

**MTTK**

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

**Tiedote 9/91**

**LEENA LAURILA ja SIRKKA-LIISA HIIVOLA**  
Etelä-Pohjanmaan tutkimusasema

**TUOMO KARVONEN**  
Helsingin yliopisto

**Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 9 /91

LEENA LAURILA, SIRKKA-LIISA HIIVOLA ja TUOMO KARVONEN

Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla

Etelä-Pohjanmaan tutkimusasema

61400 YLISTARO

(964) 740 053

ISSN 0359-7652

## SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä	1
1. Johdanto	3
2. Sakolukuun vaikuttavat tekijät	4
2.1. Sääolojen vaikutus sakolukuun	4
2.2. Kasvinjalostuksen mahdollisuudet vaikuttaa sakolukuun	8
2.3. Viljelytekniikan vaikutus sakolukuun	9
2.4. Viljelyalueen vaikutus sakolukuun	14
3. Aineisto ja menetelmät	16
3.1. Aineisto	16
3.2. Menetelmät	16
3.2.1. Koejärjestelyt, kokeesta tehdyt havainnot ja mittaukset	16
3.2.3. Aineiston analysointi	17
3.3. Koeolosuhteet	21
4. Tulokset	25
4.1. Sään vaikutus sakolukuun eli dynaamisen mallin testaus	25
4.2. Muiden tekijöiden vaikutus sakolukuun	41
5. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	47
5.1. Sään vaikutus sakolukuun	47
5.2. Muiden tekijöiden vaikutus sakolukuun	52
Kirjallisuus	55

## Tiivistelmä

Tämän tutkimuksen aiheena oli rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää rukiin sakoluvun käyttäytymistä kasvukauden aikana. Pääpaino tarkastelussa oli lämpötilan ja sateen vaikutuksilla. Muita tarkasteltavia tekijöitä olivat korjuuajan ja lajikkeen vaikutus. Tutkimuksen avulla pyrittiin erityisesti selvittämään, miksi rukiin sakoluku on useina vuosina alhainen Etelä-Pohjanmaalla.

Tutkimuksen aineisto oli Maatalouden tutkimuskeskuksen Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalta. Aineistona käytettiin rukiin korjuuajakokeen tuloksia vuosilta 1975 - 1987. Tässä kokeessa oli kolme korjuuainaa. Ensimmäinen korjuu tehtiin muutamaa päivää keltatuleentumisen jälkeen. Toinen korjuu tapahtui viikkoa myöhemmin kuin ensimmäinen ja kolmas viikkoa myöhemmin kuin toinen. Kokeessa mukana olleet lajikkeet vaihtelivat vuosittain. Lisäksi käytettiin dynaamisen mallin kehittämiseksi rukiin sakolukupalvelua varten mitattuja sakolukuja. Nämä mittaukset aloitettiin, kun ruis oli maitotuleentumisasteella eli kun rukiin kosteus oli noin 50 %. Mittaukset tehtiin kahdesta neljään päivän välein. Näitä sakolukuhavaintoja on vuosilta 1977 - 1986. Päivittäiset säätiedot ovat Ilmatieteen laitoksen tilastoista. Etelä-Pohjanmaan tutkimusasema on virallinen ilmastoasema.

Aineiston tilastollinen analysointi tehtiin Helsingin yliopiston VAX-tietokoneella SAS-ohjelmistolla. Säättekijöiden, lämpötilan ja sateen, vaikutusta rukiin sakolukuun tutkittiin TT Tuomo Karvosen kehittämällä dynaamisella mallilla. Malli laskee annettujen säätietojen pohjalta sakoluvun tietylle päivälle. Dynaamisen mallin avulla tarkasteltiin viiden lajikkeen sakolukua. Nämä lajikkeet olivat Anna, Hankkijan Jussi, Sampo, Toivo ja Voima. Eri lajikkeiden parametrit optimoitiin KARVOSEN (1990) kuvaamalla tavalla.

Lähes poikkeuksetta korkein sakoluku saatiin ensimmäisellä korjuukerralla, ja sen jälkeen sakoluku laski. Kolmannella korjuukerralla sakoluku oli yhtä poikkeusta lukuun ottamatta selvästi alle 80. Korjuun siirtyminen syyskuun puolelle lisäsi sakolukuriskiä.

Dynaaminen malli kykeni parhaiten selittämään Annan sakoluvun kehittymistä, selitysaste oli 0.81. Heikoimmin malli pystyi selittämään Sampon ja Toivon sakolukua. Molemmille lajikkeille selitysaste oli 0.70.

Lajikkeiden optimoidut arvot vaihtelivat selvästi lajikkeiden ominaisuuksien mukaan. Aikaiset lajikkeet tarvitsivat alhaisemman tehoisan lämpötilasumman saavuttaakseen sen kehitysasteen, jossa jyvä vaipuu dormanssiin. Eri lajikkeiden väliset erot dormanssin pituudessa olivat pienet. Sen sijaan se tehoisa lämpötilasumma, jonka jälkeen dormanssi on päättynyt ja sateen vaikutus sakolukuun alkaa, oli korkein sakoluvunkestävällä Hankkijan Jussilla ja myöhäisillä lajikkeilla. Sakoluvun päivittäiseen muuttumiseen tarvittava rajalämpötila oli alhaisin aikaisilla lajikkeilla. Lämpötilan ja sen vaihteluiden parametrit olivat lähes samansuuntaiset eri lajikkeilla. Esille nousi se seikka, että myöhäiset lajikkeet näyttivät hyötyvän muita lajikkeita enemmän todella korkeista lämpötiloista. Sadannan vaikutus dormanssin murtumisen jälkeen oli voimakas kaikilla lajikkeilla.

Rukiin sakoluvun maksimi nousi korkealle, yli 170:een, niinä vuosina, jolloin jyvän tuleentumisvaiheessa oli korkeita maksimilämpötiloja. Tässä tutkimuksessa raja-arvoksi saatiin 23 ° C. Näinä vuosina, jolloin sakoluvun maksimi oli todella korkea, dynaaminen malli ei pystynyt ennustamaan sakoluvun nousua kyllin korkealle. Malli ei myöskään kyennyt ennustamaan sakoluvun vaihteluja kuin osittain.

Jyvän dormanssin murtumisen jälkeen sakoluku laski nopeasti, erityisesti jos sakoluvun maksimi oli ollut korkea. Laskun aiheuttivat riittävän suuret sateet. Yleensä samaan aikaan sattui myös lämpötilassa selvä lasku tai jopa halloja. Mallin ennustama sakoluvun lasku oli yleensä nopeampi kuin mitatut arvot.

Alhaiset rukiin sakoluvut Etelä-Pohjanmaalla eivät niinkään johdu sakoluvun maksimin alhaisuudesta, vaan siitä, että rukiin sakoluvun maksimi ajoittuu jyvän maitotuleentumisvaiheeseen. Maksimin saavuttamisen jälkeen sakoluku alkaa laskea sateen ja lämpötilan laskun vuoksi, ja leikkupuintikuntoisuuden saavuttamiseen mennessä sakoluku on ehtinyt alentua huomattavasti.

## 1. Johdanto

Rukiin sakolukuongelma on herättänyt keskustelua siitä asti, kun sakoluvusta tuli rukiin käyttökelpoisuuden mitta 1960-luvun puolenvälin jälkeen. Rukiin sakoluvulle on tyypillistä vehnää huomattavasti alhaisempi taso, ja useina vuosina huomattava osa sadosta on ollut leipäviljäksi kelpaamatonta. Sakoluvun alhaisuus tulee erityisesti esille rukiin viljelyn pohjoisalueilla, Pohjanmaalla ja Keski-Suomessa. Sakoluvun mukaan tulo hinnoitteluperusteeksi onkin siirtänyt rukiin viljelyaluetta etelämmäksi. Rukiin viljely on supistunut erityisen voimakkaasti Pohjanmaalla, joskin jokin aika sitten tapahtunut rukiin hinnan nostaminen lisäsi rukiin viljelyä myös Etelä-Pohjanmaalla. Viljakauppaan tulee kuitenkin erityisesti epäsuotuisien kasvukausien jälkeen eria, jotka eivät täytä ruista jalostavan teollisuuden vaatimuksia.

Rukiin sakoluvun käyttäytyminen kasvukauden aikana on pystytty pääpiirteissään selvittämään (OLERED 1967, HITZE 1969, FRÖMAN 1976 ym.). Rukiin sakoluvulle on ominaista, että rukiin sakoluku saavuttaa maksimiarvonsa aikaisessa vaiheessa eli jyvän maitotuleentumisasteella. Tällöin rukiin kosteus on vielä noin 50 %, mikä merkitsee sitä, että puinti on vielä vaikeaa. Maksimin saavuttamisen jälkeen sakoluku alkaa laskea.

Säätekijöiden vaikutusta rukiin sakolukuun on tarkasteltu useissa tutkimuksissa (ROHRLICH ja HITZE 1969, FRÖMAN 1976, HUMMEL-GUMÆLIUS 1982, VARIS ym. 1983). Lämpötila vaikuttaa ratkaisevasti sakoluvun kehittymiseen jyvän aikaisessa tuleentumisvaiheessa. Lämpötila ohjaa sokerien ja tärkkelyksen välistä tasapainoa. Korkea lämpötila aiheuttaa korkean sakoluvun, ja alhainen lämpötila aiheuttaa alhaisen sakoluvun. Sadannan vaikutus muuttuu ratkaisevaksi myöhäisessä tuleentumisvaiheessa, kun jyvän aktiivinen tuleentumisvaihe päättyy. Tällöin sadannan vaikutus riippuu aikaisessa tuleentumisvaiheessa saavutetusta sakoluvusta.

Tämän tutkimuksen aiheena oli rukiin sakoluvun käyttäytyminen eteläpohjalaisissa olosuhteissa. Tarkoituksena oli selvittää, kuinka sääolot ja korjuuaika vaikuttavat sakolukuun. Ensinnäkin tarkasteltiin sääolojen vaikutusta sakoluvun kehittymiseen. Pääpaino oli lämpötilan ja sadannan vaikutusten tarkastelussa. Toiseksi tarkasteltiin sitä, kuinka normaali tai myöhästetty korjuuaika vaikuttavat sakolukuun. Tutkimuksessa oli mukana useita lajikkeita, joten lajikkeiden väliset erot tulivat myös esille. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat siihen, että rukiin sakoluku on useina vuosina alhainen Etelä-Pohjanmaalla.

Tutkimuksen aineisto on Maatalouden tutkimuskeskuksen Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalta. Aineisto käsittää kolmentoista vuoden tulokset rukiin korjuuaikakokeesta. Lisäksi on käytetty rukiin sakolukupalvelua varten tehtyjä sakolukuhavaintoja kymmenen vuoden ajalta. Kyseisten aineistojen ja päivittäisten säätietojen avulla laadittiin dynaaminen malli rukiin sakoluvun ennustamiseksi. Dynaamisen mallin laadinnassa Helsingin yliopiston kasvinviljelytieteen laitoksella työskentelevän TT Tuomo Karvosen panos on ollut ratkaiseva.

## 2. Sakolukuun vaikuttavat tekijät

### 2.1. Sääolojen vaikutus sakolukuun

#### *Sade*

Sademäärällä on todellista vaikutusta sakolukuun vasta myöhäisessä tuleentumisvaiheessa, sillä se vaikuttaa vain vähän jyvän vesipitoisuuden tuleentumisen varhaisessa vaiheessa (FRÖMAN 1976). Jyvässä tulee olla tietty vesipitoisuus, jotta muutoksia entsyymiaktiivisuudessa voisi tapahtua sen jälkeen, kun jyvä on tuleentunut. OLEREDin (1967) mukaan tämä vesipitoisuus on noin 25 - 28 %. Mm. FAGERBERGIN (1966) tutkimukset viittaavat siihen, että muutoksia sakoluvussa voi tapahtua myös alemmissa vesipitoisuuksissa. Amylaasin aktivoituminen myöhäisessä tuleentumisvaiheessa edellyttää sateen aiheuttaman jyvän vesipitoisuuden nousun yli minimitason (FRÖMAN 1976).

Jos sää on kuiva jyvän myöhäisessä tuleentumisvaiheessa, jyvään aikaisessa tuleentumisvaiheessa kehittynyt sakoluku säilyy helpommin. Jos sää on kostea, sakoluvussa voi tapahtua muutoksia (FRÖMAN 1976).

HUMMEL-GUMÆLIUS (1964) sai tutkimuksissaan selvän positiivisen korrelaation loppukesän sademäärän ja idälymisasteen välille. OLEREDin ja HUMMEL-GUMÆLIUKSEN (1966) tutkimuksissa suuremmat kuin 15 mm:n sateet jyvän 45 %:n kosteuden ja puintikypsyyden välillä aiheuttivat sakoluvun putoamisen alle sadan. Yli 25 mm:n sademäärä samana ajanjaksona aiheutti sakoluvun putoamisen alle 90:een.

## *Lämpötila*

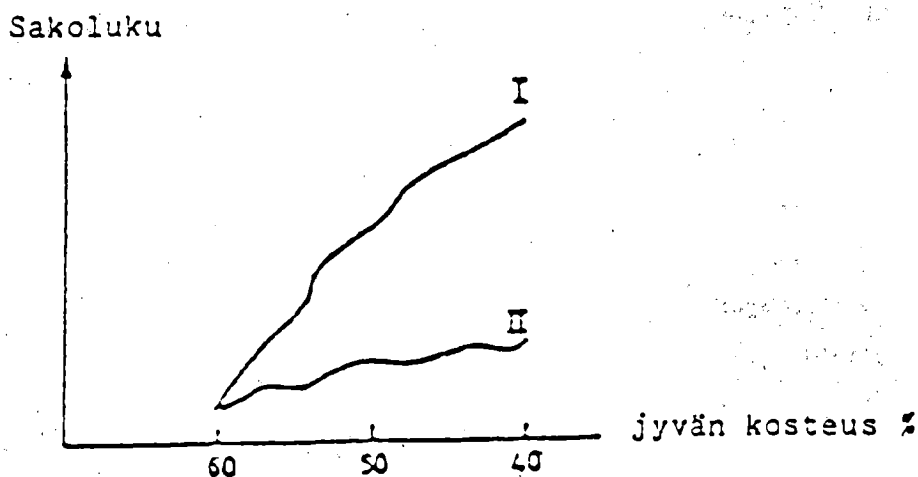
FAGERBERGIN (1966) ja LUNDEGRÉNIN (1967) Ring-kevätevehnällä tekemien tutkimusten mukaan lämpötilakäyrässä ja sakolukukäyrässä on tiettyä yhtenevyyttä. Sakolukukäyrän minimi- ja maksimiarvot ovat kuitenkin noin kuusi vuorokautta jäljessä lämpötilakäyrän minimi- ja maksimi-arvoista. Ruis käyttäytyi vastaavasti, mutta sen sakolukukäyrä oli vain kolme vuorokautta jäljessä. ROHRLICH ja HITZE (1969) tulivat siihen tulokseen, että viileä sää aikaisessa tuleentumisvaiheessa viivästyttää amylaasiaktiivisuuden alenemista, kun taas lämmin sää kiihdyttää tätä prosessia.

FRÖMANIN (1976) mukaan edellä esitetyistä tuloksista ilmenee, että osittain lämpötilasta johtuva tasapaino ohjaa amylaasiaktiivisuutta aikaisessa tuleentumisvaiheessa. Tällöin korkea lämpötila aiheuttaa korkean sakoluvun ja alhainen lämpötila aiheuttaa matalan sakoluvun (kuva 1).

HUMMEL-GUMÆLIUKSEN (1982) tutkimuksessa saatiin voimakas positiivinen korrelaatio viikkoja ennen korjuuta vallitsevan lämpötilan ja sakoluvun välille. Mitään mainittavaa eroa ei saatu vuorokausimaksimi- ja vuorokausikeskilämpötilan välille. Neljä viikkoa ennen tuleentumista vallinnut lämpötilajakso antoi paremman korrelaation kuin lyhyemmät jaksot. Jokseenkin vahva yhteys lämpötilan ja sakoluvun välillä saavutettiin vain, jos lämpötila otettiin huomioon koko ajan puintikypsyyteen saakka. Tämä viittaa siihen, että lämpötilalla on positiivinen vaikutus sakolukuun muutamana päivänä ennen tuleentumista, vaikka sille ei saatu tilastollisesti merkitsevää eroa, koska vuosisarja oli liian lyhyt ja sakolukuvaihtelut eri vuosina liian pienet. Tutkimuksessa lämpötilan ei todettu vaikuttavan siihen sakoluvun laskuun, joka tapahtuu puintikypsyyden saavuttamisen ja varsinaisen korjuupäivän välillä. Sade sen sijaan ilmeisesti aiheutti kyseisen laskun.

VARIS ym. (1983) laskivat kymmenen päivän sade- ja lämpötilasummia korjuusta taaksepäin. Näitä kymmenen päivän jaksoja laskettiin kuusi kappaletta eli ne kattoivat ajan rukiin kukinnasta korjuuseen. Lämpösummalle I eli korjuusta 1 - 10 vuorokautta taaksepäin saatiin korrelaatiokertoimeksi 0.56. Lämpösummalle II eli 10 - 20 vuorokautta korjuusta taaksepäin saatiin korrelaatiokertoimeksi 0.55, ja lämpösummalle III eli 20 - 30 vuorokautta korjuusta taaksepäin saatiin korrelaatiokertoimeksi 0.52. Sadesummille ei saatu aivan yhtä korkeita korrelaatiokertoimia. Sadesummista parhaan korrelaatiokertoimen sai sadesumma II, ja sen korrelaatiokerroin oli 0.30. VARIS ym. huomasivat, että hyvin korkeita sakolukuja saatiin vasta, kun korjuuta edelsi lämpöjakso, jolloin vuorokauden keskilämpötila oli yli 15 ° C.



