaa toisiaan. Tuoresäilötyn viljan huono säilyvyys varastosta oton jälkeen on merkittävä este kaupan yleistymiselle. Lisäksi viljantuottajat pyrkivät tuottamaan rehuviljan sijasta leipäviljaa, mallasohraa ja öljykasvien siemeniä, joista maksetaan parempaa hintaa, mutta joiden tuottaminen on usein myös kalliimpaa. (Haapala 1999)

### 2.3 Viljan hinta

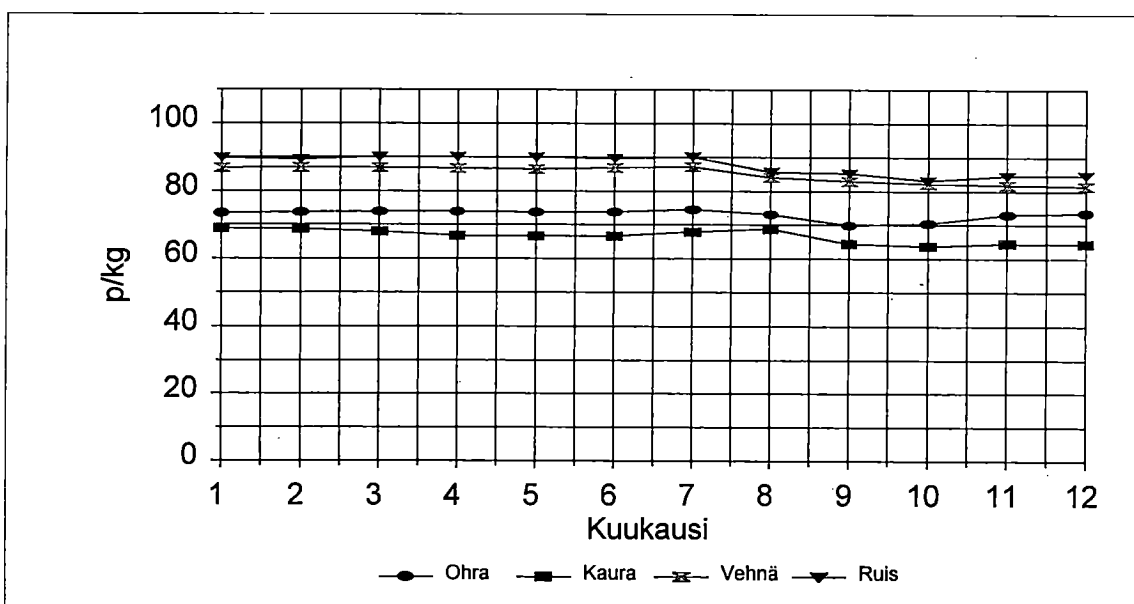
Viljan hinta vaikuttaa tuotannon kannattavuuteen, vaikka tuen osuus viljatilojen tuloista onkin suuri. Viljalajien välisten hintaerojen perusteella tehdään johtopäätöksiä siitä, tuotetaanko ohraa, kauraa, vehnää vai ruista. Kausittaisten hinnanvaihtelujen mukaan yritetään ajoittaa myynti hetkeen, jolloin hinta on korkeimmillaan. Satovuoden aikana tapahtuvien hinnanmuutosten perusteella pitäisi myös päätellä, minkä verran viljaa kannattaa varastoida tilalla ja kuinka paljon kannattaisi myydä heti sadonkorjuun jälkeen. Varastoinnista aiheutuu kustannuksia itse rakennuksen poistoina ja korkoina, mahdollisina varastotappioina sekä vakuutus- ja kunnossapitokustannuksina. Lisäksi rahaa on kiinni varastoidussa viljassa ja sille voisi saada paremman tuoton jossain muualla. Viljan hinta suorastaan romahti vuonna 1995 ja sen jälkeenkin suunta on ollut aleneva (Kuva 2). Agenda-ratkaisun seurauksena viljan interventiohintaa laskee edelleen 15 % (Euroopan neuvoston asetus 1253/1999), mikä heijastunee noin 5 pennin hinnanalennuksena sekä vuonna 2000 että 2001.





**Kuva 2.** Viljan tuottajahinta Suomessa 1988 - 2001 (Maatilatilastollinen vuosikirja 1996, Maatilatilastollinen vuosikirja 1999). 1.1.1995 lähtien viljan markkinahinta teollisuuden varastolle toimitettuna.

**Figure 2.** Producer prices of rye, wheat, barley and oat in Finland in 1988 - 2001. The market price of cereals delivered to industry storages since 1.1.1995.



**Kuva 3.** Ohran, kauran, vehnän ja rukiin markkinahinta Suomessa vuonna 1998 (Tietokappi 1/1999).

**Figure 3.** Market prices of barley, oat, wheat and rye in 1998.

Leipävehnän ja rukiin hinnat ovat lähellä toisiaan ja ne ovat 15 - 20 p kalliimpia kuin ohra ja kaura. Rehuviljoista ohra on 0 - 7 p kalliimpaa kuin kaura (kuva 3).

Vuotuinen hintavaihtelu on pienentynyt vuodesta 1995 vuoteen 1999. Kuva 3 on esimerkki kuukausittaisesta hintavaihtelusta vuonna 1998. Vuosina 1998 ja 1999 ero alimman ja korkeimman hinnan välillä on ollut 4,7 p (ohra), 5,1 p (kaura), 5,7 p vehnä ja 7,0 p (ruis) (Maataloustilastollinen kuukausikatsaus 1/1996, Tietokappi 1/1997, Tietokappi 1/1998, Tietokappi 1/1999, Tietokappi 1/2000).

Aaltosen et al. (1999) esittämä keskimääräinen varastointikustannus ilman viljaan sidotun pääoman korkoa on 5,6 p/kg. Kun verrataan viljojen korkeimman ja alimman hinnan eroa sekä varastointikustannusta, voidaan todeta, että vilja pitäisi onnistua myymään aina silloin, kun hinta on korkein, jotta varastoinnista saatavalla hyödyllä voitaisiin kattaa siitä aiheutuvat kulut. Viljan myynnin ajoituksesta voi toki olla muutakin hyötyä esimerkiksi verotuksen tasaajana ja oma siemenviljahan on varastoitava joka tapauksessa. Lisäksi on otettava huomioon, että lähteenä käytetty hinta on keskiarvohinta ja ero vuoden ylimmän ja alimman hinnan välillä voi yksittäistapauksissa olla suurempi.

### 3 VILJAN KÄSITTELY ENNEN VARASTOINTIA

#### 3.1 Kuivaus

Kuivaus lämminilma- tai kylmäilmakuivurissa on Suomessa yleisin tapa saada vilja varastointikelpoiseksi. Noin 90 % sadosta varastoidaan kuivana (Klemola 1994). Kuivattua viljaa voidaan käyttää leipäviljana, siemenenä, rehuna tai teollisuuden raaka-aineena. Kun kuivauksessa käytetään riittävän alhaista lämpötilaa, vilja säilyttää hyvin itävyytensä, mikä on tärkeää siemenviljalle ja mallasohralle (Peltola & Kallioniemi 1988). Kuivattu vilja on myös kauppatavaraa, jolle voidaan selkeästi määritellä hinta. Lämminilmakuivurit on yleensä automatisoitu niin pitkälle, että kuivaus on mahdollista hoitaa vähällä ihmistyöllä. Toisaalta kuivuriin joutuu investoimaan suuren summan rahaa ja tätä investointia käytetään vain muutaman viikon ajan vuodessa.

#### 3.2 Tuoresäilöntä

Tuoreena varastointi perustuu joko happamuuteen, ilmatiiviyteen tai molempiin (Ekström et al. 1973, Pokki 1982, Huhtanen 1884, Ekström 1992, Klemola et al. 1994). Hapettomassa tilassa tai happamassa ympäristössä pH:n ollessa neljän tienoilla viljaa pilaavat mikro-organismit eivät viihdy. Hiiwasienten ja maitohappobakteerien toiminta sen sijaan jatkuu, mutta niiden aineenvaihduntatuotteet eivät pilaa viljaa. Ne päinvastoin tekevät viljasta miellyttävän hajuista ja maittavaa rehua eläimille. Tuoreena säilötty vilja ei pölyä ja rikkakasvien siemenet hukkakaura mukaanluetuna menettävät itävyytensä.

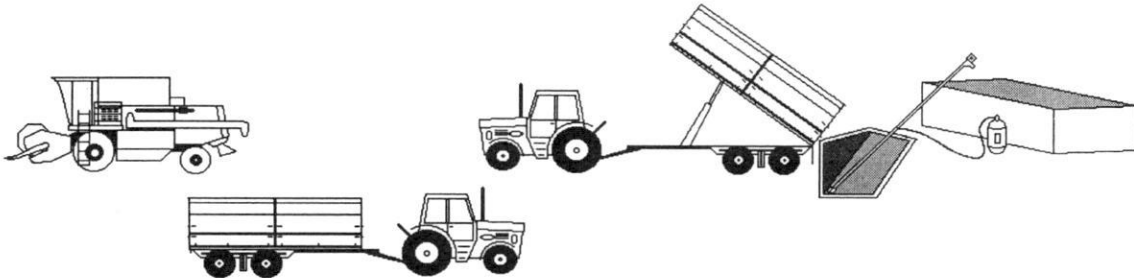
Tuoresäilöntä soveltuu vain rehuviljalle ja menetelmiin liittyy myös ongelmia. Ilmavuodot, liian vähäinen hapon määrä tai sen epätasainen levitys voivat johtaa viljan pilaantumiseen. Hapon käsittely aiheuttaa työturvallisuusriskejä ja hapotettu vilja saattaa syövyttää varaston lattiaa ja seinä ei niitä suojata asianmukaisesti. Varastosta otettu tuore vilja säilyy enintään muutamia päiviä, joten kerralla ei voida ottaa suuria eriä. Viljan käsittelyketjut varastosta eläimen eteen on yleensä suunniteltu kuivalle viljalle ja siksi ruokinnan automatisointi saattaa aiheuttaa ylitsepääsemättömiä vaikeuksia. Tuoreena säilötyn viljan E-vitamiinipitoisuus on alhainen ja siksi on huolehdittava sen lisäämisestä rehuun (Ekström et al. 1973, Pokki 1982, Huhtanen 1884, Ekström 1992, Klemola et al. 1994, Jonsson 1997).

##### 3.2.1 Jyväsäilönnän työketju

Jyväsäilönnässä jyvät säilötään kokonaisina lisäämällä viljaan happoa. Propionihappo estää homesienten kasvun tai tappaa ne kokonaan, jos happoa käytetään runsaasti. Aiemmin pidettiin myös muurahaishapon käyttöä mahdollisena, mutta kokemus on osoittanut, että ainoastaan propionihappo estää homehtumista riittävästi (Jonsson 1997). Hapetus voi tapahtua pellolla tyhjennettäessä vilja puimurin säiliöstä perävaunuun tai talouskeskuksessa siirrettäessä vilja

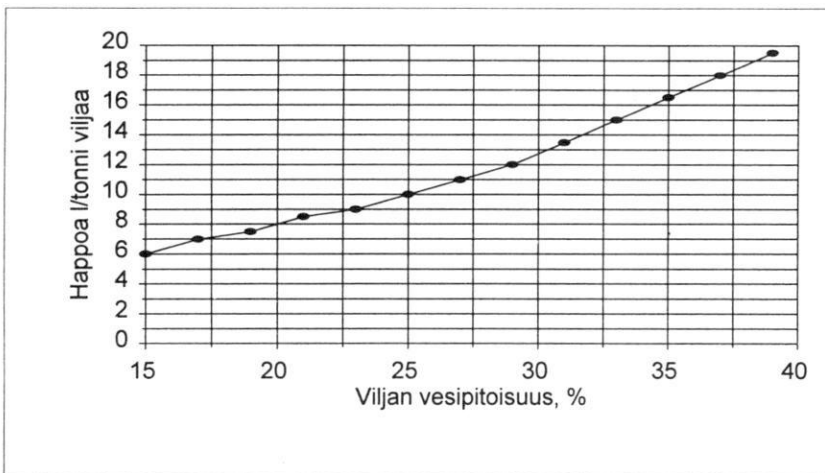
perävaunusta ruuvikuljettimella varastoon (kuva 4). Varasto voi olla yksinkertainen katettu lattiavarasto, mutta viljan kanssa kosketuksiin joutuvat betoni- ja metallipinnat on suojattava muovikalvolla (Klemola et al. 1994).

Happoa käytetään sitä enemmän mitä kosteampaa vilja on. Myös säilytysaika vaikuttaa hapon tarpeeseen (Jonsson 1997, kuva 5). Jos viljan seassa on runsaasti vihreitä jyviä tarvitaan 2 litraa suurempia happomääriä tonnia kohden.



**Kuva 4.** Jyväsäilönnän työketju pellolta varastoon (Piiros Jani Aho).

**Figure 4.** Work chain of propionic acid preservation system from field to storage.



**Kuva 5.** Jyväsäilönnässä käytettävän 100 %:n propionihapon määrä (Jonsson 1997).

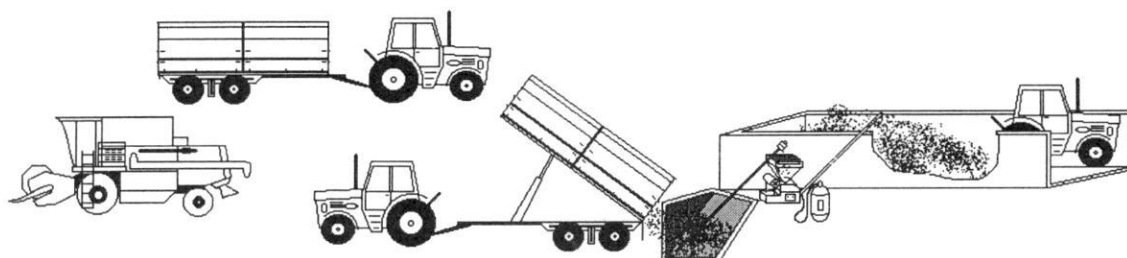
**Figure 5.** The relation of grain water content and the volume of 100 % propionic acid needed for preservation.

Happo on jyväsäilönnän suurin kustannuserä ja siksi vilja kannattaa yrittää puida mahdollisimman kuivana. Kiinteät kustannukset ovat pienet, koska happottamiseen tarvitaan vain pumppuhapotin ja ruuvikuljetin. Hapon annostelun säätäminen edellyttää, että hapottimen virtausmäärä ja ruuvien kautta kulkeva viljamäärä mitataan (Jonsson 1997).

### 3.2.2 Murskesäilönnän työketju

Murskesäilöntä perustuu maitohappokäymiseen kuten nurmisäilörehun valmistuskin. Jyvät murskataan, jotta maitohappobakteerit voivat käyttää tehokkaasti hyväkseen viljan sokereita (Klemola et al. 1994, Pitkänen 1997). Säilöntään käytetään yleensä muurahaishappoa 3 litraa tonnia kohden. Hapon lisääminen nopeuttaa pH:n laskua, jolloin maitohappokäyminen lähtee nopeasti käyntiin. Siilon on oltava ilmatiivis, mikä tarkoittaa, että rehua ympäröi joka puolelta ehjä muovikalvo. Rehu on myös tiivistettävä ja painotettava (200 - 300 kg/m<sup>2</sup>) (Klemola et al. 1994). Oikea vesipitoisuus on onnistuneen säilönnän kannalta tärkeää. Sen pitäisi olla vähintään 35 % (Pitkänen 1997). Jos vilja on kuivempaa, siihen on lisättävä vettä. Murskevilja pitäisi säilöä vankkarakenteiseen siiloon, jotta rehu voidaan tiivistää kunnolla ja että siilo kestää rehun aiheuttaman paineen.

Murskesäilönnässä on enemmän kiinteitä kustannuksia kuin jyväsäilönnässä. Jyvien murskaamiseen tarvitaan tehokas valssimylly ja varaston on oltava tukevarakenteinen. Myllyn pitäisi ehtiä murskata viljaa samaan tahtiin kuin puimuri sitä pui. Hapotin tarvitaan myös ja se on kätevintä liittää myllyn yhteyteen. Säilönnän työnmenekki on suurempi kuin jyväsäilönnän. Työaikaa kuluu rehun murskaamiseen, siilon tasoittamiseen ja tiivistämiseen sekä siilon peittämiseen ja painottamiseen (kuva 6). Toisaalta muurahaishappo on halvempaa kuin propionihappo ja käyttömäärä on jyväsäilöntään verrattuna pieni.



**Kuva 6.** Murskesäilönnän työketju (Piirros Jani Aho).

*Figure 6.* Work chain of grain ensiling system.

### 3.2.3 Ilmatiiviin säilönnän työketju

Ilmatiiviissä säilönnässä viljaa ei murskata eikä siihen lisätä happoa. Vilja vain siirretään mahdollisimman pian korjuun jälkeen ilmatiiviiseen varastosiilon. Siilo täytetään yleensä lietsolla, mutta myös elevaattoreita käytetään (kuva 7). Viljan ja sen pinnalla olevien mikrobien elintoiminnot kuluttavat siilossa olevan hapen nopeasti ja sen jälkeen vain maitohappobakteerien ja anaerobien hiivojen toiminta on mahdollista. Hapen vähentyessä hiilidioksidin määrä siilossa lisääntyy ja hiilidioksidi laskeutuu happea raskaampana viljakerroksen pinnalle (Culpin 1969 ref. Pokki 1982). Maitohappokäyminen edellyttää lisäksi sitä, että viljan vesipitoisuus on suurempi kuin 20 %. Varastoitavan viljan vesipitoisuus ei pitäisi kuitenkaan olla suurempi kuin 25 - 26 %, koska pohjapurkulaitteet tai tyhjennys ruuvilla siilon sivulta eivät enää toimi kunnolla (Ekström 1992). Myös roskaisuus voi aiheuttaa purkuvaikeuksia ja siksi vilja pitäisi esipuhdistaa ennen säilöntää (Pokki 1982). Investointi siiloon täyttö- ja purkulaitteineen on suuri, mutta toisaalta käyttökustannukset ovat pienet. Esimerkiksi energian hinnan nousu ei mainittavasti vaikuta varastointikustannukseen.



**Kuva 7.** Ilmatiiviin säilönnän työketju (Piirros Jani Aho).

*Figure 7.* Work chain of air tight preservation system.

## 4 TUTKIMUSMENETELMÄN VALINTA

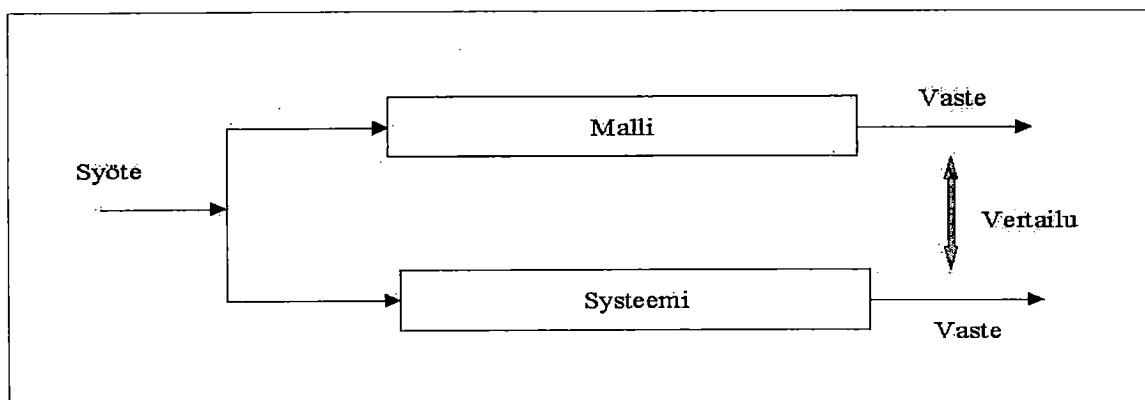
Kohteena oleva viljasadon korjuu- ja varastointiketju on kompleksi järjestelmä, jonka hallitseminen edellyttää järjestelmien käsittelyyn sopivia tutkimusmenelmiä. Tutkimuksessa halutaan tutkia kohteena olevan järjestelmän vaihtoehtoisia ratkaisuja. Tällöin luonnollinen menetelmävalinta on joko empiirinen koe tai simulointi. Simulointi on tässä tapauksessa paras valinta, koska tutkittavia vaihtoehtoja on paljon ja tutkimuskohteet ovat kalliita järjestelmiä. Empiiristä koetta ei voida ajatella tehtävän kaikilla tutkimuksen kohteena olevilla parametrivaihtoehdoilla. Tutkimukseen kuitenkin sisällytetään case study -tyyppinen koerakennustutkimus, jonka kautta saadaan kokeesta käytännön ratkaisujen toimivuudesta.

### 4.1 Systemianalyysi ja simulointi

Simulointi voidaan tehdä joko matemaattisella mallilla tai esimerkiksi pienoismallilla. Mallinnuksen pohjaksi tehdään kuitenkin aina systemianalyysiä. Matemaattinen mallinnus on tässä tapauksessa paras valinta, koska järjestelmävaihtoehtoja on paljon ja kohteesta on saatavissa tutkimustietoa.

Systemianalyysi on menetelmäperhe, jonka taustana on usein mainittu operaatioanalyysi ja muita matemaattisia menetelmiä. Toisaalta systemianalyysi liittyy voimakkaasti myös erilaisiin deskriptiivisiin menetelmiin. Systemiteoriassa tarkastelun kohteena ovat systeemit, ts. ympäristöstään rajatut järjestelmät. Systeemeillä on sisäinen rakenne, joka määrää miten ne reagoivat syötteisiin. Syötteen (engl. input) vaikutus näkyy systeemin tilamuuttujissa (state) ja vasteessa (output). Systeemin sisäinen rakenne kuvataan systemianalyysissä mallin avulla. Malleja on useita erilaisia luokkia, esim. pienoismallit, matemaattiset mallit ja kuvailevat käsitteelliset mallit. (Haapala 2000)

Simulointi on mallilla tehty koe. Jos malli on tehty hyvin, simuloinnin avulla on mahdollista saada kuva mallinnetun systeemin toiminnasta. Hyvä simulointimalli antaa luotettavia ja valideja tuloksia systeemin käyttäytymisestä. Mallin hyvyttä testataan vertaillen mallin antamia tuloksia kohteena olevan systeemin toimintaan (kuva 8).



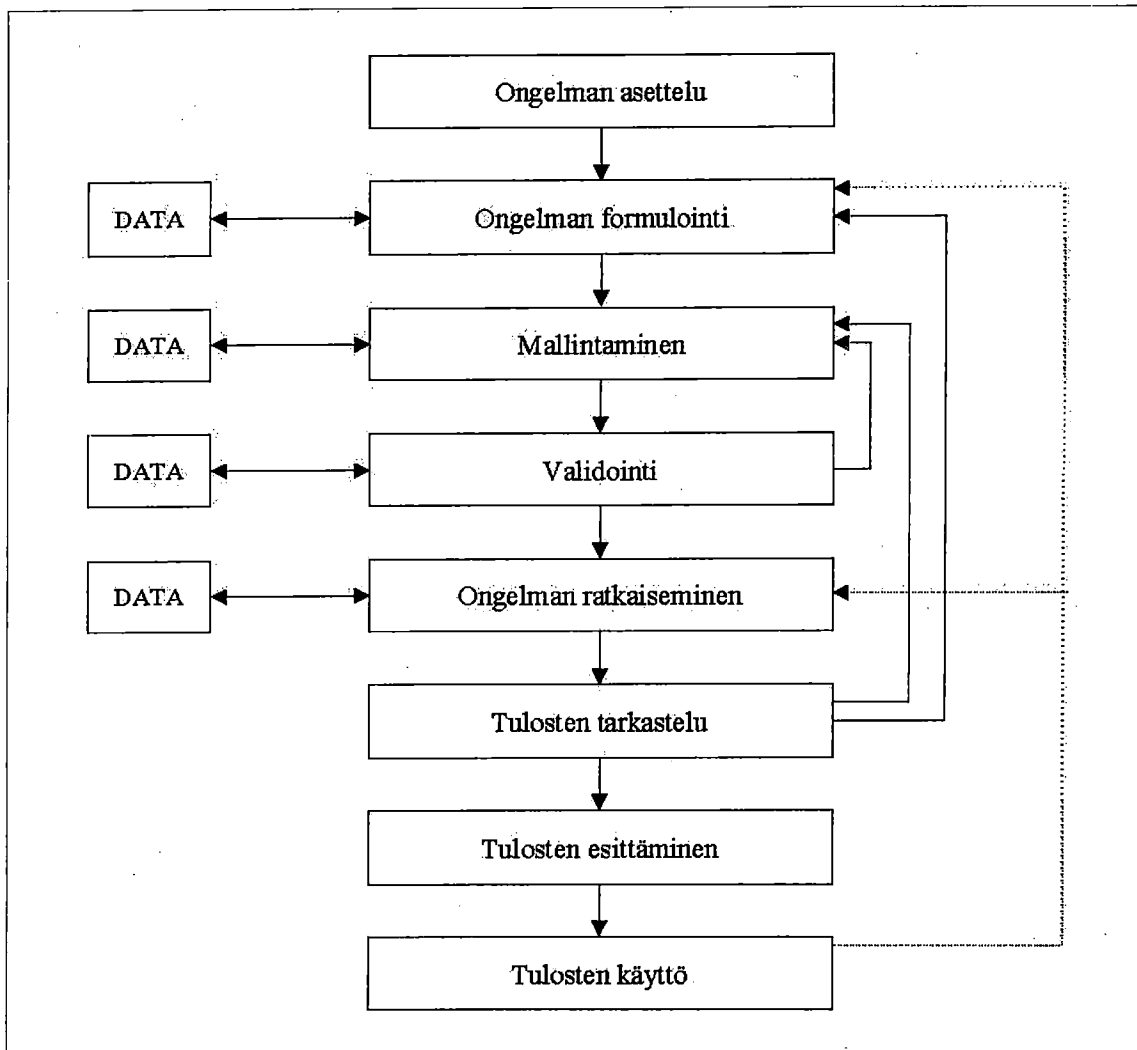
Kuva 8. Simulointi (Haapala 2000).

*Figure 8. Progress of a simulation.*

Systemianalyttinen tutkimusprojekti sisältää aina seuraavat vaiheet (kuva 9): ongelman asettelu, ongelman formulointi, mallintaminen, mallin validointi, ongelman ratkaiseminen (simuloinnin avulla), tulosten tarkastelu, tulosten esittäminen ja lopulta tulosten käyttö (l. implementointi). Tutkimusprojektin aikana toiminta on iteroivaa, ts. vaiheisiin palataan, kunnes tulos täyttää asetetut vaatimukset.



Matemaattinen mallinnus on ehkä yleisin systeemianalyysin mallinnustapa. Matemaattisen mallin teossa tarvitaan useissa vaiheissa dataa: ongelman formuloinnissa tarvitaan taustatietoja, joiden avulla löydetään olennaiset kysymyksenasettelut, mallinnuksessa tarvitaan dataa mallin siirtofunktioiden määrittämiseksi, mallin validoinnissa tarvitaan riippumatonta dataa ja simuloinnissa tarvitaan malliin syötettävät syötetiedot (kuva 9).



Kuva 9. Systeemianalyysin työjärjestys (Gustafsson et al. 1982).

Figure 9. Progress of a system analysis procedure.

Datan validointi kuuluukin systeemianalyysiin oleellisena osana. Olemassa oleva lähtöaineistoa saatetaan joutua täydentämään ja tarkentamaan, koska aina ei saada riittävää todistusta sen luotettavuudesta tai aineiston kattavuus ei ole tarpeeksi hyvä. Vaikeata voi myös olla saada tarvittavat riippumattomat testiaineistot. (Haapala 2000)

Systeemianalyyttisen tutkimusprojektin onnistumisen kannalta on tärkeää, että tavoitteet on asetettu tarpeeksi tarkasti ja yksityiskohtaisesti. Mallinnuksella ja simuloinnilla pyritään tarkasti määrätyn ongelman ratkaisuun. Tähän pääsemiseksi kerätään ratkaisun kannalta olennaista tietoa, tarpeen mukaisella tarkkuustasolla ja malli tehdään ratkaisun kannalta oikealla tarkkuustasolla. Tietyissä kohdissa malli on tarkka, ja toisissa voidaan tilannetta yksinkertaistaa, koska kysymys, johon vastausta haetaan, ei edellytä tarkkaa kuvausta. Tiukasti tulkittuna tuloksia voidaankin soveltaa ainoastaan olosuhteissa, joissa kaikki esitetyt oletukset täyttyvät. (Haapala 2000)

Simuloinneissa tehdään aluksi mallin eri parametrien herkkyyksianalyysit: testataan, miten parametrien muutokset vaikuttavat koko mallin toimintaan. Tällöin on olennaista tietää, mikä on sovelluksen kannalta olennainen parametrien vaihteluväli, ts. millaisia tilanteita todellisessa systeemissä voi olla. Vähämerkityksiset parametrit voidaan korvata vakioarvoilla, kunhan mallia ei käytetä siten, että niidenkin merkitys voisi olla merkittävä. Herkkyyksianalyyysien perusteella mallia voidaan edelleen korjata ja tarkentaa (iteroiva toimintatapa, kuva 9).