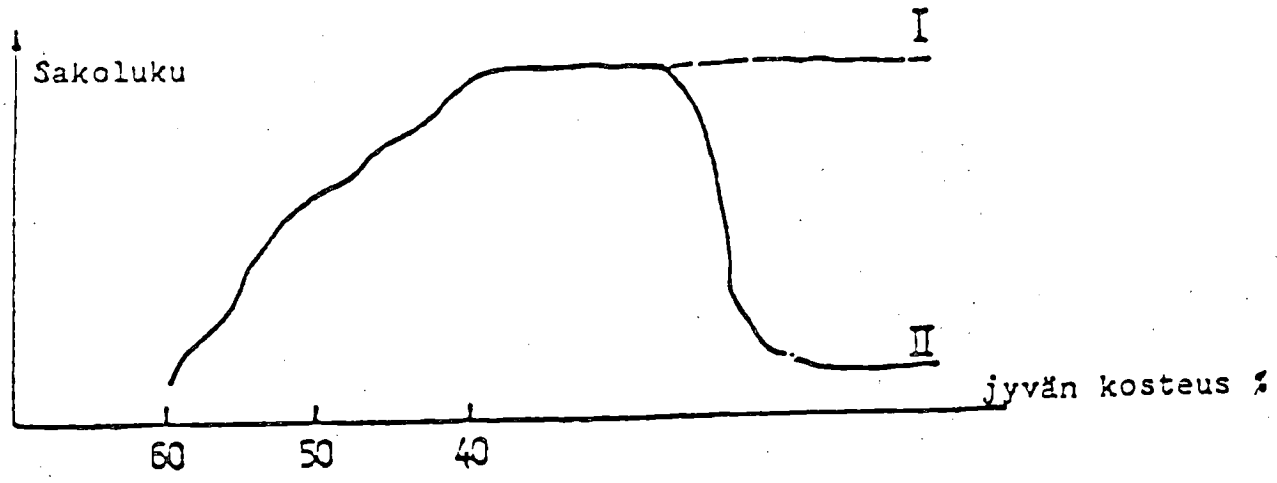


Kuva 1. Rukiin sakoluvun kehitys tuleentumisvaiheessa. I = lämmin sää, II = kylmä sää (FRÖMAN ja MATTSON 1977).

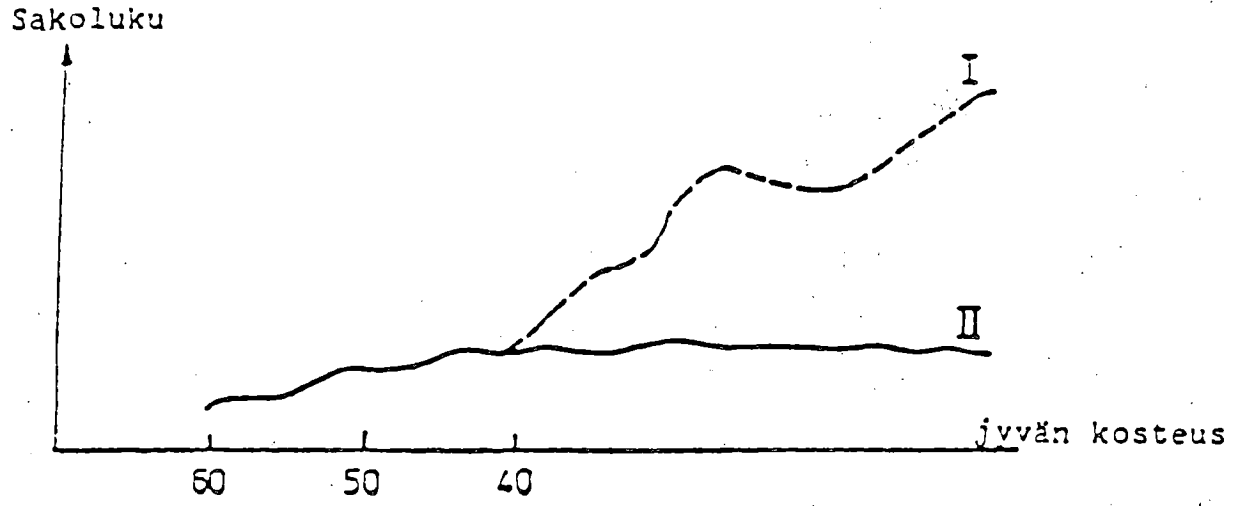
#### *Sateen ja lämpötilan yhteisvaikutus*

Jos aikaisessa tuleentumisvaiheessa on ollut korkeita lämpötiloja ja on saavutettu korkea sakoluku, tämä saavutettu sakoluku säilyy, mikäli jyvän vesipitoisuus pysyy alhaisena. Jos tässä tilanteessa sattuu muutama sateinen päivä, idältyminen alkaa välittömästi. Idältyminen tapahtuu nopeammin lämpimässä kuin viileässä ilmassa. Lämpimällä säällä tarvitaan kuitenkin suurempi sademäärä kohottamaan jyvän vesipitoisuus kriittisen rajan yläpuolelle kuin kylmällä. Idältymistä nopeuttaa suurempi itämisvalmius, sillä itämislevon pituus on myös tuleentumisajan lämpötilasta riippuvainen (SVENSSON ja LAGERSTRÖM 1966) (kuva 2).

Jos lähtökohdaksi otetaan tilanne, jossa aikaisessa tuleentumisvaiheessa on vallinnut viileä sää, itämislevosta tulee pitkä ja lämpötilasta riippuva tasapaino sokerin ja tärkkelyksen välillä säilyy kauemmin sokerin puolella eikä sakoluku nouse normaalisti. Jos tällaisen kylmän, aikaisen tuleentumisvaiheen jälkeen sataa, sakoluvusta tulee lämpötilasta riippuvainen. Jos lämpötila on alhainen, sakoluku laskee. Korkea lämpötila voi aiheuttaa sakoluvun nousun (FRÖMAN 1976) (kuva 3).



Kuva 2. Sakoluvun kehitys lämpimän tuleentumisssään jälkeen. I = kuiva sää, II = kostea sää (FRÖMAN ja MATTSON 1977).



Kuva 3. Sakoluvun kehitys kylmän tuleentumisssään jälkeen. I = lämmin ja kostea sää tai II = kylmä ja kostea sää (FRÖMAN ja MATTSON 1977).

FRÖMAN (1976) kiteyttää myöhemmän tuleentumisvaiheen sään vaikutuksen sakolukuun seuraavasti: Jos sää on kuiva, aikaisessa tuleentumisvaiheessa saavutettu sakoluku säilyy muuttumattomana. Jos itämislepo on päättynyt, kostea sää laskee sakolukua. Todennäköisesti lasku tapahtuu nopeasti, jos sää on samanaikaisesti kostea. Jos itämislepoa on jäljellä, kylmä ja kostea sää on epäsuotuisa, kun taas lämmin ja kostea sää nostaa sakolukua.

HUMMEL-GUMÆLIUKSEN (1982) tutkimuksesta käy myös ilmi, että kosteudella on suurempi vaikutus sakolukuun lähellä puintikypsyyttä kuin lämpötilalla. Aikaisemmassa tuleentumisvaiheessa suhde on ollut päinvastainen. Sademäärän pääasiallinen vaikutus alkaa suunnilleen keltatuleentumisvaiheessa, noin viikkoa ennen puintikypsyyttä. Osittainen regressioanalyysi, jossa sakoluku puintiaikaan muodostettiin neljän lähimmän viikon keskimääräisen maksimilämpötilan ja edellisen viikon keskimääräisen kosteuden funktiona, antoi monitekijäkorrelaatiokertoimeksi 0.90.

## 2.2. Kasvinjalostuksen mahdollisuudet vaikuttaa rukiin sakolukuun

Hyvät sakolukuominaisuudet ovat yksi keskeinen rukiin jalostuksen tavoite. Sakolukuominaisuuksien lisäksi muita jalostuksen tavoitteita ovat satoisuus, talvenkestävyys sekä lyhyt- ja lujakortisuus. Tavoitteeksi asetettujen ominaisuuksien saaminen yhteen ruisjalosteeseen on vaikeaa, sillä rukiin eri ominaisuuksien välillä on riippuvuussuhteita. Tämä merkitsee sitä, että muutettaessa jotain ominaisuutta haluttuun suuntaan jokin toinen ominaisuus muuttuu usein huonoon suuntaan.

Satoisuutta on pyritty lisäämään kasvattamalla jyvän kokoa, koska rukiilla jyvien lukumäärän lisääminen tähkässä on vaikeaa. Meidän ilmastossamme pienijyväsistä lajikkeista saadaan keskimäärin suuriyväisiä parempilaatuinen sato, toisin sanoen keskimääräinen sakoluku on suuriyväisiä korkeampi ja itämisvaurioita esiintyy näin ollen vähemmän. Jalostuksen tavoitteena on ollut erittäin syvä muutaman viikon mittainen itämislepovaihe tuleentumis- ja korjuuajaksi (JUUTI 1985). Vahva ja pitkä lepokausi merkitsee sitä, että ruista ei voidakaan kylvää saman vuoden siemenellä, vaan kylvöön olisi käytettävä ylivuotista siementä. Tavoitteeseen pääsyä on vaikeuttanut se, että kotimainen ja ulkomainen ruismateriaali sisältää vähän myönteistä tähkäidännänkestävyyden vaihtelua. Jos ulkomainen materiaali sitä sisältääkin, tähkäidännänkestävyys on ollut vaikea irrottaa epävarmasta talvenkestävyydestä.

Jos vertaillaan maataislajikkeisiin perustuvia lajikkeita Ensiä ja Toivoa uudempiin lajikkeisiin, voidaan todeta, että sakoluvun jalostamisessa on menty hieman alaspäin. Normaaliin korjuu aikaan puidun rukiin sakoluvut ovat useimmilla uusilla lajikkeilla melko selvästi alhaisemmat kuin Ensillä ja Toivolla. Kuitenkin uusien lajikkeiden sakoluvut näyttävät laskevan hitaammin korjuun viivästyessä kuin Ensin ja Toivon.

### 2.3. Viljelytekniikan vaikutus sakolukuun

#### *Lajikevalinta*

Lajikevalinnalla on huomattava merkitys sakolukuun. Nykyisin suositellaan käytettäväksi pienijyväisiä ja aikaisin tuleentuvia lajikkeita. Yleisesti näyttää olevan niin, että aikaiset lajikkeet saavuttavat helpommin korkeita sakolukuja kuin myöhäiset (FRÖMAN 1976). Lajikkeiden välillä on eroja kyvyssä inaktivoida vihreää alfa-amylaasia jopa pienillä aikaisuuseroilla. Aikaiset lajikkeet pystyvät paremmin käyttämään hyväkseen aikaisia lämpöjaksoja vihreän alfa-amylaasin inaktivoimiseen.

Tähkäidäntä riippuu itämislevon pituudesta. Yleensä aikaisilla lajikkeilla on lyhyempi itämislepo kuin myöhäisillä. FRÖMANin (1976) mukaan tämä ei niinkään johdu mistään pitkän itämislevon myöhäisille lajikkeille aiheuttavasta geneettisestä tekijästä, vaan siitä, että jyvän aikainen kehitysvaihe sattuu viileään ajanjaksoon. Mutta myös aikaisille lajikkeille kehittyy pitkä itämislepo, kun niitä viljellään viljelyalueensa pohjoisrajalla. Kuitenkin tähkäidäntää esiintyy enemmän viileässä kuin lämpimässä ilmastossa. Yksi syy tähän voi olla se, että jopa vihreä alfa-amylaasi voi aiheuttaa tähkäidäntää, jos jyvä on kauan alttiina viileälle ja kostealle säälle.

Ruislajikkeiden sakoluvuissa ja niiden muuttumisnopeudessa on todettu geneettisiä eroja (VARIS 1975a, LALLUKKA 1976).

#### *Kylvöaika ja siemenen laatu*

Kylvöajan vaikutuksesta rukiin sakolukuun on tehty useita tutkimuksia (OLOFSSON 1965, LARSSON 1969, FRÖMAN 1976). LARSSONin (1969) tutkimukset osoittivat, että aikainen kylvö antoi selvästi paremman sakoluvun kuin myöhäinen kylvö. Kuitenkin rukiin myöhäisen kylvön yhteydessä sakolukuriskiä voidaan pienentää lisäämällä kylvömäärää voimakkaasti.

LUNDEGRÉN (1967) tutki sakoluvun vaihtelua pellon eri osissa. Hän totesi, että sakolukuvaihtelut saattoivat olla huomattavia samalla pellolla. Sato muodostaa heterogeenisen viljasekoituksen, jonka laatu vaihtelee. Sakoluvun kannalta tulisi pyrkiä mahdollisimman tasaiseen siemenaineistoon ja kasvustoon.

### *Lannoitus*

Eri ravinteista vain typellä on todettu olevan vaikutusta sakolukuun. Typen vaikutus sakolukuun voi olla joko positiivinen tai negatiivinen. VARIKSEN (1975b) kokeissa lisääntynyt typpilannoitus alensi lievästi sakolukua. Aleneminen johtui osittain lisääntyneestä lakoutumisesta.

Typpi vaikuttaa valkuaispitoisuuteen, korren vahvuuteen, aikaisuuteen, versoutumiseen, kasvuston tasaisuuteen ja tiheyteen. Nämä kaikki tekijät puolestaan vaikuttavat sakolukuun eri vuosina eri tavoin (FRÖMAN 1976). Yleissääntönä voidaan sanoa, että lannoitus tulisi sovittaa siten, että normaaleissa oloissa lakoutuminen voidaan välttää.

Yleensä tpeestä suositellaan annettavaksi syksyllä kylvön yhteydessä kolmasosa ja keväällä kaksi kolmasosaa. VARIKSEN (1975b) tutkimuksissa typen levitysajalla ei ollut mainittavaa vaikutusta sadon suuruuteen. Keväällä annettavan typpilannoituksen määrä ja ajoitus riippuvat oraan kunnosta. Mikäli oras on talvehtinut hyvin ja on keväällä hyväkuntoista ja tiheää, ei ole syytä antaa tyyppiä liian aikaisin. Jos menetellään näin, kasvuston lehtimassa tulee liian reheväksi, mikä edistää aikaista lakoutumista, ja joka puolestaan alentaa satoa ja sadon laatua. Myöhäisempi typen levitys rehevälle oraalle vaikuttaa suotuisasti myöhempään sadonmuodostusvaiheisiin.

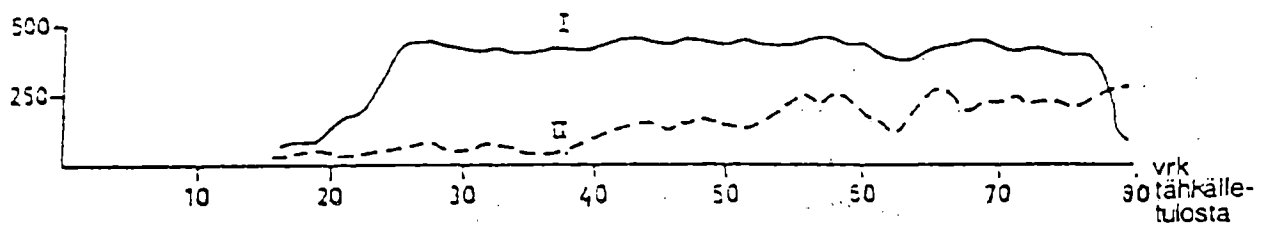
### *Lakoutuminen ja kasvunsäätteen käyttö*

Rukiille on tyypillistä aikainen lakoutuminen. Lisääntyvä typpilannoitus vielä lisää lakoutumista, varsinkin aikaisin tapahtuvaa lakoutumista. VARIKSEN (1975b) kokeissa korrenvahvistajan käyttö paransi sakolukua selvästi. Tämä johtui lakoutumisen vähentymisestä.

Klormekvatin lisäksi rukiin laontorjuntaan voidaan nykyisin käyttää etefonia eli 2-kloorietyylifosfonihappoa. Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalla on viime vuosina tehty rukiin kasvunsäädekokeita Voima-rukiilla. Näiden kokeiden tuloksista ilmenee, että käsittely vaikutti enemmän satoon kuin sakolukuun.

### Korjuuaika

Korjuuajankohdan oikea valinta on mitä merkityksellisin korkean sakoluvun saavuttamiseksi. Kuvasta 4 käy ilmi, että jos sakoluvun kehitys seuraa käyrää I, korjuun tulisi tapahtua aikaisin. Sakoluku on korkea, mutta pienikin sademäärä riittää pudottamaan sakoluvun nopeasti. Tällainen kehitys on ominaista lämpimänä kasvukautena. Jos taas sakoluvun kehitys noudattaa käyrää II, korjuun kanssa ei tulisi hätäillä. Sakoluku käyttäytyy tällä tavoin sateisena ja viileänä kasvukautena. Sateisena syksynä sakoluku vaihtelee lämpötilan mukaan, ja korkein sakoluku saavutetaan, jos korjuu tapahtuu heti lämpimän jakson jälkeen (FRÖMAN 1976).