Varsinaiset ongelman ratkaisuun liittyvät simuloinnit ovat systeemianalyyttisessä projektissa useimmiten murto-osa tarvittavasta työmäärästä. Mallinnus, tiedonkeruu ja testaus ovat hyvin työläitä vaiheita. Tulosten raportointi tehdään yleensä ainoastaan valmiista mallista, ja edeltävät vaiheet ohitetaan lyhyesti. Näin ei kuitenkaan pitäisi tehdä, koska tehdyt valinnat ja niiden perustelut ovat vähintään yhtä tärkeitä kuin valmis tulos. (Haapala 2000)

## 4.2 Mallinnusohjelmisto ja laitteisto

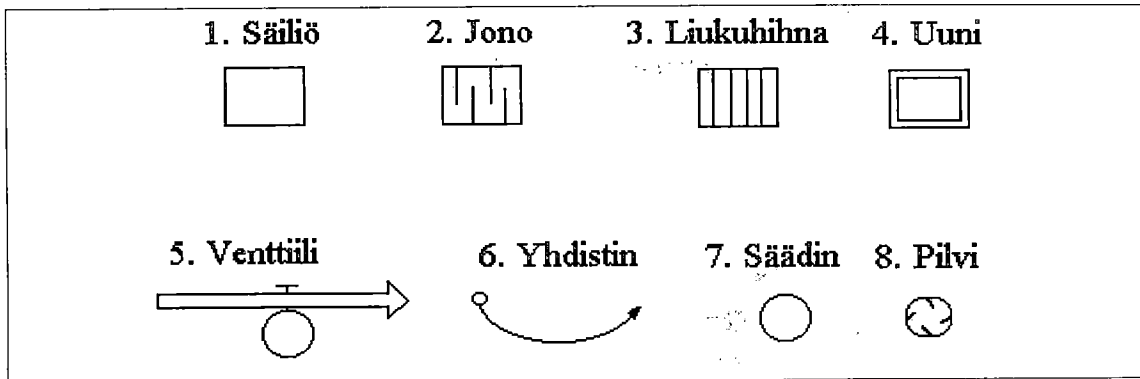
Mallinnukseen ja varsinaiseen simulointiin käytettiin amerikkalaisen High Performance Systems, Inc. yrityksen vuonna 1985 esittelemää ja siitä edelleen kehittämää Stella<sup>TM</sup> Research 5.0 -ohjelmaa (vm. 1997). Tietokoneen käyttöjärjestelmä voi olla joko PC -pohjainen Windows<sup>TM</sup> 3.1, 95, 98 tai Apple Macintoshin<sup>TM</sup> 7.1. Ohjelmasta on nykyään saatavana myös versio 5.1 joka on toiminnaltaan 32 bittinen entisen 16 bittisen sijasta ja siten huomattavasti parempi laskentateholtaan.

Simuloinnissa käytettiin Pentium 133 MHz (32 Mb RAM)- ja Pentium 500 MHz (128 Mb RAM)-tietokoneita. Monimutkainen malli vaatii runsaasti laskentatehoa. Tehokkaammallakin tietokoneella elo-syyskuuta simuloivan viljan korjuu- ja varastointimallin ajaminen kesti noin 40 min. Laskentanopeuteen vaikuttaa paljon se, kuinka monen muuttujan arvot kerätään simuloinnin aikana varastoon ja mikä on laskentataajuus.

Stella-ohjelman symbolivalikot mahdollistavat halutun systeemin kartoittamisen ja mallinnuksen graafisella tasolla. Korkeatasoisten systeemien mallinnukseen ei tarvita korkeata matemaatiikkaa, koska Stella-ohjelma tekee symbolien riippuvuuksia kuvaavat matemaattiset yhtälöt. Ohjelmassa on kolme eri käyttäjätasoa mallinnuksen tarkasteluun ja tekemiseen. Päällimmäinen taso on simuloijataso. Tähän sijoitetaan mittareita, numeronäyttöjä, liukusäätimiä, kytkimiä, painikkeita, taulukoita ja muita simulointia helpottavia sekä selkeyttäviä tekijöitä. Taso on ikään kuin tehtaan valvomo, josta koko toimintaa seurataan ja johdetaan. Keskimmäinen taso on mallinnustaso, jossa mallintaja tekee symbolivalikkoa käyttäen ja ehtolauseita asettaen haluamansa kaltaisen mallin. Tämän tason voi kuvitella tehtäseen asennettavina koneina ja niiden vuorovaikutuksina. Pohjimmainen taso on kooditaso. Tähän Stella kääntää symboleista ja ehtolauseista kootun systeemin ohjelmointikielelle, josta mallin koodia on kätevä tarkastella perinteisessä muodossa tarpeen vaatiessa. Koodia voisi verrata tehtäseen asennettujen koneiden räjäytyskuvien kokoelmaksi.

Graafinen käyttöliittymä on ohjelman merkittävimpiä etuja esim. taulukkolaskennalla tapahtuvaan mallinnukseen nähden. Monimutkaisemman mallin toiminnan pääpiirteet ja vaikutussuhteet on nähtävissä yhdellä silmäyksellä, mikäli mallintaja on noudattanut työssään järjestelmällisyyttä. Toinen tärkeä ominaisuus on mallin läpi virtaavan materiaalin "katoamattomuuden-sääntö". Materiaali on tässä tapauksessa esim. viljaa, markkoja tai työtunteja. Jos materiaalia kertyy väärin paikkoihin, tämä huomataan helposti ja virhettä voidaan lähteä etsimään.

Systeemin rakenne voidaan mallinnuksessa esittää kahdeksalla eri symbolilla (kuva 10). Säiliö on peruselementti, joka esittää mitä tahansa, mikä kasautuu tai kertyy johonkin. Tätä symbolia voidaan käyttää neljässä eri muodossa: säiliönä, jonona, liukuhihnana tai uunina. Viljan korjuu- ja varastointimallissa tyypillinen säiliö on puimurin viljasäiliö (liite 4).



**Kuva 10.** Stella-simulointiohjelmassa käytettävissä olevat symbolit.

*Figure 10.* Symbols used in Stella Research software.

Säiliöön virtaava materiaali kertyy kuten sadevesi tynnyriin. Jonossa materiaali odottaa pääsyä seuraavaan pisteeseen kuten kaupan kassajonossa. Liukuhihnan läpi materiaali kulkee määrättyssä ajassa (materiaalin määrällä ei ole merkitystä; sama määrä materiaalia joka saapuu liukuhihnalle, myös poistuu määrätyn ajanhetkenä). Uuni pitää tietyn määrän materiaalia määrätyn ajan sisällään ja päästää sen jälkeen eteenpäin kuten oikeakin uuni valmistaa ruoan tietyssä ajassa. Tässä mallissa uunia käytetään kuvaamaan erätoimisen kuivurin kuivaussiiloa.

Pilvi on rajaton materiaalin lähde, josta saadaan venttiilin päästämä määrä materiaalia tai sinne menee venttiilin päästämä määrä, joka ei ole palautettavissa. Edellä ajateltiin, että mallin säiliö on varasto, johon esim. sadevesi voi kerääntyä. Jos säiliön tilalla on pilvi, sadevesi valuukin maahan. Pilven käyttö soveltuu tilanteisiin, joissa alku- tai loppuvaraston koolla tai määrällä ei ole merkitystä, vaan alkuvaraston jälkeisellä venttiilillä tai loppuvarastoa edeltävällä venttiilillä säädellään prosessin kulkua. Korjuumallissa pilveä on käytetty mm. sadon kehittymisen kuvaamiseen, koska korjuuta edeltävät toimet (muokkaus, kylvy) haluttiin rajata tarkastelun ulkopuolelle.

Venttiili yhdistää säiliöitä toisiinsa tai pilviin. Venttiilin kautta haluttu määrä materiaalia virtaa paikasta toiseen, kun asetetut reunaehdot toteutuvat. Ehtolauseen (IF-THEN) voi rakentaa venttiilin sisään kuin paikallisessa toimilaitteessa tai sen voi tuoda ulkopuolelta säätimestä aivan kuin etäpääteeltä. Lisäksi venttiilin toiminnan määrittelevä ehtolause voi olla näiden yhdistelmä, jossa ehdon täyttymiseksi pitää olla tietty asetetus säätimellä ja määrätty taso säiliössä, jolloin venttiili päästää sovitun määrän materiaalia liikkeelle aika-askelta kohden. Viljan korjuumallissa venttiileitä ovat mm. kuljettimet, esim. puimurin viljasäiliön tyhjennysruuvi.

Yhdistimet voidaan kuvitella kaapeleiksi, joita käytetään tiedon siirtoon komponentista toiseen. Yhdistin voidaan liittää venttiileihin ja säätimiin muttei säiliöihin. Säiliöön ei voi virrata eikä sieltä voi poiskaan virrata materiaalia muuta kuin venttiilien kautta, mutta yhdistin voidaan kytkeä näihin venttiileihin välittämään säätimen antamaa arvoa, jolla säädellään säiliön sisältöä. Näin voidaan toteuttaa esim. takaisinkytkentä.

Säätimet voivat sisältää vakioita tai kaavoja, jotka ohjaavat muita säätimiä tai venttiilejä. Näillä voidaan hallita systeemin käyttäytymistä. Lisäksi niihin voidaan kerätä tietoa ikään kuin mittareihin, joista voi seurata simuloinnin antamia arvoja halutuista kohdista mallia. Viljan korjuumallissa säädin voi sisältää esim. tiedon polttoöljyn hinnasta, jota mallin käyttäjä voi mielensä mukaan muuttaa.

Näiden kahdeksan elementin avulla luotava järjestelmä on luonteeltaan ja käyttäytymiseltään hyvin samankaltainen kuin automaatiotekniikan vesiprosessit ja tämän vertauksen hahmottaminen helpottaa ohjelmalle luonteenomaisten piirteiden käsittämistä sekä tehtyjen mallien testausta.

## 5 MALLIN RAKENTAMINEN JA LÄHTÖTIETOJEN KERUU

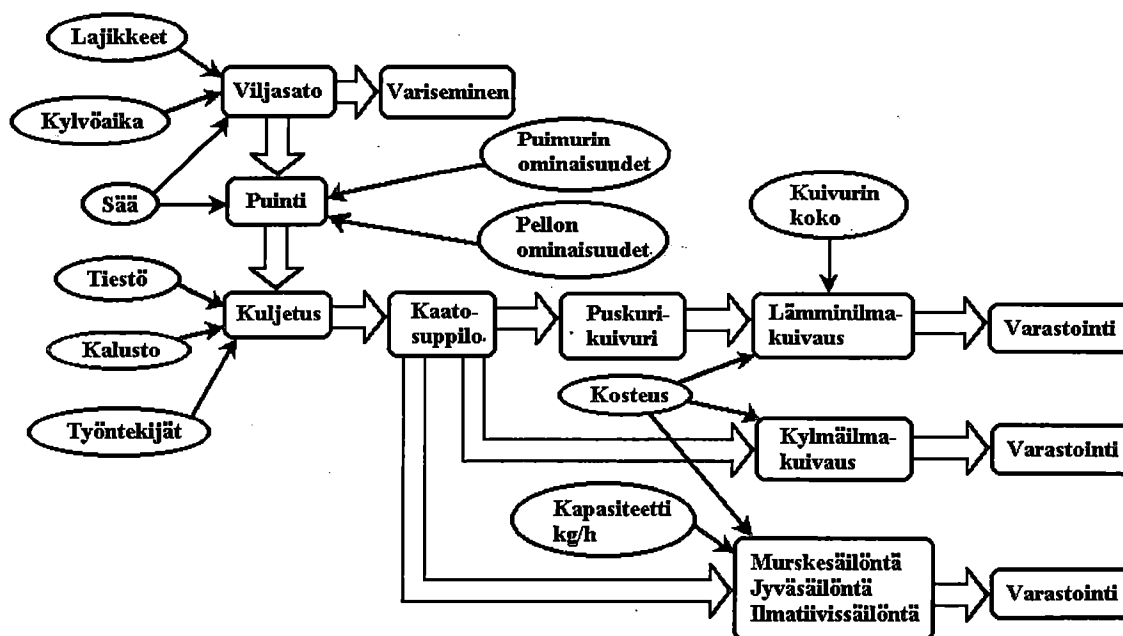
Mallin rakentaminen aloitettiin ryhmätyöskentelynä, johon osallistui viljan viljelytekniikan, korjuun, varastointimenetelmien ja mallintamisen asiantuntijoita. Tämän säännöllisin väliajoin kokoontuneen ideariihen tuloksena syntyi karkea hahmotelma malliin mukaan otettavista tekijöistä (kuva 11).

Samanaikaisesti aloitettiin mallin toiminnan kannalta oleellisten lähtötietojen keruu (esim. viljalajikkeiden kasvuajat, puimureiden tehot, korjuusää). Näitä kahta vaihetta tehtiin vuorovaikuttaisesti, ts. kun mallin rakenne tarkentui, tiedettiin minkälaisia lähtötietoja tuli hakea kirjallisuudesta. Vastaavasti, kun selvisi saatavissa olevan datan laatu, voitiin päättää tarkemmin mallin rakenteen yksityiskohdista. Lisäksi mallintaminen ja simulointitekniikka olivat suurimmalle osalle tutkijaryhmästä uutta, jolloin prosessin edetessä tietämys simulointiohjelmiston mahdollisuuksista ja rajoituksista lisääntyi. Tämä ohjasi osaltaan mallin rakentamista.

Kolmanneksi prosessiin liittyi kiinteästi mallin validointi, eli toiminnan oikeellisuuden tarkastaminen. Tätä tehtiin koko mallin muodostamisen ajan manuaalisesti laskemalla (esim. taulukkolaskimella) ja vertaamalla mallin antamia tuloksia kirjallisuudessa esitettyihin lukuihin.

Mallintamisen tärkeimpiä kysymyksiä on mallin rajaus. "Kaikkien" ilmiöön vaikuttavien tekijöiden mukaan ottaminen tuntuu houkuttelevalta, koska tällöin mallin voidaan olettaa matkivan reaali maailmaa mahdollisimman todenmukaisesti. Käytännössä rajalliset resurssit (aika, budjetti, tietokonekapasiteetti) pakottavat keskittymään ilmiöön tai systeemiin olennaisimmin vaikuttaviin tekijöihin. Jos tässä rajauksessa onnistutaan, pystytään samoin resurssein saamaan ilmiöstä syvällisempää ja tarkempaa tietoa, kuin mitä "kaikki" tekijät pintapuolisesti sisältävästä mallista saataisiin.

Tässä mallissa päätettiin keskittyä viljan puintiin, kuljetukseen tilan sisällä, varastoinnin edellyttämään käsittelyyn ja varastointiin (kuva 11). Peltojen muokkaus, kylvö ja kasvinsuojelu jätettiin lähes kokonaan yksityiskohtaisen mallinnuksen ulkopuolelle, koska niiden vaikutuksen viljan korjuu- ja varastointikustannukseen todettiin olevan vähäinen. Viljan kuljettaminen tilalta loppukäyttäjälle jätettiin tarkastelun ulkopuolelle.



Kuva 11. Viljasadon korjuu- ja varastointimallin periaate (Piiros Jani Aho).  
Figure 11. The principle of the model of harvesting and storage of grain yield.

Jo melko aikaisessa vaiheessa oli lyötävä lukkoon viljankäsittelyn eri vaihtoehdot, joita haluttiin simuloida. Näiden lisääminen malliin ei ole jälkikäteenkään mahdotonta, mutta selvästi työläämpää kuin mallin rungon rakennusvaiheessa. Mm. kokoviljasäilörehu ja talouskeskuksessa tapahtuva paikallispuinti jätettiin mallinnuksen ulkopuolelle. Sen sijaan keskityttiin eri säilöntämahdollisuuksien tarkempaan kuvaamiseen. Vaikka nykyään suurin osa kauppaviljasta on kuivattua (kts. Johdanto), ei haluttu sulkea pois viljojen tuoresäilöntävaihtoehtoja.

Mallinnettaviksi tilakokoluokiksi valittiin viljapinta-alaltaan 30, 70, 120 ja 200 ha:n kokoiset tilat. Mallilla voidaan helposti simuloida muunkin kokoisia tiloja, mutta koneet ja rakennukset on mitoitettu valmiiksi näille kokoluokille. Sääaineisto sekä sato- ja kasvuaikatiedot ovat olemassa Varsinais-Suomessa, Etelä-Pohjanmaalla ja Keski-Suomessa sijaitseville tiloille, mutta tässä raportissa keskitytään pelkästään Varsinais-Suomessa olevan tilan simulointiin. Liitteessä 1 on esitetty muuttujaluettelo tekijöistä, jotka on tarkoitettu simuloijan muuteltaviksi. Siinä on myös esitetty erikokoisille "keskiarvotiloille" sopivia lähtöarvoja. Koko malli on esitetty tiivistettynä liitteessä 4.

## 5.1 Viljasadon muodostuminen

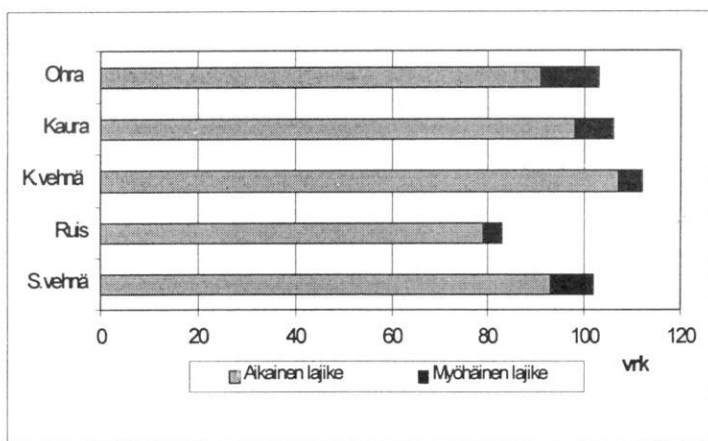
Sadon kypsyminen pellolla määrää puintikauden ajankohdan, pituuden sekä ruuhkaisuuden. Viljelijä voi valinnoillaan jonkin verran vaikuttaa tähän. Koneketjun käyttöasteen kannalta mahdollisimman pitkä (esim. 50 vrk) ja tasaisesti kuormittava puintikausi olisi edullinen (Laine 1996). Tällöin pienelläkin kapasiteetilla ehditään hoitamaan suuri pinta-ala. Toisaalta alkusyksystä on keskimäärin selvästi enemmän puintitunteja vuorokautta kohden kuin loppusyksystä (Savela 1984). Täten puintikautta ei kannata lykätä kovin myöhään syksyyn. Tärkeimpiä puintikauden pituuteen vaikuttavia tekijöitä ovat viljojen kylvöpäivämäärät, kasvukauden sääolot ja eri viljalajien/lajikkeiden aikaisuus. Nämä otettiin myös malliin mukaan (liite 4). Kyseisillä tekijöillä ei kannata kuitenkaan yrittää optimoida liikaa, esim. kylvää vehnä tahallaan viimeisenä kasvina toukokuun lopulla, sillä käytännössä viljat eivät läheskään aina valmistu kalenterin ja virallisten kasvuaikojen määräämässä järjestyksessä (Järvenpää ym. 1987). Työn rationalisoinnin, varastointitilojen käytön, kuljetusten ym. tekijöiden kannalta on usein järkevää pitäytyä melko suppeaan laji- ja lajikevalikoimaan.

Malliin on rakennettu viiden viljalajin "viljelymahdollisuus". Tarvittaessa osa näistä voidaan muuttaa saman viljan eri lajikkeiksi. Jokaiselle lajille voidaan antaa kiinteä puintikosteus tai vuorokauden ajankohdan mukaan vaihteleva kosteus (esim. siniaalto). Samoin sadot (kg/ha) ja pintaalat (ha) voidaan määrätä jokaiselle viljalle erikseen. Puintikosteuden oletusarvona käytettiin 24 %:a ja viljasatoina maaseutuelinkeinopiirien keskisatoja vuosilta 1988-97 (Maatilatilastollinen vuosikirja 1997).

Eri viljalajien ja -lajikkeiden vaatimat kasvuajat laskettiin MTT:n lajikekoeaineistosta. Kasvuajalla ymmärretään tässä aikaa, joka kuluu kylvöstä puintikypsytyteen (keltatuleentuminen + 7 vrk) (Järvenpää & Laurola 1987). Aineistosta valittiin aikaisia ja myöhäisiä lajikkeita, joiden kasvuajat laskettiin tutkimusasemittain 10 viimeisen vuoden keskiarvona (kuva 12). Lisäksi määritettiin kasvuajat aikaisena ja myöhäisenä kasvukautena. Esim. Mietoisissa aikaista vuotta edustaa vuosi 1997 ja myöhäistä vuosi 1995. Myöhäisinä vuosina lajikkeiden kasvuaikaerot pyrkivät kasvamaan, kun taas aikaisena vuonna aikaiset ja myöhäiset lajikkeet valmistuvat lähempänä toisiaan.

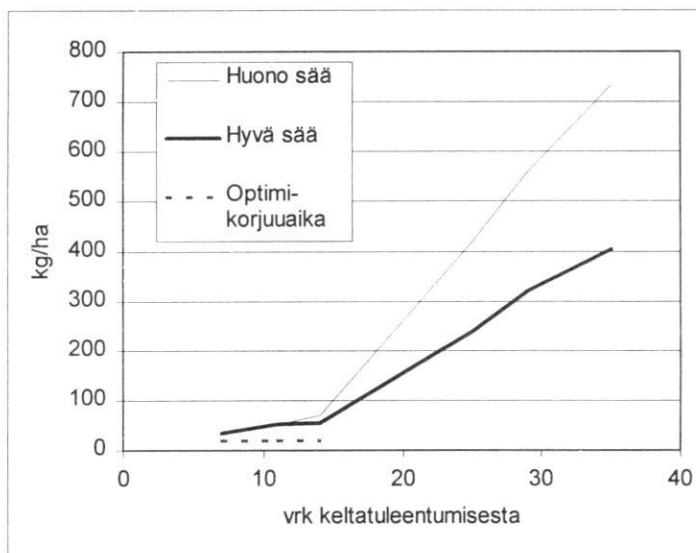
Viljoista ohralajikkeiden kasvuaikaerot ovat suurimmat (esimerkiksi Mietoisissa 12 vrk) ja ruislajikkeiden pienimmät (4 vrk). Kuvasta 12 voidaan päätellä, että valitsemalla viljalajit/lajikkeet sopivasti, voidaan vaikuttaa melko paljon puintikauden pituuteen. On lisäksi oletettavaa, että





**Kuva 12.** Viljojen kasvu-aikoja (puintikypsä) Mietoissa keskiarvovuonna. Oletukset: rukiin kylvö 20.8., syysvehnän kylvö 5.9., kevätiljojen kylvö 15.5. Lähde: MTT:n lajikekoeaineisto v. 1988-1997.

**Figure 12.** Average length of the growing season for different cereals in Mietoinen. Presumed sowing times: rye 20.8., winter wheat 5.9., spring cereals 15.5.



**Kuva 13.** Yhdistetty varisemis- ja pöytä tappio korjuun viivästyessä hyvän ja huonon korjuusään vallitessa (varisemistappio 10 - 25 kg/ha/vrk, pöytä tappio kasvava). Lähteet: Juuti 1986, Lundin & Claesson 1985, Pehkonen & Kojo 1987.

**Figure 13.** Combined preharvest and header losses when harvesting is delayed in a good weather and in a bad weather (preharvest losses 10 - 25 kg/ha/day, header losses increase in the course of the time).

saatavaan hintaan eniten (Ylönen 1985). Muita säästä riippuvaisia laatutekijöitä ovat itävyys ja homeisuus. Sakoluvun vaikutus viljan hintaan on suurimmillaan, kun sakoluku laskee alle leipäviljan kelpoisuusrajan (kuva 14). Tällöin vilja joudutaan hinnoittelemaan rehuviljaksi ja markkinointimahdollisuudet supistuvat varsinkin rukiin osalta hyvin rajallisiksi. EU:n myötä leipäviljan ja rehuviljan hintaero on kaventunut, mutta silti sakoluvun lasku alle minimirajan aiheuttaa selkeän taloudellisen menetyksen. Rukiin sakoluku laskee yleensä vehnää nopeammin. Kosteissa oloissa se voi laskea

käytännön tiloilla ja vaihtelevissa sääoloissa kasvu-aikojen variaatio on monesti suurempaa kuin koe-asemien tuloksissa.

Pellolla olevan sadon arvoon vaikuttavat viljan määrä ja laatu. Kun korjuu myöhästyy optimistaan, aiheutuu määrällisiä ja laadullisia tappioita eli ajallisuuskustannusta (Laine 1996). Tässä mallissa viljan variseminen maahan koostuu kahdesta komponentista. Se on toisaalta ylikypsän viljan luonnollista varisemista sään vaikutuksesta ja toisaalta puinnin pöytä tappioiden kasvua korjuun viivästyessä (Juuti 1986, Lundin & Claesson 1985, Pehkonen & Kojo 1987, Ylönen 1985). Nämä komponentit ovat yhdistetty yhdeksi kertoimeksi (kuvan 13 mukaisesti), ja sitä käytetään mallissa kaikille viljoille.

Viljat ovat yleensä puintivalmiita noin viikon kuluttua keltatuleentumisesta (Juuti 1986, Järvenpää & Laurola 1987). Tästä keskimäärin viikko eteenpäin on optimaalista korjuuaikaa, jolloin varisemista tapahtuu hyvin vähän. Voimakkaamman varisemisen jakso alkaa noin kahden viikon kuluttua keltatuleentumisesta, jolloin kokonaistappio on 15-30 kg/ha/vrk (kuva 13). Käytännössä viljalaji ja ajankohdan sää voi vaikuttaa paljon varisemistappion suuruuteen.

Viljan laatutekijöistä otettiin malliin mukaan leipäviljojen sakoluku. Korjuukauden sää vaikuttaa sakolukuun ja siten leipäviljoista

alle leipäviljarajan jo 3 vrk:n kuluttua puintikypsyyden saavuttamisesta. Vehnät kestävät huonoa säää keskimäärin viikon. Kuivana korjuukautena rukiin sakoluvun kestävyys on keskimäärin 17 vrk ja vehnän 21 vrk keltatuleentumisesta (Ylönen 1985). Kasvukausien ja lajikkeiden välillä on suuria eroja. Mallissa rehurukiin hinta on 20 p/kg alempi ja rehuvehnän 13 p/kg alempi kuin vastaavan leipäviljan.

## 5.2 Leikkuupuinti

Mallissa viljan puinti voi alkaa, kun keltatuleentumisesta on kulunut viikko. Viljojen puintijärjestys määräytyy viljojen myyntiarvon mukaan (sato x hinta). Puitava vilja voi mallin puolesta vaihtua vaikka kesken päivän, jos esim. leipäviljan sakoluku laskee alle kelpoisuusrajan ja

samanaikaisesti on valmiina kalliimpaa rehuviljaa. Vuorokaudessa olevat puintitunnit määräytyvät sääaineiston perusteella siten, että ilmankosteuden on oltava vähintään kahden tunnin ajan alle 80 %, jotta puinti voitaisiin aloittaa (Savela 1984). Puintiaika rajattiin klo 10 ja 21 välille ja tuona aikana tulee olla vähintään kaksi perättäistä puintiin kelpavaa tuntia, jotta puinti käynnistyisi.

Sääaineisto on Ilmatieteen laitoksen Mietoisten havaintoasemalta elo- ja syyskuulta vuosilta 1997-1998. Näistä syksyn 1997 aineisto edustaa helppoa puintisyksyä, jolloin käyttökelpoisten puintituntien lukumäärä elo-syyskuussa oli 352 h. Syksy 1998 oli huomattavasti sateisempi. Puintitunteja olisi silloinkin ollut edellä mainittujen kriteerien mukaan 168 h elo- syyskuussa, mutta ne keskittyivät hankalasti elokuun alkuun ja syyskuun loppupuolelle. Simulointiin on käytettävissä vastaava sääaineisto Maaningan havaintoasemalta vuosilta 1997-98. Hyvänä vuonna 1997 Maaningalla oli vähemmän käyttökelpoista puintiaikaa kuin Mietoissa ja huonona vuonna 1998 puintiaikaa oli enemmän.

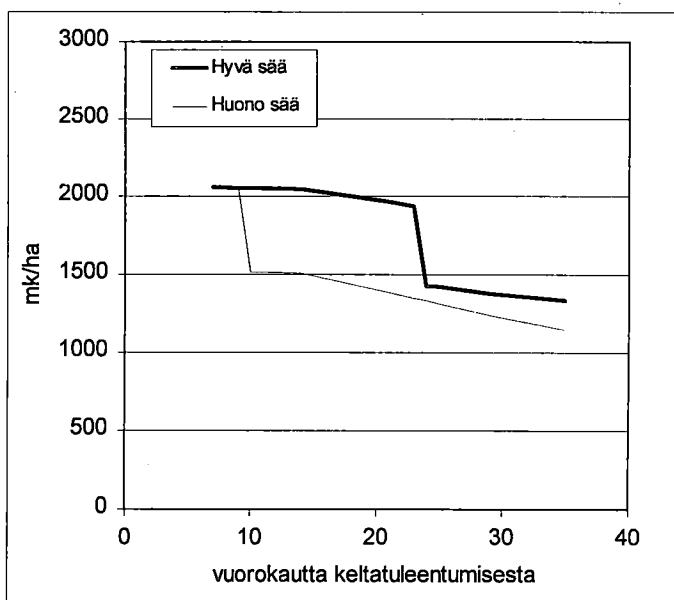
Puimurin kapasiteetti määräytyy tanskalaisten työntutkimusten perusteella, joissa on selvitetty puimurin tehokkuus 65 tapauksessa (Sörensen 1996). Tutkimuksessa johdettiin puimurin teoreettisen jyvätehon  $Y$  (kg/h) yhtälöt, joissa on muuttujana puimurin tehollinen työleveys. Yhtälöt kuvaavat tanskalaistiloilla käytössä olevien puimureiden jyvätehoa keskimäärin.

$$\text{Ruis: } Y = (-78.9 + 37.5 * (\text{Leikkuuleveys} - 20) / 100) * 100$$

$$\text{Syysvehnä: } Y = (-37.2 + 38.6 * (\text{Leikkuuleveys} - 20) / 100) * 100$$

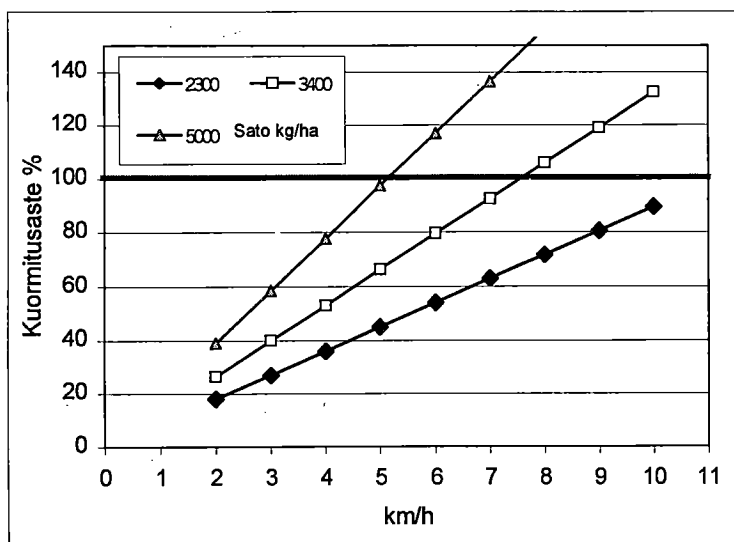
$$\text{Ohra: } Y = (-15.8 + 30.3 * (\text{Leikkuuleveys} - 20) / 100) * 100$$

Kevätvehnälle ja kauralle ei ole määritetty omia yhtälöitä ja siksi kevätvehnälle käytettiin syysvehnän yhtälöä ja kauralle ohran jyvätehoa 6 %:lla alennettuna (Orava 1985).



**Kuva 14.** Ruissadon arvon kehittyminen erilaisina syksyinä. Ottaa huomioon sakoluvun laskun, varisemistappiot ja puimurin pöytätapit. Lähteet: Lundin & Claesson 1985, Pehkonen & Kojo 1987, Ylönen 1985.

**Figure 14.** The progress of the value of the rye yield in different weather conditions. Decreasing falling number, preharvest losses and header losses have been taken into consideration.



**Kuva 15.** 360 cm leveän puimurin kuormitusaste eri ajonopeuksilla ja satotasoilla ohran puinnissa. Lähde: Sörensen 1996.

**Figure 15.** The use of the capacity of a combine with 360 cm header when speed and yield level vary.

sisällään tilan peltolohkojen välisten etäisyyksien sekä lohkon muodon ja koon vaikutuksen. Työtehoseuran mukaan puinnin lohkokerroin voi vaihdella esim. välillä 0,5-1,2 (Maatalouden työnormit 1988). Lakoisuus hidastaa puimurin ajonopeutta seuraavasti: 0 % kasvustosta laossa =>kerroin = 1, 10 % kasvustosta laossa =>kerroin = 0,83 ja 50 % kasvustosta laossa =>kerroin = 0,67 (Orava 1985, Vakolan koetuspuinnit 1980-1988). Puintitehoon vaikuttaa myös se, tyhjenetäänkö puimurin säiliö paikallaan olevaan vai puimurin rinnalla liikkuvaan peräkärriin. Tanskalaisten mukaan rinnalla tyhjennyksellä voidaan lisätä puintitehoa noin 10 % paikallaan tapahtuvaan tyhjennykseen verrattuna (Sörensen 1996). Tämä voidaan valita mallissa kohdassa "Tyhjennystapa".

### 5.3 Viljan kuljetus

Mallissa vilja kuljetetaan maataloustraktoreiden vetämin perävaunuin varastointipaikalle. Viljan korjuutyöhön voi osallistua 1-3 työntekijää, 1-2 traktoria ja 1-2 perävaunua. Näiden kombinaatioista mikä tahansa on mahdollinen. Perävaunujen tilavuus, peltolohkojen keskimääräinen etäisyys talouskeskuksesta ja tiestön sallima ajonopeus on käyttäjän muuteltavissa.

Malli tarkkailee työntekijöiden lukumäärää suhteessa kaluston määrään, ts. esimerkiksi kaksi perävaunua ei voi olla yhtäaikaa puimurin kanssa liikkeellä, jos työntekijöitä on vain kaksi. Mikäli työntekijöitä on vain yksi, malli pui ensin molemmat perävaunut täyteen, jonka jälkeen ne viedään vuoronperään talouskeskukseen tyhjennettäviksi.

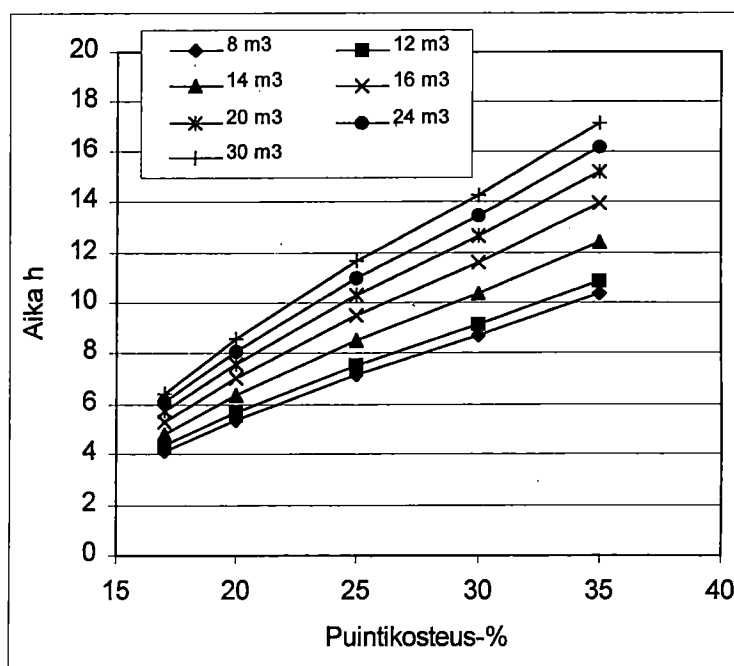
### 5.4 Viljan käsittely ja varastointi

Varastointipaikalla vilja kipataan kaatosuppiloon, josta se siirretään kuljettimien avulla lämminilma-kuivuriin, kylmäilmakuivuriin tai tuoresäilöntään. Näiden menetelmien yhdistelmät ovat myös mahdollisia. Käsittelyn jälkeen vilja siirretään varastoon. Olettamuksena on, että kaikki tilalla tuotettu vilja voidaan varastoida, mutta tätäkin oletusta voidaan helposti muuttaa.

Tanskassa viljojen hehtaarisadot ovat niin korkeita, että sikäläisten jyvätehojen suora soveltaminen Suomen oloihin johtaisi varsinkin heikkona satovuonna liian korkeisiin (yli 10 km/h) puimurin ajonopeuksiin (kuva 15). Tällöin puimuri ja kuljettaja ylikuormittuvat muista tekijöistä kuin jyvä- tai olkimäärästä. Työn laatu kärsii ja tapahtuu helposti rikkoutumisia sekä tapaturmia. Siksi mallissa suurin ajonopeus on rajoitettu 8 km/h:ssa.

Lopulliseen puintitehoon vaikuttavat vielä peltolohkojen lohko- ja lakoisuuskerroimet (liite 1). Lohkokerroin pitää

Lämminilmakuivuri on siilo-tyyppinen eräkuivuri, joka voi olla kooltaan 8, 14, 18, 24 tai 30 m<sup>3</sup>. Kuivausaika määräytyy viljaerän kosteuden mukaan Työtehoseurassa laadittujen energiankulutusmallien perusteella (Peltola 1992) (kuva 16). Kuivausaika sisältää varsinaisen kuivauksen lisäksi kuivurin täyttööön, jäähtytykseen ja tyhjennykseen kuluvat ajat. Jäähtytykseen on oletettu kuluvan aikaa aina yksi tunti. Täyttö- ja tyhjennysaikoihin vaikuttavat kuivurin koko, elevaattorin teho ja viljan kosteus. Peltolan (1992) esittämien kaavojen mukaan laskettuna ajat vaihtelevat 40 - 110 minuuttia erää kohti. Lämminilmakuivuria edeltää viisilaarinen kylmäilmapuskurikuivuri, johon viljaa voidaan hyvän sään vallitessa puida varastoon ja kuivata vähän kerrassaan lämminilmakuivurilla. Puskurikuivuri voidaan myös täysin ohittaa.



Kuva 16. Yhden viljaerän kuivaukseen kuluva aika erikokoisilla kuivureilla. Lähteet: Peltola 1992, Jaakko kuivausopas 1982.

Figure 16. The time needed to dry one batch of cereal with hot air in driers of different size.

Saatavilla olleen aineiston mukaan yhden erän kuivaus kestää isossa kuivurissa 7 tuntia kauemmin kuin pienessä kuivurissa, kun viljan kosteus on 35 %. Tämä johtuu ison kuivurin hitaasta täytöstä ja tyhjennyksestä sekä hitaasta lämpenemisestä kuivuria käynnistettäessä. Myöskään kuivuriuunien teho ei kasva kuivauskennoston koon kanssa samassa suhteessa.

Mallissa kuivauksen oletetaan tapahtuvan niin automaattisesti, että viljaa pellolta kuljettavat henkilöt pystyvät samalla hoitamaan kuivurin toiminnan. Kuivauksen jälkeen vilja siirretään varastoihin, joista suurin osa on (MTT/Vakolan konemyyntitilastot) pakettikuivaamoon kuuluvia kartiopohjaisia siiloja ja loppu lieriömäisiä terässiiloja.

Kylmäilmakuivurin oletetaan olevan laarityyppinen varastokuivuri, jossa on dieselmoottorikäyttöiset puhaltimet. Sähkömoottori sopii hyvin pienten kylmäilmakuivureiden puhaltimen pyörittäjäksi, mutta pääsulakkeiden koko on usein esteenä sähkömoottorin käyttämiseen suuremmissa kuivureissa. Esimerkiksi 30 ha:n vilja-alaa varten tarvitaan yhteisteholtaan noin 20-33 kW:n puhallinmoottorit, joiden käynnistämiseen maatiloilla yleinen 35 A sulakekoko ei riitä (Sariola ym. 1990, Potkuripuhaltimien ryhmäkoetus 1987).

Dieselmoottorikäytössä puhallin voidaan mitoittaa antamaan reilusti kuivausilmaa ja syntyvä hukkalämpö voidaan johtaa kylmäilmakuivauksen lisälämmöksi, mikä nopeuttaa kuivumista. Tällöin viljan vesipitoisuus saadaan varmemmin alle kauppakelpoisuusrajan. Lisälämmöstä koituvaa hyötyä on otettu huomioon kuivurin energiankulutuksessa.

Kylmäilmakuivurissa märkää viljaa (kosteus n. 30 %) kuivattaessa viljan kerrospaksuus saa olla aluksi vain noin 40 cm. Tätä ei tosin ole mallinnettu. Kun viljan kosteus on alentunut 20 % tietämille, voidaan kerrospaksuutta lisätä aina metriin saakka (Peltola & Kallioniemi 1988). Kuivan

viljan varastointipaksuus voi olla tätäkin suurempi. Mallissa kuivauspinta-alaa oletetaan olevan 4,5 m<sup>2</sup> hehtaaria kohden. Tämä oletus edellyttää, että ainakin osassa kuivuria voidaan kuivata enemmän kuin yksi erä. Kuivattu vilja siirretään kuivurin vieressä oleviin pyöreisiin terässiiloihin. Jos kuivurissa kuivattaisiin vain yksi erä, pinta-alaa pitäisi olla 6,6 m<sup>2</sup> hehtaaria kohden (Sariola ym. 1990). Kuivurin osittainenkin tyhjentäminen kuivauskauten aikana edellyttää tehokkaasti toimivia kuljettimia, mikä on otettu kustannusten laskennassa huomioon.

Mallissa on kolme tuoresäilöntävaihtoehtoa: murskesäilöntä, ilmatiivis säilöntä ja jyväsäilöntä. Murskesäilönnässä vilja on litistettävä, hapotettava, tiivistettävä ja säilöttävä ilmatiiviiseen siiloon. Hapetus tehdään litistuksen yhteydessä. Ilmatiiviissä säilönnässä ei käytetä mitään säilöntäaineita, vaan jyvät varastoidaan kokonaisina ilmatiiviiseen siiloon. Siilo täytetään lietsolla. Jyväsäilönnässä viljaan lisätään propionihappoa sitä enemmän mitä kostempaa vilja on. Hapon käyttömäärä suhteessa viljan kosteuteen on esitetty kuvassa 5. Hapetus tapahtuu ruuvikuljettimeen liitetyllä pumppuhapottimella samalla, kun vilja siirretään perävaunusta varastoon.

Tuoresäilöntävaihtoehtoja voidaan simuloida täysin itsenäisesti tai niin, että ne ovat lämmin- tai kylmäilmakuivauksen varamenetelmiä. Jälkimmäisessä tapauksessa leipäviljat pyritään ohjaamaan ensisijaisesti kuivureihin ja vasta kuivauskapasiteetin loputtua tuoresäilöntään. Jos vilja (rehu/leipä-) on ollut 10 h kaatosuppilossa ja on odotettavissa, että kuivuri ottaa uutta viljaa vasta 5 h:n päästä, ohjataan kaatosuppilon sisältö viljan lämpenemisvaaran takia tuoresäilöntään. Tuoresäilönnässä on vain kaksi erillistä varastosiiiloa, koska kostea lopputuote on aina rehuviljaa.

## 5.5 Korjuukustannusten laskentaperusteet

Mallin kustannuslaskennan rakenne ilmenee liitteen 4 vasemmasta alareunasta. On huomattava, että tässä mallissa lasketaan vain viljan korjuun ja varastoinnin aiheuttamia kustannuksia. Esimerkiksi kylvön, lannoituksen ja kasvinsuojelun kustannukset on rajattu ulkopuolelle. Kustannukset muodostuvat muuttuvista ja kiinteistä kustannuksista sekä ajallisuuskustannuksesta. Kun näiden summa jaetaan varastoon korjatuilla viljakiloilla, saadaan korjuun ja varastoinnin kokonaiskustannus, mk/kg.

### 5.5.1 Kiinteiden kustannusten poisto ja korko

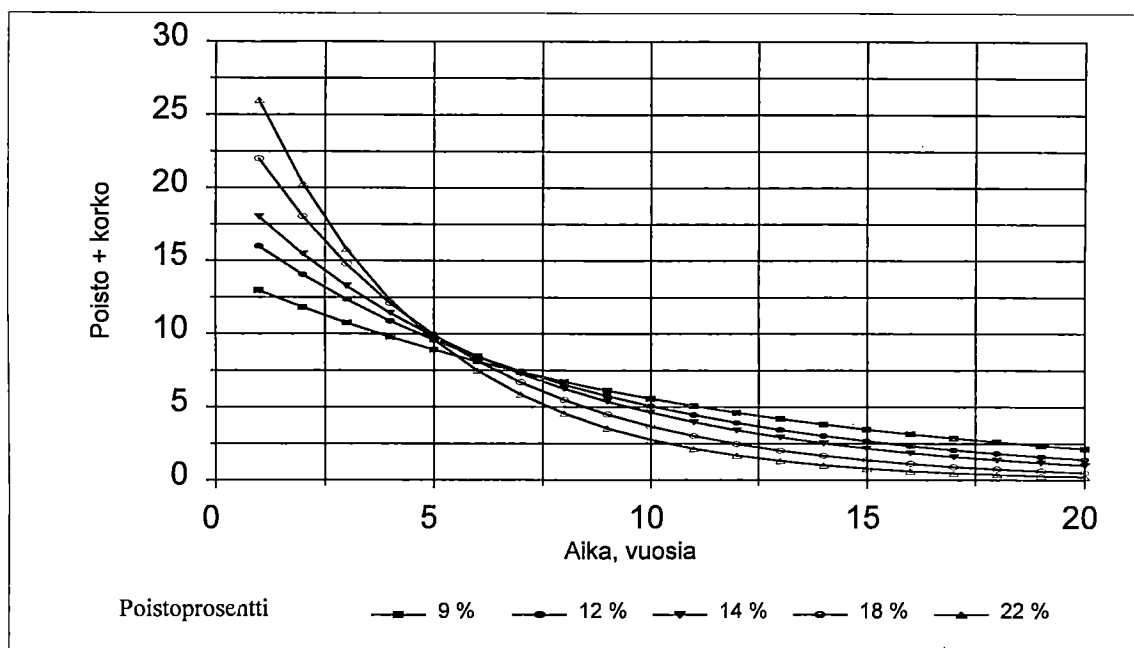
Kiinteiden tuotantovälineiden kuten traktoreiden, puimurin, kuivureiden ja viljavarastojen poistot lasketaan prosenttipoistomenetelmällä, jota on Ala-Orvolan (1998) mukaan alettu käyttää myös maatalojen kannattavuuskirjanpidossa tilivuodesta 1998 lähtien. Prosenttipoistomenetelmä painottaa poistoja tuotantovälineen käyttöajan alkupäähän ja siksi uusien koneiden ja rakennusten suuri määrä lisää korjuukustannusta. Mallissa ei kuitenkaan ole yhtään aivan uutta konetta tai rakennusta ja oletetut tuotantovälineiden hankinta-ajat on jaksotettu siten, kuin ne voisivat olla jollakin suomalaisella maatilalla. Traktoreiden poisto-aika on 12 vuotta, leikkuupuimurin 15 vuotta, kuivureiden, viljasiilojen ja perävaunujen 25 vuotta.

Käytännön maatiloilla on käytössä tätä vanhempaa, täysin toimintakuntoista kalustoa, mutta taloudellista suunnittelua ei ole järkevää ulottaa 15 - 20 vuotta pitemmälle jo ihmisen ikäkin huomioon ottaen. Maataloudelta on voitava Suomessakin edellyttää sellaista kannattavuutta, että esitettyjä poistoaikoja kyetään noudattamaan.

Lisäksi koneiden ja rakennusten tekninen käyttöikä voi olla lyhyempi kuin niiden mekaaninen kestävyys. Teknisen käyttöiän loppuessa koneen kapasiteetti ei ehkä enää riitä tai sen työn laatu ei vastaa uuden menetelmän vaatimuksia. Rakennus saattaa olla hyväkuntoinen mutta tiloiltaan

parhaimpaan tuotantomenetelmään soveltumaton. Toisaalta vanhaa kalustoa käyttäen tuotantokustannukset voivat olla alhaiset, jos oletetaan, että ikä ei vaikuta tuotannon määrään tai laatuun (ks. kuva 17).

Korko on 4 % ja se lasketaan poistamattomalle menojäännökselle.



**Kuva 17.** Tuotantovälineestä aiheutuva kiinteä kustannus (poisto + 4 % korko), kun käytetään eri poistoprosentteja ja kun tuotantovälineen hinta on alkuhetkellä 100.

**Figure 17.** The fixed cost of a mean of production (depreciation + 4 % interest) when different depreciation per cents are used and when the price of the mean of production at the startpoint is 100.

### 5.5.2 Työkustannus, poltto- ja voiteluaineet, sähkö

Työkustannuksen oletusarvo sosiaalikuluihin on 57,59 mk/h, joka on kuudennen palkkaryhmän palkka II paikkakuntaluokassa. Tästä on palkan osuus 35,87 mk ja sotun 21,72 mk eli 60,55 % palkasta. Kaikki työ on oletettu saman hintaiseksi. Työn hintaa voidaan mallissa helposti muuttaa, jolloin voidaan simuloida sen vaikutusta korjuukustannuksiin.

Mallissa käytetty polttoöljyn arvonlisäveroton hinta on 1,74 mk /l ja voiteluöljyn 6,40 mk/kg. Sähkön arvonlisäveroton hinta on 0,44 mk/kWh. Mallissa käytetyt palkat ja hinnat ovat joulukuun 1999 palkka- ja hintatason mukaisia.

### 5.5.3 Leikkuupuinnin kustannukset

Leikkuupuimurin koko (leikkuuleveys, cm) määräytyy viljelypinta-alan mukaan seuraavasti: 30 ha/300 cm, 70 ha/300 cm, 120 ha/360 cm ja 200 ha/480 cm. Vuokrapuimurin käyttöä voidaan myös simuloida. Leikkuupuinnin muuttuvia kustannuksia ovat poltto- ja voiteluaineesta aiheutuvat kustannukset sekä työkustannukset. Poltto- ja voiteluainekustannukset on laskettu käyttäen Maatalouskalenterissa 1999 annettuja kulutuslukuja (Savela 1999). Työtä oletetaan tarvittavan varsinaisen puintityön lisäksi koneen huoltamiseen ja puhdistamiseen 35 minuuttia jokaista kuutta puintituntia kohden (Maatalouden työnormit 1988).

Puimurin huolto- ja kunnossapitokustannukset laskettiin prosentteina jälleenhankintahinnasta. Kustannukset ovat noin kaksinkertaiset Laineen (1998) esittämiin kustannuksiin verrattuna, koska rikkoutumisesta katsottiin aiheutuvan lähes poikkeuksetta muitakin kustannuksia kuin pelkkä korjaustyö ja varaosat. Töitä on järjesteltävä uudelleen, joudutaan ajamaan hukka-ajoa, joudutaan kuivaamaan vajaita eria jne. Kyseiset tekijät ovat hinta paljon käytetyn ja vanhan leikkuupuimurin epäluotettavuudesta uudempaan verrattuna. Puimurin ikä ja käyttömäärä vaikuttavat kustannuksen suuruuteen seuraavasti: jos puimuri on 10 vuotta nuorempi, kerroin on 2 % käyttömäärästä riippumatta; jos puimuri on 10 vuotta vanhempi ja käyttömäärä on pienempi kuin 100 h vuodessa, kerroin on 3 %; 10 vuotta vanhempien puimureiden kerroin on 6 % käyttömäärän ollessa yli 100 h vuodessa. Puimurin jälleenhankintahinta lasketaan yhtälöstä:

$$\text{Hinta} = -333013 + 1959 * \text{leikkuuleveys (cm)}.$$

Regressioyhtälö kuvaa puimurin leikkuuleveyden ja hinnan välistä yhteyttä ja se on laskettu käyttäen lähtöaineistona Koneviesti-lehdessä 19/98 (Leikkuupuimureiden ryhmäesittely 1998) esitettyjä hintoja.

Puimurin käyttöiäksi oletetaan 15 vuotta ja jäännösarvoksi 10 % jälleenhankintahinnasta. Poisto on 14 % menojäännöksestä. Puimurin ikä voidaan valita mallissa vapaasti 1 - 15 vuoden väliltä. Oletusarvo on 2 vuotta.

#### 5.5.4 Lämminilmakuivauksen kustannukset

Lämminilmakuivuri on siilotyyppinen eräkuivuri, jonka koko määräytyy viljelypinta-alan mukaan seuraavasti: 30 ha/8 m<sup>3</sup>, 70 ha/14 m<sup>3</sup>, 120 ha/24 m<sup>3</sup> ja 200 ha/30 m<sup>3</sup>. Viljan kuivauttamista rahtityönä voidaan myös simuloida. Kuivurin muuttuvia kustannuksia ovat polttoöljystä ja sähköstä aiheutuvat kustannukset sekä työkustannukset. Energiakustannukset on laskettu käyttäen Maatalouskalenterissa 1999 annettuja kulutuslukuja (Savela 1999). Työtä oletetaan tarvittavan 1/3 kuivurin käyntiajasta. Kunnossapito ja vakuutus on laskettu kiinteänä kustannuksena, joka on 1,5 % jälleenhankintahinnasta. Kuivurin jälleenhankintahinta lasketaan yhtälöstä:

$$\text{Hinta} = 159133 + 1961 * \text{kuivurikoneiston tilavuus (m}^3\text{)}.$$

Hinta sisältää kuivurikoneiston, rakennuksen ja siilotilaa, jonka tilavuus on suhteutettu kuivurikoneiston kokoon. Regressioyhtälö kuvaa kuivurin tilavuuden ja hinnan välistä yhteyttä ja se on laskettu käyttäen lähtöaineistona Työteho-seuran maataloustiedotteessa 3/1999 esitettyjä paketti-kuivaamojen hintoja (Laaksonen 1999).

Kuivurin käyttöiäksi oletetaan 25 vuotta ja jäännösarvoksi 10 % jälleenhankintahinnasta. Poisto on 9 %. Kuivurin ikä voidaan valita mallissa vapaasti 1 - 25 vuoden väliltä. Oletusarvo on 12 vuotta.

Mallissa oletetaan, että kaikki vilja voidaan varastoida tilalla. Vilja ei kuitenkaan mahdu paketti-kuivaamon siiloihin ja siksi kiinteitä kustannuksia aiheutuu erillisistä viljasiiloista. Varastotarpeeksi on arvioitu 6,5 m<sup>3</sup> viljahehtaaria kohden. Lisätilan tarve on esitetty taulukossa 2. Siilojen hintoina on käytetty Antti-Teollisuus Oy:n pyöreiden viljasiilojen hintoja joulukuussa 1999. Halkaisijaltaan 3,8 metrin siilojen hinta noudattaa yhtälöä:  $\text{Hinta} = 8759 + 5000 + 166 * \text{tilavuus (m}^3\text{)}$  mk. Perustuksen hinnaksi on arvioitu 5000 mk. Siilojen koko on 41 - 105 m<sup>3</sup>. Suurempien, halkaisijaltaan 5,3 metrin siilojen hinta noudattaa yhtälöä:  $\text{Hinta} = 10945 + 7000 + 127 * \text{tilavuus (m}^3\text{)}$  mk. Näiden siilojen perustuksen hinnaksi on arvioitu 7000 mk ja tilavuus on 84 - 209 m<sup>3</sup>.

**Taulukko 2.** Mallissa käytetyt lämminilmakuivureiden, varastotilojen ja puskurikuivureiden koot.**Table 2.** The sizes of hot air batch dryers, grain storages and buffer on-floor dryers used in the model.

Tilakoko, ha <i>Farm size, ha</i>	Lämminilmakuivurin koko, m <sup>3</sup> <i>Size of the hot air batch dryer, m<sup>3</sup></i>	Silotilaa kuivurissa, m <sup>3</sup> <i>Volume of the silos in the dryer building, m<sup>3</sup></i>	Tarvittava lisävarastotila, m <sup>3</sup> <i>Additional storage volume needed, m<sup>3</sup></i>	Puskurikuivurin koko, m <sup>3</sup> <i>Size of the buffer on-floor dryer, m<sup>3</sup></i>
30	8	130	65	50 <sup>1)</sup>
70	14	209	246	50 <sup>1)</sup>
120	24	340	440	50 <sup>1)</sup>
200	30	450	850	50 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Koko voidaan valita vapaasti.<sup>1)</sup> The size can be chosen freely.

Lämminilmakuivurin lisäksi mallissa voidaan käyttää kylmäilmakuivuria puskurikuivurina. Sen koko voidaan valita vapaasti ja sen jälleenhankintahinnaksi on arvioitu 2000 mk/m<sup>3</sup>. Puskurikuivurissa on viisi samankokoista laaria, joihin kertynyttä viljaa kuivataan sitä mukaan kuin lämminilmakuivurin kapasiteetti antaa myöten. Puskurikuivuri oletetaan samanikäiseksi kuin lämminilmakuivurikin ja poisto lasketaan samassa yhteydessä ja samalla periaatteella kuin lämminilmakuivurinkin.

### 5.5.5 Kylmäilmakuivauksen kustannukset

Kylmäilmakuivauksen muuttuvia kustannuksia ovat puhaltimien energiankulutus ja työ. Puhaltimia käyttävien dieselmoottoreiden polttoöljynkulutuksen oletetaan olevan 260 g/kWh (Traktoreiden ryhmäkoetus, Vakolan koetuselostus 1132). Lisälämmön käytön ansioksi on arvioitu, että puhaltimien pyörittämiseen tarvitaan 2/3 siitä energiamäärästä, mikä kuluisi sähkömoottorikäytössä. Yhden vesikilon haihduttamiseksi on laskettu tarvittavan 0,35 kWh energiaa (Ahokas & Koivisto 1983). Työtä oletetaan tarvittavan 15 min kuivattua viljatonna kohden.

Kylmäilmakuivauksen kiinteitä kustannuksia ovat poisto, korko ja kunnossapito. Kuivurin ja lisävarastona tarvittavien terässiilojen poisto-aika on 25 vuotta ja oletettu ikä 12 vuotta. Kuivurin jälleenhankintahinnan oletetaan olevan 200 m<sup>2</sup>:iin asti 1410 mk/m<sup>2</sup>, josta kuivauslaarien osuus on 850 mk ja koneistuksen 560 mk. Jos kuivurin pinta-ala on suurempi kuin 200 m<sup>2</sup>, ylimenevien neliöiden jälleenhankintahinnan oletetaan olevan 1110 mk/m<sup>2</sup>. Tästä hinnasta kuivauslaarien osuus on 550 mk ja koneistuksen 560 mk. Kuivureiden hintaa laskettaessa on käytetty lähteenä Maaseutuelinkeinolin mukaisia rakentamisen ohjekustannuksia (MMM-RMO E 2 rakennuskustannukset). Vaikka kuivausneliöiden rakentaminen halpenee kuivurin koon kasvaessa, koneistukseen tarvittava rahasumma pysyy ennallaan. Siksi suuri kylmäilmakuivuri ei ole yhtä edullinen lämminilmakuivuriin verrattuna kuin pieni. Kuivurin lisäksi tarvittavien viljasiilojen koot ja jälleenhankintahinnat on esitetty taulukossa 3. Kylmäilmakuivurin kunnossapitokustannukseksi on laskettu 1,5 % jälleenhankintahinnasta.