Kuva 4. Sakoluvun muutokset tuleentumisen aikana lämpimänä (I) ja viileänä (II) kesänä (FRÖMAN 1976).

Käytännössä on kuitenkin vaikea päätellä, minkä tyyppisestä sakoluvun kehityksestä kulloinkin on kysymys. Yksi tapa sakoluvun tarkkailuun ja korjuuajan oikeaan valintaan on pistokokeiden teko keltatuleentumisen aikaan. FRÖMAN (1976) esittää RINGLUNDin (1965) tutkimuksiin perustuvan menetelmän, joka perustuu aikaisessa kehitysvaiheessa saavutetun sakoluvun ja itämislevon pituuden väliseen yhteyteen. RINGLUND nimittäin osoitti, että korjuuajan sakoluvun ja itämiskyvyn välillä on positiivinen yhteys, ts. mitä korkeampi sakoluku, sitä suurempi itämiskyky. Sakoluvusta otetaan pistokokeita keltatuleentumisen aikoihin. Mikäli sakoluku on korkea, on olemassa tähkäidännän vaara ja sato tulisi korjata aikaisessa vaiheessa. Jos sakoluku on matala kyseisenä ajankohtana, itämislepo on pitkä ja tähkäidännän vaara on pieni. Korjuun ajankohtaa tulee silloin tarkkailla, sillä lämmin jakso saattaa nostaa sakolukua. Jos sakoluku on keskinertaisella tasolla, sakoluku todennäköisesti vaihtelee lämpötilan mukaan eikä itämislepo ole mikään tae tähkäidäntä vastaan. Tällöinkin on syytä ryhtyä sadon korjuuseen lämpimän jakson jälkeen.

HUMMEL-GUMÆLIUS (1982) päätyi omien tutkimustensa nojalla toisenlaisiin johtopäätöksiin kuin FRÖMAN (1976). Korkea sakoluku keltatuleentumisvaiheessa merkitsee pienempää tähkäidäntäriskiä, ja maanviljelijä voi rauhallisemmin odottaa puintikosteuden puolesta sopivaa korjuuaikaa. Matalat sakoluvut keltatuleentumisvaiheessa pysyivät matalina puintiaikaan saakka. HUMMEL-GUMÆLIUS toteakin, että rukiin sakolukumaksimi sijoittuu maitotuleentumis- tai fysiologiseen tuleentumisvaiheeseen.

Mm. BENGTSSON (1975), LALLUKKA (1976) ja BOLLING ja WEIPERT (1981) ovat tutkineet korjuuajan vaikutusta rukiin laatutekijöihin. Heidän saamistaan tuloksista ilmenee, että rukiin sakoluku alkaa laskea keltatuleentumisen jälkeen. LALLUKKAN tutkimuksissa kaikkien lajikkeiden sakoluku aleni suoraviivaisesti koko puintiajan, tosin eri nopeuksilla. LALLUKKA toteaa, että korjuuaika ei sellaisenaan vaikuta sakolukuun, vaan ratkaisevia ovat korjuuajan säät. BENGTSSONIN tutkimuksissa myös paikkakunnalla oli vaikutusta sakoluvun laskuun korjuukauden edetessä. Hänen tutkimuksissaan sakoluku laski eri nopeudella eri paikoissa.

Kun rukiin korjuuajasta yritetään antaa suosituksia, on tavoitteena pidettävä sitä, että sadon laatu ja kunto voitaisiin huonoinakin vuosina säilyttää mahdollisimman hyvinä (LALLUKKA 1976). Rukiin leikkuupuintia koskevissa tutkimuksissa on todettu, että puinti voidaan aloittaa jyvien kasvullisen kosteuden alennuttua 35 %:iin. LALLUKKA toteakin, että ruis on silloin keltatuleentunut ja sato ja useimmat leipärukiin käyttöominaisuudet ovat saavuttaneet ainakin lähes maksimiarvonsa. Etelä-Pohjanmaalla rukiin puinti joudutaan käytännössä aloittamaan usein tätä kosteampana.

### *Kuivatus*

Kostean viljan kuivatus tulee tehdä hallituissa oloissa, sillä liian korkeat kuivauslämpötilat saattavat inaktivoida entsyymejä. Alfa-amylaasi on kuitenkin melko vastustuskykyinen lämpötilaa vastaan ja esimerkiksi 50 Celcius-asteen lämpötila tunnin ajan 28 %:n kosteustasolla ei vaikuta sen aktiivisuuteen (OLERED 1967).

Kuivauslämpötilat, jotka vaikuttavat sakolukuun ja alfa-amylaasiaktiivisuuteen, tuhoavat aina varastovalkuaisen laadun ja siemenen itämiskyvyn kauan ennen, kuin alfa-amylaasiaktiivisuuden lasku on ilmeinen. Tällaista viljaa ei voida käyttää jauhatustarkoituksiin (OLERED 1967).

On raportoitu tapauksista, joissa alhainen sakoluku on noussut kostean viljan lämmitessä itsekseen ennen kuivatusta (WESTERMARCK-ROSENDAHL 1978). MÜNZINGin ym. (1984) tutkimuksessa viljan lämpeneminen itsekseen yli 40 °C:een ei johtanut alfa-amylaasin inaktivoitumiseen eikä myöskään siten sakoluvun nousuun. Sen sijaan sakoluku laski hieman, mutta arvot liikkuvat virherajojen sisäpuolella.

### *Varastointi*

OLERED (1967) tutki lyhyen varastointiajan vaikutusta hyvin kosteaan viljaan. Varastoinnin mahdollisesti aiheuttama sakoluvun muutos on otettava huomioon. Sakoluvun muutokset ovat monimutkaisia, sillä alfa-amylaasin aktivoituminen riippuu sekä jyvän kehitysasteesta että alfa-amylaasin luonteesta, joka on erilainen ennen kypsymistä ja itämisen alkaessa.

Itämisen alkaminen vaatii yli 30 %:n kosteutta, mutta viljassa, jossa itäminen on alkanut, riittää alhaisempikin kosteus jatkamaan tätä tapahtumaa. OLEREDin (1967) kokeet osoittivat, että 28 %:n kosteus on riittävä aktivoimaan entsyymit yhden päivän varastoinnin jälkeen. Vähemmän kosteutta sisältävissä viljoissa ei tapahtunut näin nopeita muutoksia.

Sakoluku ei ole vakio edes korjuun jälkeen, vaan se riippuu alfa-amylaasiaktiivisuuden ja kosteuspitoisuuden dynaamisesta tasapainosta normaaleissakin varastointiolosuhteissa. Joinakin vuosina sakoluku saattaa nousta huomattavasti varastoinnin aikana, mutta toisina vuosina ei havaita minkäänlaista muutosta. Syytä tähän ei tarkkaan tunneta, mutta OLERED (1967) arvelee sen johtuvan jälkikypsymisprosessista. Sakoluvun nousu voi johtua niitten liukoisten alfa-amylaasimolekyylien, jotka ovat jäänteitä esikypsymisen ajalta, inaktivoitumisesta. On myös mahdollista, että tärkkelysjyvästen tiivistyminen lisää niiden vastustuskykyä entsyymejä vastaan. Varastoinnin aikaisia sakoluvun muutoksia havaitaan erityisesti vuosina, jolloin säätekijät viivästyttävät normaalia kypsymistä ja jolloin sato on korjattava jälkikypsymisen aikaisessa vaiheessa. Keinokuivatus alentaa myös alfa-amylaasiaktiivisuutta.



#### 2.4. Viljelyalueen vaikutus sakolukuun

Rukiin sakoluvun alueellisia vaihteluja on käsitelty useassa tutkimuksessa (SUOMELA ym. 1977, VARIS ym. 1983, MUKULA ja RANTANEN 1989). Näistä tutkimuksista ilmenee, että keskimääräinen sakoluku laskee pohjoista kohti siirryttäessä. Tämä sama ilmiö näkyy taulukossa 1. Keskimäärin sakoluvultaan parasta ruista saadaan Uudenmaan, Varsinais-Suomen, Satakunnan ja Hämeen läänin maatalouskeskusten sekä Finska Hushållningssällskapin alueilla (VARIS ym. 1983). Etelä-Pohjanmaalla on jo selvästi havaittavissa keskimääräisen sakoluvun lasku. SUOMELA ym. (1977) havaitsivat, että variaatiokerroimet laskivat hivenen pohjoiseen siirryttäessä. Variaatiokerroin ilmaisee, kuinka monta prosenttia keskihajonta on keskiarvosta. Heidän aineistossaan rukiin sakoluvun variaatiokerroin oli Etelä-Pohjanmaalla jonkin verran pienempi kuin eteläisten maatalouskeskusten alueilla.

Etelä-Pohjanmaan Etelä-Suomea keskimääräistä alhaisemmat sakoluvut selittyvät sillä, että korjuuta edeltävät lämpötilat ovat alhaisempia kuin eteläisessä Suomessa. Myös korjuupäivät ovat myöhäisempiä kuin etelämmässä (VARIS ym. 1983).

MUKULA ja RANTANEN (1989) tutkivat ilmaston aiheuttamia riskejä rukiin sadolle ja laadulle. Tutkimustensa perusteella he suosittelivat rukiin viljelyn lisäämistä mm. Etelä-Pohjanmaalla. Rukiin viljelyn laajentaminen pienentäisi rukiin viljelyn alueellisia riskejä. Heidän mielestään viljelyn laajentaminen vaatisi kuitenkin nykyisen sakolukuhinnoittelun lieventämistä

Taulukko 1. Rukiin keskimääräiset sakoluvut Uudenmaan, Hämeen läänin ja Etelä-Pohjanmaan maatalouskeskusten alueella vuosina 1970 - 1988 (ANON. 1970 - 1988).

Vuosi	Uudenmaan maatalouskeskus		Hämeen läänin maatalouskeskus		Etelä-Pohjanmaan maatalouskeskus	
	Sakol.	Hajonta	Sakol.	Hajonta	Sakol.	Hajonta
1970	92		88		97	
1971	172		178		128	
1972	237		231		171	
1973	213		190		249	
1974	100		101		75	
1975	215	16.3	222	60.3	181	
1976	190	27.8	188	50.6	139	47.8
1977	111	39.8	198	34.2	81	18.0
1978	74	18.9	92	23.2	79	19.4
1979	137	31.0	116	28.9	90	16.8
1980	130	42.9	132	39.3	71	6.2
1981	77	29.9	69	18.8	60	0.4
1982	88	20.9	94	28.0	65	2.1
1983	216	37.4	218	44.4	113	24.4
1984	172	44.7	126	43.5	110	42.0
1985	136	55.2	111	45.4	69	14.9
1986	191	61.7	160	72.1	74	14.9
1987	92	32.7	72	17.5	62	3.2
1988	166	83.1	80	46.7	74	15.9

### 3. Aineisto ja menetelmät

#### 3.1. Aineisto

Tämän tutkimuksen aineisto on peräisin Maatalouden tutkimuskeskuksen Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalla tehdystä rukiin korjuuaikakokeesta. Aineisto käsittää vuodet 1975 - 1987. Dynaamista mallia varten rukiin korjuuaikakokeen lisäksi aineistona on käytetty rukiin sakolukupalvelua varten havainnoituja rukiin sakolukuja. Nämä mittaukset on tehty kahdesta neljään päivän välein, ja mittaukset on aloitettu noin 50 %:n kosteudesta alkaen, mikä vastaa suunnilleen jyvän maitotuleentumisastetta. Sakolukupalveluhavainnot käsittävät vuodet 1977 - 1986. Ylistaron tutkimusasema on Ilmatieteen laitoksen virallinen säähavaintopiste, ja päivittäiset säätiedot saatiin siten Ilmatieteen laitoksen tilastoista.

Koska osan kokeesta muodosti rukiin virallinen lajikekoe, aineistossa oli sekä virallisia kauppalajikkeita että jalostajien linjoja. Aineistosta karsittiin pois lajikkeet, jotka esiintyivät kokeessa vähemmän kuin viitenä vuonna kolmestatoista, ja linjat, joista ei ole tullut kauppalajikkeita. Alkuperäisessä aineistossa oli 624 havaintoa, ja karsinnan jälkeen havaintoja jäi 309. Lopullisessa aineistossa esiintyy yksitoista lajiketta: Voima, Sampo, Hankkijan Jussi, Anna, Toivo, Ponsi, Kelpo, Kartano, Aitta, Ensi ja Dankowskie Zlote. Dynaamista mallia varten aineistosta poimittiin viisi lajiketta: Anna, Hankkijan Jussi, Sampo, Toivo ja Voima.

#### 3.2. Menetelmät

##### 3.2.1. Koejärjestelyt, kokeesta tehdyt havainnot ja mittaukset

Tässä kokeessa rukiilla oli kolme korjuuaikaa. Kokeessa oli kaikenkaikkiaan viisi kerrannetta, joista kolme ensimmäistä muodostui rukiin virallisesta lajikekokeesta. Nämä kolme kerrannetta käsittivät ensimmäisen korjuuajan, ja ne puitiin piakkoin keltatuleentumisen jälkeen. Neljäs kerranne korjattiin noin viikkoa myöhemmin kuin kolme ensimmäistä kerrannetta ja siitä saatiin toisen korjuuajan tulokset. Viides kerranne puitiin jälleen noin viikon päästä edellisestä korjuuajasta, eli kolmas korjuuaika oli noin viikkoa myöhäisempi kuin toinen korjuuaika. Aivan kaikkina vuosina korjuuiden väli ei ole ollut viikko, vaan sateiden takia korjuu on viivästynyt jopa niin, että korjuuiden väli on ollut kaksikin viikkoa.

Kustakin koejäsenestä on mitattu sadon määrä, koejäsenen pituus, tuhannen jyvän paino, hehtolitrainpaine, valkuaispitoisuus, sakoluku sekä seitsemän että yhdeksän gramman näytteestä ja viskoluku 10 ja 60 minuutin ajalta. Lisäksi kustakin koejäsenestä on määritetty itävyys ja puintikosteus. Koeruuduilta on myös havainnoitu talvituho ja lakaisuus.

### 3.2.2. Aineiston analysointi

Aineiston analysointiin on käytetty Helsingin yliopiston VAX-tietokonetta ja SAS-tilasto-ohjelmaa. Säätekijöiden vaikutusta on testattu TT Tuomo Karvosen kehittämällä dynaamisella mallilla sakoluvun ennustamiseksi.

#### *Dynaamisen mallin kuvaus*

Mallin perusajatuksena oli jakaa kasvukausi kolmeen jaksoon:

- 1) jakso, jolloin sakoluku kasvaa, mutta jolloin jyvä ei vielä ole dormanssissa
- 2) dormanssi
- 3) jakso, jolloin dormanssi on murtunut.

Tutkijat ovat eri mieltä siitä, milloin jyvän endospermi alkaa täyttyä. WOODMAN ja ENGLEADOW (1924) olivat sitä mieltä, että jyvän täyttyminen alkaa 21 vuorokauden kuluttua tähkälletulosta. Myös muita arvioita esiintyy. Tässä mallissa me kuitenkin oletimme jyvien täyttymisen alkavaksi 14 vuorokauden kuluttua tähkimisestä. Tämän jakson aikana tehoisaa lämpötilasummaa,  $E_{TS}$ , kertyy ja sakoluku alkaa nousta.

Toinen jakso, dormanssi, alkaa, kun kertynyt lämpötilasumma saavuttaa kriittisen lämpötilasumman,  $E_{TS,CRIT}$ . Juuri silloin toinen lämpötilasumma,  $D_{TS}$ , alkaa kasvaa. Mallin toinen perusajatus oli, että toinen jakso päättyy, kun kriittinen kertynyt lämpötilasumma,  $D_{TS,CRIT}$ , ylittyy. Peruslämpötilana käytettiin  $5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Kolmannen jakson aikana dormanssi murtuu, ja sadesumman oletettiin olevan ratkaiseva tekijä. Mitä korkeampi sadesumma, sitä suurempi tähkäidännän riski on. Ilman lämpötilalla ei oletettu olevan huomattavaa merkitystä sakolukuun. Mallin nuolikaavio on annettu kuvassa 5, ja se sisältää kaikki malliin tarvittut yhtälöt. Riippuvien ja riippumattomien muuttujien ja mallin parametrien selitykset on annettu taulukossa 2.

Taulukko 2. Riippumattomat ja riippuvat muuttujat ja mallin parametrit.