**Taulukko 3.** Kylmäilmakuivureiden ja niiden yhteydessä tarvittavien erillisten viljasiilojen koot ja jälleenhankintahinnat.

**Table 3.** The sizes and delivery prices of on-floor grain dryers and separate grain silos needed as additional storage volume.

Tilakoko, ha <i>Farm size, ha</i>	Kylmäilmakuivuri <i>On-floor grain dryer</i>		Erilliset varastosiiot <i>Separate grain silos</i>	
	Pinta-ala, m <sup>2</sup> <i>Area, m<sup>2</sup></i>	Jälleenhankintahinta, mk <i>Delivery price, mk</i>	Tilavuus, m <sup>3</sup> <i>Volume, m<sup>3</sup></i>	Jälleenhankintahinta, mk <i>Delivery price, mk</i>
30	135	190350	65	19800
70	315	409650	150	30800
120	540	659400	250	54400

### 5.5.6 Traktoreista aiheutuvat kustannukset

Traktoreita tarvitaan viljan kuljetuksiin ja niitä voi olla mallissa yksi tai kaksi. Oletusarvo on kaksi traktoria, koska perävaunujakin oletetaan olevan kaksi. Toinen traktori on kooltaan aina 50 kW ja toisen koko vaihtelee tilakoon mukaan seuraavasti: 30 ha/50 kW, 70 ha/60 kW, 120 ha/90 kW ja 200 ha/120 kW. Traktoreista oletetaan aiheutuvan sekä kiinteitä että muuttuvia kustannuksia.

Muuttuvia kustannuksia ovat poltto- ja voiteluainekustannukset, säilytys, vakuutus ja ajajan palkka. Poltto- ja voiteluainekustannukset on laskettu käyttäen Maatalouskalenterissa 1999 annettuja kulutuslukuja (Savela 1999). Ykköstraktorin säilytyskustannus on 1600 mk ja vakuutus 2100 mk vuodessa koosta riippumatta. Kakkostraktorin säilytyskustannus on 1300 mk ja vakuutus 1900 mk vuodessa.

Huolto- ja korjauskustannus on 3 % traktoreiden jälleenhankintahinnasta. Traktorin jälleenhankintahinta lasketaan yhtälöstä:

$$\text{Hinta} = -16685 + 3189 * \text{teho (kW)}.$$

Regressioyhtälö kuvaa traktorin tehon ja hinnan välistä yhteyttä ja se on laskettu käyttäen lähtöaineistona Koneviesti-lehdessä 4/99 esitettyjä hintoja (Traktoreiden ryhmäesittely 1999). Traktoreiden poisto-aika on 12 vuotta ja jäännösarvo on 10 %. Poisto on 18 %. Ykköstraktorin oletetaan olevan 5 vuotta ja kakkostraktorin 10 vuotta vanha. Traktoreiden kiinteistä kustannuksista kohdistetaan 10 % viljankorjuuketjulle (huolto ja korjaus lasketaan mallissa kuuluvaksi kiinteisiin kustannuksiin, jolloin niistäkin kohdistuu viljankorjuuketjulle vain 10 %).

### 5.5.7 Perävaunuista aiheutuvat kustannukset

Simuloinnissa voidaan käyttää kuljetuksiin yhtä tai kahta perävaunua. Oletusarvo on kaksi perävaunua. Vaunujen koot on sidottu viljelypinta-alaan siten, että kahdella pienemmällä tilalla oletetaan olevan 10 ja 15 m<sup>3</sup>:n vaunut ja kahdella suuremmalla tilalla kaksi 15 m<sup>3</sup>:n vaunua. Toisen vaunun iän oletetaan olevan 5 vuotta ja jälleenhankintahinnan 30 000 mk. Toisen vaunun iäksi oletetaan 15 vuotta ja jälleenhankintahinnaksi 20 000 mk. Perävaunujen käyttöiäksi arvioidaan 25 vuotta ja jäännösarvoksi 10 %. Poistosta ja korosta kohdistetaan 50 % viljankorjuuketjulle. Vaunuille ei lasketa muuttuvia kustannuksia.

### 5.5.8 Tuoresäilönnän kustannukset

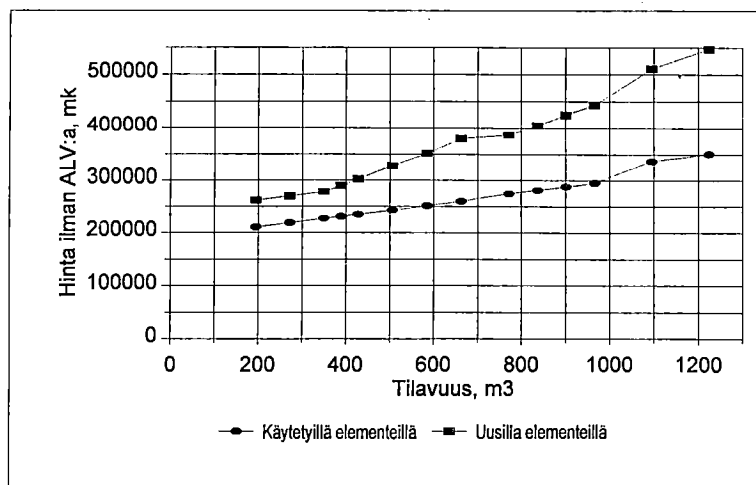
Tuoresäilönnän muuttuvia kustannuksia ovat happokustannukset sekä ihmis- ja traktorityö. Murskesäilönnässä käytettävän AIV II:n arvonlisäveroton hinta on 4,37 mk/l, johon sisältyy kolmannes pakkauksen hinnasta jaettuna sisällön litramäärällä. Jyväsäilönnässä käytettävän Propionixin arvonlisäveroton hinta samalla tavoin laskettuna on 9,07 mk/l. Murskesäilönnässä ihmis- ja traktorityötä lasketaan tarvittavan 1,5-kertainen määrä varsinaisen murskauksen ja hapotuksen työmenekkiin verrattuna. Tämän ajan katsotaan kuluvan siilon tiivistämiseen, peittämiseen ja painottamiseen. Ilmatiiviissä säilönnässä ja jyväsäilönnässä työtä lasketaan tarvittavan 1,2-kertainen määrä siilon täyttööseen tai hapotukseen kuluvaan aikaan nähden. Murskesäilöntäketjun tuntitehoksi on oletettu 5000 kg/h ja jyväsäilönnän ja ilmatiiviin säilönnän 8000 kg/h. Esimerkiksi murskesäilönnässä työn tarve 5000 kiloa kohden on siis 1,5 tuntia ja muita menetelmiä käytettäessä 1,2 tuntia 8000 kiloa kohden.

Traktoria tarvitaan murskesäilönnässä murskemyllyn käyttämiseen ja ilmatiiviissä säilönnässä täyttölietson pyörittämiseen. Traktoria käytetään sähkömoottorin sijasta, koska myllyn ja lietson tehontarve on suuri. Traktorista aiheutuva kustannus ilman kuljettajaa on 50 mk/h. Kaikkiin tuoresäilöntämenetelmiin liittyy oletus, että viljaa kuljettava traktori voi kipata kuorman säilöntäpaikalle ja se voi lähteä hakemaan uutta kuormaa riippumatta säilönnän tehosta. Käytännössä se ei ole aina mahdollista, mutta perävaunuja on usein enemmän kuin kaksi ja vilja voi jäädä perävaunuun odottelemaan pääsyä säilöntään. Traktori vie pellolle jonkin kolmannen perävaunun. Tässä mallissa oletetaan kaatosuppilon olevan käytössä myös tuoresäilöntämenetelmillä.

Tuoresäilönnässä käytettävien koneiden poistoajaksi on oletettu 15 vuotta ja varastojen 25 vuotta. Koneiden huoltokustannus on 3 % jälleenhankintahinnasta. Murskesäilönnässä kiinteitä kustannuksia aiheuttavat murskemylly, hapotin ja laakasiilo. Myllyn pitää olla vähintään yhtä tehokas kuin käytettävä puimuri, jotta vilja saadaan varastoitua sitä mukaan kuin sitä korjataan. Hapottimena oletetaan käytettävän sähkömoottorikäyttöistä pumppuhapotinta. Murskevilja oletetaan varastoitavan betonista valmistettuun, katettuun laakasiiloon. Siilon pitää olla niin luja, että se kestää tiivistämisen traktorilla. Seinä- ja lattiamateriaalin on kestävä muurahaishappoa. Siilon leveys on suunniteltava päivittäin käytettävän viljamäärän mukaan. Kapeasta siilosta viljaa voidaan ottaa koko rintauksen leveydeltä niin paljon, että vilja ei pääse pinnasta homehtumaan. Laakasiilojen hintaa laskettaessa on käytetty Maaseutuelinkeinolain mukaisia rakentamisen ohjekustannuksia (MMM-RMO E 2 rakennuskustannukset), joita on korotettu vastaamaan toteutuneita rakentamiskustannuksia.

Ilmatiiviissä säilönnässä suurin osa kustannuksista on kiinteitä. Niihin kuuluu itse siilo täyttö- ja tyhjennyslaitteineen, siilon perustukset, pystytys-työ tarvikkeineen ja sähköasennukset. Siilon hinta suhteessa tilavuuteen ilmenee oheisesta kuvasta (kuva 18).

Jyväsäilönnässä tarvittavia koneita ovat pumppuhapotin ja ruuvikuljetin. Viljaa ei tarvitse tiivistää eikä peittää.



Kuva 18. Ilmatiiviin viljasiilon hinta. (Lähde: Harvestore-viljasiilojen hinnat 15.7.1999, K-Maatalous).

Figure 18. The prices of air tight grain silos.

Varaston ei tarvitse myöskään olla ilmatiivis. Varasto voi siksi olla kevytrakenteisempi kuin murskesäilönnässä, mutta sinne ei kuitenkaan saa päästä rottia eikä lintuja. Viljan kanssa kosketuksiin joutuvien pintojen on kestettävä propionihappoa. Jyväsiilöttyä viljaa ei voida varastoida terässiiloissa, mutta varaston hinnan on oletettu vastaavan kuivatulle viljalle tarkoitetun terässiilon hintaa.

### 5.5.9 Ajallisuuskustannus

Ajallisuuskustannus aiheutuu työn liian aikaisesta tai liian myöhäisestä suorittamisesta (Laine 1996). Tällöin esim. viljankorjuussa sadon laatu ja määrä eivät ole niin korkeita, kuin ne olisivat tehtäessä työ optimiajankohtana. Kone- ja ihmistyökapasiteetin liian alhainen tai korkea mitoitus suhteessa työmäärään johtavat suureen ajallisuuskustannukseen. Ajallisuuskustannuksen suuruus vaihtelee vuosittain johtuen pääasiassa sään vaihtelusta (Laine 1996). Viljankorjuuketjun kapasiteetti kannattaa mitoittaa hieman keskiarvovuotta huonomman sään mukaan (Peltola & Kallioniemi 1988).

Tässä mallissa ajallisuuskustannus muodostuu viljan varisemisesta ja sakoluvun laskusta puinnin viivästyessä (ks. ed. kpl 5.1). Viljaa ei lähdetä puimaan raakana eli optimiajankohtaa ennen. Tästä mahdollisuudesta olisi hyötyä erityisesti murskesäilönnässä, koska siinä puitavan viljan optimikos-teus on 30-45 % (Klemola et al. 1994). Puintien aloitus ajoittunee tuolloin 1-2 viikkoa muita menetelmiä aikaisemmaksi.

### 5.5.10 Yksikkökustannus

Mallissa lasketaan sadonkorjuuketjusta aiheutuvat kiinteät ja muuttuvat kustannukset sekä ajallisuuskustannus yhteen. Simuloinnin aikana voidaan seurata, miten kustannus korjattua ja varastokuntoon saatettua viljakiloa kohden laskee sadonkorjuun edistyessä. Korjuukauden alussa kustannus on korkeimmillaan, koska kiinteät kustannukset jakautuvat silloin vasta pienelle osalle sadosta. Kustannus laskee korjuukauden loppua kohden, mutta saattaa myös nousta, jos viljaa jää korjaamatta epäedullisten säiden tai riittämättömän kapasiteetin vuoksi.

## 5.6 Mallin toiminnan testaus (validointi)

Malli rakennettiin pala kerrallaan (sadon muodostus, puinti, kuljetus, käsittely, kustannukset) ja jokaisen palan valmistumisen jälkeen testattiin, toimiiko se toivotulla tavalla. Testausta tehtiin syöttämällä simulointimallin laskenta-algoritmit vertailun vuoksi yksi kerrallaan taulukkolaskenta-ohjelmaan ja toteamalla tulosten yhtäsuuruus. Koko mallin testaaminen tällä tavalla ei ole mahdollista muuttujien keskinäisten vaikutussuhteiden suuren määrän ja satunnaistekijöiden (sää) takia.

Säiliöiden (esim. sato, puimurin säiliö, peräkärret, kaatosuppilo, kuivuri) sisältöä tutkittiin graafisesti. Kuvaajasta näkyi helposti, jos viljaa oli väärässä paikassa väärään aikaan. Esimerkiksi viljan jääminen puimurin säiliöön parin sadepäivän ajaksi oli merkki logiikan virheestä. Alkuvaiheessa malli oli melko herkkä pienillekin odottamattomille tapahtumille, jolloin puinti saattoi pysähtyä loppuvuodeksi jo satokauden ensimmäisinä päivinä. Eri lähtöarvoilla testaamalla nämä virhetilanteet saatiin karsituksi pois. Viljan määrää pellolla verrattiin varastoihin kertyneeseen viljaan lajikkeittain, tästä kävi ilmi, mikäli viljaa oli jäänyt johonkin matkalle tai mennyt väärän lajin siiloon. Samoin koneiden liikkeitä ajan funktiona tarkastelemalla voitiin todeta henkilölogiikan toimivuus; esimerkiksi kaksi työntekijää ei voi samanaikaisesti ajaa kolmea konetta.

Mallin antamia tuloksia verrattiin aiemmin julkaistuihin viljan korjuun ja varastoinnin työmenekkiä ja taloutta käsitteleviin tutkimuksiin (esim. Mäkelä & Laaksonen 1990, Klemola ym. 1994, Sörensen 1996, Klemola & Pirilä 1999). Kun eroja löytyi, selvitettiin, johtuivatko ne mallin puutteellisesta toiminnasta vai lähtötietojen eroista.

Mallin validoinnissa tutkijoiden substanssiosaaminen on erittäin tärkeää, jotta he pystyvät arvioimaan, mikä on mahdollista reaali maailmassa ja mikä ei. Validointiin täytyisi aina osallistua useamman henkilön, jotta mallin puutteet voitaisiin korjata mahdollisimman kattavasti.

## 6 KORJUU- JA VARASTOINTIKUSTANNUSTEN SIMULOINTI

Malli on yksinkertaistus todellisuudesta. Siitä on pyritty jättämään pois kaikki ne tekijät, joiden vaikutus tutkittavaan asiaan voidaan olettaa vähäiseksi. Silti tässäkin mallissa on noin 80 eri muuttujaa, jotka voivat saada keskimäärin kolme eri arvoa (liite 1). Lisäksi osa muuttujista on jatkuvia, eli ne voivat periaatteessa saada äärettömän määrän arvoja. Olettakaamme, että simuloitava on 80 muuttujaa ja niillä jokaisella on vain kolme arvoa. Jos kaikki mahdolliset vaihtoehdot haluttaisiin kokeilla, jouduttaisiin suorittamaan  $3^{80} = 1,5 \times 10^{38}$  eri simulointia! Kun tiedettiin, että yhden simuloinnin suorittaminen tehdyllä mallilla vie Pentium 500 Mhz- tasoiselta tietokoneelta 30-60 min, oli selvää, että simuloinneissa voitiin keskittyä vain mielenkiintoisimpiin muuttujakombinaatioihin. Käytännössä tämä oli noin 100, korkeintaan 200 eri simulointiajtoa.

Simulointiohjelman laskentaväli (dT) vaikuttaa resoluutioon, ts. pienimpään erikseen havaittavaan muutokseen parametriarvoissa. Laskentaväli vaikuttaa myös mallin dynaamisiin ominaisuuksiin, jotka varsinkin nopeita ilmiöitä mallinnettaessa ovat tärkeitä (Gustafsson et al. 1982). Käsillä olevassa tutkimuksessa laskentaväliksi (dT) valittiin 1/512 vrk eli 2,8 min. Tällä tarkkuudella Stella 5.0- ohjelma sallii rajoitustensa vuoksi simulointijakson pituudeksi 64 vrk, eli esim. elo- ja syyskuun kokonaisuudessaan. Laskentavälin tihentäminen lyhentää samassa suhteessa simulointijakson max. pituutta. Toisaalta viljankorjuussa 2,8 min on jo niin lyhyt aika, ettei mikään mielenkiintoinen tapahtuma ehdi mennä ohi tuona aikana. Lyhin ja kriittisin työvaihe on tässä mallissa puimurin säiliön tyhjentäminen, joka voi tietyissä oloissa tapahtua valittua dT:tä lyhyemmässä ajassa, esim. tyhjennyksen tapahtuessa "lennosta".

Viljan säilöntämenetelmällä, tilakoolla, sääoloilla ja koneiden iällä laskettiin olevan eniten vaikutusta viljan korjuu- ja varastointikustannukseen. Lisäksi tutkittiin varakapasiteetin vaikutusta kustannuksiin. Varakapasiteettia tarvitaan pääsäilöntämenetelmän täydentäjänä esim. hyvinä satovuosina, kosteissa korjuuoloissa tai tilakoon kasvaessa. Tehtävistä simuloinneista muodostui taulukon 4 mukainen matriisi. Kaikkia vaihtoehtoja ei tässäkään pidetty tarpeellisena kokeilla, esim. jyväsäilöntä 200 ha:n vilja-alalla arvioitiin epärealistiseksi vaihtoehdoksi.

Lisäksi simuloitiin mm. puskurikuivurin, kaluston vuokrauksen, kaluston iän, työntekijämäärän ja ajomatkan vaikutus viljan korjuu- ja varastointikustannukseen. Edelleen testattiin mallin herkkyyttä keskeisimpien tekijöiden muutoksille, eli mitä tapahtuu, kun jokin lähtöarvo muuttuu esim.  $\pm 10\%$ . Näin simulointien kokonaismääräksi muodostui noin 150 kpl. Simulointien aikana muutettiin yleensä vain yhtä tekijää kerrallaan, jotta vaikutus lopputulokseen olisi ollut yksiselitteinen. Muut tekijät pidettiin vakiona. Tärkeimmät muistiin kerätyt tulokset ovat korjuu- ja varastointikustannus p/kg, kokonaiskustannukset (muuttuvat + kiinteät + ajallisuuskustannus) ja työmenekki eri työvaiheissa.

**Taulukko 4.** Suunnitelma viljasadon korjuu- ja varastointimallin simuloinneista. Luvut taulukossa tarkoittavat tilakokoja, joilla simuloinnit tehtiin. Lisäksi käytettiin vuosien 1997 ja 1998 sääaineistoa.

**Table 4.** A plan of simulations with a model of grain harvesting and storage. The figures in the table mean farm sizes used. Weather data (precipitation and RH) from years 1997 and 1998 were used.

Päämenetelmä Main method Varamenetelmä Reserve method	Lämmin- ilmakuivaus Hot air batch dryer	Kylmäilma- kuivaus On-floor cool air dryer	Ilmatiivis säilöntä Air tight preser- vation	Jyvä- säilöntä Propionic acid preservation	Murske- säilöntä Ensiling grains
Lämminilmakuivaus Hot air batch dryer	30, 70, 120 ja 200 ha				
Kylmäilmakuivaus On-floor cool air dryer	30, 70, 120 ja 200 ha	30, 70 ja 120 ha			
Ilmatiivis säilöntä Air tight preservation			30, 70, 120 ja 200 ha		
Jyvässäilöntä Propionic acid preservation	30, 70, 120 ja 200 ha	30, 70, 120 ja 200 ha	120 ja 200 ha	30, 70 ja 120 ha	
Murskesäilöntä Ensiling grains					30, 70 ja 120 ha

Nyt tehtyjen simulointien lisäksi mallilla voidaan melko helposti tutkia myös esim. koneiden yhteisomistuksen vaikutuksia korjuu- ja varastointikustannukseen. Tämä tapahtuu siten, että kiinteistä kustannuksista syötetään vain tarkasteltavan tilan osuus mallin lähtötiedoiksi. Tosin tällöin pitäisi ottaa huomioon tarkasti yhteistyötilojen olosuhteet, jotta viljankorjuuta tapahtuu vain kapasiteetin ollessa vapaana. Yleensäkin, jos mallia haluttaisiin soveltaa tiettyjen olemassa olevien tilojen korjuuketjujen suunnitteluun, pitäisi mm. yksittäisten peltolohkojen koko, muoto, etäisyys, mäkisyys ja kantavuus pystyä määrittelemään nykyistä tarkemmin.

## 7 SIMULOINTIEN TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

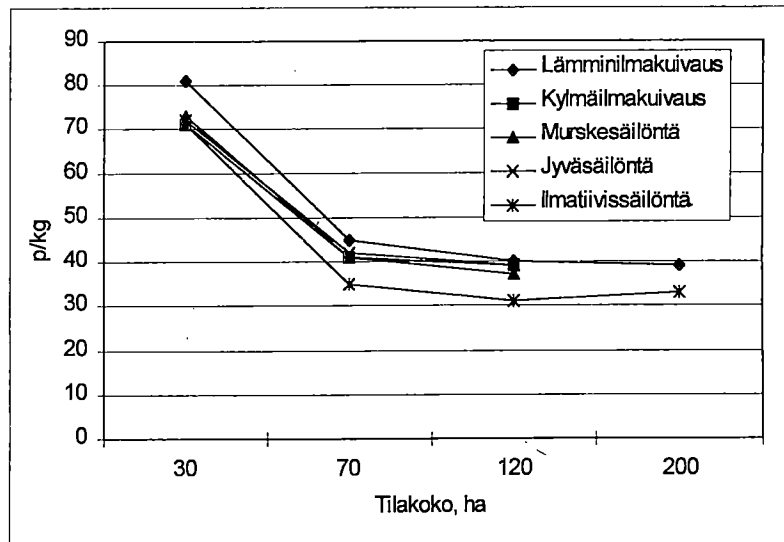
### 7.1 Korjuu- ja varastointikustannus p/kg

Mallin mukaan viljan korjuu ja varastointi on selvästi kalleinta pienimmässä, 30 hehtaarin tilakokoluokassa (kuva 19). Omia koneita käytettäessä jo pelkkä korjuu- ja varastointi maksaa enemmän kuin viljasta saatava hinta on. Sensijaan 70, 120 ja 200 hehtaarin vilja-aloilla kustannuksissa ei ole suurta eroa. Niissä korjuuketjun kapasiteetti saadaan käytettyä lähes täysimääräisesti hyödyksi.

Tulosten mukaan lämmin-ilmakuivaus on pienimmässä tilakokoluokassa noin 10 p/kg kalliimpaa kuin muut varastointitavat (kuva 19). 120 hehtaarin luokassa menetelmien kustannuserot ovat 1 - 3 p/kg, lukuunottamatta ilmatiivistä säilöntää, joka on kaikissa tilakoko-luokissa noin 10 p/kg halvempi säilöntätapa kuin lämminilmakuivaus. On huomattava, että tässä yhteydessä ilmatiiviin siilon kustannukset on laskettu käytettyjen siiloelementtien mukaan.

Kylmäilmakuivaus, murskesäilöntä ja jyvässäilöntä ovat kustannuksiltaan keskenään samaa tasoa, eivätkä siis kovinkaan paljon lämminilmakuivausta edullisempia. Jo 30 ha:n vilja-alalla kylmäilmakuivurissa tarvitaan 20-30 kW:n puhallinmoottorit, mikä monella tilalla edellyttää

puhaltimien käyttöä dieselmoottorilla tai kallista pääsulakkeiden uusintaa. Murskesäilönnässä käytettävä AIV II-muurahaishappo (tai vastaava) on melko edullista, mutta menetelmässä tarvitaan tukevat siilot (esim. laakasiilo), jotka kestävät tiivistämisen traktorilla tai muun riittävän painottamisen. Jyväsäilönnässä tilanne on päinvastainen: propionihapon käyttö on melko kallista, mutta varastoksi välttää betonipohjainen lattia, joka on katettu. Mikään näistä menetelmistä ei siis ole muita ylivoimaisesti halvempi.



**Kuva 19.** Viljan korjuu- ja varastointikustannukset eri varastointitavoilla v. 1997.

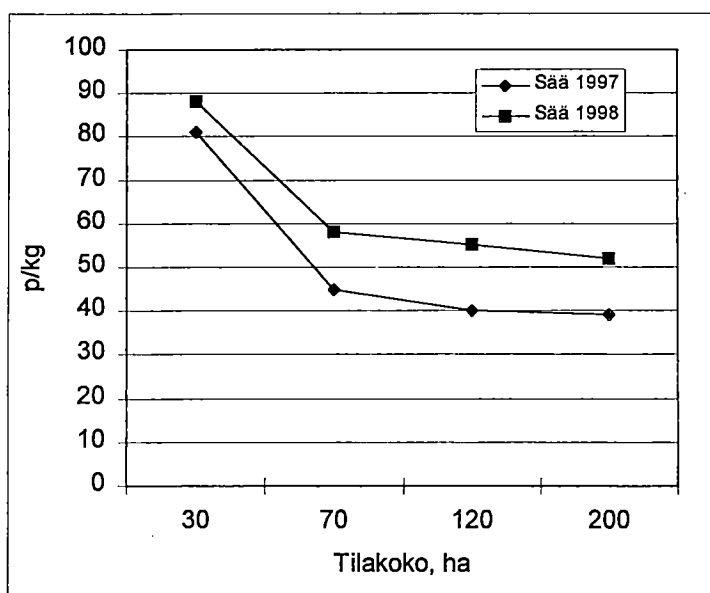
**Figure 19.** Costs of grain harvesting and storage in 1997 when different preservation methods are used.

Klemola et al. (1994) ovat tehneet vastaavanlaisen säilöntämenetelmien kustannusvertailun, jossa oli mukana kaikki tässäkin vertaillut menetelmät. Oleellinen ero tähän tutkimukseen verrattuna on siinä, että Klemolan et al. tarkastelussa tilojen viljelyala loppui siihen, mistä se tässä tutkimuksessa alkoi. Siksi onkin järkevää verrata vain 30 hehtaarin tuloksia. Molemmista tutkimuksista lämminilmakuivaus on todettu kalleimmaksi menetelmäksi ja ero seuraavaksi kalliimpiin menetelmiin on noin 10 p/kg. Näitä seuraavaksi kalliimpia ovat molemmissa tutkimuksissa kylmäilmakuivaus, murskesäilöntä ja ilmatiivis säilöntä. Klemolan et al. tutkimuksessa jyväsäilöntä on kaikkein edullisin menetelmä, mikä johtuu suurimmaksi osaksi siitä, että kustannuksista on vähennetty propionihapon rehuarvo. Mallissa ei vastaavaa hyvitystä ole tehty, mutta jos se tehtäisiin tämän päivän hinnoilla, jyväsäilöntäketjun kustannus olisi hieman yli pennin laskettua alempi. Murskesäilöntämenetelmää voisi puolestaan hyvittää ainakin jollain summalla siitä, että vilja on valmista rehua jo varastosta otettuna. Jauhatuskustannus valssimyllyllä tehtynä oli vuonna 1987 1,6 - 8,7 p/kg (Puumala 1987) jauhettavasta määrästä riippuen ja tuosta ajasta on ainakin sähkön hinta noussut noin kolmanneksen. Hyvitys voisi siten olla ainakin 2 - 3 p/kg.

Edellistä selvästi suurempi ero on korjuun ja varastoinnin kokonaiskustannuksissa. Klemolan et al. laskelmissa ne ovat menetelmästä riippuen 34 - 48 p/kg ja tämän mallin mukaan 70 - 80 p/kg. Kun verrataan Klemolan et al. saamia kokonaiskustannuksia Riepposen (1998) kirjanpitotiloilta laskemiin kustannuksiin vuonna 1995, Klemolan et al. kustannukset ovat paljon alhaisempia. Peltopinta-alaltaan 30 hehtaarin kirjanpitotiloilla tuotantokustannus on ollut keskimäärin noin 2,00 mk/kg, kun kustannus Klemolan et al. mukaan on 1,19 - 1,34 mk/kg. Tämä ero johtuu suurelta osin siitä, että Klemola et al. ovat olettaneet puintiin käytettävän vuokrapuimuria ja tässä mallissa on ollut oma, suhteellisen uusi leikkuupuimuri. Ilmeisesti myös kirjanpitotiloilla on käytetty pääosin omia puimureita, koska tuotantokustannus on ollut niin korkea. Tuotantopanosten hinnat eivät ole oleellisesti muuttuneet vuodesta 1994 nykyhetkeen verrattuna. Työteho-seurassa on tehty myös korjuukautta 1997 koskeva tilakysely ja siihen pohjautuva laskelma lämminilmakuivausta käyttävien tilojen kustannuksista (Klemola & Pirilä 1999). Tämän laskelman ja

mallin vuoden 1997 tulokset ovat hyvin samansuuntaisia. Työtehoseuran laskelmassa suurimman tilakokoluokan (> 90 ha) kustannukset ovat tosin noin 10 p/kg alemmat kuin mallin laskemat kustannukset. Ero johtunee siitä, että Klemolan & Pirilän laskelmissa leikkuupuimuri on ollut 8 vuotta vanhempi kuin mallissa. Sääoloiltaan huonona korjuukautena 1998 korjuu- ja varastointikustannus oli mallin mukaan 7-15 p/kg korkeampi kuin hyvänä korjuukautena 1997 (kuva 20). Ero olisi vielä suurempi, jos vuoden 1997 kustannuksia laskettaessa olisi käytetty alemmaa puintikosteutta kuin vuonna 1998, mikä olisi puintikauden sääolot huomioon ottaen voinut olla perusteltua. Nyt puintikosteus oli molempina vuosina 24 %.

Huonona syksynä viljaa varisee maahan ja leipäviljojen sakoluku laskee, kun viljaa ei pystytä korjaamaan optimiaikana. Mallissa pääosa ajallisuuskustannuksesta muodostuu viljan varisemisesta. Leipäviljojen osuus mallitilan pinta-alasta on melko pieni, ja vaikka viljan hinta alenee 13-20 p/kg sakoluvun pudottua alle hyväksymisrajan, tappio suhteessa muihin kustannuksiin ei ole kovinkaan suuri.



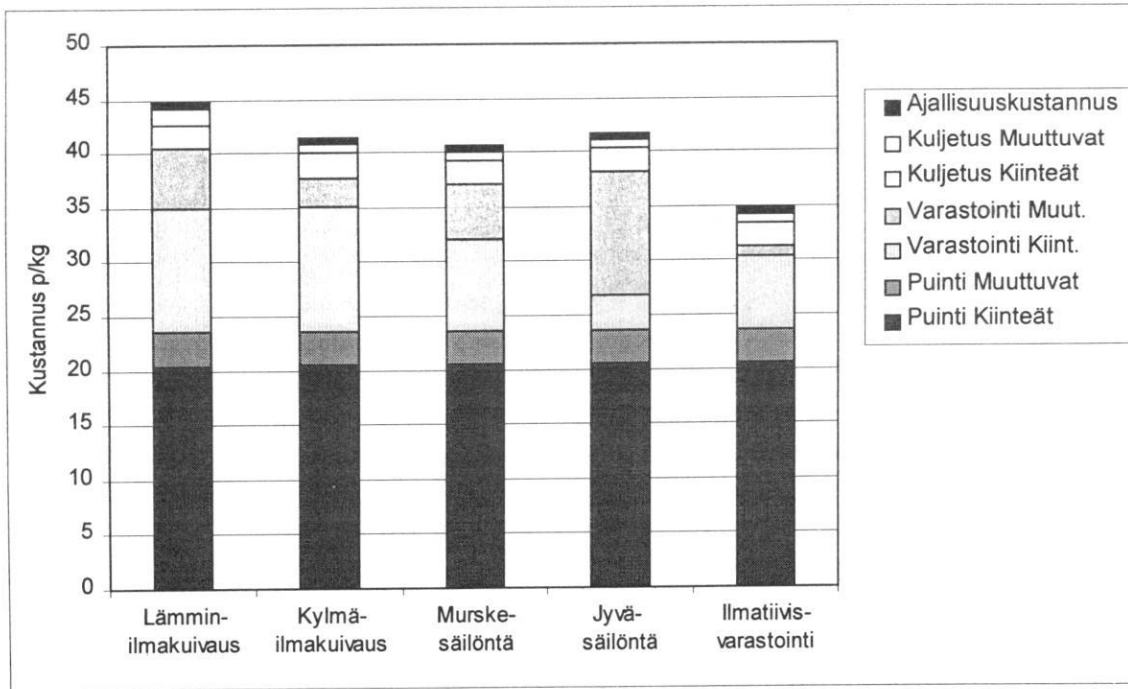
**Kuva 20.** Korjuu- ja varastointikustannukset lämminilmakuivausta käytettäessä kahdella eri säätyypillä.

**Figure 20.** Grain harvesting and storage costs when hot air drying is used in weather conditions of 1997 and 1998.

kustannus p/kg laskee alle puoleen, mikäli käytetään oman puimurin ja kuivurin sijasta rahtityötä (kuva 22). Selkeimmin muutos vaikuttaa juuri puinnin osuuden pienentymiseen. Näin pienelläkin tilalla voidaan tuottaa viljaa kilpailukykyisesti. Rahtityön tai koneiden yhteisomistuksen vaihtoehtona on vanhan, jo lähes poistoikäisen oman kaluston käyttö. Tämä voi olla perusteltua esim. silloin, kun tilalla on vastaanottokapasiteetiltaan heikkotehoinen, mutta toimintakuntoinen oma kuivuri. Tällöin tehokkaan urakointipuimurin suuri puintiteho voi olla hankala sovittaa kuivurin alhaiseen kapasiteettiin.

Varastointia edeltävien käsittelyjen kustannusrakenteessa on selviä eroja. Kuivaamisesta aiheutuu suuret kiinteät kustannukset tehtiinpä se lämpimällä tai kylmällä ilmalla (kuva 21). Jyväsäilönnässä taas muuttuvat kustannukset ovat keskeisiä suuren happokustannuksen takia. Murskesäilöntä on siltä väliltä, koska tarvitaan melko kallis varasto ja murskemyly sekä työtä ja säilöntäainetta. Hyvissä korjuuoloissa puinnin ja kuljetuksen osuus kustannuksista on kaikissa menetelmissä

Tuloksista (kuva 20) huomataan, että viljan korjuu ja varastointi voi pienellä 30 hehtaarin vilja-alalla maksaa enemmän, kuin mitä viljojen tuottajahinta on. Tärkein syy tähän on koneiden ja rakennusten kiinteiden kustannusten suuruus, ja näistä erityisesti leikkuupuinnin korkea osuus (kuva 21). Mallissa oletetaan, että kaikissa tilakokoluokissa on kaksi vuotta vanha puimuri, kun taas kuivurin tai muun käsittelymenetelmän ikä on 12 v. Mallissa käytetty prosenttipoistomenetelmä korostaa uuden koneen kustannusvaikutusta, mutta toisaalta kuvaa hyvin käytännön tilannetta (Ala-Orvola ym. 1998, Klemola & Pirilä 1999). Pienellä tilalla



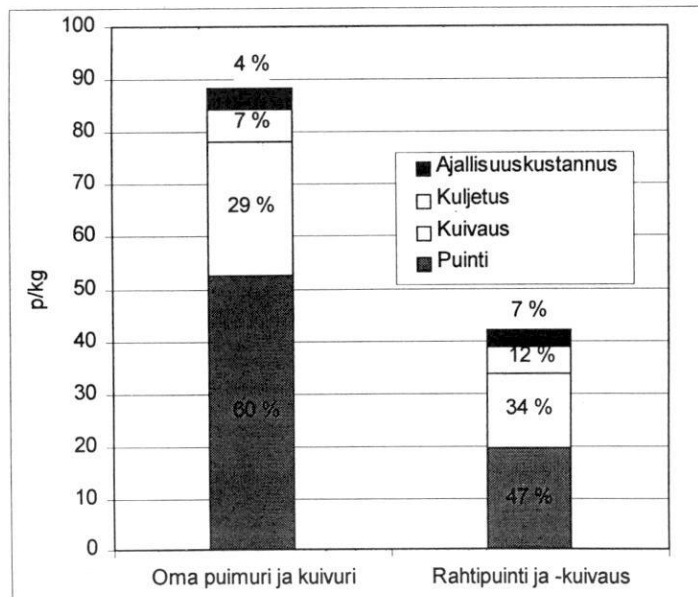
**Kuva 21.** Viljan korjuu- ja varastointikustannukset 70 ha:n vilja-alalla v.1997 sääoloissa. Kiinteät ja muuttuvat kustannukset erikseen.

**Figure 21.** Grain harvesting and storage costs in a 70 ha farm in weather conditions of 1997. Fixed and variable costs have been presented separately.

samansuuruinen, eikä esim. ilmatiiviin varastoinnin tehokas vastaannottokapasiteetti näytä alentavan kustannuksia. Hyvänä syksynä ajallisuuskustannus jää 0,6 penniin kilolta.

Rahtityön käyttö olisi kannattavaa vielä 70 ha:n vilja-alalla. Voidaan kuitenkin kysyä, uskaltaako joku Suomessa jättää 70 hehtaarin korjuun urakoijan varaan tai toisaalta löytyykö urakoijaa, joka ottaa vastuun noin suuren alan korjaamisesta. Jos vilja jäisi syystä tai toisesta korjaamatta, viljelijä saattaisi joutua vaikeuksiin myös tukiviranomaisten kanssa. He voisivat tulkita tapahtuneen siten, että viljelijällä ei ole ollut aikomustakaan korjata viljaa, koska hänellä ei ole edes leikkuuimuria.

Asenteet oman puimurin puolesta ovat Suomessa siksi vahvat. Vilja-alan ollessa 120 ha rahtityön ja oman puimurin kustannukset ovat yhtä suuret ja 200 ha:n alalla rahtityö tulisi kalliimmaksi kuin oma puimuri. Urakoitsijan puolesta puhuu sekin seikka, että koneen mukana tulee yleensä pätevä



**Kuva 22.** Viljan korjuu- ja varastointikustannukset 30 ha:n tilamalla syksyn 1998 sääoloissa. Kuivaukseen käytetään lämminilmakuivuria.

**Figure 22.** Grain harvesting and storage costs in a 30 ha farm model in weather conditions of 1998. A hot dryer has been used for grain drying.



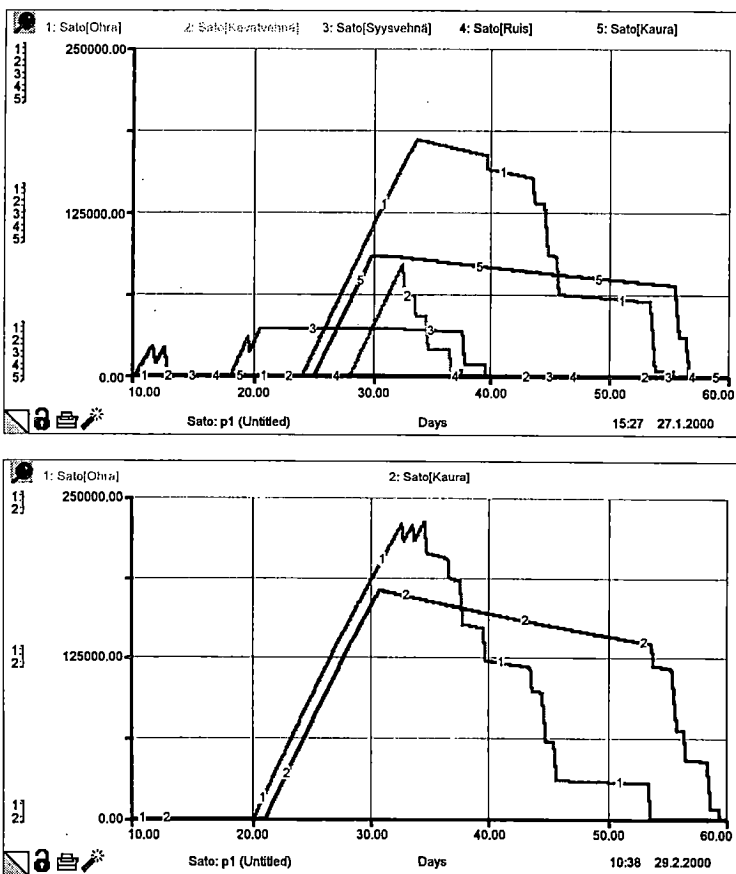
työntekijä, jota voi olla vaikea muulla keinoin hankkia viljankorjuun sesonkiluonteisuuden takia. Koneiden yhteisomistuksella on saavutettavissa vastaava kustannussästä kuin urakoitsijan käytöllä, mutta urakointi saattaa sopia paremmin suomalaiseen työkuultuuriin kuin yhteisomistus.

Varamenetelmien käyttö (esimerkiksi jyväsäilöntä lämminilmakuivauksen ohella) osoittautui kaikissa tilanteissa vähintään yhtä kalliiksi tai kalliimmaksi kuin pelkän yhden varastointimenetelmän käyttö. Näin tapahtui siitakin huolimatta, että päämenetelmän kapasiteettia pienennettiin otettaessa varamenetelmä käyttöön. Myöskään puskurikuivurin rakentaminen ei alentanut kustannuksia. Mitään menetelmää ei siis kannata rakentaa alitehoiseksi tarpeeseen nähden. Useimmiten tilanne on kuitenkin sellainen, että on olemassa hyväkuntoinen kuivuri, joka on tullut pieneksi tilan vuokratessa lisää peltoa. Jos vaihtoehtona on kokonaan uuden kuivurin rakentaminen tai kapasiteetin lisääminen vaikkapa jyväsäilöntämenetelmällä, säilöntä voi olla hyvinkin edullinen vaihtoehto. Käytännön maataloilla varakapasiteettia voidaan monesti rakentaa melko halvalla muusta käytöstä poistuneisiin vanhoihin rakennuksiin, jolloin varamenetelmät voivat tulla mallin esittämää edullisemmaksi.

Korjuuketjun tasaisen käytön kannalta olisi tärkeää pyrkiä järjestämään korjuujakso pitkäksi (Etelä-Suomessa > 40 vrk). Tällöin kapasiteettia ei tarvitse mitoittaa ylitehokkaaksi hetkittäisten työhuippujen takia ja silti on todennäköistä, että ainakin osa sadosta voidaan korjata hyvissä sääoloissa. Myös urakoitsijan saaminen on helpompaa, jos korjuu ajoittuu pitkälle jaksolle. Mallissa

on käytetty viittä viljalajia sadonmuodostuksen tasoittamiseen. Simulointi osoitti korjuukustannuksen olevan noin 10 p/kg alempi verrattuna tilanteeseen, jossa viljeltäisiin vain kahta samanaikaisesti valmistuvaa viljalajia (ero esitetty kuvassa 23). Tosin Suomen vaihtelevissa sääoloissa kylvö- ja kasvuajkojen avulla tapahtuva satokauden tasoittaminen ei onnistu joka vuosi suunnitellulla tavalla.

Tanskalaisessa tutkimuksessa pitkällä jaksolla tulentuva kasvilajivalikoima on todettu tehokkaimmaksi yksittäiseksi kustannussäästökeinoksi (Sörensen 1996). Sillä on arveltu voitavan alentaa viljojen korjuukustannusta 30 - 40 %. Tanskassa korjuukausi on kuivempi, kasvilajivalikoima monipuolisempi ja urakointityön käyttö helpompaa kuin Suomessa, joten aivan näin suuriin säästöihin ei meillä ole mah-



**Kuva 23.** Viiden ja kahden eri viljalajin valmistuminen ja korjuu 120 ha:n tilalla v. 1998.

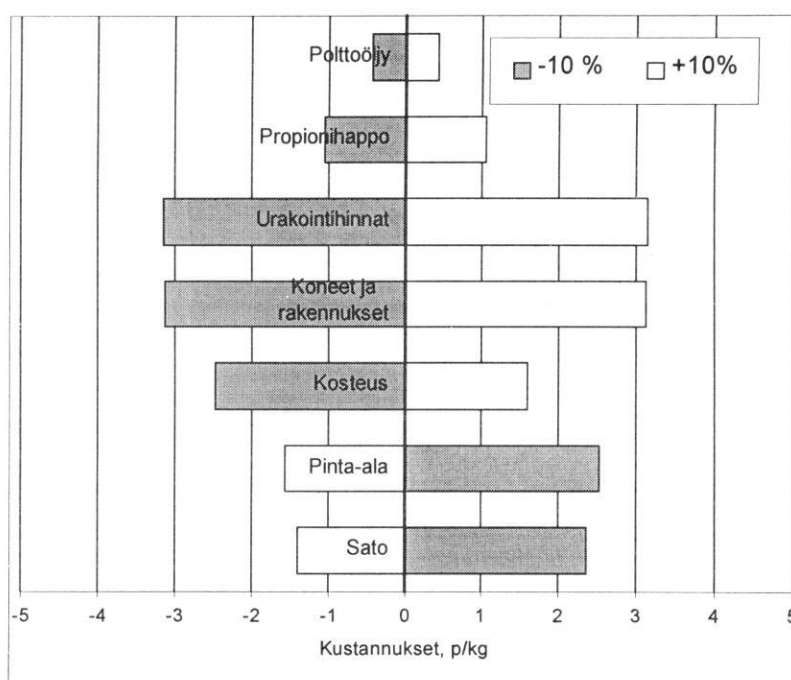
**Figure 23.** Maturing and harvesting of five (up) and two (down) cereals in a 120 ha farm in 1998.

dollista päästä. Agenda-ratkaisun aiheuttama viljan hinnan aleneminen pienentää määrä- ja laatutappioista koituvaa ajallisuuskustannusta, jolloin korjuukauden pidentäminen myös epäedulliselle sääalueelle saattaa olla kannattavaa.

## 7.2 Korjuu- ja varastointikustannuksen herkkyys

Systeemin herkkyydellä ymmärretään sitä, miten paljon mallin antamat tulokset muuttuvat, kun lähtöarvoja muutetaan tietty määrä tai systeemiin vaikuttaa jokin ulkoinen häiriö (Haapala 1997). Herkkyys voi olla systeemin tai sitä kuvaavan mallin yleistä epästabiilisuutta tai sitä, että systeemi on herkkä jonkin yksittäisen tekijän muutokselle.

Yksittäisten tekijöiden vaikutusta korjuu- ja varastointikustannukseen on tutkittu esimerkinomaisesti kuvassa 24. Siinä kustannuksen perustaso (0-taso) on 53 p/kg, joka on saavutettu lämminilmakuivausta käyttäen 120 ha:n viljialalla, vuoden 1998 sääoloissa ja liitteen 1 mukaisia keskimääräisiä muuttujien arvoja käyttämällä. Näitä keskimääräisiä arvoja on yksi kerrallaan pienennetty tai kasvatettu 10 %, jolloin nähdään, mikä tekijä vaikuttaa eniten mallin antamaan lopputulokseen.



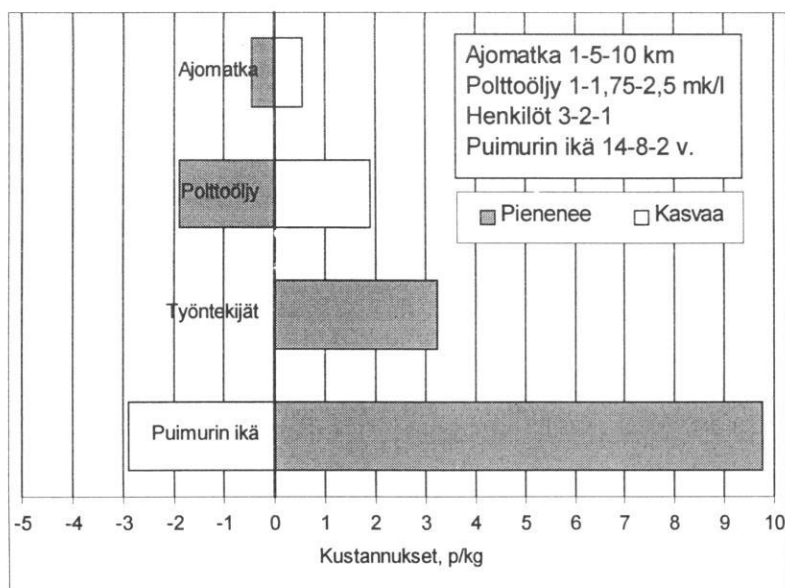
Kuvan 24 mukaan koneiden ja rakennusten hankintahinnat sekä urakointipalveluja käytettäessä tuntiveloitusten muutokset näyttävät vaikuttavan eniten kokonaiskustannukseen (p/kg). Tämä onkin ymmärrettävää, kun

muistetaan kaluston kiinteiden kustannusten korkea osuus kokonaiskustannuksesta (kuva 22). Polttoöljyn tai jyväsäilönnän propionihapon hintamuutosten merkitys on pienempi, joskaan ei olematon. Viljan kosteuden, viljapintalan ja satotason vaikutukset ovat lievästi epäsymmetrisiä. Esimerkiksi 10 %:n satotason lasku lisää kustannuksia enemmän kuin 10 % nousu sitä alentaa. Hyvä sato kannattaa ottaa talteen, mutta tämä ei tarkoita sitä, että on kannattavaa tehdä mitä tahansa uhrauksia hyvän sadon eteen. Lisäksi on huomattava, että pinta-alan ja satotason kasvun vaikutukset ovat päinvastaisia verrattuna kuvan 24 muihin tekijöihin.

Kuvaan 25 on koottu tekijöitä, joihin kaavamainen  $\pm 10\%$  muutos sopii huonosti. Kokeillut vaihteluvälit on esitetty kuvan taulukossa ja muuttujien keskimmäiset arvot on sijoitettu 0-kohtaan.

**Kuva 24.** Korjuu- ja varastointikustannuksen (p/kg) muutos, kun eri tekijät pienevät tai kasvavat 10 %. Vilja-ala 120 ha, vuosi 1998. Lämminilmakuivaus muissa, paitsi haposäilönnässä.

**Figure 24.** The change of grain harvesting and storage costs (p/kg) when different variables decrease or increase 10 %. Farm size is 120 ha and the year is 1998. Hot air drying has been used as preservation method in other systems than propionic acid preservation.



**Kuva 25.** Korjuu- ja varastointikustannuksen (p/kg) muutos, kun eri tekijät pienenevät tai kasvavat. Muuttujien keskimmäiset arvot on sijoitettu 0-kohtaan. Vilja-ala 120 ha, vuosi 1998, lämminilmakuivaus.

**Figure 25.** The change of grain harvesting and storage costs (p/kg) when different variables decrease or increase. The centre values of variables are set on 0-point. Farm size is 120 ha and the year is 1998. Hot air drying has been used as the preservation method.

leessa 7.3. Kuvan 25 mukaan työntekijöiden määrän väheneminen yhteen nostaa kustannusta 3 p/kg. Kiinteiden kustannusten keskeisyys tulee jälleen esille leikkuupuimurin ikää tarkasteltaessa. Kun puimurin ikä kasvaa kahdesta 14 vuoteen, kokonaiskustannus alenee mallin mukaan lähes 13 p/kg.

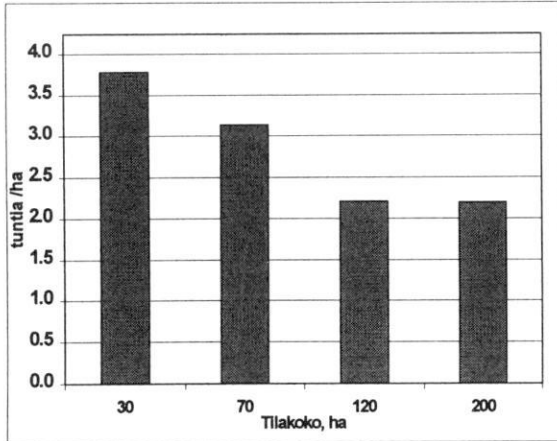
### 7.3 Työnmenekit

Osa sadonkorjuuseen kuluvasta työajasta saadaan seuraamalla mallin työkoneita: kun kone liikkuu, siihen tarvitaan myös kuljettaja. Sensijaan esim. häiriöitä ja aputöitä ei saada tällä tavalla kirjattua muistiin, vaan ne täytyy lisätä kertoimina koneaikaan. Tällaisia työnosia ovat mm. puinnin häiriöt, puimurin huollot ja puhdistukset, kuivurin hoito ja valvonta sekä ihmistyö muissa säilöntämenetelmissä. Mainittakoon, että traktorinkuljettajan odotusaikaa pellolla ei ole laskettu työajaksi, vaan työaika kertyy ainoastaan silloin, kun traktori liikkuu tai on tyhjentämässä peräkärryä varastointipaikalla. Tämä on mallin ilmeinen puute, joka pitää korjata. Vaikka maataloustöissä on totuttu saamaan palkkaa tekemisestä eikä olemisesta, niin työntekijää tarvittaessa hänelle on käytännössäkin maksettava palkka koko päivältä eikä vain muutamalta tunnilta.

Kuvassa 26 on esitetty ihmistyön kokonaismenekki hehtaaria kohti korjuun ja varastoinnin osalta, kun käytetään lämminilmakuivausta. Työnmenekki hehtaaria kohti laskee, kun pinta-ala kasvaa 30:stä 120:een hehtaariin. Työnmenekki ei enää laske välillä 120 - 200 ha, ts. suurimman tilan kaluston kapasiteetti on mitoitettu samantehoiseksi kuin 120 ha:n tilan kapasiteetti.

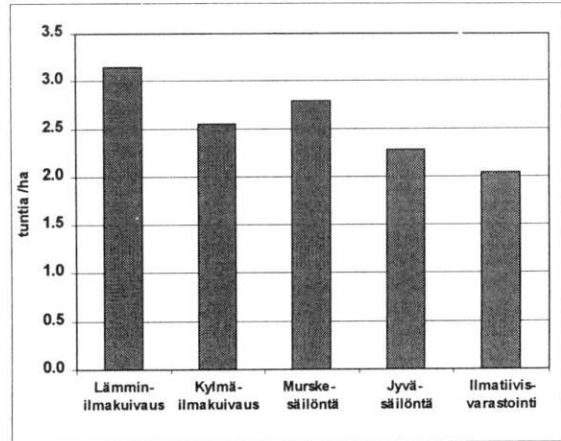
Eri varastointimenetelmien työnmenekit 70 ha:n viljapinta-alalla on esitetty kuvassa 27. Sen mukaan työläintä on lämminilmakuivaus ja vähätöisintä ilmatiivis varastointi. Kylmäilmakuivurin täyttö ja tyhjennys on oletettu koneistetun niin pitkälle, että sen työnmenekki on suhteellisen alhainen.

Peltolohkojen ja talouskeskuksen keskimääräinen etäisyys näyttää vaikuttavan yllättävän vähän kokonaiskustannukseen. Polttoöljyn hintaskaala 1,00 - 2,50 mk/l (ilman alv.) vaikuttaa kuvan 25 tapauksessa noin 4 p/kg kokonaiskustannukseen. Mallin mukaan ei ole juurikaan väliä, onko korjuutöissä 2 vai 3 henkilöä, kustannus on kummassakin tapauksessa sama. Osittain tämä johtuu siitä, että kahden henkilön tilanteessa ajallisuuskustannus muodostuu sen verran korkeaksi, että sillä voi palkata kolmannen henkilön. Osittain ilmiö on seurausta mallin työaikalaskennasta, jota on käsitelty tarkemmin kappa-



**Kuva 26.** Korjuun ja varastoinnin kokonaistyömenekki hehtaaria kohti eri vilja-aloilla. Vuosien 1997-98 keskiarvot. Lämminilmakuivaus varastointimenetelmänä.

**Figure 26.** Total labour requirement per ha of grain harvesting and storage in different farm sizes, averages of 1997 and 1998. Hot air drying has been used as the preservation method.

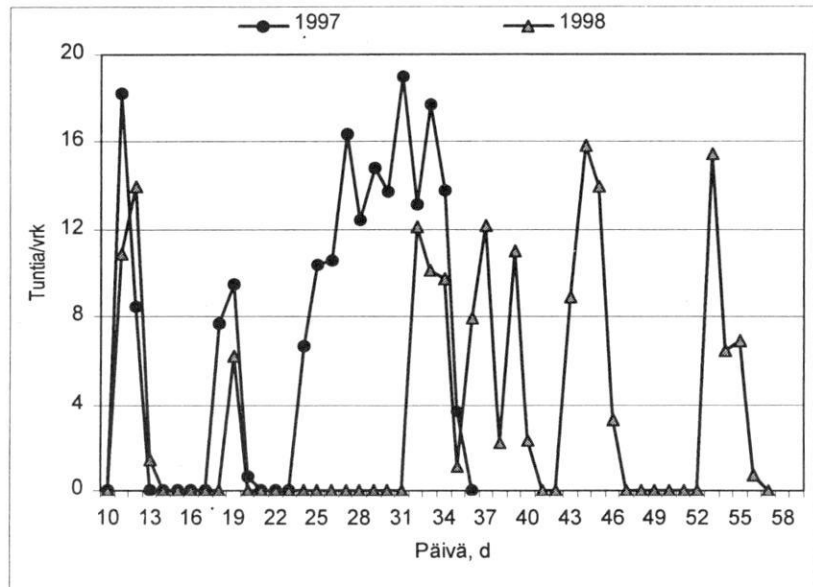


**Kuva 27.** Korjuun ja varastoinnin kokonaistyömenekki hehtaaria kohti eri varastointitavoilla. Vuosien 1997-98 keskiarvot. Viljapinta-ala 70 ha.

**Figure 27.** Total labour requirement of grain harvesting and storage when different preservation methods have been used, averages of years 1997 and 1998. Farm size is 70 ha.

Kuvan 27 arvot ovat pääosin Työtehoseuran esittämien työmenekkilukujen mukaisia (Klemola ym. 1994). Lämminilmakuivaus on Työtehoseuran mukaan hieman nopeampaa ja murskesäilöntä hitaampaa, kuin mitä kuvassa 27 on esitetty.

Kuvassa 28 on tarkasteltu kokonaistyömenekkiä vuorokautta kohti. Sen mukaan sateisena syksynä 1998 korjuutyö on jakaantunut tasaisemmin ja pidemmälle ajalle kuin kuivempaan korjuukauteen 1997. Maksimissaan työtä on tehty 19 h/vrk, mikä sekään ei ole kovin paljon kolmelle työntekijälle jaettuna. Käytännössä työmäärä ei jakaannu tasan kolmen työntekijän kesken, vaan puimurin kuljettaja tekee todennäköisesti pisintä työpäivää. Elokuun pitkä 'työtön' sadejakso syksyllä 1998 näkyy selvästi kuvassa 28.



**Kuva 28.** Kokonaistyötuntien määrä vuorokautta kohti. Korjuukausi alkaa 10. elokuuta. Viljapinta-ala 70 ha ja varastointimenetelmänä lämminilmakuivaus.