Riippumattomat muuttujat:

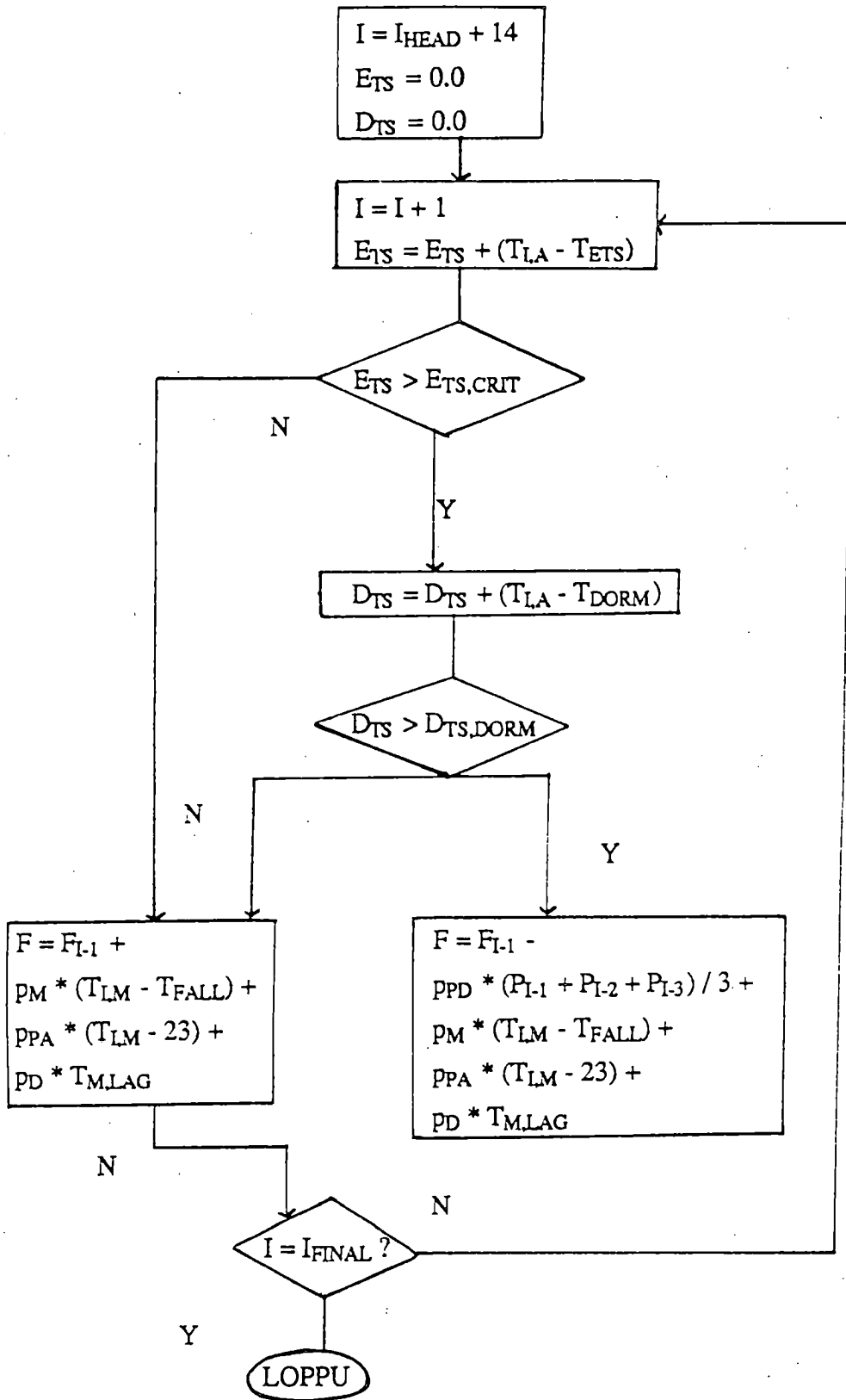
I	Päivämäärä (1...365)
I <sub>HEAD</sub>	Tähkimisen alkamisen päivämäärä
I <sub>FINAL</sub>	Laskemisen viimeinen päivä
P <sub>I</sub>	Sademäärä (mm) päivänä I
T <sub>LA</sub>	Ilman keskilämpötila (° C) päivänä I
T <sub>LM</sub>	Ilman maksimilämpötila päivänä I
T <sub>M,LAG</sub>	Muutos ilman maksimilämpötilassa päivinä I - LAG ja I

Riippuvat muuttujat:

E <sub>TS</sub>	Tehoisa lämpötilasumma laskettuna 14:stä päivästä tähkimisen jälkeen
D <sub>TS</sub>	Dormanssin aikana kertynyt lämpötilasumma
F <sub>I</sub>	Sakoluku päivänä I

Mallin parametrit:

T <sub>ETS</sub>	Tehoisan lämpötilasumman laskemiseksi tarvittava peruslämpötila (5 ° C käytettiin)
T <sub>DORM</sub>	Peruslämpötila dormanssin aikana kertyvän lämpötilasumman laskemiseksi (BELDEROK (1968) ehdottaa keväthehnälle 12.5 ° C, mutta tässä tutkimuksessa käytettiin 5 ° C)
T <sub>FALL</sub>	Kriittinen lämpötila ilman maksimilämpötilan aiheuttaman sakoluvun muutoksen laskemiseksi
E <sub>TS,CRIT</sub>	Kriittinen lämpötilasumma, joka tarvitaan dormanssin alkamiseksi
P <sub>M</sub>	Maksimilämpötilan parametri
P <sub>MA</sub>	Parametri sakoluvun ylimääräistä nousua varten
P <sub>D</sub>	Parametri maksimilämpötilan muutosta varten
P <sub>PD</sub>	Sademäärän parametri dormanssin murtumisen jälkeen
LAG	Päivien lukumäärä, viive, joka vallitsee sakoluvun ja maksimilämpötilan välillä (FRÖMAN 1976).



Kuva 5. Nuolikaavio sakoluvun ennustusmallista.

### *Sakoluvun laskenta ennen dormanssin murtumista*

Tässä mallissa sakoluku  $I$ :ntenä päivänä,  $F_I$ , alkaa kasvaa 14. päivänä tähkimisestä. Ensimmäisen ja toisen jakson (dormanssi) aikana malli perustuu sille ajatukselle, että ennustettu sakoluku  $I$ :ntenä päivänä muodostuu seuraavista neljästä ehdosta:

- 1) ennustetusta sakoluvusta  $F_{I-1}$ , ts. edellisen päivän sakoluvusta
- 2) sakoluvun noususta tai laskusta maksimilämpötilan vuoksi (sakoluku kasvaa, jos lämpötila on  $T_{FALL}$ :n yläpuolella, muutoin se laskee):

$$P_M \cdot (T_{IM} - T_{FALL})$$

- 3) sakoluvun ylimääräisestä noususta, jos ilman lämpötila ylittää kynnyksarvon ( $23^\circ\text{C}$  valittiin kokeellisesti tähän tutkimukseen):

$$P_{MA} \cdot (T_{IM} - 23) \text{ if } T_{IM} > 23^\circ\text{C}$$

- 4) sakoluvun noususta tai laskusta edellisten päivien maksimilämpötilan vuoksi (päivien lukumäärä on annettu parametrilla LAG):

$$P_D \cdot T_{M,LAG}$$

Tämän ehdon vaikutus on positiivinen, jos  $T_{LAG}$  on positiivinen, muutoin se on negatiivinen.

Ensimmäisen ehdon tarkoitus on ilmeinen: tämän päivän sakoluvun täytyy olla varsin lähellä edellisen päivän sakolukua, mikäli jyvä on edelleen dormanssissa. Toinen ehto perustuu olettamukselle, että jos jyvä on edelleen dormanssissa, sokerien ja tärkkelyksen välinen tasapaino riippuu ilman maksimilämpötilasta. Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemalla tehtyjen mittausten perusteella korkeampia sakolukuja saavutetaan vain, jos ilman maksimilämpötila on yli  $22 - 25^\circ\text{C}$ . Kolmas ehto aiheuttaa sakoluvun nousun, mikäli ilman maksimilämpötila on yli  $23^\circ\text{C}$ . Neljäs ehto perustuu FRÖMANin (1976) huomioon FAGERBERGIN (1966) ja LUNDEGRENin (1967) aineistoista. Sen mukaan ilman maksimilämpötilan ja sakoluvun käyrät ovat hyvin samankaltaisia, mutta näiden käyrien välillä on kolmen vuorokauden viive.

### *Sakoluvun laskenta dormanssin murtumisen jälkeen*

Mallin nykyisessä versiossa oletettiin, että dormanssin murtumisen jälkeen sakoluku laskettiin edellä esitettyjen neljän ehdon mukaisesti, mutta mukaan otettiin viides ehto, joka ottaa huomioon sadannan vaikutuksen sakolukuun:

5) sakoluvun lasku kahden edellisen vuorokauden sadannan vuoksi:

$$PPD * (P_{I-1} + P_{I-2}) / 2.$$

Päivien lukumäärä valittiin kokeellisesti kahdeksi, mutta yhtä hyvin luku voisi olla jokin muu.

Viides ehto perustuu olettamukselle, että alfa-amylaasiaktiivisuus alkaa lisääntyä sateen vuoksi paljon ennen korjuuta, jos dormanssi on murtunut. Alfa-amylaasiaktiivisuuden nousu havaitaan sakoluvun laskuna.

### 3.3. Koeolosuhteet

Vuoden 1975 toukokuun lopulla sattui halloja, jolloin lämpötila laski jopa  $-9,2^{\circ}\text{C}$ :een. Heinä- ja elokuussa satoi keskimääräistä vähemmän. Vuonna 1975 touko- ja syyskuun välinen sadesumma oli 235 mm. Sakoluvusta muodostui varsin alhainen.

Vuoden 1976 kasvukausi oli toukokuuta lukuunottamatta keskimääräistä viileämpi. Sademäärät jäivät noin kahteenkolmasosaan normaalista. Viileydestä ja kuivuudesta huolimatta sadot muodostuivat hyviksi. Vuonna 1976 touko- ja syyskuun välinen sadesumma oli 175 mm. Sakoluku nousi korkealle.

Kasvukausi 1977 oli viileä. Tehoisa lämpötilasumma jäi alle tuhannen asteen; sitä kertyi 939 astetta. Sadetta saatiin touko- ja syyskuun välisenä aikana 297 mm, mikä ylitti 21 mm:llä normaalin. Sade jakaantui epätasaisesti kasvukaudelle. Toukokuu oli normaalia sateisempi, ja syksyn normaalia suuremmat sademäärät lakoonnuttivat viljaa pahoin. Sakoluku jäi varsin alhaiseksi.

Kasvukausi 1978 oli alkukesästä lämmin, mutta heinä-, elo- ja syyskuu olivat viileitä. Vuonna 1978 kasvukauden aikana tehoisaa lämpötilasummaa kertyi 1066 astetta. Touko- ja syyskuun välillä sadetta saatiin 257 mm, mikä jäi 19 mm normaalista. Kesäkuun alkupuoliskon sateet tulivat kasvustojen kannalta erinomaiseen aikaan. Heinäkuun loppu ja elokuun alku olivat kuivaa ja lämmintä aikaa. Sakoluku oli ensimmäisen ja toisen korjuuajankohdan aikaan 80 - 90 tienoilla.



1979 kasvukauden tehoisa lämpötilasumma oli 1193 astetta. Touko- ja syyskuun välinen sadesumma oli 322 mm. Kesäkuun alkupuoli oli kuivaa, mutta heinäkuun sademäärä oli kolminkertainen normaaliin nähden. Elokuussa sademäärä jäi normaalia alemmaksi, joten viljankorjuusäät olivat kohtalaiset. Sakoluvusta muodostui varsin korkea.

Vuoden 1980 kasvukauden tehoisa lämpötilasumma oli 1260 astetta, ja sadetta saatiin touko- ja syyskuun välisenä aikana 271 mm. Korjuuajan säät olivat hyvät, mutta huippusatoihin ei päästy. Sakoluku jäi varsin alhaiseksi.

Vuonna 1981 tehoisaa lämpötilasummaa kertyi kasvukauden aikana 1141 astetta. Sadetta saatiin touko- ja syyskuun välisenä aikana 273 mm. Alkukesä oli kolea, mutta viljakasvustot kehittyivät lupaavasti. Elokuun puolivälissä alkanut sadejakso heikensi kuitenkin sadon laatua ratkaisevasti ja sakoluvuista tuli alhaisia.

Vuonna 1982 kasvukauden tehoisa lämpötilasumma oli 1059 astetta. Touko- ja syyskuun välisenä aikana sadetta saatiin 215 mm. Alkukesä oli kolea, mutta heinäkuu oli lämmin ja aurinkoinen. Edellisenä talvena esiintyi paljon talvituhosieniä, joten syysviljojen talvenkestävyys joutui kovalle koetukselle. Parhaiten talvesta selvisivät Toivo ja Sampo. Sakoluvusta muodostui alhainen.

Kasvukautena 1983 tehoisaa lämpötilasummaa kertyi 1238 astetta. Touko- ja syyskuun välisenä aikana satoi 236 mm. Toukokuu oli sateinen, mutta muuten kasvukausi oli suotuisa ja sadoista tuli osittain ennätysellisiä. Elokuussa satoi vähän, ja sakoluvuista tuli korkeita.

Vuonna 1984 kasvukauden, 28.4 - 22.10., tehoisa lämpötilasumma oli 1258 astetta. Touko- ja syyskuun välisenä aikana sadetta kertyi peräti 334 mm. Korjuuvaikeuksia esiintyi. Sakoluku jäi alhaiseksi.

1985 kasvukauden, 7.5. - 26.10., tehoisa lämpötilasumma oli 1159 astetta. Touko- syyskuun välinen sademäärä oli 255 mm. Talven vähälumisuuden vuoksi routaa oli paljon ja se sulii hitaasti. Heinäkuu oli normaalia vähäsateisempi, mutta elokuussa satoi normaalia selvästi enemmän. Sakoluvut jäivät alhaisiksi.

Vuonna 1986 toukokuu oli sateinen, ja kylvyöt pitkittyivät sen takia. Kesäkuu oli lämmin ja kuiva, mutta heinäkuu oli viileä ja sateinen. Myös koko korjuuaika oli sateista ja viileää. Kasvukauden, 25.4. - 21.10., aikana tehoisaa lämpötilasummaa kertyi 1137 astetta. Touko- ja syyskuun välinen sadesumma oli 313 mm. Myös tänä vuonna sakoluku ei noussut juurikaan yli 60:n.

Vuosi 1987 oli viileä, ja tehoisaa lämpötilasummaa kertyi hitaasti. Kasvukauden, 28.4. - 20.10., aikana tehoisaa lämpötilasummaa kertyi 948 astetta. Touko- ja syyskuun välisenä aikana satoi 271 mm. Katovuoden sakoluvut olivat alhaisia.

Taulukoista 3 ja 4 ilmenevät kasvukausien 1975 - 1987 lämpötila- ja sadetiedot.

Taulukko 3. Kasvukausien 1975 - 1987 kuukausittaiset keskilämpötilat.

Lämpötila (keskiarvo) °C					
Vuosi	Toukok.	Kesäk.	Heinäk.	Elok.	Syysk.
1975	9.8	12.3	15.3	13.5	11.2
1976	10.3	12.1	14.2	13.9	5.7
1977	7.5	13.5	14.3	12.8	7.6
1978	9.3	14.0	14.7	12.7	7.6
1979	9.8	15.1	15.2	14.9	8.6
1980	7.4	16.3	16.5	13.7	9.8
1981	10.8	12.5	16.5	12.8	8.8
1982	7.9	11.3	16.3	14.5	9.2
1983	10.6	13.2	15.7	13.2	10.5
1984	12.5	13.4	15.0	13.5	8.9
1985	7.4	13.5	15.4	14.8	8.9
1986	10.5	16.2	15.4	12.1	6.1
1987	7.1	12.7	14.6	10.8	7.8

Taulukko 4. Kasvukausien 1975 - 1987 kuukausittaiset sademäärät.

Vuosi	Sademäärä mm				
	Toukok.	Kesäk.	Heinäk.	Elok.	Syysk.
1975	39.3	51.3	20.8	45.5	78.4
1976	12.6	35.7	54.1	18.0	54.3
1977	49.6	25.5	115.3	24.1	82.0
1978	18.0	63.9	31.2	53.6	90.4
1979	26.7	29.0	152.8	44.8	68.7
1980	30.3	69.5	59.8	79.0	32.6
1981	15.4	83.1	51.2	101.4	21.8
1982	50.7	19.1	30.8	59.5	55.1
1983	45.4	34.1	78.3	24.4	53.6
1984	17.0	77.0	137.0	38.0	65.0
1985	33.0	40.0	37.0	93.0	52.0
1986	36.0	11.0	114.0	75.0	77.0
1987	35.0	64.0	30.0	60.0	82.0

*Maaperä ja lannoitus*

Koejäsenille annettiin keskimäärin 89 kg typpeä, 46 kg fosforia ja 86 kg kaliumia hehtaaria kohti. Typen määrä vaihteli 40 - 133 kg/ha, fosforin 35 - 75 kg/ha ja kaliumin 66 - 125 kg/ha. Lannoitus mitoitettiin viljavuusanalyysin ja kasvuston kunnon mukaan.

Maalaji vaihteli hieman vuodesta toiseen. Yleisimmin eli yhdeksänä vuonna maalaji oli hiesusavea. Muina vuosina koe sijaitsi liejusavella, liejuisella hiesusavella, hienolla hiedalla tai hiesulla.

#### 4. Tulokset

##### 4.1. Sään vaikutus sakolukuun eli dynaamisen mallin testaus

Edellä kuvattu malli testattiin rukiin korjuuaikakokeen aineiston lajikkeilla Anna, Hankkijan Jussi, Sampo, Toivo ja Voima. Parametrien arvot kaikille lajikkeille optimoitiin KARVOSEN (1990) kuvaamalla tavalla. Optimointi tapahtui tietokoneohjelmalla, joka laski mitattujen sakolukuarvojen perusteella parhaat parametrit kullekin lajikkeelle. Optimoitujen parametrien arvot eri lajikkeille ilmenevät taulukosta 5. Laskettujen ja mitattujen sakolukujen väliset selitysasteet eri lajikkeille ilmenevät taulukosta 6. Parhaiten malli pystyi selittämään Annan sakoluvun kehittymistä; selitysaste oli 0.81. Hankkijan Jussia varten selitysaste oli 0.75, ja Voimalle se oli 0.71. Toivon ja Sampon selitysasteet olivat alhaisimmat, selitysaste molemmille lajikkeille oli 0.70. Kuvista 6 - 10 (s. 27 - 29) ilmenevät eri lajikkeiden mitattujen ja laskettujen sakolukujen erot.