**Figure 28.** Total working hours per day. Harvesting season starts 10 August. Farm size is 70 ha and hot air drying has been used as the preservation method.

## 8 KOERAKENTAMINEN

Tutkimuksen aikana suunniteltiin koerakennuskohteena yksi kylmäilmakuivuri ja yksi lämminilmakuivuri. Näistä kylmäilmakuivuri myös rakennettiin. Lämminilmakuivurille on haettu rakennuslupa ja sille on myönnetty investointituki, mutta päätöstä rakentamisesta ei ole toistaiseksi tehty. Molemmissa tapauksissa suunnittelun lähtökohtana olivat tilan toiveet ja tarpeet, jotka uuden rakennuksen pitäisi täyttää.

### 8.1 Kylmäilmakuivuri

Kylmäilmakuivuri suunniteltiin karjattomalle luomutilalle, jolla tuotetaan viljaa, sipulia ja perunaa. Tilan viljelypinta-ala on 30 ha. Suunnittelun tärkein tavoite oli monikäyttöisyys. Kuivurissa oli voitava kuivata viljan lisäksi haketta, sipulia, heinää ym. tuotteita. Lisäksi rakennusta aiottiin käyttää konevarastona, kun laarit olivat tyhjänä. Kuivuri oli voitava täyttää suoraan perävaunusta kippaamalla ja se oli voitava tyhjentää etukuormaajalla tai vastaavalla koneella. Täyttö kippaamalla ja tyhjennys etukuormaajalla edellyttivät, että kuivuri oli suunniteltava päälle ajettavaksi. Kuivurin piti olla myös edullinen rakentaa ja käyttää. Mahdollisuus oman työn ja puutavaran käyttöön tiedettiin jo suunnittelun alkuvaiheessa ja sillä yritettiin hillitä rakentamisen aiheuttamaa rahavirtaa tilalta ulos.

#### 8.1.1 Suunnittelu

Kylmäilmakuivurin suunnitteluprosessi ensitapaamisesta valmiisiin piirustuksiin vei aikaa yli vuoden. Alkuvaiheessa viljelijä ei vielä tiennyt tarkkaan itsekään, minkälaisen kuivurin hän haluaa tai oikeastaan, mitkä hänen kuivaustarpeensa ovat. Myös kuivurin paikka oli epäselvä. Vaihtoehtoina oli sijoittaa kuivuri samaan vanhaan varistorakennukseen, jossa nykyinen kuivurikin oli, tai rakentaa kokonaan uusi. Vuoden pohdinnan tuloksena selkeni tarve monenlaisen materiaalin kuivauksesta samalla kuivurilla. Edelleen päätettiin rakentaa kokonaan uusi rakennus, jolle varattiin kuiva ja aurinkoinen paikka sopivalta etäisyydeltä talouskeskuksesta. Tämän pohdinnan aikana päästiin myös yksimielisyyteen rakentamisen teknisistä yksityiskohdista. Esimerkiksi aurinkokerääjä sijoitettiin katon sijasta seinään ja kattomateriaaliksi valittiin pellin sijasta mineriitti, jonka kanssa ei tarvita aluskatetta. Kuivurin pääpiirustukset ovat raportin liitteenä 2.

#### 8.1.2 Kylmäilmakuivurin perustus ja kantavat rakenteet

Kuivurirakennus on tehty betonilaatalle ja kantavana rakenteena ovat maahan upotetut, kyllästetyt sähköpylväät. Pylväät upotettiin samalla, kun pintamaa kuorittiin rakennuksen alta pois. Pintamaan tilalle ajettiin sorapatja, jonka päällä on muovi, raudoitus ja 10 senttimetrin betonilaatta. Myös kannatinpalkit ja kurkihirsi tehtiin pyöreästä puusta. Pystypylväiden etäisyys on neljä metriä ja ne muodostavat 4 m x 4 m neliöitä, jolloin voitiin käyttää kohtuullisen kevytrakenteisia kannatinpalkkeja ja kattotuoleja. Myös rakennuksen sisällä on kannatinpylväät, jotka rajoittavat jossain määrin rakennuksen käyttöä. Tällainen rakenne on kuitenkin käyttökelpoinen silloin, kun toiminta voidaan suunnitella tapahtuvaksi pilareiden välissä. Pilarit ovat samalla hyviä kiinnityskohtia tukevuutta vaativille rakenteille ja laitteille.

#### 8.1.3 Laarien mitoitus ja rakenne, puhaltimet

Pystypylväiden muodostamiin 4 m x 4 m ruutuihin sovitettiin neljä laaria ja kaksi pääkanavaa (liite 2). Rakennuksen päihin tehtiin laarit joiden koko on 3,30 m x 7,62 m eli 25,15 m<sup>2</sup>. Rakennuk-

sen keskellä on yksi 6,97 m x 7,62 m eli 53,11 m<sup>2</sup> laari, joka voidaan tarvittaessa jakaa väliseinällä kahtia. Laarien yhteispinta-ala ilman keskimmäisen laarin väliseinää on 103,41 m<sup>2</sup>. Kun laarien seinien korkeus on metri, kuivurin teoreettinen tilavuus on 103,41 m<sup>3</sup>. Rakennuksen sisällä olevista pilareista kaksi on ilmanavien kohdalla ja yksi ison laarin keskellä. Rakennuksen pohjoisen puoleisella seinällä on suuret liukuovet, joiden kautta on suora pääsy kaikkiin laareihin.

Laarien seinät ja pääkanavat tehtiin 27 mm vahvuisesta vanerista. Laarien pohjassa on ensin 50 x 150 palkit syrjällään 200 mm jaolla ja niiden päällä on poikittain 50 x 50 soirot 100 mm jaolla. Pohjan pintamateriaalina on ruuvein kiinnitetty 2 mm reikälevy. Levysaumojen päällä, laarin pituussuunnassa on 3 mm paksuiset lattaraudat, joita vasten kuormaajan kauhaa työnnetään kuivuria tyhjennettäessä.

Kummankin pääkanavan päässä, lähellä sivuräystästä on 7,5 kW:n puhaltimet, jotka imevät aurinkokerääjässä lämmentyneen ilman seinän yläreunasta. Tilan 35 A:n pääsulakkeet kestävät puhaltimien yhtäaikaisen käytön, kunhan samaan aikaan ei ole suurta muuta kuormitusta.

#### 8.1.4 Kustannusarvio

Kuivurin kustannusarvio oli 242 590 mk ja rakentajan mukaan sitä ei ylitetty. Arvioidut kustannukset jakaantuivat seuraavasti:

Rakennuttajan kustannukset	11 000 mk
Tontin maa- ja pohjarakennus	10 540 “
Rakennuksen maa- ja pohjarakenteet	5 160 “
Perustukset ja alapohjarakenteet	50 360 “
Runko- ja vesikattorakenteet sekä vesikate	129 830 “
Runkoa täydentävät rakenteet	12 800 “
Sähkötyöt	21 900 “
Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset	1 000 “
 Yhteensä	 242 590 mk

#### 8.1.5 Käyttökokemuksia

Kuivurilla kuivattiin syksyllä -99 ensimmäiset erät ruista, kauraa ja sipulia. Loppukuivauksessa käytettiin apuna rakennuslämmittintä, koska aurinkokerääjä ei ollut valmis vielä kuivausaikana. Lisälämmön avustamana 14 %:n loppukosteuden saavuttaminen ei tuottanut ongelmia. Kuivurin täyttö kippaamalla on nopeaa ja tasoittelu lapiolla on pieni työ verrattuna työmäärään, joka oli tehtävä tilan vanhassa kylmäilmakuivurissa. Tyhjennys etukuormajalla sujuu suunnitelmien mukaan. Laarin pohja ei tule aivan puhtaaksi, mutta jäljelle jäävän viljan pystyy helposti lakaisemaan sitä mukaa, kun kuivuri tyhjenee. Koko kuivurin pohjoisseinä on liukuovia, joten liikennöinti kuivuriin ja sieltä pois sujuu ongelmitta. Kuivurin pihalla on karkea sepeli, joka tarkoituksena on estää maan kulkeutuminen pyörien mukana kuivuriin. Ainakaan toistaiseksi ei ole ilmennyt seikkoja, jotka olisi pitänyt suunnitella tai rakentaa toisin, kuin nyt tehtiin.

## 8.2 Lämminilmakuivuri

Lämminilmakuivuri suunniteltiin mallasohran viljelyyn erikoistuneelle tilalle, jonka viljelyala on noin 100 ha. Tilalla on toimiva lämminilmakuivuri, joka on rakennettu vanhaan navettaan. Uuden kuivurin rakentaminen katsottiin tarpeelliseksi, koska vanhan kuivurin kapasiteetti ei ollut riittävä, tilat olivat sokkeloiset ja viljan kuormausolot hankalat.

### 8.2.1 Suunnittelu

Suunnittelun tavoitteena oli tilan näkökulmasta rakentaa riittävästi kuivauskapasiteettia, mahdollisuus lastata suoraan rekkaan ja mahdollistaa viljan rationaalinen lajittelu. MTT/Vakolan tavoitteena oli ratkaista viljan laatuksymyksiin vaikuttavat seikat tilasuunnittelussa sekä varsin mittavan ja korkean rakennuksen sovittaminen maisemaan.

Luonnosvaihe oli kesän ja syksyn aikana 1997. Luonnosratkaisu perustui ajatukseen, jossa alleajettavat neljä lastaussiiloa olisivat omana siipenään varsinaisen kuivurin seinien ulkopuolella, mutta kuitenkin aivan kuivurin seinässä kiinni. Siilojen tilavuus olisi yksi rekkakuorma eli  $60 \text{ m}^3$ . Siilot voitaisiin täyttää kuivurista ennen sovittua noutoaikaa ja varsinainen lastaus voisi silloin tapahtua nopeasti ja sateelta suojassa. Sijoittamalla lastaus omaan siipeensä pyrittiin pienentämään rakennuksen yleisvaikutelmaa. Viljelijä piti kuitenkin parempana ratkaisua, jossa lastaus- ja varastosiihot ovat samojen seinien sisäpuolella ja samalla lisättiin myös siilokapasiteettia. Lopullisissa piirustuksissa siilotilaa on kaikkiaan  $536 \text{ m}^3$  ja kuivurin tilavuus  $34 \text{ m}^3$ . Lastaussiiloja on kaikkiaan kahdeksan ja niiden yhteinen tilavuus  $308 \text{ m}^3$ . Vapaa korkeus lastaussiilojen alapuolella on 4,5 m. Uunin suunniteltu teho on 433 kW. Uunihuone päätettiin sijoittaa kuivurin perustuksen sisäpuolelle ja lajittelutila samoin. Kuivurin pääpiirustukset ovat raportin liitteenä 3.

Hankkeelle laadittiin RMO E2 – ohjekustannusten mukainen kustannusarvio, jonka loppusumma oli 670.000 mk. Kustannukset jakautuivat siten, että varsinaisten rakennuskustannusten osuus oli 210.000 mk ja toimintainvestointien (siilot + kuivurikoneistot, kuljettimet, uuni yms.) 460.000 mk. Hankkeelle haettiin investointitukea Hämeen TE-keskukselta. Tukea myönnettiin 630.000 mk mukaiselle loppusummalle. Hanke sai rakennusluvan keväällä 1998, mutta rakentamista ei ole toistaiseksi (syksy 2000) aloitettu.

Suunnittelun tärkeimpiä johtopäätöksiä oli se, että pakettirakenteisissa lämminilmakuivureissa tilankäyttö ja toiminnalliset ratkaisut on jo valmiiksi mietitty varsin pitkälle. Pakettia voidaan räätälöidä tilaajan toiveiden ja mieltymysten mukaan varsin hyvin. Ostajan pitää vain tietää, mitä hän haluaa ja kuinka suuren rahamäärän investoimista kuivuriin hän pitää järkevänä.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Projektin tavoitteena oli kehittää tilakohtaiseen tarkasteluun sopivia menetelmiä viljan korjuun ja varastoinnin osalta. Toisena tavoitteena oli tutkia mahdollisuuksia alentaa viljan korjuu- ja varastointikustannuksia 25 %:lla eli keskimäärin 10 p/kg (vrt. Aaltonen et al. 1999). Mitään yksittäistä keinoa tavoitteeseen pääsemiseen ei todettu olevan, mutta pienempiä säästömahdollisuuksia yhdistämällä tavoite on useimmiten saavutettavissa. Ratkaisu on siis aidosti tapauskohtainen, tilan sisäinen asia.

Kiinteiden kone- ja rakennuskustannusten osuus kokonaiskustannuksista on suuri, minkä tämä ja aiemmat tutkimukset kiistattomasti osoittavat (esim. Klemola & Pirilä 1999). Jos esimerkiksi nykymittapuun mukaan pienellä 30 hehtaarin viljatilalla on oma, uudehko leikkuupuimuri vain omaa käyttöä varten, niin puimurin myyminen ja puimuriurakoitsijan käyttö alentaisi korjuukustannusta jopa 50 %. Niin puimureiden kuin kuivureidenkin kapasiteetti pitäisi saada täysimääräiseen käyttöön. Pienillä tiloilla ja nopeassa laajentumisvaiheessa olevalla tilalla on yleensä aina jotain kapasiteettia liikaa tai liian vähän, jolloin osa kapasiteetista pitäisi voida ostaa tai myydä. Teknologian optimointi on jatkuva prosessi.

Urakkatyön käyttö on tulosten perusteella kannattavaa yllättävän suurellakin tilalla. Jos esimerkiksi 70 hehtaarin tilalla viljeltiin vuonna 1997 viljaa omaan rehukäyttöön ja se korjattiin käyttäen omaa leikkuupuimuria ja lämminilmakuivuria, korjuu- ja varastointikustannus oli 45 p/kg. Mikäli saman vuoden sääoloissa puinti olisi teetetty urakoitsijalla ja vilja varastoitu ilmatiiviiseen siiloon, kokonaiskustannus olisi ollut yli 25 % alhaisempi. Tällöin olisi menetetty mahdollisuus myydä kauppaviljaa ja käyttää viljaa siemeneksi, mutta kannattaa miettiä, olisiko tuo mahdollisuus ollut lisäkustannuksen arvoinen.

Edellä mainittu ei tarkoita sitä, että rehuviljatilalla tulisi purkaa toimintakuntoinen lämminilmakuivurinsa ja pystyttää tilalle ilmatiivis varasto. Kun rakennusinvestointi on kerran tehty, sitä ei yleensä pysty enää myymällä muuttamaan rahaksi. Rakennuksesta koituu käytännössä vain muuttuvia kuluja, vaikka tuotantokustannuslaskelmat muuta osoittavatkin. Siksi kannattaa käyttää vanhaa tekniikka lähes loppuun ja harkita vasta sitten systeeminvaihtoa. Liikkuvat työkonet, kuten leikkuupuimuri, ovat sen sijaan helpommin myytävissä. Koko korjuujärjestelmän vaihto on todennäköisesti varsin harvoin järkevin vaihtoehto. Tilalla oleva rakennus- ja konekanta on osin hyödynnettävissä myös uudessa tehostetussa ratkaisussa. Tämä vaikeuttaa suunnitteluprosessia, koska tällöin joudutaan ottamaan tilakohtaiset lähtökohdat huomioon.

Vuoden 2000 aikana polttoöljyn hinta nousi poikkeuksellisen rajusti, noin 45 prosenttia (1,75 mk/l => 2,5 mk/l, alv. 0 %). Mikäli tarkastellaan kaikkia viljan viljelyn työvaiheita muokkauksista viljan kuivaukseen ja oletetaan lannoitteiden kallistuvan noin seitsemällä prosentilla, tulee öljyn aiheuttamaksi viljan tuotantokustannusten nousuksi viitisen penniä viljakilolta (Lötjönen et al. 2000). Tämä on kieltämättä merkittävä osuus nykyisestä viljan myyntihinnasta. Kuitenkin kuvan 21 laskelman mukaan kiinteät kustannukset ovat 62-85 prosenttia viljan korjuun ja varastoinnin kokonaiskustannuksista, joten näihin on kiinnitettävä vähintään yhtä paljon huomiota kuin nyt akuuttiin öljyn hintaan. Lisäksi on vaikea ennustaa, kuinka pysyvä tuo polttoöljyn hinnannousu tulee olemaan ja siten kuinka paljon kannattaa investoida öljyä säästävempään teknologiaan.

Olemassa olevien rakennusten hyödyntäminen on selvä jatkotutkimusten kohde. Lämminilmakuivauksen tiedettiin ennakkoon olevan kallis menetelmä, mutta muiden käsittelyjen ja varastointimenetelmien kustannusten ero lämminilmakuivaukseen oli odotettua pienempi varsinkin suuremmissa tilakokoluokissa. Osittain tähän vaikuttaa se, että tuoresäilöntää varten on mallissa ajateltu tavittavan sitä varten rakennetut tilat. Tiloilta voi kuitenkin löytyä tyhjillään olevia, aiemmin muussa käytössä olleita rakennuksia, joihin voidaan varastoida esimerkiksi jyväsäilöttyä viljaa. Tällöin joudutaan kuitenkin usein tinkimään menetelmän käytettävyydestä: vanhat rakennukset ovat monesti niin matalia, että perävaunun kippaaminen tai etukuormaintyöskentely on hankalaa.

Tuoresäilöntä on jatkotutkimuksissa tarkennettava menetelmä. Tässä tutkimuksessa tuoresäilöntämenetelmien odotettua korkeammat kustannukset johtuivat osin siitä, että niitä ei hyvitetty mahdollisuudesta käyttää leikkuupuimuria jo keltatuleentumisvaiheessa tai kosteammissa korjuuloissa kuin kuivattavan viljan korjuussa. Esimerkiksi murskesäilöntää käyttävät viljelijät pitävät noin viikkoa tai kahta normaalia aikaisempaa korjuuta selvänä etuna vuokratuimurin saamisen kannalta. Rahtipuimurin omistajalle olisi ihanteellinen tilanne, jos hänen toimialueellaan olisi sekä viljaa kuivaavia että tuoresäilöntää käyttäviä asiakkaita. Silloin puimurille olisi työtä tarjolla useamman viikon ajaksi. Tuoresäilönnän vastaanottokapasiteetti voidaan helposti ja yleensä halvalla järjestää vastaamaan tehokkaankin puimurin kapasiteettia, jolloin säilöntä ei rajoita puintia. Tuoresäilöntä mahdollistaa myös satoisampien ja myöhäisempien lajikkeiden viljelyn, koska viljan ei tarvitse tuleentua loppuun saakka.

Mahdollisuudet tuoreena säilötyn viljan markkinointiin kaipaisivat myös jatkotutkimusta, koska viljamarkkinoiden perinteet ja tilojen välisen rehuviljakaupan vähäisyys ovat olleet tuoresäilönnän



yleistymisen esteenä. Vain kuivattua viljaa pidetään kauppatavarana. Tilanne on tosin muuttumassa, kun sähköinen viljakauppa pääsee vauhtiin. Toistaiseksi nettikauppa on suurten viljanostajien valtakunnallista toimintaa, jossa liikutellaan kuivaa viljaa. Sen rinnalle pitäisi saada rehuviljatori tai -pörssi tuoreena säilötylle viljalle. Tuoreviljan kaupalle on tosin myös selkeät rajoitteensa, koska vilja ei säily pitkään varastosta otettuna. Viljan tuottajan ja käyttäjän on sijaettava toistensa lähellä. Sähköinen kauppa voi kuitenkin helpottaa ostajan ja myyjän kohtaamista.

Koneiden mitoittaminen keskimääräisten ohjeiden mukaan johtaa usein ylisuureen korjuukapasiteettiin. Esim. tässä mallissa 200 ha:n vilja-alalla puimurin leikkuuleveyden pienentäminen 1,20 metrillä ja kuivurin tilavuuden pienentäminen puoleen alkuperäisestä arvostaan alensi korjukustannusta 4 - 6 p/kg. Tämä tarkoittaa sitä, että monella tilalla on olemassa korjuukapasiteettia nykyistä suuremman vilja-alan hoitamiseen (vrt. Laine 1996). Lisäpinta-alan hankkiminen voi tapahtua ostamalla, vuokraamalla tai koneyhteistyön kautta. Varsinkin nyt, kun Agenda-uudistus edelleen alentaa ajallisuuskustannuksen merkitystä, samoilla koneilla kannattaa yrittää hoitaa laajempi pinta-ala.

Korjuukauden pidentäminen kasvilajivalikoimaa laajentamalla ja kylvöaikoja porrastamalla on merkittävä kustannusten säästökeino. Kun näin tehdään, korjuuketjun kapasiteettia ei tarvitse mitoittaa ylitehokkaaksi hetkittäisten työhuippujen takia ja on todennäköisempää, että ainakin osa sadosta voidaan korjata hyvissä sääoloissa. Syysviljat ja rypsi olisivat tässä mielessä hyviä kasveja. Valitettavasti nykyinen hintapolitiikka on johtamassa näiden kasvien viljelyhalukkuuden vähentymiseen varsinkin, kun niiden viljelyn riskit ovat kevätiljoja suuremmat. Toisaalta vallankaan pienellä tilalla ei kannata yrittää viljellä liian montaa eri kasvilajia, koska tästä on seurauksena lisäkustannuksia eri kasvilajien erillään pitotarpeen takia. Minimipinta-alana voidaan pitää 10 ha yhtä kasvia, jolloin tästä saadaan yksi rekkakuorma keskimääräisellä satotasolla.

Edellä esitetyt ajatukset korjuukauden pidentämisestä ja konekapasiteetin pienentämisestä korjattavaan alaan verrattuna lisäävät epävarmuutta korjuun onnistumisesta ja tuntuvat varmasti monen mielestä stressaavilta. Suomalainen viljelijä on tottunut varmistamaan korjuun huonoissakin oloissa kustannuksia kaihtamatta. Korjuukapasiteetin vähäisyydestä johtuvilla satotappioilla ei kuitenkaan ole enää sitä merkitystä kuin ennen. Perinteestä johtuen ajatus yli kuukauden mittaisesta korjuukaudesta on vieras ja samoin tavoite viljelypinta-ala kaksinkertaistamisesta konekapasiteettia lisäämättä. Sesongin venyttäminen koskee ensisijaisesti puimurin tai kuivurin omistajia, joiden pitäisi saada investoinnillensa enemmän käyttötunteja. Tähän päästään vasta noin 100 hehtaarin viljatiloiilla tai käyttämällä puimurin tai kuivurin liikenevä kapasiteetti rahtityöhön. Tehokkaiden urakointikoneiden käyttö pienemmillä tiloilla voi jopa oleellisesti lyhentää korjuukautta verrattuna korjuuseen omilla koneilla.

Korjaustaitoinen viljelijä voi välttää suuret pääomakustannukset jatkamalla jo lähes poistoikäisten koneiden elinikää korjaamalla niitä itse halvoilla purkuosilla. Suomen viljantuotantoa ei kuitenkaan voida laskea kokonaan poistoikäisten koneiden varaan, vaan tuotannon pitäisi olla niin kannattavaa, että uusia voidaan hankkia ja poistaa kohtuullisen ajan kuluessa. Viljan hintakehitys ei tätä näytä takaavan. Siksi suurelta yksiköt eivät pärjää ilman riittävää tukea, vaikka ne pystyisivät alentamaan niin korjuu- kuin muitakin tuotantokustannuksiaan.

Kuluttajat haluavat laadukkaita elintarvikkeita ja niitä syntyy vain laadukkaista raaka-aineista. Viljantuottajan näkökulmasta on ollut todettavissa, että viljakaupassa on siirrytty hyvän laadun palkitsemisesta huonosta laadusta sakottamiseen. Hyvästä laadusta on tullut standardi. Kun samaan aikaan viljan hinta on jatkanut laskuaan, viljelijän on varmasti ollut vaikeaa motivoitua hyvä laadun tuottamiseen. Vaikka laatu saadaan aikaan ensisijaisesti myönteisillä asenteilla, siihen

tarvitaan myös kohtuulliset taloudelliset resurssit. Kiistattoman ansiokkaat laatuprojektit vaatisivat tuekseen nykyistä jyrkemmin porrastetun laatuinnoittelun, jolloin panostaminen laatuun olisi myös viljelijän näkökulmasta mielekäästä. Hyvän laadun tuottamiseen tarvitaan selkeä houkutin, joka ei voi olla juuri muu kuin tarpeeksi hyvä korvaus laadun eteen uhratuista panoksista ja tehdystä työstä.

Mallintamisella ja sitä seuraavalla simuloinnilla voidaan tutkittavasta asiasta saada laajempi käsitys kuin yksittäisillä kenttä- tai laboratoriokokeilla. Käytännön tilanteissa tehtyjen kokeiden tulokset pätevät parhaiten koetilanteessa vallinneissa olosuhteissa ja tulosten yleistettävyyden on monesti rajallista. Mallintamisen hyvänä puolena on myös sen edullisuus tutkimusmenetelmänä. Toisaalta, jos lähtötiedoissa tai mallintajan substanssiosaamisessa on suuria puutteita, voidaan tuloksissa mennä pahastikin hakoteille. Mallin yhteys reaali maailmaan katoaa helposti. Siksi tarvitaan edelleen mallintamista tukevia kenttä- ja laboratoriokokeita. Kokonaisvaltainen mallinnusajattelu auttaa kohdistamaan järkevästi näihin käytännön kokeisiin käytettäviä resursseja.

Mallinnusta on perinteisesti jouduttu tekemään yksinkertaisilla välineillä, esim. taulukkolaskimen avulla. Tähän käyttöön vartavasten kehitetyn mallinnusohjelmiston merkittävimpiä etuja on sen graafisuus. Yhdellä silmäyksellä on mahdollista hahmottaa monimutkaisinkin systeemin pääperiaatteet. Toinen tärkeä etu on mahdollisuus ennakoimattomien tekijöiden mukaanottoon (esim. sää). Ei tarvitse tyytyä pelkästään keskiarvojen tai kertoimien käyttöön. Mallissa käsiteltävä materiaali liikkuu systeemin läpi ”oikeasti”, jolloin pullonkaulakohtat on helppo osoittaa. Mallinnusohjelmistossa on myös runsaasti simuloiteja helpottavia työkaluja, kuten graafisia säätimiä ja mittareita sekä sisäänrakennettu herkkyysanalysointi. Toisaalta mallintamisen opettelu on ainakin aluksi työläämpää käytetyn ohjelmiston avulla kuin laskentamallin laatiminen taulukkolaskimella.

Kehitetty simulointimalli soveltuu nyky muodossaan tutkimusvälineeksi. Jatkoprojekteissa mallipohjaa voidaan kuitenkin haluttaessa muuttaa tilakohtaiseen suunnitteluun sopivammaksi. Tämä kuitenkin edellyttää huomattavaa lisätyötä, koska tilojen moninaisuus on otettava huomioon. Mallilla on nyky muodossaan vaikeaa ottaa huomioon olemassa olevaa tilusrakennetta. Mallin logistiikkaosaa tulee laajentaa, sillä tilusten sijainti ja tiestön kunto ovat tärkeitä tekijöitä. Logistiikka vaikuttaa merkittävästi talouteen, koska viljankorjuussa kuljetetaan halpaa materiaalia, joka ei kestä kalliita kuljetuksia, ja käytetään kalliita korjuukoneita, joiden kapasiteetti tulisi käyttää tarkasti hyväksi. Tilojen lähtökohtatietojen laatuun olisi myös kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta tehtävät johtopäätökset olisivat tarpeeksi tarkkoja ja luotettavia. Tiedoille olisikin asetettava selkeät laatu kriteerit. Jatkoprojekteissa olisi myös kehitettävä helppokäyttöisyyttä siten, että mallia voisivat käyttää myös muut kuin projektissa mukana olleet tutkijat.

Mallintamisen eräs mielenkiintoinen ominaisuus on siinä, että se paljastaa alueita, joita ei ole tutkittu lainkaan, tai se osoittaa tiedon joltain alueelta tarkkuudeltaan selvästi muita huonommaksi. Tiedon tarkkuudella on kuitenkin oleellinen merkitys, koska malli ei voi olla lähtötietojensa tarkempi. Tämänkin työn yhteydessä tuli esiin lukuisia vähän tutkittuja asioita. Ei voida esimerkiksi sanoa ovatko puimurin puintiteho ja puintitappiot oleellisesti erilaiset puitaessa keltatuleentunutta viljaa tuleentuneen sijasta. Samoin viljan vesipitoisuuden vaikutus puintitehoon näyttäisi olevan aika lailla hämärän peitossa, koska yleinen pyrkimys on puida vilja niin kuivana, että sitä tarvitsee kuivata mahdollisimman vähän. Tarve puida jo keltatuleentunutta viljaa tai viljaa, jonka kosteus on paljon yli 20 %, ovat vain Suomen kaltaisten viljanviljelyn äärialueiden ongelmia, jotka eivät ole kiinnostaneet puimureiden valmistajia tai tutkijoita. Viljojen ränsistymisen ja varisemisen sekä laadun kestävyys korjuun viivästyessä pitäisi tuntea paremmin ennenkuin korjuukapasiteettia aletaan karsia rankalla kädellä. Tässä suhteessa lienee löydettävissä melkoisia lajikekohtaisia eroja ja olisi hyvä, jos näistä ominaisuuksista saataisiin tietoa vaikkapa virallisten lajikekokeiden yhteydessä.

Tutkimukseen aikana tehdyt kuivurisuunnitelmat osoittivat jälleen kerran, että ensimmäisen ja vielä toisenkin suunnittelukierroksen jälkeen suunnitelmat voivat oleellisesti muuttua. Vaikka viljelijällä olisikin selkeän tuntuinen kuva siitä, mitä hän haluaa ja tarvitsee, keskustelu suunnittelijan kanssa kannattaa aloittaa tarpeista ja perusteista. Vasta sen jälkeen on aika edetä rakenteiden yksityiskohtiin ja toiminnan suunnitteluun. Kylmäilmakuivuri on edelleenkin haasteellisempi suunniteltava kuin pakettilämminilmakuivuri, koska siitä ei ole olemassa standardipiirustuksia eikä sitä yleensä osteta valmiina pakettina yhdeltä toimittajalta. Kylmäilmakuivurin mitoitusohjeita on kyllä olemassa, mutta ne ovat vähemmän tunnettuja ja pätevän suunnittelijan löytäminen voi olla hankalaa. Lämminilmakuivaamon rakentajalle on sen sijaan tarjolla valmistajien suunnitteluapua ja pakettimaisuudesta huolimatta standardiosista voidaan kasata kuivureita erilaisiin tarpeisiin. Pakettien tilankäyttö ja toiminnallisuus on yleensä hyvin mietitty. Olipa kyseessä kumpi tahansa kuivurityyppi, vuoden aikana ehtii vertailla vaihtoehtoja aivan eri lailla kuin parin kolmen kuukauden aikana.

Olemassa olevan rakennuskannan hyötykäyttö laajenevan tilan tarpeisiin olisi selvittämisen arvoinen asia. Tähän kysymykseen ei toisaalta voine löytyä mitään patenttiratkaisua, koska suunnittelun lähtökohta ja tarpeet ovat useimmiten hyvin ainutkertaisia. Koerakennuskohteita pitää jatkossa saada myös sellaisista kohteista, joissa koko järjestelmää ollaan uusimassa.

Viljanviljelijän tulot koostuvat viljan myyntituloista ja tuesta. Viljan hinta laskee edelleen Agenda-ratkaisun seurauksena ja laskua kompensoidaan Suomessa maksamalla kuivatushyvitystä. Erilaiset tuet ja hyvitykset ovatkin tuotannon jatkumisen ehdoton ehto. Viljelyn tulevaisuus on kiinni siitä, pitävätkö poliitikot Suomessa ja Euroopan Unionissa viljan tuottamista Suomen kaltaisilla äärialueilla tarpeellisenä. Nykytilanteessa viljan hinta alkaa olla jo vaarallisen alhaalla ja laatuhyvitykset niin pieniä, että ne voisivat motivoida kohtuunmääräisen ja hyvälaatuisen viljasadon tuottamiseen.

Tulevaisuus on tuottajan näkökulmasta kovin epävarmalla pohjalla, koska ei ole varmaa tietoa tukien jatkumisesta kymmenen tai edes viiden vuoden tähtäyksellä. Samaan aikaan viljelyä jatkavien pitäisi tehdä tuotannon tehostamista koskevia päätöksiä, mikä usein merkitsee laajentamista ja investointeja. Toisaalta tiedetään pääomakustannusten olevan liian korkeita ja konekapasiteettia olisi karsittava. Puimureiden ja kuivureiden kapasiteetti pitää saada hyödynnettyä jo normaaleinkin vuosina lähes täysin, koska kapasiteetin vajaakäyttöön ei ole varaa. Pitää löytää tiloille uusi pääomakustannusten ja korjuukustannusten tasapaino.

## KIRJALLISUUS

AALTONEN, J., JÄRVENPÄÄ, M., KLEMOLA, E. & LAURILA, P. 1999. Viljan korjuu-, kuivaus- ja logistiikkakustannukset Suomessa. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos, selvityksiä 2/99. 22 p. ISSN 1239-4548. ISBN 951-687-041-4.

AHOKAS, J & KOIVISTO, K. 1983. Energiensäästö viljankuivauksessa. Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos, tutkimusselostus 31. 89 p. ISSN 0506-3841.

ALA-ORVOLA, L. 1998. Käyttöomaisuuskirjanpidon uudistus kirjanpitotiloilla. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos, tutkimuksia 230. 74 p.

Avena Nordic Grain Oy, viljan laatuhinnoittelu 9.11.1999. [WWW-dokumentti] <<http://www.avenakauppa.fi/cgi-bin/avena/scripts/client/baseprice/main.pl?lng=FIN>>. [LINKKI]

CULPIN, C. 1969. Airtight storage of high moisture grain. Agricultural Mechanization. ECE Report 38: 1-15.

EKSTRÖM, N., THYSELIUS, L., JOHNSSON, S., & THOMKE, S. 1973. Syrabehandling av spannmål. Jordbrukstekniska institutet, meddelande 352. 88 p. ISBN 91-7072-013-4.

EKSTRÖM, N. 1992. Lufttät lagring av fuktig foder spannmål. Jordbrukstekniska institutet, meddelande 435. 51 p.

Euroopan neuvoston asetus 1253/1999. Euroopan neuvoston virallinen lehti nro L 160, 26.6.1999: 0019 - 0020.

GUSTAFSSON, L., LANSHAMMAR, H. & SANDBLAD, B. 1982. En introduktion till systemanalysen. 275 p.

HAAPALA, H. 1997. Systemien rakenne ja ominaisuudet. MMTEK43b, Maa- ja kotitalousteknologian erikoiskurssi (2). Systemianalyysi ja simulointi. Helsingin yliopiston kurssimoniste.

HAAPALA, H. 1999. Viljasadon vaihtoehtoiset käsittelytavat. In: Mitä Suomi syö - ja millä hinnalla?: Agro-Food '99, Tampere 2.-4.2.1999, Tampere-talo. Helsinki: Agro-Food ry/Agromiliitto ry. p. E42.

HAAPALA, H. 2000. Systemianalyysi ja simulointi elintarvikeketjujen analysoinnissa. In: Marttila Juha, Ahlstedt Jaana (toim.) Maataloustieteen päivät 2000: talous ja teknologia. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. Julkaisu 94: 121-132.

HELANDER, J. 1999. Rehuviljakauppaa tilojen kesken. Maatalouskalenteri 2000, Maaseutukeskusten liitto: 197-198. ISSN 0785-5133.

HUHTANEN, P. 1984. Väkirehun käsittelyn ja ruokintatavan vaikutus rehun hyväksikäyttöön eri eläimillä. Helsingin yliopisto, kotieläintieteen laitoksen tiedote 2. 119 p. ISSN 0780-3044.

JAAKKOLA, S., VALAJA, J., HUHTANEN, P., JOKI-TOKOLA, E. & SILJANDER-RASI, H. 1999. Säilöntäaineen ja vesilisäyksen vaikutus eri kasvuasteilla säilötyn murskeviljan laatuun. Murskesäilötyn viljan käsittelyteknologia -tutkimuksen loppuraportti, Maatalouden tutkimuskeskus/eläinravitseminen. 18 p.

JOKI-TOKOLA E. 1999. Eri kehitysasteilla korjatun ja puintuoreena ilman vesilisäystä säilötyn murskeviljan koostumus ja laatu. Murskesäilötyn viljan käsittelyteknologia -tutkimuksen loppuraportti, Maatalouden tutkimuskeskus/eläinravitseminen. 14 p.

- JONSSON, N. 1997. Syrabehandla spannmål på rätt sätt. Jordbrukstekniska institutet, Teknik för lantbruket 62. 12 p. ISSN 0282-6674.
- JUUTI, T. 1986. Kun korjuu viivästyy, kuinka käy kevätvehnäsadon määrän ja laadun? Käytännön Maamies 7/1986. p. 10-12.
- JÄRVENPÄÄ, M. & LAUROLA, H. 1987. Puintiopus. Työtehoseuran julkaisuja 290. Helsinki. 129 p. ISSN 0355-0710. ISBN 951-788-114-2.
- JÄRVENPÄÄ, M., MATTILA, P., LAUROLA, H., MATTILA, T., AUTIO, J., SUONTAUSTA, J. JA LAITINEN, A. 1987. Puimurin ja puintityön kehittämistarpeet Suomessa. Työtehoseuran julkaisuja 291. Helsinki. 139 p.
- KLEMOLA, E., JÄRVENPÄÄ, M. & PELTOLA, A. 1994. Viljansäilöntäopus. Työtehoseuran maataloustiedote 4/1994 (441). Helsinki. 15 p.
- KLEMOLA, E. & PIRILÄ, J. 1999. Viljankorjuun kustannukset Suomessa. Työtehoseuran maataloustiedote 8/1999 (512). Vihti. 6 p. ISSN 0782-6788.
- Komission asetus (ETY) NO689/92. Interventioelinten suorittaman vilja haltuunoton menettelyistä, liite 2: Interventiovarastoon ostettavan vehnän, rukiin ja ohran vähimmäislaatuvaatimukset.
- LAAKSONEN, K. 1999. Urakointihinnat ja konetyön kustannukset. Työtehoseuran maataloustiedote 3/1999. 8 p. ISSN 0782-6788.
- LAINE, A. 1996. Konekapasiteetin mitoitus ja konekustannukset viljan ja nurmirehun tuotannossa. Säärisiin perustuva tarkastelu. Työtehoseuran julkaisuja 349. Helsinki. 80 p.
- LAINE, A. 1998. Konekustannusten alentaminen maatalouskoneiden käyttöikä pidentämällä. Työtehoseuran julkaisuja 360. 82 p. ISBN 951-788-263-7.
- Laki viljakauppalaan kumoamisesta, 684/1994. p. 2147.
- Leikkuupuimureiden ryhmäesittely 1998. Koneviesti 46, 19: 16 -18
- LUNDIN, G. & CLAESSON, S. 1985. Skördetröskning. Jordbrukstekniska institutet. Meddelande nr. 409. Uppsala. 105 p.
- LÖTJÖNEN, T., MIKKOLA, H. & HAAPALA, H. 2000. Öljyn hinta nousee - miten käy viljan viljelyn kannattavuuden? Koetoiminta ja käytäntö 57, 7: p. 8.
- Maa- ja metsätalousministeriön päätös viljan laatuhinnoittelusta, 973/1991: 1901-1910.
- MMM-RMO E2 rakennuskustannukset. Maaseutuelinkeinolaan mukaiset rakentamisen ohjekustannukset, Maa- ja metsätalousministeriön yleiskirje 780/01/99.
- Maatalouden työnormit, 1988. Työtehoseuran maatalous- ja rakennusosaston monisteita 2/1988. 157 p. ISBN 951-788-133-9.
- Maataloustilastollinen kuukausikatsaus 1/1996. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 28 p. ISSN 0786-938X.
- Maatilatilastollinen vuosikirja 1996. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki. 249 p. ISSN 0786-2857.
- Maatilatilastollinen vuosikirja 1997. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki. 268 p. ISSN 0786-2857.

- Maatilatilastollinen vuosikirja 1999. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki. 262 p. ISSN 0786-2857.
- MÄKELÄ, T. & LAAKSONEN, K. 1990. Leikkuupuinnin työnmenekki. Työtehoseuran maataloustiedote 10/1990 (412). Helsinki. 6 p.
- ORAVA, R. 1985. Leikkuupuimurin käyttöä voi tehostaa. Teho-lehti 7-8: 33-36.
- PALANDER, S. 1999. Säilöohran sulavuus ja rehuarvo aikuisilla kukoilla ja kasvavilla broilereilla. Opinnäytetyö. Helsingin yliopisto, kotieläintieteen laitos. 55 p.
- PEHKONEN, A. & KOJO, M. 1987. Leikkuupuimurin pöytätappiot. Maatalousteknologian laitos. Tutkimustiedote n:o 52. Helsingin yliopisto. Helsinki. 56 p.
- PELTOLA, A. 1992. Viljan lämmänilmakuivauksen mallittaminen energiankulutuksen perusteella taulukkolaskimella. Työtehoseuran maataloustiedote 412. Helsinki. 8 p.
- PELTOLA, A. & KALLIONIEMI, M. 1988. Viljankuivausopas. Työtehoseuran julkaisuja 299. Helsinki. 125 p. ISSN 0355-0710. ISBN 951-788-131-2.
- PITKÄNEN, M. 1997. Murskesäilöntä vaatii tarkkuuta, mutta palkitsee huolellisen. Maito ja Me 9, 7: 25-26.
- POKKI, J. 1982. Rehuviljan ilmatiivis varastointi. Työtehoseuran julkaisuja 240. 75 p. ISSN 0355-0710. ISBN 951-788-063-4.
- Potkuripuhaltimien ryhmäkoetus. 1987. Koetusselostus 1232. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos. Vihti. 29 p. ISSN 0428-4372.
- PUUMALA, M. 1987. Jauhatustyön järjestelyjä ja kustannuksia. Tiedote 41, Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos. 16 p. ISSN 0355-1415.
- Raisio Yhtymän vastaanottovaatimukset ja laatuhinnoittelu viljalle 1.8.1999 alkaen. 17 p.
- RIEPPONEN, L. 1998. Maatalouden tuotantokustannukset Suomessa. Maidon, viljan ja sianlihan tuotantokustannukset kirjanpitolitoilla. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos, tutkimuksia 222: 94 - 120. ISSN 1239-8799. ISBN 951-687-008-2.
- SARIOLA, J., TUUNANEN, L., PAAVOLA, J. & AHOKAS, J. 1990. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. Tutkimusselostus 57. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos. Vihti. 90 p. ISSN 0782-0054.
- SAVELA, P. 1984. Viljan kuivaustarpeen vähentämismahdollisuudet oikealla puintistrategialla. Pro gradu-työ. Maatalousteknologian laitos. Helsingin yliopisto. Helsinki. 102 p.
- SAVELA, P. 1999. Työkoneen kustannusten laskenta. Maatalouskalenteri 1999, Maaseutukeskusten liitto: 139 - 143. ISSN 0785-5133.
- Suomen Rehu Oy, laatuhinnoittelu 22.12.1999 [WWW-dokumentti]  
<[http://www.farmit.net/plantfarming/isovilja\\_hinnoittelu.asp#down](http://www.farmit.net/plantfarming/isovilja_hinnoittelu.asp#down)>. [LINKKI]
- SÖRENSEN, C. 1996. Höst af korn, baelgsaed, frö og raps. Driftsteknisk analyse. Forskningsrapport nr. 49. Landbrugs- og Fiskeriministeriet. Statens Husdyrbrugsforsög. Frederiksberg. 92 p. ISSN 0908-021X.
- Tietokappi 1/1997, maataloustilastollinen kuukausikatsaus. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 31 p. ISSN 1238-7290.

Tietokappale 1/1998, maataloustilastollinen kuukausikatsaus. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 33 p. ISSN 1455-2523.

Tietokappale 1/1999, maataloustilastollinen kuukausikatsaus. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 27 p. ISSN 1455-2523.

Tietokappale 1/2000, maataloustilastollinen kuukausikatsaus. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 21 p. ISSN 1455-2523.

Traktoreiden ryhmäesittely 1999. Koneviesti 47, 4: 18 - 23.

Traktoreiden ryhmäkoetus 1984. Vakolan koetuselostus 1132. Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos. 65 p. ISSN 0428-4372.

Vakolan koetuspuinnit. 1980-1988. Koetuselostukset 1035-1252. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos. Vihti.

VALAJA, J., SILJANER-RASI, H., PARTANEN, K., JAAKKOLA, S. & HUHTANEN, P. 1999. Säilöntämenetelmän vaikutus ohran kemialliseen koostumukseen ja ravintoaineiden sulavuuteen siällä. Murskesäilötyn viljan käsittelyteknologia -tutkimuksen loppuraportti, Maatalouden tutkimuskeskus/eläinravitseminen. 16 p.

Viljankuivauksen opas. 1982. Jaakko-tehtaiden viljankuivausopas. Panelia. 30 p.

Viljan tuotanto ja kulutus, viljataseet 1986/1987 ja 1998/1999. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus.

YLÖNEN, A.-L. 1985. Leipäviljojen laadun ja sadon muutokset korjuukauden edetessä. Työtehoseuran maataloustiedote 4/1985, (322). Forssa. 8 p.

## Muuttujaluettelo Viljan korjuu -ja varastointimalliin

7.3.2000

Lihavoituja arvoja käytettiin simuloinneissa.

Hinnat ilman ALV:tä.

Säädettävä muuttuja	Suosittelut säästöalue	Yksikkö	Lähde:
<b>Sato</b>			
<b>Tilakoko</b>	30 - 70 - 120 - 200	ha	
<b>Alue</b>	Varsinais-Suomi Etelä-Pohjanmaa Keski-Suomi		
<b>Kasvukausi</b>	Nopea <b>Normaali</b> Hidas		MTT:n viralliset lajikekokeet
<b>Aikaisuus</b> (viljalajikkeen)	Aikainen <b>Keskimääräinen</b> Myöhäinen		MTT:n viralliset lajikekokeet Pellervon iso kalenteri
<b>Kylvöaika</b> (aloituspäivä)	Ruis => elokuun pvm. S. vehnä => syyskuun pvm. K. viljat => toukokuun pvm.		<b>Keskimääräiset</b>
<b>Kosteus</b> (puintihetkellä)	18 - 24 - 30 tai esim. siniaalto	%	Voidaan määrittää viljalajeittain.
<b>Sato 14 %</b>	TE-keskusten keskisadot  Lähde: Maatilatilastolliset vuosikirjat	kg/ha	Ohra <b>3440</b> kg/ha Kaura <b>3380</b> kg/ha Kevätvehnä <b>3410</b> kg/ha Syysvehnä <b>3620</b> kg/ha Ruis <b>2760</b> kg/ha
<b>Pintaala</b> (eri lajikkeiden)	A) Koko ala ohraa <b>B) Ohra 40%, kaura 20%, kvehnä 20%, ruis 10%, svehnä 10% alasta</b>	ha	
<b>Sakolukusää</b> (vaikuttaa leipäviljojen sakolukuun)	Kosteaa <b>Normaali</b> Kuiva		Ylönen 1985 TTS tied. 322
<b>Puinti</b>			
<b>Puintitunnit</b> (elo-syyskuun aikana)	2 -11 <b>V. 1997 - 98</b>	h/vrk	IL:n ja MTT:n säätilastot
<b>Lleveys</b> (puimurin pöydän lev.)	<b>300</b> <b>360</b> <b>480</b>	cm cm cm	Liittyy tilakokoon 30 & 70 ha 120 ha 200 ha
<b>Lako</b> (kerroin, vaikutus puintinopeuteen)	0 % laossa => 1 <b>10 % laossa =&gt; 0.83</b> 50 % laossa => 0.67		Orava 1985, Teho 7-8 Vakolan koetuspuinnit



<b>Lohkok</b> (puinnin) (kerroin, tilan lohkojen muoto, koko, etäisyydet)	0,5 - 1,2 1.0	TTS tiedotteet
---	------------------	----------------

<b>Ajoaika</b> (puintiaika kokonais- pellolla oloajasta)	<b>Tyhjennys paikallaan =&gt; 0.75</b> Tyhjennys vauhdissa => 0.835	Sörensen 1996
--	--	---------------

<b>Ajonopeus</b> (puimurin)	max. 8	km/h
--------------------------------	--------	------

<b>Säiliökoko</b>	300 => 2,8	m3	Koneviestin 1999 ryhmäesittely
	360 => 3,5	m3	
	480 => 5,8	m3	

<b>Kuutiopaino</b> (kosteus 14 %)	Ruis	723	kg/m3	Pellervon iso kalenteri 1998  (+/- 10% vaihtelu)
	Kaura	541	kg/m3	
	Ohra	663	kg/m3	
	Syysvehnä	800	kg/m3	
	Kevätvehnä	805	kg/m3	

### Kuljetus

<b>Kärret</b>	1 tai 2	kpl	30 ha	10 - 15 m3
			70 ha	10 - 15 m3
<b>Kärrikoko</b>	10 - 15	m3	120 ha	15 - 15 m3
			200 ha	15 - 15 m3
<b>Henkilöt</b>	1-3	kpl		

<b>Traktorit</b>	1 tai 2	kpl
------------------	---------	-----

<b>Matka</b> (keskim. pelto-varasto)	0.1 - 40	km	Tilakoon mukaan, Dataaari 1998	
			30 ha	1.4
			70 ha	3.3
			120 ha	5.7
			200 ha	9.5
Etäisyys = $7.45 + 47.48 * \text{Peltopinta-ala}$				

<b>Nopeus</b>	5 - 40	20	km/h
---------------	--------	----	------

<b>Kaatosuppilo</b>	tilavuus = Kuivurikoko + 5 m3
---------------------	-------------------------------

### Lämminilmauivaus

<b>Puskurikuivuri</b>	5 x 10	m3
<b>Puskurikuivuri ON/OFF</b>	Pois/ Päällä	

<b>Lämminkuivaus ON/OFF</b>	Pois/ Päällä
-----------------------------	--------------

<b>Kuivurikoko?</b>	8	m3	Tilakoon mukaan:	
	14	m3	30 ha	8 m3
	18	m3	70 ha	14 m3
	24	m3	120 ha	24 m3
	30	m3	200 ha	30 m3

<b>Kuivausaika</b>	Kuivurikoko ja kosteus määräävät	h	Peltola 1992, TTS tied. 412 Peltola 1988, TTS tied. 354 Jaakko viljankuivaus- opas 1982
--------------------	-------------------------------------	---	--

<b>LVarastonKoko</b>	Lämminilmakuivauksen käytettävissä olevan varaston <b>kokonaistilavuus</b> . Pakettikuivurit on mitoitettu niin, että niissä on kiinteitä pystysiiloja vain osalle peltoalasta. Esim. P-ala. =>Kuivuri+Varasto+Lisävarasto 30 ha => 8 m3, <b>130 m3, 65 m3</b> 70 ha => 14 m3, <b>209 m3, 246 m3</b> 120 ha => 24 m3, <b>340 m3, 440 m3</b> 200 ha => 30 m3, <b>450 m3, 850 m3</b>
----------------------	--

**Kylmäilmakuivaus**

<b>Kylmäkuivaus ON/OFF</b>	<b>Pois/ Päällä</b>	Täyttönopeutta ei ole mitenkään rajoitettu
----------------------------	---------------------	--

<b>KylmäKkoko</b>	Kuivauslaarien yhteenlaskettu pinta-ala m2 Varastoidaan 1 m paksu kerros.	<b>30 ha =&gt; 135 m2</b> <b>70 ha =&gt; 315 m2</b> <b>120 ha =&gt; 540 m2</b>
Mitoitetaan siten, että laarialaa on 4,5 m2/ha, kun tarve olisi 6,6 m2/ha. Osassa kuivuria kuivataan useita eriä ja tämä vilja säilötään pyöreisiin terässiiloihin.		

<b>KylmäVarasto</b>	Tarvittavan lisävaraston tilavuus (pyöreää terässiiloa)	<b>30 ha =&gt; 65 m3</b> <b>70 ha =&gt; 150 m3</b> <b>120 ha =&gt; 250 m3</b>
---------------------	---	---

**Tuoresäilöntä** (jyväsäilöntä, murskesäilöntä, ilmatiivissäilöntä)

<b>TrS ON/OFF</b>	Syötä tuoresäilöntämenetelmän tyyppi: <b>0 = Ei käytössä</b> <b>1 = Murskesäilöntä</b> muurahaishapolla laakasiiloon <b>2 = Jyväsäilöntä</b> propionihapolla, lattiavarastointi <b>3 = Ilmatiivissäilöntä</b> terässiiloon, ilman hapotusta <b>4 = Ilmatiivissäilöntä</b> päämenetelmänä, jyväsäilöntä varalla
-------------------	---

<b>TrSTeho</b>	Syötä tuoresäilöntäketjun teho kg/h (kuivaa viljaa). Esim. Murskemylly <b>5000 kg/h</b> KV:n ryhmäesittelyt Ruuvikuljetin jyväsäilönnässä <b>8000 kg/h</b> TTS 441 / 1994 Lietso ilmatiiviin säilön täytössä. <b>8000 kg/h</b>
----------------	---

<b>TrSTilavuus</b>	Syötä tuoresäilöntäsiilojen yhteistilavuus m3. Esim.																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Murske-</th> <th>Jyvä-</th> <th>Ilmatiivissäilöntä</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30 ha</td> <td><b>210</b></td> <td><b>210</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>70 ha</td> <td><b>490</b></td> <td><b>490</b></td> <td><b>490</b></td> </tr> <tr> <td>120 ha</td> <td><b>840</b></td> <td><b>840</b></td> <td><b>840</b></td> </tr> <tr> <td>200 ha</td> <td></td> <td></td> <td><b>1400</b></td> </tr> </tbody> </table>		Murske-	Jyvä-	Ilmatiivissäilöntä	30 ha	<b>210</b>	<b>210</b>		70 ha	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	120 ha	<b>840</b>	<b>840</b>	<b>840</b>	200 ha			<b>1400</b>
	Murske-	Jyvä-	Ilmatiivissäilöntä																		
30 ha	<b>210</b>	<b>210</b>																			
70 ha	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>490</b>																		
120 ha	<b>840</b>	<b>840</b>	<b>840</b>																		
200 ha			<b>1400</b>																		

<b>IlmatTilavuus</b>	Syötä tähän ilmatiiviin siilon tilavuus m3 vain, jos käytät ilmatiiviin ja jyväsäilönnän yhdistelmää (vaihtoehto 4). Syötä TrSTilavuus-pallukkaan koko varastokapasiteetti.
----------------------	--

<b>KaikkiViljat</b>	Syötä tähän 1, jos haluat että myös leipäviljoja voidaan tuoresäilöä, muuten 0. <b>Pois/ Päällä</b>
---------------------	---

<b>Vara ON/OFF</b>	Tämä on eräänlainen "tunkio" johon ohjautuu kaikki varastoihin mahtumaton tai liian kauan kaatosuppilossa ollut vilja. Tämän tilavuus on rajoittamaton, eikä ole kustannuksia. <b>Pois/ Päällä</b>
--------------------	---

**Kustannukset** Hinnat ilman ALV.

<b>Viljan hinta</b>	Hinta ilman ALV:tä ja rahtia	p/kg	Ohra	73
	Maaseudun tulevaisuuden hintaseuranta		Kaura	70
			Kevätvehnä	83
			Syysvehnä	83
			Ruis	85

<b>Rehuleipäviljan hinta</b>	Hinta ilman ALV:tä ja rahtia	p/kg	Kevätvehnä	70
	Lähde: Keskusliikkeet 1999		Syysvehnä	70
			Ruis	64

<b>Traktorin koko</b>	50 - 120 kW	1. Tr)	30 ha	50 kW	143000 mk
			70 ha	60 kW	175000 mk
			120 ha	90 kW	270000 mk
<b>Traktorin jälleenhankintahinta</b>	Koneviestin ryhmäesittelyt		200 ha	120 kW	366000 mk
		2. Tr)	Kaikille	50 kW	143000 mk

<b>Traktorin poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	18 % / vuosi 4 %	=> poistoaika 12 v.	jäännösarvo 10%
		Ala-Orvola et.al. 1998 MTTL 230	

<b>Traktorin ikä</b>	1. Tr) 5 v	2. Tr) 10 v
----------------------	------------	-------------

<b>Oman työn hinta (sis. sotu)</b>	58	mk/h	Maatalouskalenteri 1999
------------------------------------	----	------	-------------------------

<b>Traktorityötunnin hinta paikalliskäytössä (ei kuljettajaa)</b>	50	mk/h	Maatalouskalenteri 1999
---	----	------	-------------------------

<b>Puimurin koko</b>	= Lleveys	m
----------------------	-----------	---

<b>Puimurin jälleenhankintahinta</b>	Koneviestin ryhmäesittelyt	Tilakoko:	30 ha	255000 mk
			70 ha	255000 mk
			120 ha	372000 mk
			200 ha	607000 mk

<b>Puimurin poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	14 % / vuosi 4 %	=> poistoaika 15 v.	jäännösarvo 10%
		Ala-Orvola et.al. 1998 MTTL 230	

<b>Puimurin ikä</b>	2	v
---------------------	---	---

<b>Vuokrapuimuri ON/OFF (sis. kuljettajan)</b>	<b>Pois/ Päällä</b>	Käyttää Maatalouskalenteri 1999:n tuntitaksaa autom. l.leveyden mukaan.
--	---------------------	---

<b>Perävaunun j.hankintahinta</b>	10 m <sup>3</sup> =>20000 mk, 15 m <sup>3</sup> =>30000 mk	KV:n ryhmäesittelyt
-----------------------------------	--	---------------------

<b>P.vaunujen poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	9 % / vuosi 4 %	=> poistoaika 25 v.	jäännösarvo 10%
		Ala-Orvola et.al. 1998 MTTL 230	

<b>Perävaunun ikä</b>	1) 5 v.	2) 15 v.
-----------------------	---------	----------

<b>Puskurikuivurin jälleenhankintahinta</b>	50 m <sup>3</sup>	100 000 mk	MRO 1999
---	-------------------	------------	----------

<b>Kuivurin jälleenhankintahinta</b> (sis. varastosiiilot n. ½ peltoalasta)	mk TTS 507	Varastoa: n.puolelle peltoalasta	
		30 ha	286800 mk
		70 ha	382600 mk
		120 ha	542200 mk
		200 ha	638000 mk

<b>Kuivurin poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	9 % / vuosi 4 %	=> poistoaika 25 v. Ala-Orvola et.al. 1998 MTTL 230	jäännösarvo 10%
--	--------------------	--	-----------------

<b>Kuivurin ikä</b>	12	v
---------------------	----	---

<b>Varaston koko ja hinta</b> (puuttuva kapasiteetti, jotta kaikki vilja mahtuu)  Lieriömäinen terässiilo tyhjennyskuljettimella Antti-teollisuus 1999	m3	Tilakoon mukaan:	
		30 ha	65 m3 19800 mk
		70 ha	246 m3 54400 mk
		120 ha	440 m3 93500 mk
		200 ha	850 m3 167700 mk

<b>Varaston ikä</b>	12	v
---------------------	----	---

<b>Kylmäilmakuivurin jälleenhankintahinta</b> (kaava valmiiksi syötetty)	mk TTS 441		
		30 ha	190350 mk
		70 ha	409650 mk
		120 ha	659400 mk
		200 ha	

<b>Vuokrakuivuri ON/OFF</b>	Pois/ Päällä
Käyttää Maatalouskalenteri 1999:n tuntitaksaa autom. koon mukaan.	