Taulukko 5. Eri lajikkeiden parametrien optimoidut arvot.

	Anna	Hjan Jussi	Sampo	Toivo	Voima
ETS,CRIT	452	460	385	383	419
DTS,DORM	76.0	72.7	67.8	83.4	61.4
T <sub>FALL</sub>	17.1	17.3	15.2	14.7	14.1
PM	0.40	0.51	0.37	0.43	0.29
PMA	0.212	0.043	0.073	0.071	0.064
LAG		2	3	3	3
PD	0.159	0.057	0.030	0.139	0.073
PPD	3.60	3.83	2.82	3.77	3.53

Taulukko 6. Eri lajikkeiden mitattujen ja laskettujen sakolukujen väliset selitysasteet.

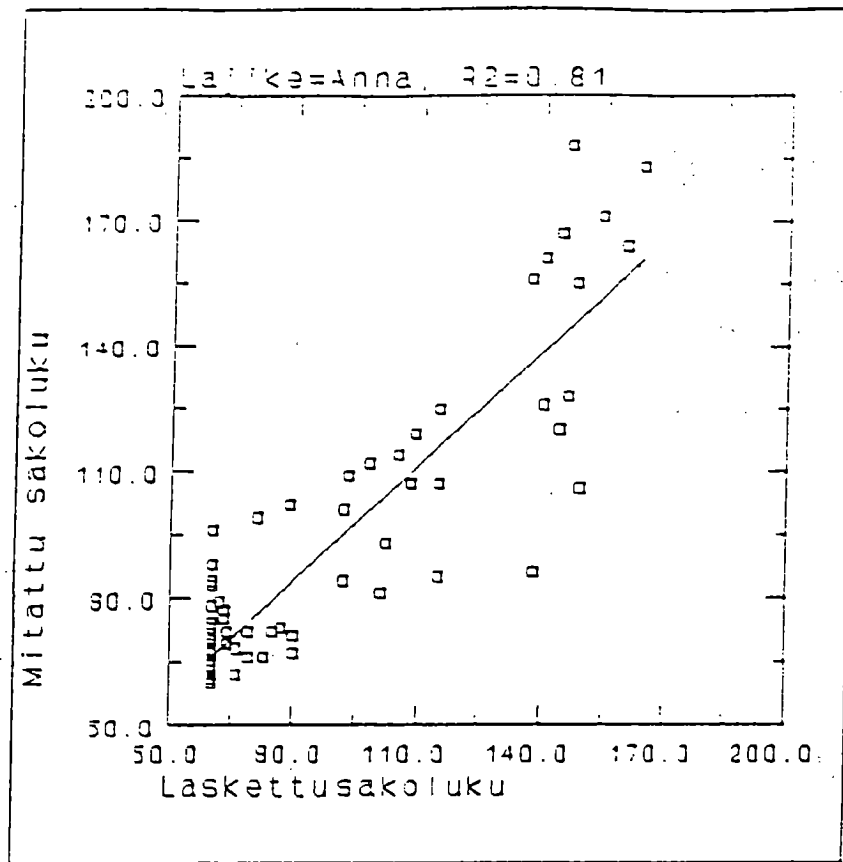
Lajike	Selitysaste
Anna	0.81
Hjan Jussi	0.75
Sampo	0.70
Toivo	0.70
Voima	0.71

Taulukosta 5 nähdään, että kaikilla lajikkeilla oli selviä eroja parametrien suhteen. Parametri  $E_{TS,CRIT}$  eli se tehoisa lämpösumma, joka tarvitaan, jotta jyvä vaipuisi dormanssiin, oli alhaisin Toivolla ja korkein Hankkijan Jussilla. Sampon arvo oli lähellä Toivon arvoa, ja Annan arvo oli lähellä Hankkijan Jussin arvoa. Mitä suurempi tämä parametri on, sitä myöhemmin dormanssi alkaa eli sitä korkeamman lämpösumman lajike tarvitsee saavuttaakseen dormanssin.

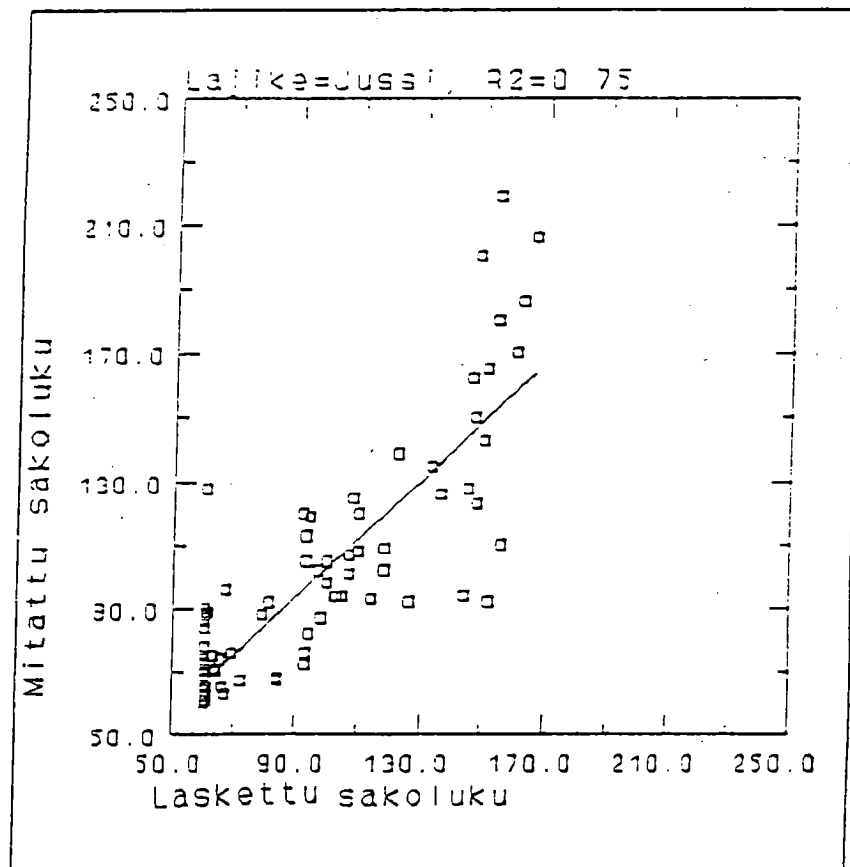
Dormanssin murtumiseen tarvittava lämpösumma,  $D_{TS,CRIT}$ , vaihteli 61.4:stä 83.4:ään. Parametrin suuruus ilmaisee dormanssin pituuden. Mitä suurempi luku on, sitä kauemmin dormanssi kestää. Tässä aineistossa Voiman parametrin arvo oli alhaisin ja Toivon korkein.

Sakoluvun päivittäisen arvon muuttumiseen tarvittava lämpötila,  $T_{FALL}$ , oli alhaisin Voimalla, jolla se oli 14.1. Parametrin arvo oli korkein Hankkijan Jussilla, jolla se oli 17.3. Eli Voiman sakoluvun muuttumisen rajalämpötila on selvästi alhaisempi kuin Hankkijan Jussin. Voiman sakoluku nousi, jos maksimilämpötila ylitti 14.1 ° C, mutta Hankkijan Jussilla sakoluvun nousuun tarvittiin 17.3 ° C:n lämpötila.

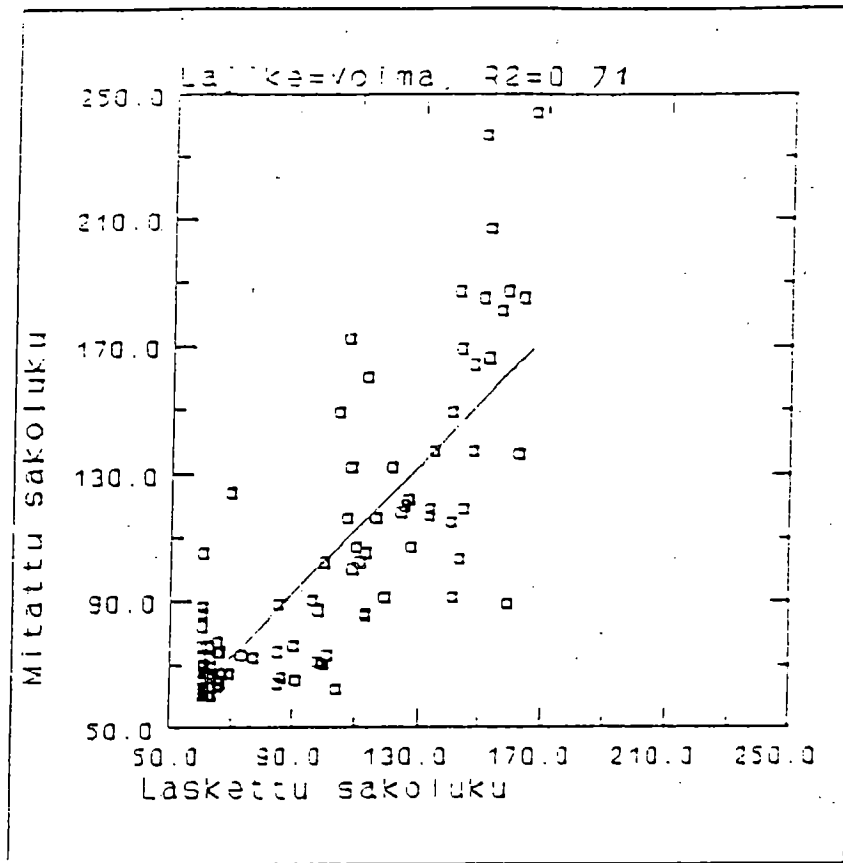
Parametrit  $p_M$ ,  $p_{MA}$  ja  $p_D$  ilmaisevat sen, kuinka suuri vaikutus lämpötilalla ja sen vaihteluilla on sakolukuun. Parametrin  $p_M$  arvot olivat kaikilla lajikkeilla samansuuntaiset. Parametrilla  $p_{MA}$  huomiota kiinnittää Annan muita lajikkeita suurempi arvo. Parametria  $p_D$  tarkasteltaessa huomio kiinnittyy Annan ja Toivon muita lajikkeita korkeampiin arvoihin.



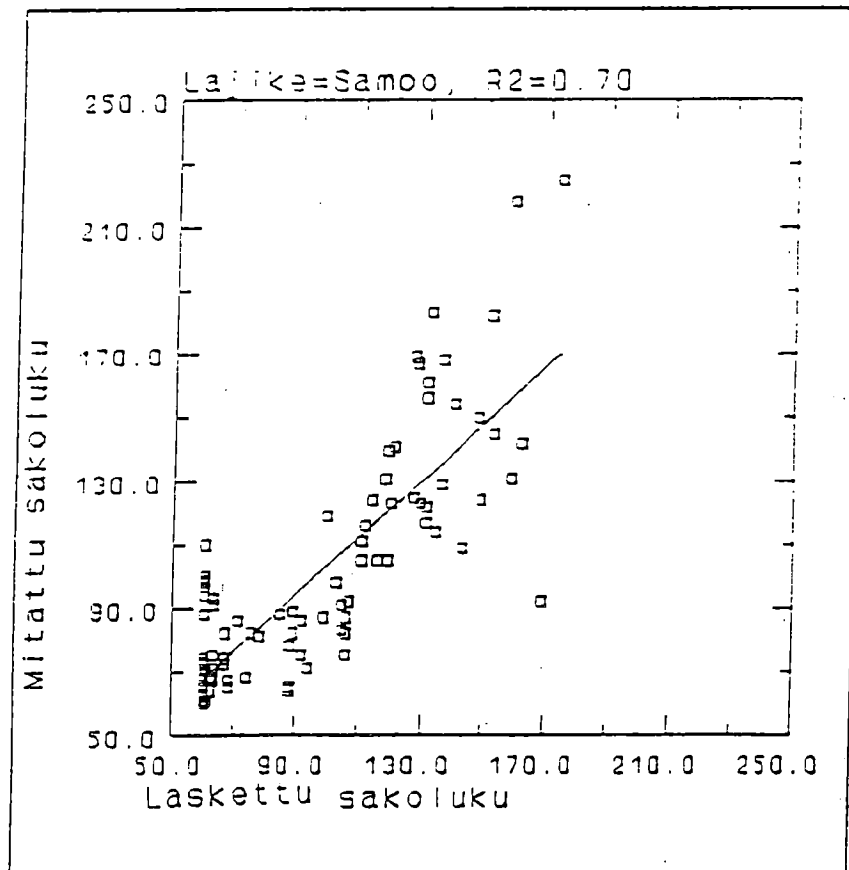
Kuva 6. Ruislajike Anna, mitattu ja laskettu sakoluku.



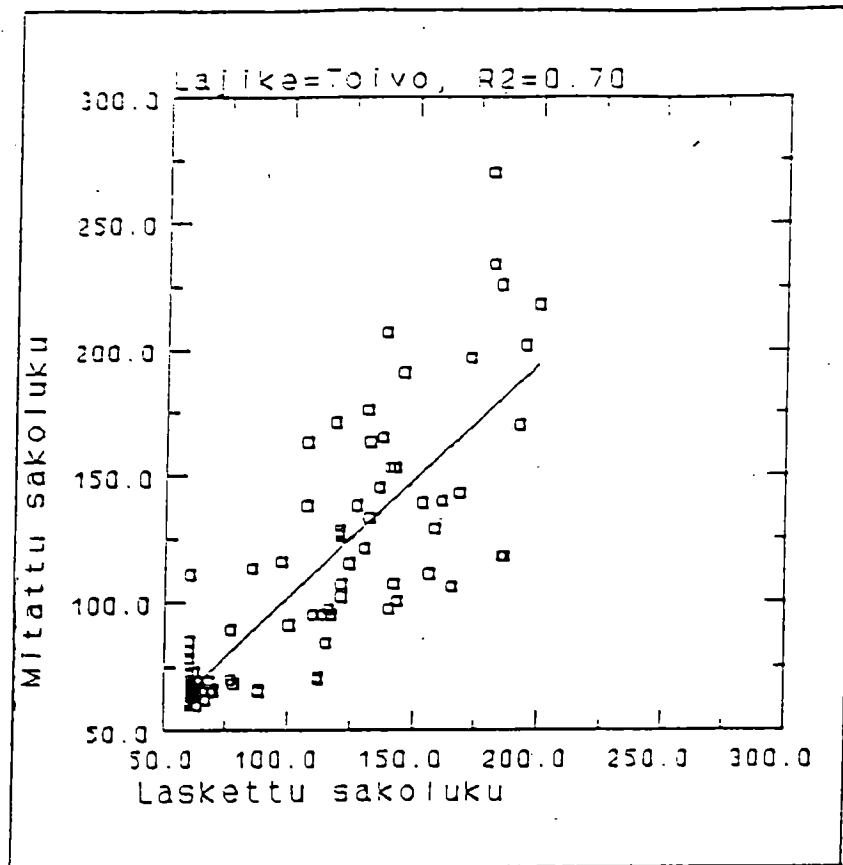
Kuva 7. Ruislajike Jussi, mitattu ja laskettu sakoluku.



Kuva 8. Ruislajike Voima, mitattu ja laskettu sakoluku.



Kuva 9. Ruislajike Sampo, mitattu ja laskettu sakoluku.



Kuva 10. Ruislajike Toivo, mitattu ja laskettu sakoluku.