<b>Kylmäilmakuivurin poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	9 % / vuosi 4 %	=> poistoaika 25 v. Ala-Orvola et.al. 1998 MTTL 230	jäännösarvo 10%
---	--------------------	--	-----------------

<b>Kylmäilmakuivurin ikä</b>	12	v
------------------------------	----	---

<b>Kylmäilmakuivurin lisävaraston koko ja hinta</b> (puuttuva kapasiteetti, jotta kaikki vilja mahtuu)  Lieriömäinen terässiilo tyhjennyskuljettimella Antti-teollisuus 1999	m3	Tilakoon mukaan:	
		30 ha	65 m3 19800 mk
		70 ha	150 m3 30800 mk
		120 ha	250 m3 54400 mk
		200 ha	

<b>Kylmäilmakuivurin energiakulutus</b> (mk haihdutettua vesikiloa kohti)	0,124mk/kg
Yhden vesikilon haihduttamiseen kuluva polttoöljyn määrä* pö:n hinta. Oletetaan, että puhaltimia pyöritetään dieselmotorilla. Polttoaineen kulutus 0,31 l/kWh (Vakolan koetuselostus 1132), kuivaushyöty 1,5ertainen (lämmönvaihdin pakoputkistossa). Energiankulutus olkoon 0,35 kWh/kg haihdutettua vesikiloa kohti (Ahokas & Koivisto 1983). Pö:n hinta ilman ALV:tä 1,71 mk/l (joulukuu 1999).	

<b>TrS koneiden hinta</b>	Esim.	Hapotinruuvi+annostelulaite	20 000 mk
		Murskemylly (KV 19/1999)	46 000 mk
		Ilmat.siilon täyttöevaattori (Kesko -99)	20 000 mk

<b>TrS koneiden poisto ja korko (tasa%-poisto)</b>	14 % / vuosi 4 %	=> poistoaika 15 v. Ala-Orvola et.al. 1998 MTTL 230	jäännösarvo 10%
--	---------------------	--	-----------------

<b>TrS koneiden ikä</b>	6	v
-------------------------	---	---

TrS varaston hinta Oletus: 1 ha => 7 m3 varastoa	Tilakoko	Varastonkoko	Varastotyyppi, mk		
			Murske	Jyvä	Ilmat.iiivis
	30	210	123000	47200	210000
Murskesäilöntä => laakasiiilo	70	490	260000	95000	243000
Jyvässäilöntä => pyöreä peltisiiilo	120	840	431000	154300	282000
Ilmat.säilöntä => käytetty terässäiiilo	200	1400			510000

Lähteet: MRO 1999, Antti-Teollisuus 1999, Kesko 1999

TrS varaston poisto ja korko (tasa%-poisto)	9 % / vuosi 4 %	=> poistoaika 25 v. Ala-Orvola et.al. 1998 MTTL 230	jäännösarvo 10%
---	--------------------	--	-----------------

TrS varaston ikä	12	v
------------------	----	---

Tr työn hinta	Myrskemyllä tai lietsoa käyttävän ylimääräisen traktorin tuntikustannus. Ei tarvita jyvässäilönnässä. Maatalouskalenteri 1999	50 mk/h
---------------	---	---------

Alvhappo	Agrimarket Karkkila 14.12.99. Sis. 1/3 kannun hinnasta.	4,37 mk/l
----------	---	-----------

Propionhappo	Agrimarket Karkkila 14.12.99. Sis. 1/3 kannun hinnasta.	9,07 mk/l
--------------	---	-----------

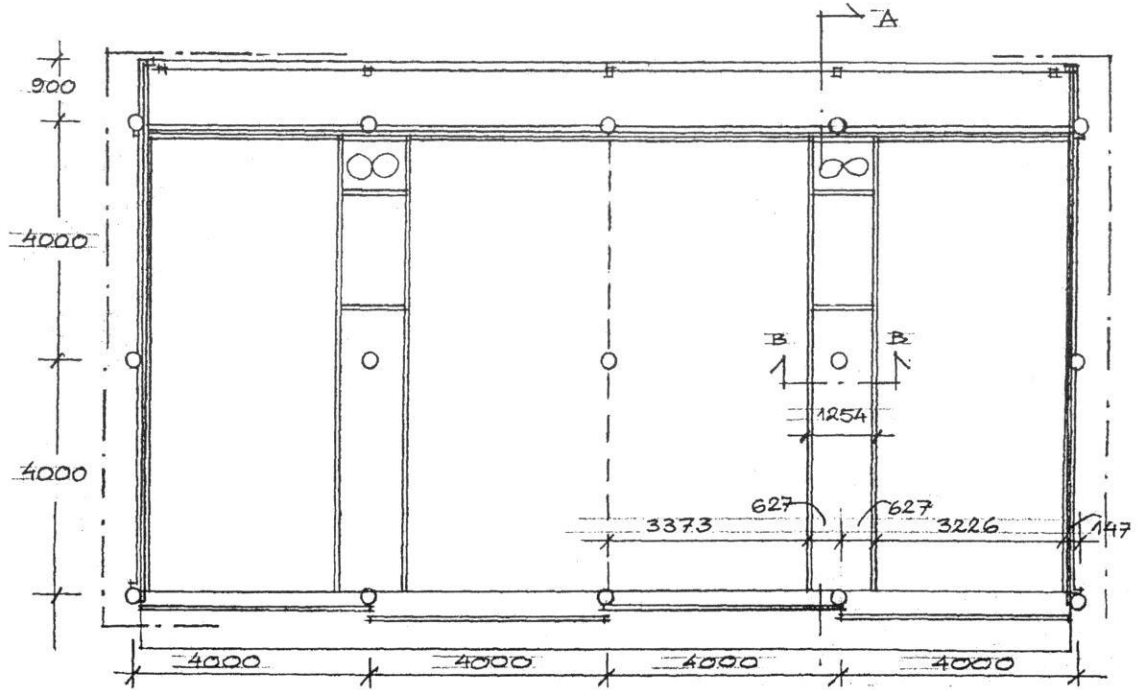
Polttoöljy	Vaihteluväli 1,0-2,5 mk/l	1,71 mk/l
------------	---------------------------	-----------

Vuokrapuimuri (sis. kuljettajan)	Leikkuuleveyden mukaan:	300 cm	459 mk/h
		360 cm	623 mk/h
		480 cm	915 mk/h
Maatalouskalenteri 1999			

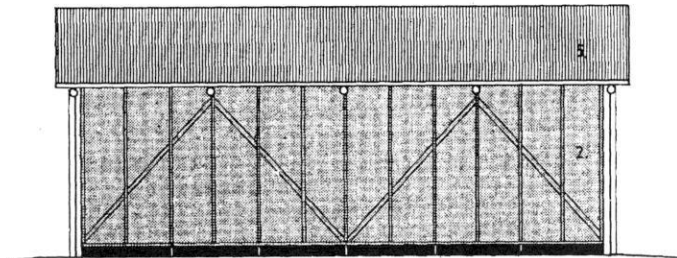
Vuokrakuivuri (sis. työntekijän)	Tilavuuden mukaan:	8 m3	88 mk/h
		14 m3	117 mk/h
		24 m3	153 mk/h
		30 m3	175 mk/h
Maatalouskalenteri 1999			

## KYLMÄILMAKUIVURI

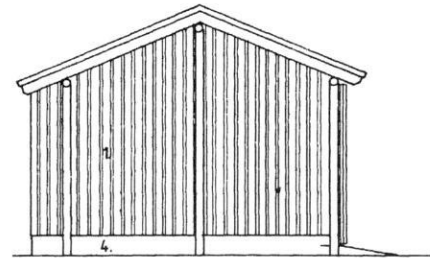
POHJA 1:100



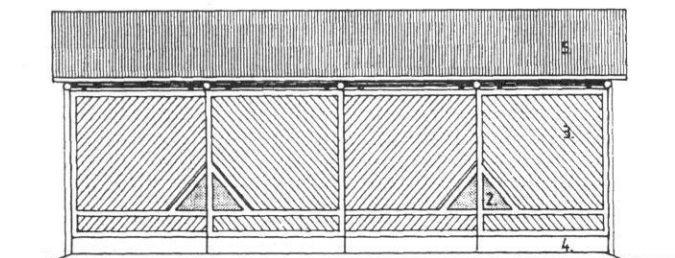
Yllä tasokuivurin pohja. Kantavat pilarit ovat 4 x 4 m modulissa. Keskellä kaksi ilmakanavaa, jotka jakavat kuivausilman neljään osastoon. Aurinkokeräimen sisäseinä on mustaksi maalattua vaneria ja etuseinä profiloitua muovilevyä. Alla julkisivut ja leikkaus.



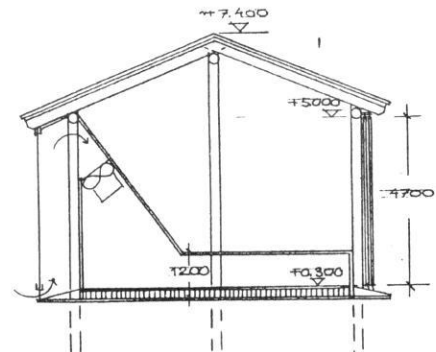
JULKISIVU ETELÄÄN

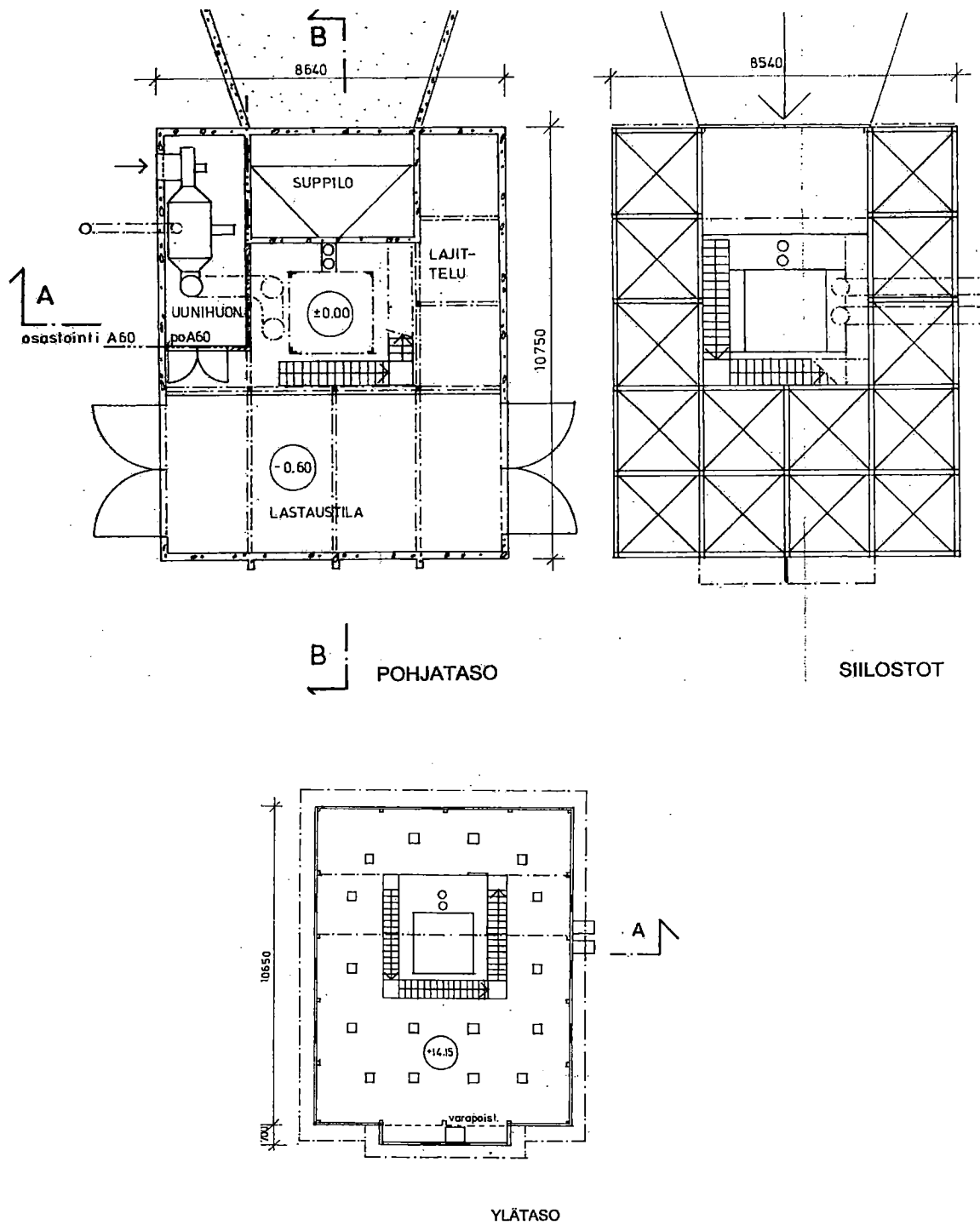


PÄÄTY ITÄÄN, LÄNTEEN PEILIKUVANA



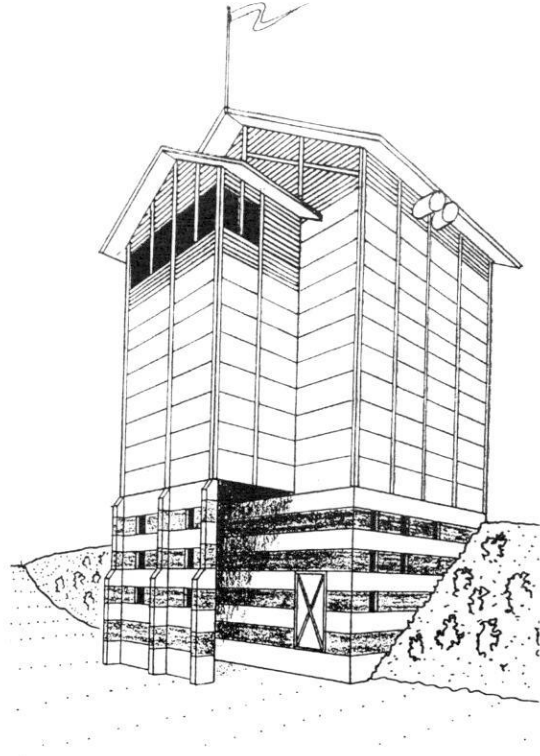
JULKISIVU POHJOISEN



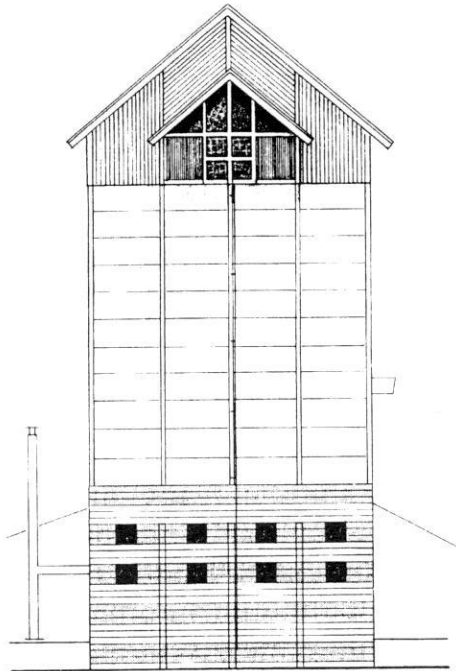


Yllä lopullisen suunnitelman mukaiset pohja-, siilosto- ja ylätasot. Pohjan muoto on 10 x 8 m suorakaide. Uunihuonetta on myöhemmin muutettu siten, että käyntiovi on suoraan ulos. 8 siilon alle voidaan ajaa, vapaa ajokorkeus on 4,5 m.

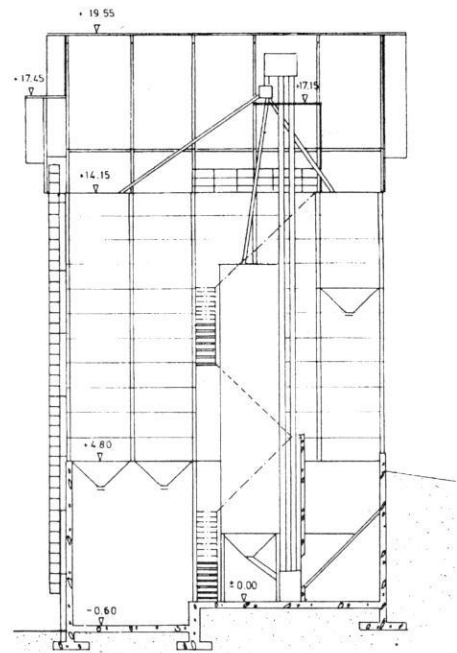
Alkuperäinen siilostojen sijoitteluehdotus. Kuivurin kokoa on visuaalisesti pienennetty jakamalla siilot rakennuksen päämassaan ja pienempään, alle ajettavaan sivumassaan. Lopullisessa suunnitelmassa tästä ajatuksesta luovuttiin ja siilokapasitettia ja samalla rakennuksen korkeutta lisättiin ( ks.kuvat alla).



Alla vasemmalla lopullisen suunnitelman pääjulkisivu ja oikealla leikkaus. Kuivurin myönteiseen yleisilmeeseen ja maisemaan sopivuuteen pyrittiin vaikuttamaan seuraavin arkkitehtonisin keinoin: Korkea betonijalusta on jäsenöity erivärisillä (harmaa ja punertava) betoniharkkovoihyöhykkeillä. Lastaus- ja pohjatasolle on järjestetty mahdollisimman paljon luonnonvaloa ikkuna-aukotuksilla. Kattokulma on kohtuullinen mutta ei liian terävä. Yläosan julkisivua on elävöitetty ikkunaerkkerillä, joka samalla toimii varapoistumistien lähtötasona.

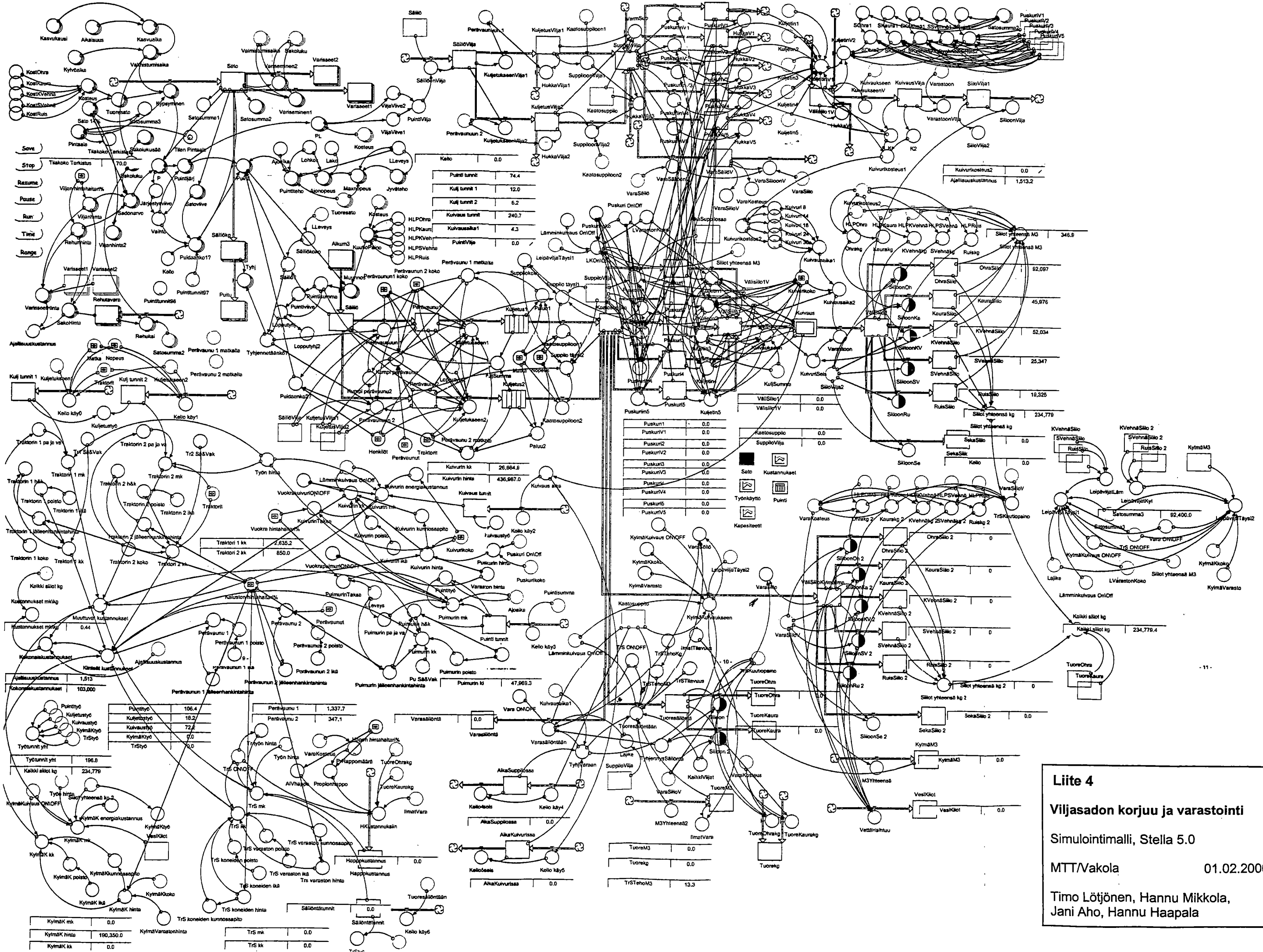


JULKISIVU KAAKKOON



LEIKKAUS B - B





Kello	0.0
Puinti tunnit	74.4
Kulj tunniti	12.0
Kulj tunniti 2	6.2
Kuvaus tunniti	240.7
Kuvausaika1	4.3
PuintiViija	0.0

Kuivurikosteus1	0.0
Kuivurikosteus2	0.0
Ajallisuuskustannus	1,513.2

Traktor 1 kk	2,635.2
Traktor 2 kk	850.0

Puskuri1	0.0
PuskuriV1	0.0
Puskuri2	0.0
PuskuriV2	0.0
Puskuri3	0.0
PuskuriV3	0.0
Puskuri4	0.0
PuskuriV4	0.0
Puskuri5	0.0
PuskuriV5	0.0

Kuivurin kk	26,664.6
Kuivurin hinta	436,987.0

Perävaunu 1	1,337.7
Perävaunu 2	347.1

TuoreM3	0.0
Tuorekg	0.0
TrSTehoM3	13.3

**Liite 4**  
**Viljasadon korjuu ja varastointi**  
 Simulointimalli, Stella 5.0  
 MTT/Vakola 01.02.2000  
 Timo Lötjönen, Hannu Mikkola,  
 Jani Aho, Hannu Haapala

Ajallisuuskustannus	1,513
Kokonaiskustannukset	103,000

Puikthyö	106.4
Kuljetusthyö	18.2
Kuvausthyö	72.2
KyymäKtyö	70.0
TrStyö	0.0

KyymäK mk	0.0
KyymäK hinta	190,350.0
KyymäK kk	0.0

KyymäVaraston hinta	0.0
TrS mk	0.0
TrS kk	0.0

## VAKOLAn tutkimuseloituksia

- 43 Traktorin polttoaineenkulutukseen vaikuttavia seikkoja
- 44 Alipaineilmanvaihto kotieläinsuojissa. 1986.
- 45 Kompostoinnin vaikutus lietalannan laatuun ja käsittelyvyyteen. 1987.
- 46 Käyttökokemuksia 80-luvulla rakennetuista kalustovajoista, varastokuivureista ja pihatoista. 1987.
47. Lannoitteenlevityksen tasaisuus. 1987.
48. Jauhituksen tilantarve ja pölyhaittojen vähentäminen. 1987.
49. Maatalouskoneiden tietokanta. 1988.
50. Lannanpoistolaitteiden toiminta ja kestävyys. 1988.
51. Pienten pihatoiden ilmanvaihdon erityisvaatimukset. 1988.
52. Tuotantorakennusten suunnittelu ja rakentaminen käytännössä. 1988.
53. Hellävarainen perunankorjuu. 1989.
54. Syyskyntöä korvaavien muokkausmenetelmien vaikutus kevätvehnän satoon 1975-1988.  
Pitkäaikaisen aurattoman viljelyn vaikutukset hiesusaven rakenteeseen ja viljavuuteen 1989.
55. Ei julkaisua.
56. Kosteiden pintojen kosteudentuotanto navetoissa. 1989.
57. Kylmäilmakuivurin mitoitus ja käyttö. 1990.
58. Leikkuupuimurin kulkukyky vaikeissa olosuhteissa. 1990.
59. Lietelantajärjestelmien toimivuus. 1990.
60. Heinän varastokuivaus. 1991.
61. Viljankuivauksen pölyhaitat. 1992.
62. Säilörehun siirto ja käsittely talvella. 1991.
63. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset. 1992.
64. Kiedotun pyöröpaalisäilörehun valmistustekniikka ja laatu. 1993.
65. Hellävarainen perunan kauppakunnostus. 1993.
66. Naudanlihan tuotantomenetelmät ja -rakennukset II. 1993.
67. Betonit ja muovit navetan lattiamateriaaleina. 1993.
68. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. 1994.
69. The effect of ground profile and plough gauge wheel on ploughing work with a mounted plough. 1994.
70. Järeän sahatavaran mekaaniset ominaisuudet. 1995.
71. Järeän sahatavaran käyttö rakennuksissa, rakennejärjestelmät ja liitokset. 1997.
72. Lannan levitys kasvustoon. 1996.  
Osa 1. Lietelannan sijoituslaitteen rakenteelliset vaatimukset suomalaisissa olosuhteissa.
73. Lannan levitys kasvustoon. 1996.  
Osa 2. Lietelannan levitysmahdollisuudet kasvavaan viljanoraaseen.
74. Kylmäkasvattamoiden kuivikepohjien toimivat vaihtoehdot. 1996.
75. Konetöiden turvallisuuden ja tehokkuuden parantaminen. 1996.
76. Laboratorioiden työn ja työympäristön kehittäminen. 1996.
77. Pienmoottoreiden päästöt. 1997
78. Viljasadon korjuu- ja varastointi. 2001.

## VAKOLAn rakennusratkaisuja

- 1/1994 Kylmä osakuivikepohjainen emolehmäkasvattamo.
- 2/1995 Rehtijärven keinokosteikko.
- 3/1995 Puurakenteiset ruokinta-aidat ja parrenerottimet.
- 4/1996 Perustamistapojen hintavertailu.
- 5/1997 Havaintoja kylmäpihattojen lannankäsittelystä.
- 6/1997 Kalustohallista toimiva sikala
- 7/1999 Lypsyasema parsinavetassa
- 8/2000 Ajonkestävä monikäyttöinen kylmäilmakuivuri

## VAKOLAn tiedotteita

- 53/93 Lannoitteenlevittimien levitystasaisuus
- 54/93 Maaseudun koerakentamisen ohjelmointi
- 55/93 Pyöröpaalisäilörehun korjuu, varastointi ja laatu
- 56/93 Maaseuturakentamisen ideakilpailu
- 57/93 Syyskylvöjen varmentaminen
- 58/93 Maatilan ja maatilamatkailun jätehuolto
- 59/93 Maatilamyymälätoiminta vanhassa maatilan asuinrakennuksessa
- 60/93 Tyhjien maatilarakennusten uusi käyttö
- 61/94 Lietelannan varastointi ja levitys
- 62/94 Tuotantorakennusten alapohjia ja piha-alueiden päällysrakenteita
- 63/94 Turvallinen puunpilkonta
- 64/94 Itkupinta-tuloilmalaitteen vaikutus eläinsuojassa
- 65/94 Oksainen hake pienpolttimissa
- 66/94 Pako- ja savukaasujen analysointi
- 67/94 Käyttökokemuksia jyräkylvöläannoittimista
- 67S/94 Brukserehenerheter av vältkombisämaskiner
- 68/94 Käsikäyttöisten liekittimien käyttöominaisuuksia
- 69/95 Renkaiden vaikutus traktorin vetokykyyn ja maan tiivistymiseen
- 70/95 Hakkeen kuivaus imuilmalla
- 71/95 Klapiattiloiden käyttöominaisuudet
- 72/96 EPS-rakeet ja EPS-rouhe sikalan lietesäiliön katteena
- 73/96 Kevytsaviharkkojen kuivuminen ja lujuus
- 74/97 Rikkakasvien torjunta viljoista riviväliharauksella
- 75/97 Öljypellavan leikkuupuinti
- 76/97 Tilasäiliöopas
- 77/98 Yrttikuivurin suunnittelu ja käyttö
- 78/98 Väkilannoitteen sijoituslaitteet nurmiviljelyssä
- 79/98 Lietelannan ilmastus
- 80/00 Lannan aumavarastointi
- 81/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa I  
Pyöreän puun lujuus, mänty ja kuusi  
Pyöreän puun liitokset
- 82/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa II  
Suomen rakennuspuuvarat  
Rakennuspuun korjuukustannukset  
Rakennuspuun tuotantokustannukset
- 83/00 Pienen pyöreän puun käyttö rakentamisessa III  
Rakenteet, liitokset, rakennusesimerkit
- 84/00 Perunaviljelmän edullisin koko Suomessa  
Sään rajoittama viljelytöiden aika  
Viljelmien nykytila kyselyn perusteella