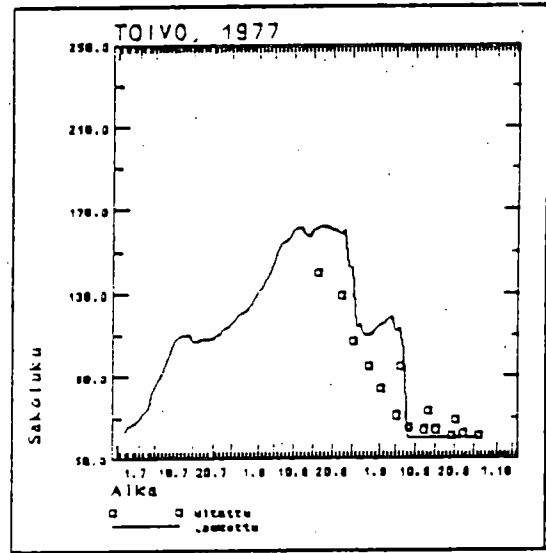
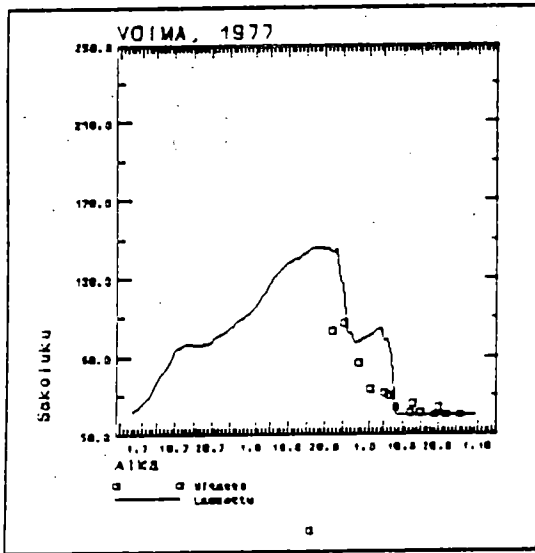
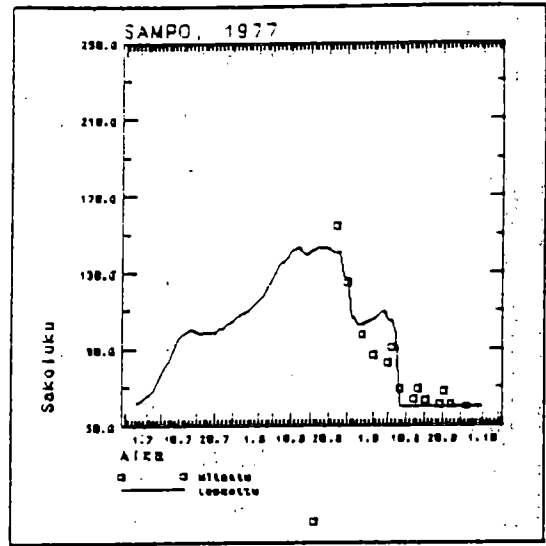
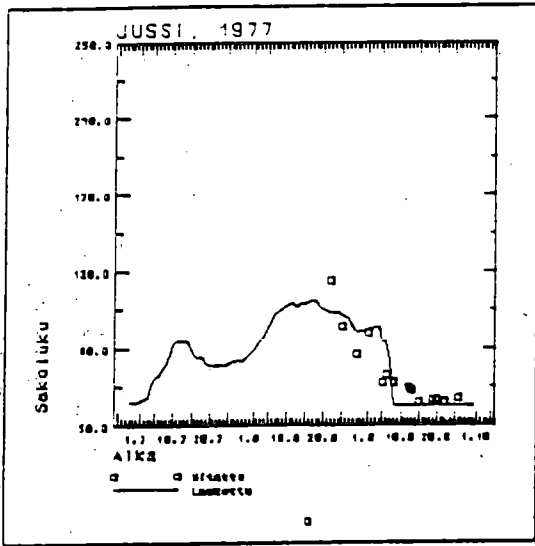


Sadannan parametri dormanssin murtumisen jälkeen,  $p_{DD}$ , ilmaisee sadannan vaikutuksen sakoluvun muutoksiin. Mitä suurempi arvo tällä parametrilla on, sitä nopeammin sadanta pudottaa sakolukua. Eri lajikkeiden tämän parametrin arvot vaihtelivat 2.82:sta 3.83:een. Tämä tarkoitti sitä, että kahden edellisen päivän aikana tullut 30 mm:n sade pudotti sakolukua 80 - 115 yksikköä.

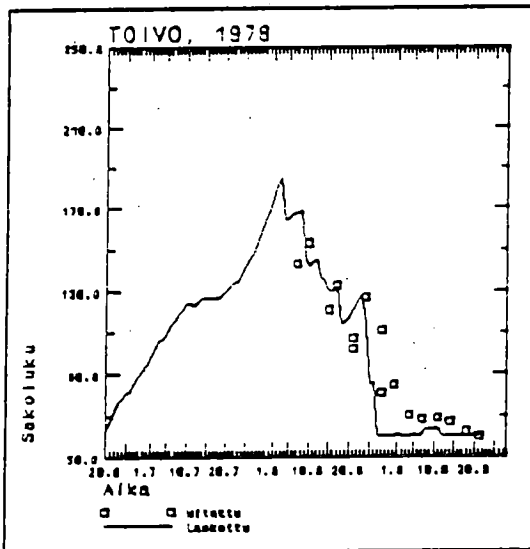
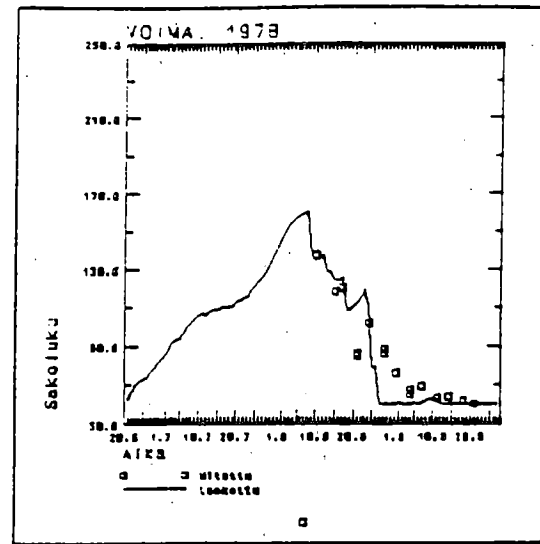
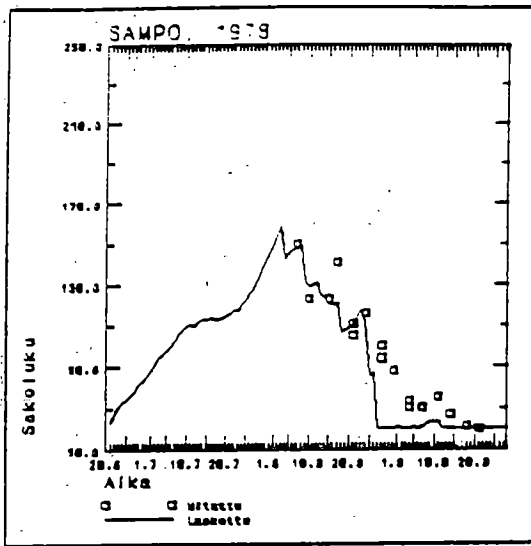
Eri vuosille piirretyt mitatut ja mallin laskemat sakoluvut on koottu kuviin 11 - 20. Mukana ovat vuodet, jolloin sakolukuhavaintoja on enemmän kuin kolme, eli mukana ovat vuodet 1977 - 1986. Kuvista käy ilmi, että rukiin sakoluvun käyttäytymisessä on havaittavissa muutama tyypillinen piirre.

Rukiin sakoluku käyttäytyi lähes vuosittain samansuuntaisesti. Sakoluku saavutti maksiminsa jo hyvin varhaisessa vaiheessa, tässä aineistossa se oli yleisimmin elokuun alkupuoliskolla eli heti mittauksen aloittamisen jälkeen. Tällöin ruus oli maitotuleentumisasteella. Jyvän kosteus oli tällöin vielä 50 %:n tienoilla. Maksimin saavuttamisen jälkeen sakoluku alkoi laskea, ja yleensä lasku tapahtui hyvin nopeasti. Sakoluvun romahdus yli sadasta 60:een saattoi tapahtua kahdesta neljään päivän aikana. Sakoluvussa tapahtui kuitenkin vaihteluja ilman, että säätekijät pystyisivät selittämään vaihtelut kokonaan.

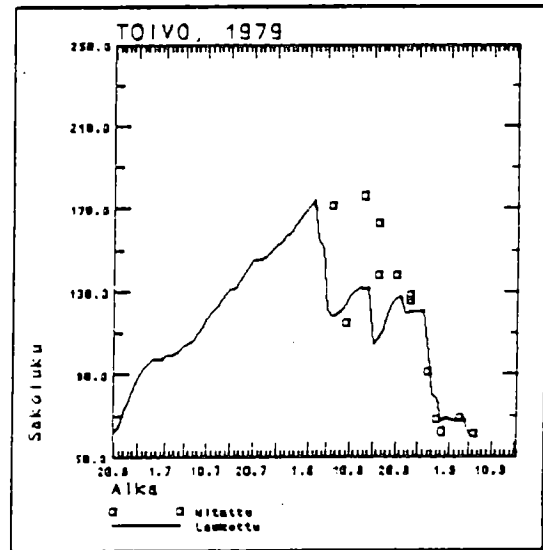
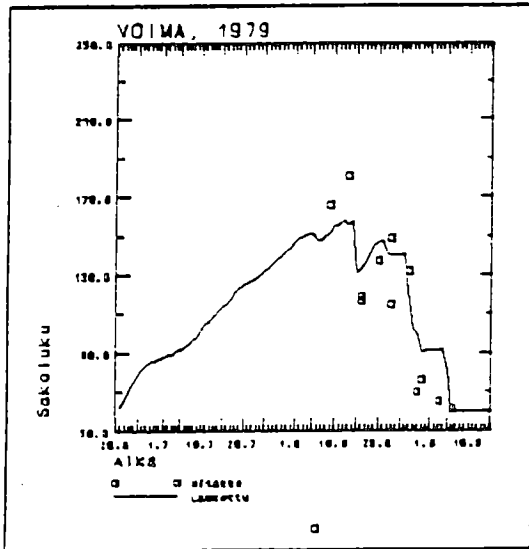
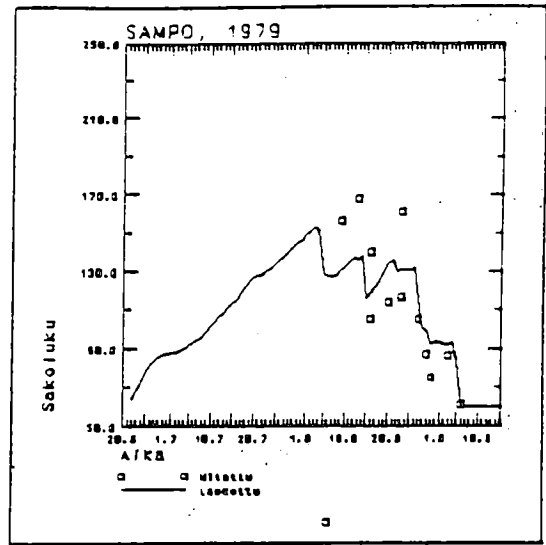
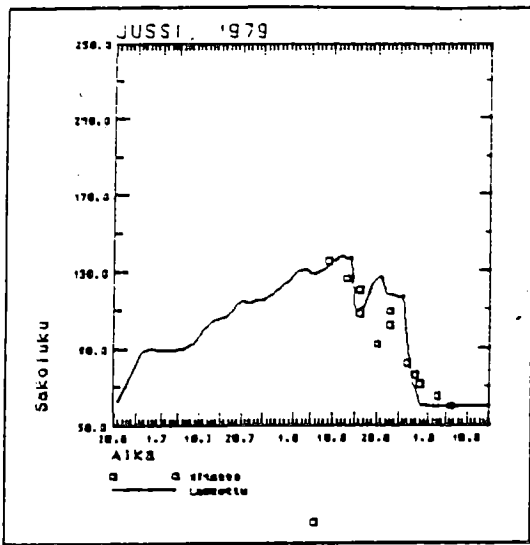
Vaikka sakoluvun käyttäytyminen noudattikin tietynsuuntaista käyrää, sakoluvun maksimi-arvot vaihtelivat vuosittain. Tässä aineistossa sakoluku nousi korkealle vuosina 1976, 1979, 1980, 1983 ja 1986. Vuoden 1976 tuloksista ei ole kuvaa. Näinä vuosina sakoluku kävi 170:ssä tai jopa sen yli. Kun sakoluku saavutti korkeita arvoja, laskukin tapahtui nopeasti. Myös sakoluvun vaihtelut tulivat hyvin esille näinä vuosina, jolloin sakoluku kävi korkealla tasolla. Vuonna 1980 sakoluku kävi korkealla, mutta korjuu-aikaan mennessä se oli kuitenkin jo laskenut alle sadan. Huomiota kiinnittää myös se seikka, että useana vuonna sakoluvun maksimi ei noussut juurikaan yli 130:n. Tällaisia vuosia ovat 1977, 1984 ja 1985. Näinä vuosina sakoluku oli jo ensimmäisenä korjuukertana vuotta 1977 lukuun ottamatta alle 70. Vuonna 1977 se oli 81.



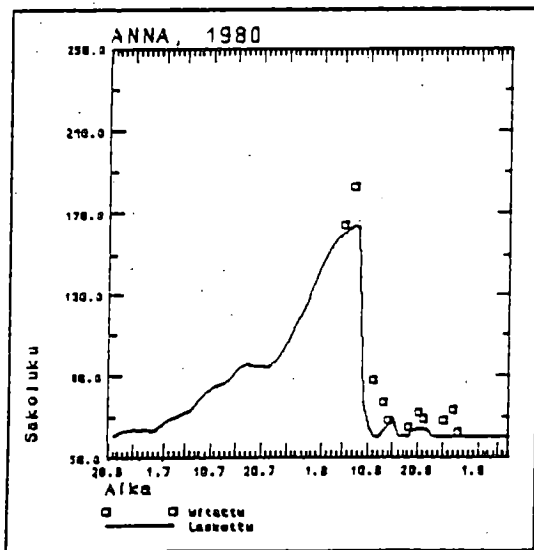
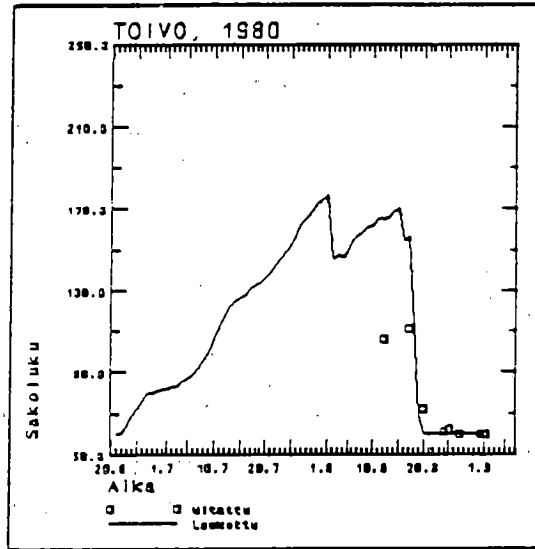
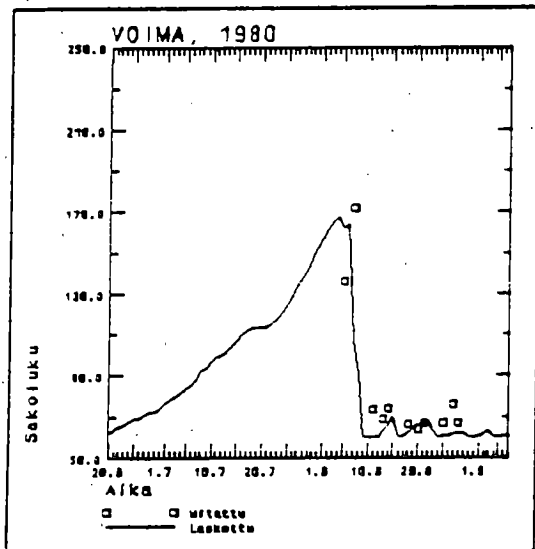
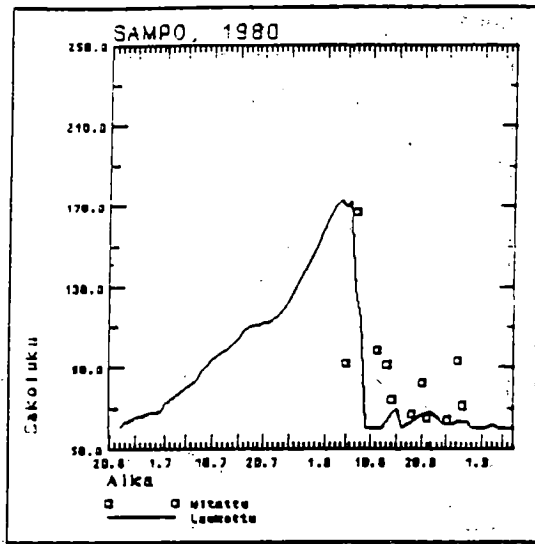
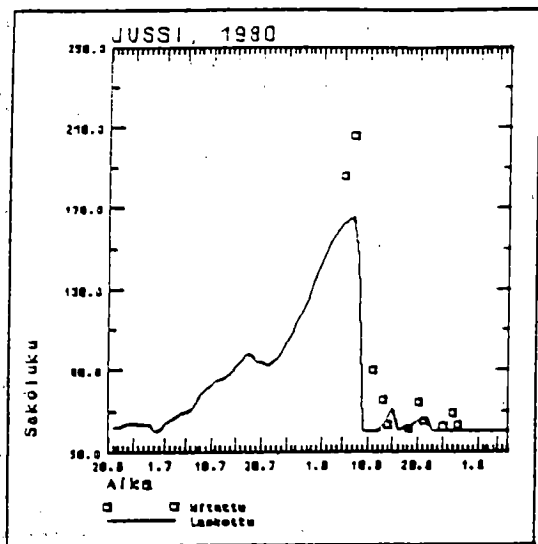
Kuva 11. Mitattu ja laskettu sakoluku, vuosi 1977.



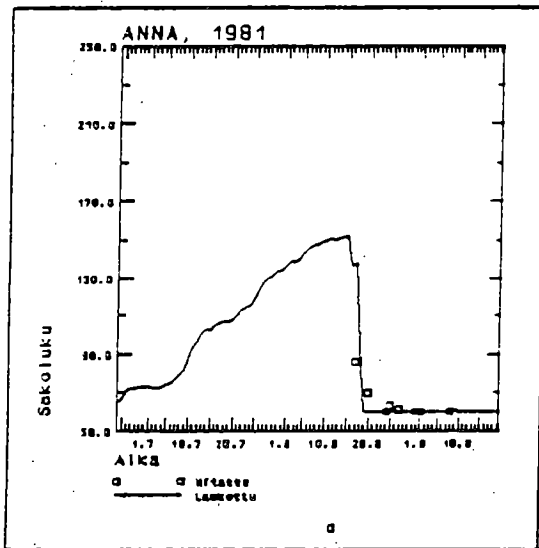
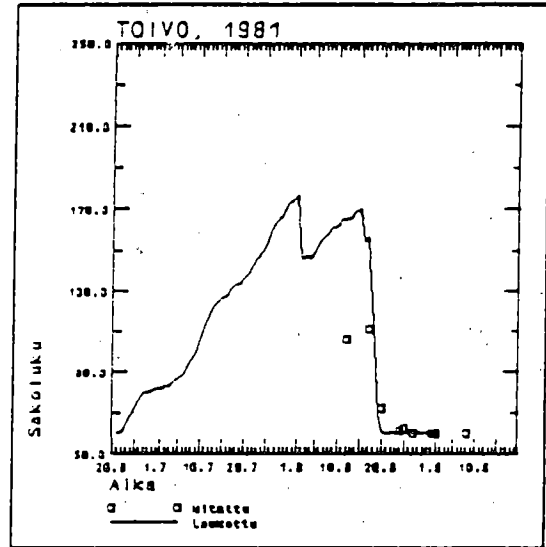
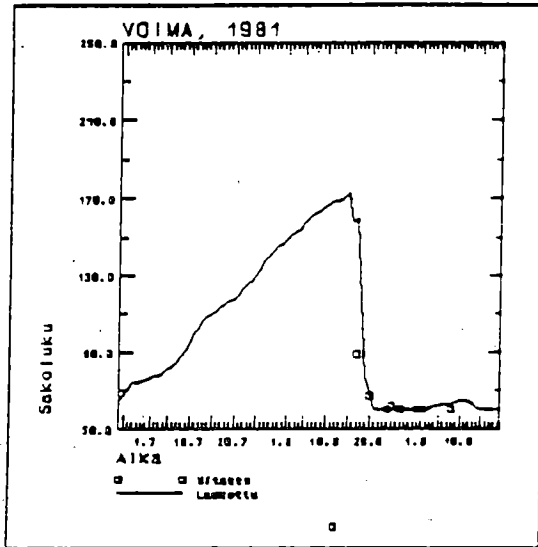
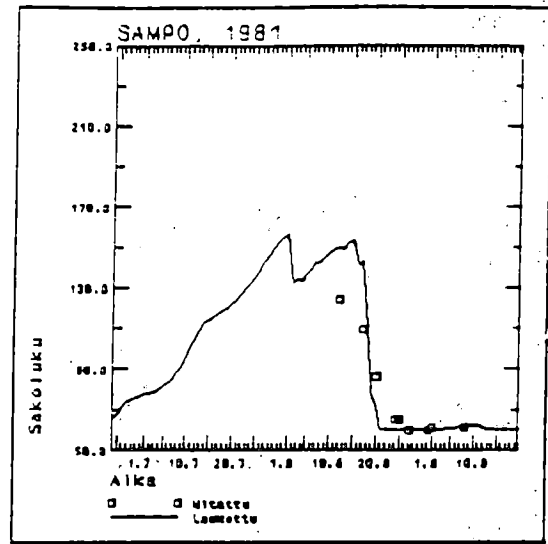
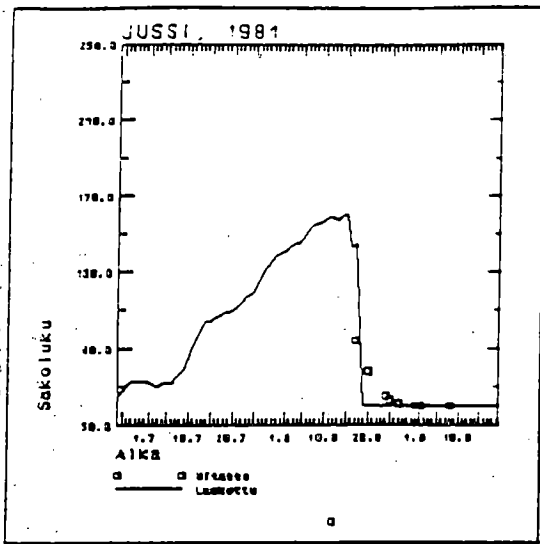
Kuva 12. Mitattu ja laskettu sakoluku, vuosi 1978.



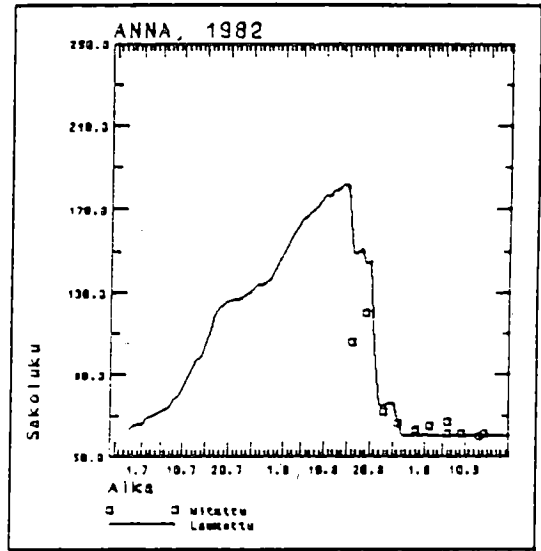
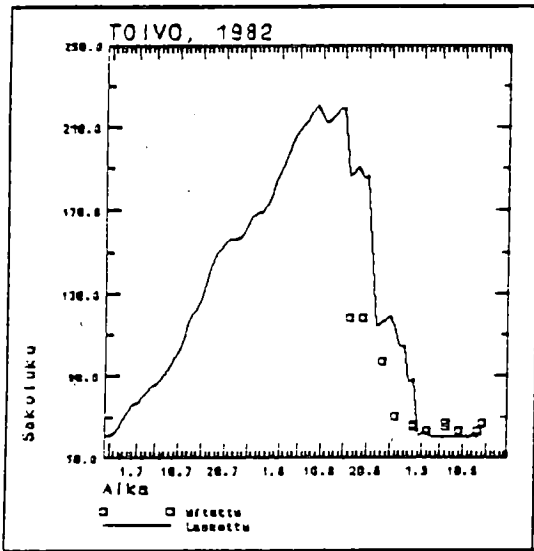
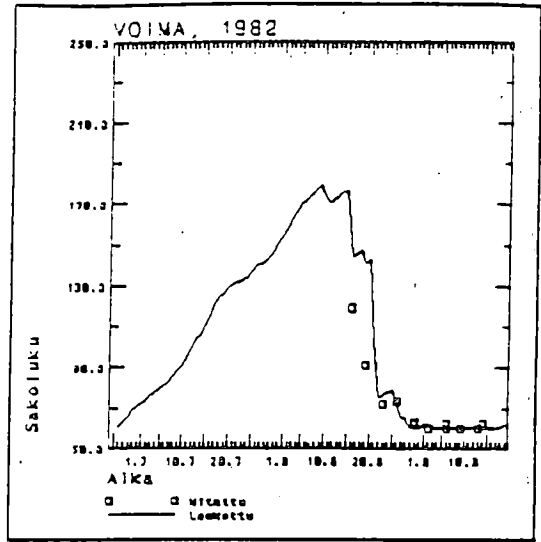
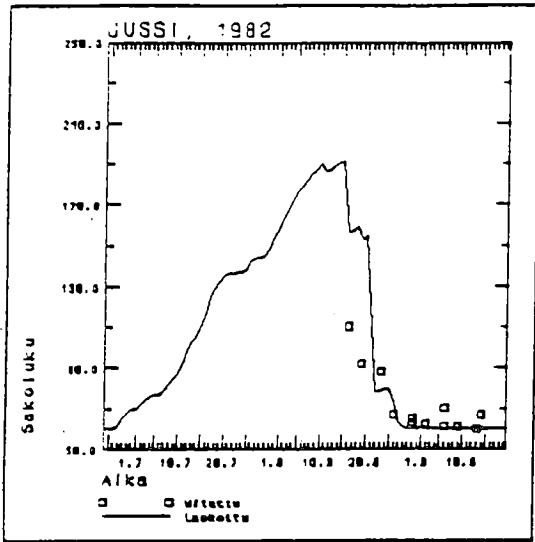
Kuva 13. Mitattu ja laskettu sakoluku, vuosi 1979.



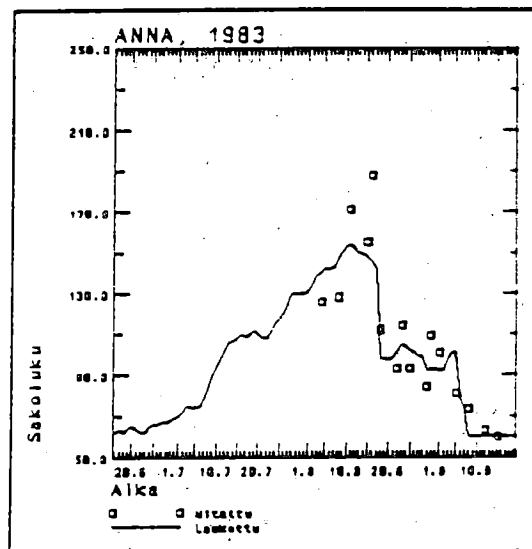
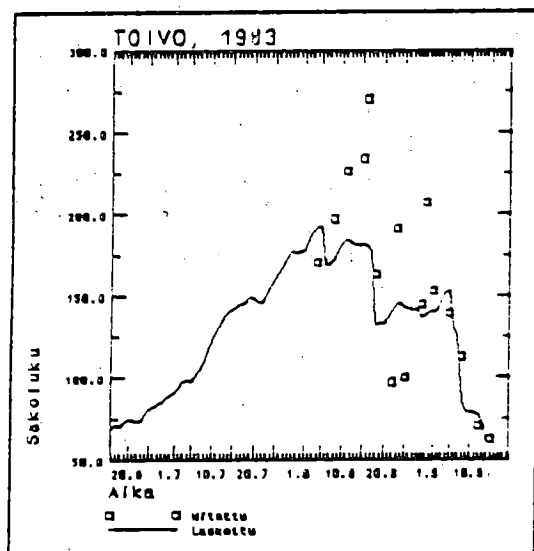
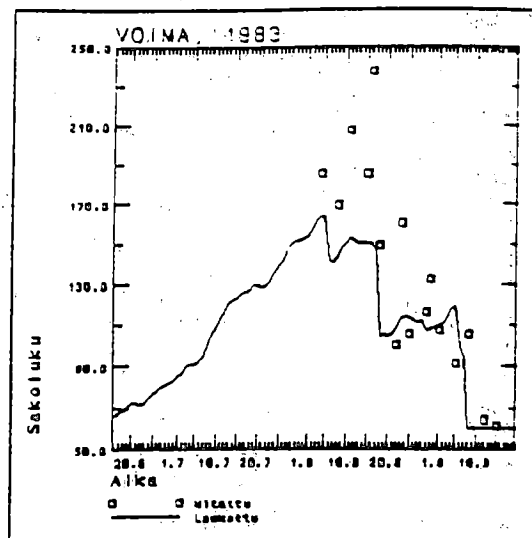
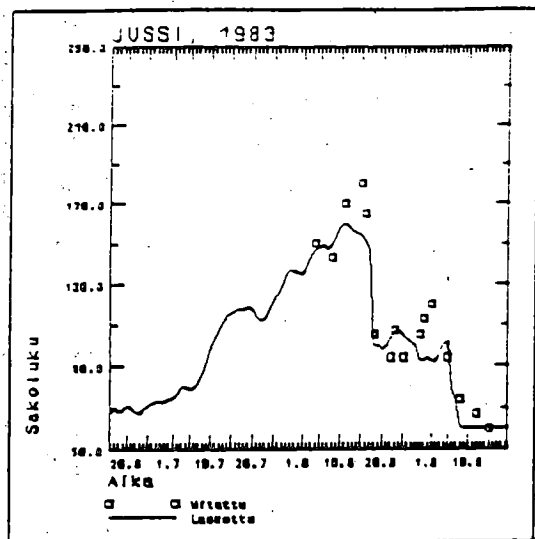
Kuva 14. Mitattu ja laskettu sakoluku, vuosi 1980.



Kuva 15. Mitattu ja laskettu sakoluku, vuosi 1981.

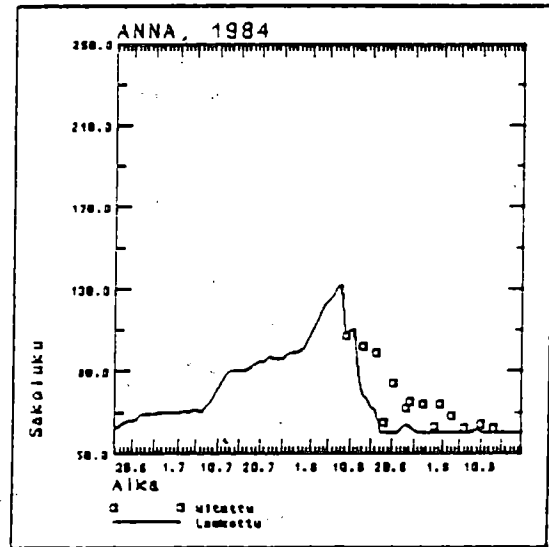
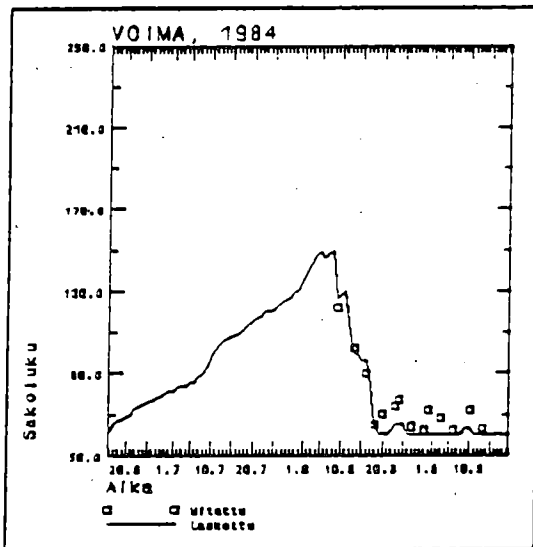
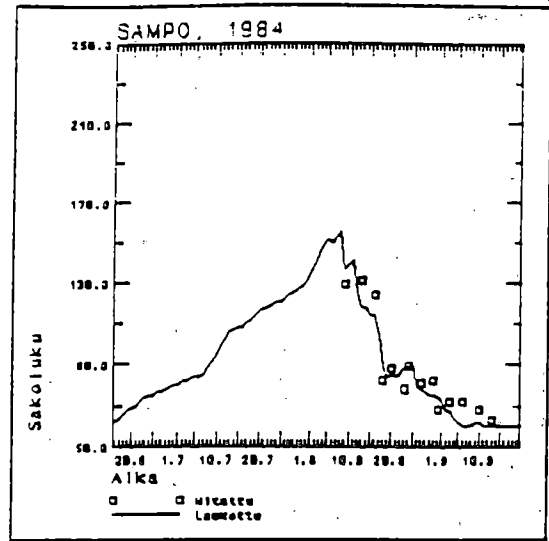
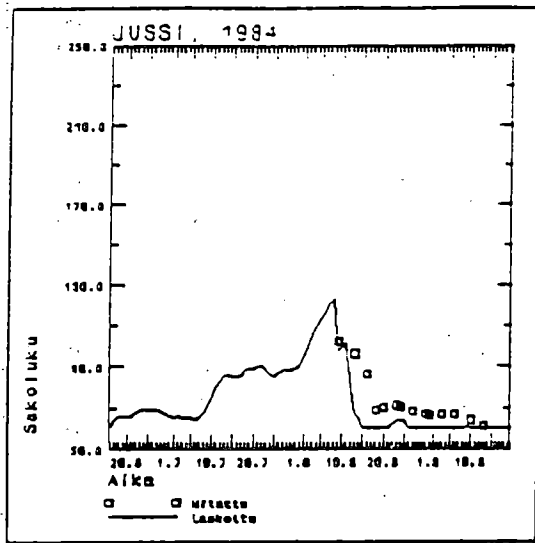


Kuva 16. Mitattu ja laskettu sakoluku, vuosi 1982.

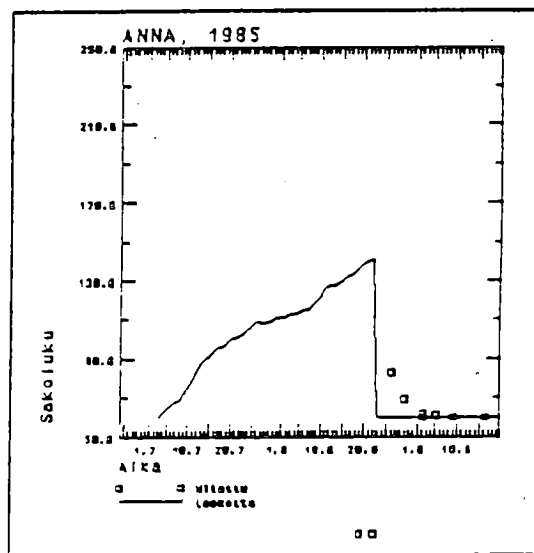
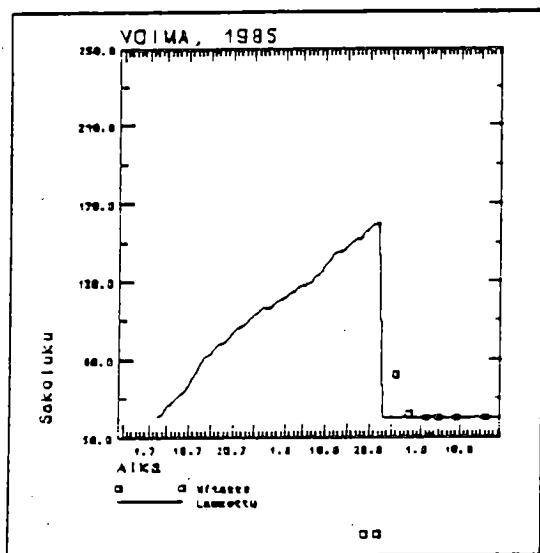
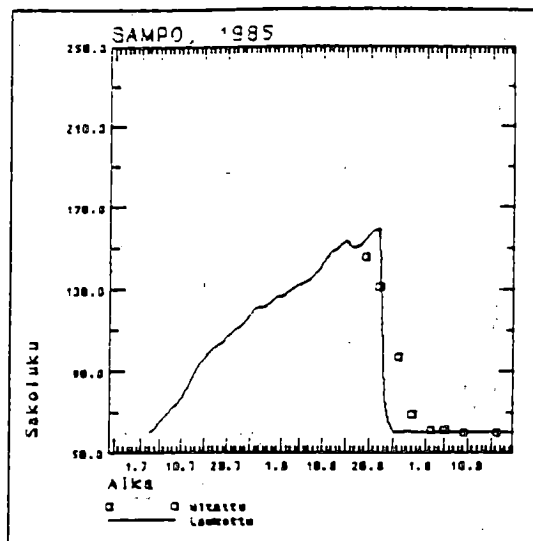
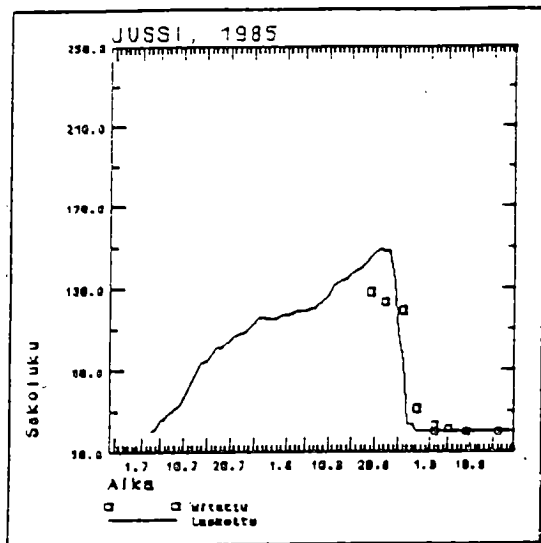


Kuva 17. Mitattu ja laskettu sakoluku, vuosi 1983.

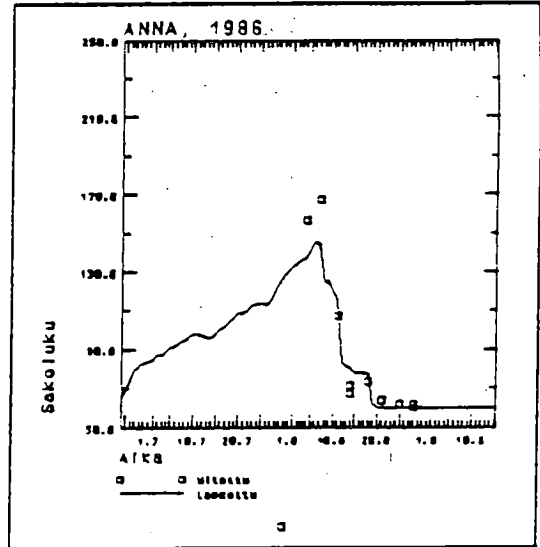
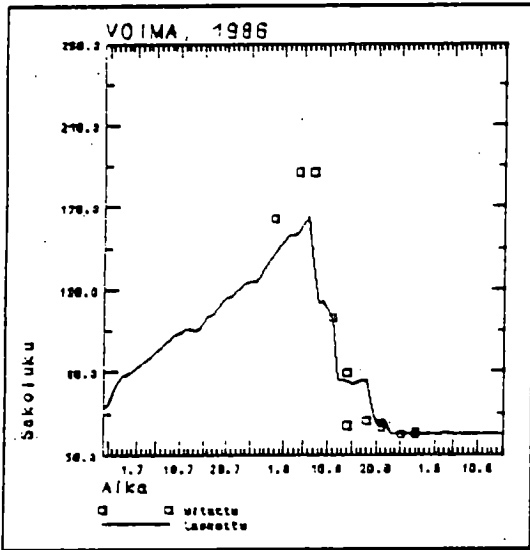
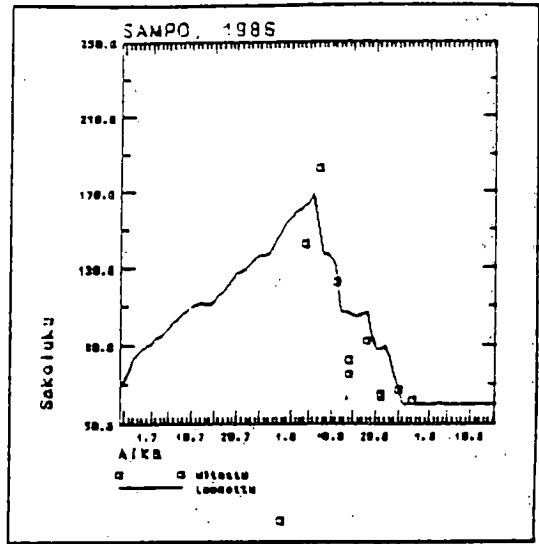
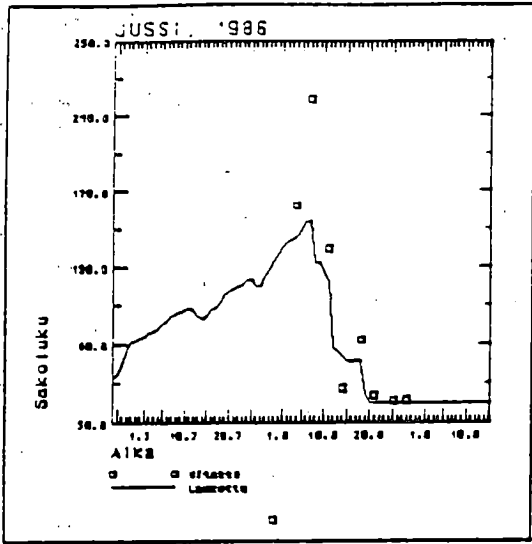




Kuva 18. Mitattu ja laskettu sakoluku, vuosi 1984.



Kuva 19. Mitattu ja laskettu sakoluku, vuosi 1985.



Kuva 20 Mitattu ja laskettu sakoluku, vuosi 1986.

## 4.2. Muiden tekijöiden vaikutus sakolukuun

*Korjuuajan vaikutus sakolukuun*

Kokeessa oli kolme korjuuaikaa. Ensimmäinen korjuu tapahtui muutama päivä keltatuleentumisen jälkeen, ja sitä voidaan pitää normaalina korjuuaikana. Toinen korjuu tapahtui noin viikkoa myöhemmin kuin ensimmäinen, ja kolmas korjuuaika oli puolestaan noin viikkoa myöhäisempi kuin toinen. Ensimmäinen korjuu tapahtui yleensä elokuun puolenvälin jälkeen. Kolmena vuonna ensimmäinenkin korjuu jouduttiin tekemään syyskuun puolella. Aikaisimmillaan ensimmäinen korjuu tapahtui 13.8. ja myöhäisimmillään 6.9. Toinen korjuuaika ajoittui elokuun loppupuolelle tai syyskuun alkupuoliskolle. Toinen korjuu tehtiin aikavälillä 20.8 - 13.9. Kolmas korjuu ajoittui yleensä syyskuun alkupuolelle, harvemmin aivan elokuun loppuun. Kolmannen korjuukerran aikaväli oli 27.8. - 20.9. (Taulukko 7).

Taulukko 7. Korjuupäivämäärät eri vuosina ja korjuukertoina.

Vuosi	Korjuukerta		
	1.	2.	3.
1975	20.8.	28.8.	18.9.
1976	19.8.	6.9.	14.9.
1977	6.9.	13.9.	20.9.
1978	21.8.	28.8.	4.9.
1979	16.8.	23.8.	29.8.
1980	13.8.	20.8.	27.8.
1981	25.8.	1.9.	8.9.
1982	30.8.	6.9.	14.9.
1983	16.8.	23.8.	30.8.
1984	18.8.	24.8.	31.8.
1985	2.9.	9.9.	16.9.
1986	14.8.	21.8.	28.8.
1987	3.9.	10.9.	17.9.

Taulukko 8. Lajikkeiden sakolukujen keskiarvot eri vuosina ja korjuuajankohtina.

Vuosi	Korjuukerta		
	1.	2.	3.
1975	87	83	64
1976	206	117	68
1977	81	69	65
1978	92	86	69
1979	135	140	74
1980	77	75	77
1981	63	60	60
1982	65	66	65
1983	216	181	154
1984	68	78	67
1985	61	60	60
1986	67	64	61
1987	65	61	60

Taulukosta 8 ilmenee, että lähes poikkeuksetta korkein sakoluku saatiin ensimmäisenä korjuuajankohtana ja sen jälkeen sakoluku laski jatkuvasti. Kolmannella korjuukerralla sakoluvut olivat jo yhtä poikkeusta, vuotta 1983, lukuunottamatta alle 80:n. Huomiota kiinnittää myös se seikka, että vain kolmena vuonna, vuosina 1976, 1979 ja 1983, sakoluku oli ensimmäisellä korjuukerralla yli sadan. Kuutena vuonna kolmestatoista sakoluku oli jo ensimmäisellä korjuukerralla alle 70.

Taulukoista 7 ja 8 nähdään, että korjuun siirtyminen syyskuun puolelle lisäsi sakolukuriskiä. Kolmena vuonna, vuosina 1977, 1985 ja 1987, ensimmäinenkin korjuu siirtyi syyskuun alkupäiviin, ja kaikkina näinä vuosina sakoluku oli alhainen. Niinä kolmena vuonna, jolloin ensimmäisen korjuuajankohdan sakoluku oli yli sadan, ensimmäinen korjuu oli päästy tekemään elokuussa.

*Lajikkeen vaikutus sakolukuun*

Lajikkeiden sakoluvut eri korjuukertoina on koottu taulukkoon 9. Lajikkeet eivät ole suoraan vertailukelpoisia. Lajikkeet ovat olleet mukana eri vuosina eli havaintojen lukumäärät poikkeavat toisistaan huomattavasti, ja sakoluku vaihtelee huomattavasti vuosittain.

Taulukko 9. Lajikkeiden sakoluvut eri korjuukertoina. Lajikkeet eivät ole keskenään suoraan vertailukelpoisia.

Lajike	Korjuukerta			Hav. lkm
	1.	2.	3.	N
Voima	98	85	70	39
Sampo	107	94	78	39
Hjan Jussi	93	80	69	39
Anna	91	80	68	36
Toivo	121	96	82	27
Ponsi	129	121	91	27
Kelpo	96	83	64	24
Kartano	84	72	72	24
Aitta	96	78	69	18
Zlote	85	113	69	18
Ensi	126	101	67	15

Taulukko 10. Lajikkeiden vertailu t-testillä. Mittarilajikkeena Voima. Tilastollisesti merkitsevä ero on merkitty kolmella tähdellä.

Lajikepari	Merkitsevyys
Voima - Ponsi	***
- Toivo	
- Ensi	
- Sampo	
- Dankowskie Zlote	
- Kelpo	
- Hankkijan Jussi	
- Aitta	
- Anna	
- Kartano	

Lajikkeiden välisten erojen testaamiseksi aineistoon sovitettiin t-testi. Taulukosta 10 ilmenee, että vain Ponsi erosi sakoluvun suhteen tilastollisesti merkitsevästi Voimasta. Muiden lajikkeiden ja Voiman välille ei saatu tilastollisesti merkitseviä eroja.

#### *Lakoutumisen vaikutus sakolukuun*

Koko aineiston keskimääräinen lakoprosentti oli 72 %. Lakoutumisen ja sakoluvun väliseksi Pearsonin korrelaatiokertoimeksi saatiin 0.054. Tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Ensimmäisen ja toisen korjuun keskimääräinen lakoprosentti oli 71 % ja kolmannen 73 %. Kun aineisto lajiteltiin korjuukertojen mukaan, lakoutumisen ja sakoluvun väliseksi korrelaatiokertoimeksi saatiin ensimmäisessä korjuussa 0.048, toisessa 0.066 ja kolmannessa 0.122. Myöskään nämä tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Ruis kylvettiin kesantoon.

### *Talvituhojen vaikutus sakolukuun*

Talvituhot vaihtelivat vuosittain. Huomattavampia talvituhoja sattui vuosina 1977, 1982, 1985 ja 1987. Vuonna 1977 talvituho oli keskimäärin 27 %, vuonna 1982 se oli 65 %, vuonna 1985 se oli 20 % ja vuonna 1987 se oli 36 %. Muina vuosina koejäsenten keskimääräinen talvituho jäi kymmeneen prosenttiin tai sitä ei esiintynyt lainkaan. Lajikkeiden välillä oli selviä eroja. Selvästi heikoimmin talvehti puolalainen Dankowskie Zlote.

Talvituho arvioitiin vain ensimmäisen korjuuajan koejäsenistä. Talvituhojen ja sakoluvun yhteys koskee siten vain ensimmäistä korjuuaikaa. Pearsonin korrelaatiokertoimeksi saatiin talvituhojen ja sakoluvun välille  $-0.330$  \*\*\*. Kun talvituhojen määrä kasvoi, keskimääräinen sakoluku aleni.

### *Puintikosteuden ja sakoluvun välinen yhteys*

Puintikosteuden ja sakoluvun väliseksi Pearsonin korrelaatiokertoimeksi saatiin koko aineistosta  $-0.173$  \*\*. Kun aineisto luokiteltiin korjuukerran mukaan, saatiin ensimmäisen korjuuajan sakoluvun ja puintikosteuden väliseksi korrelaatiokertoimeksi  $-0.361$  \*\*\*, Toisen korjuuajan sakoluvun ja puintikosteuden välinen korrelaatiokerroin oli  $-0.433$  \*\*\*, ja vastaavasti kolmannen korjuuajan sakoluvun ja puintikosteuden välinen korrelaatiokerroin oli  $-0.391$  \*\*\*.

### *Eräiden muiden laatutekijöiden ja sakoluvun välinen yhteys*

Sakoluvun lisäksi aineistosta mitattiin koejäsenten tuhannen jyvän painot, hehtolitrainpainot, valkuaispitoisuudet, viskoluvut ja itävyys. Sakoluvun ja näiden laatuominaisuuksien väliset korrelaatiokertoimet ovat taulukossa 11. Taulukosta 12 ilmenevät vastaavat sakoluvun ja näiden laatuominaisuuksien korrelaatiokertoimet, kun aineisto on luokiteltu korjuun mukaan.



Taulukko 11. Sakoluvun ja tuhannen jyvän painon, hehtolitrainpainon, valkuaispitoisuuden, viskoluvun ja itävyyden väliset korrelaatiokertoimet.

	Korrelaatio	Merkitsevyys
Tuhannen jyvän paino	-0.097	ns
Hehtolitrainpaine	0.433	***
Valkuaispitoisuus	-0.159	*
Viskoluku	0.104	ns
Itävyys	0.032	ns

Taulukko 12. Sakoluvun ja tuhannen jyvän painon, hehtolitrainpainon, valkuaispitoisuuden, viskoluvun ja itävyyden väliset korrelaatiokertoimet eri korjuukertoina.

	Korjuukerta		
	1.	2.	3.
Tuhannen jyvän paino	-0.156 ns	-0.092 ns	-0.075 ns
Hehtolitrainpaine	0.523 ***	0.496 ***	0.340 ***
Valkuaispitoisuus	-0.248 *	0.144 ns	-0.189 ns
Viskoluku	0.049 ns	0.040 ns	-0.005 ns
Itävyys	0.002 ns	0.254 *	0.074 ns

Taulukoista 11 ja 12 on nähtävissä, että vain hehtolitrainpainon ja sakoluvun välillä vallitsi tilastollisesti merkitsevä korrelaatio. Sen sijaan muiden laatutekijöiden ja sakoluvun välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita. Hehtolitrainpainon ja sakoluvun välillä oli selvä positiivinen korrelaatio. Niinä vuosina, joina hehtolitrainpaine nousi korkeaksi, sakolukukin oli korkea.

## 5. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

### 5.1. Sään vaikutus sakolukuun

#### *Eri lajikkeiden parametreista*

Tehoisa lämpösumma, joka tarvitaan, jotta lajike vaipuisi dormanssiin,  $E_{TS,CRIT}$ , oli pienin Toivolla ja suurin Hankkijan Jussilla. Mitä korkeampi tämän parametrin arvo on, sitä myöhemmin lajikkeen dormanssi alkaa. Lajikkeista aikaisimpina voidaan pitää Toivoa ja Sampoja. Myöhäisimpiä näistä lajikkeista ovat Voima ja Anna. Lajikkeen tarvitsema tehoisa lämpösumma dormanssin saavuttamiseksi on yhteydessä lajikkeen aikaisuuteen. Aikaisempi lajike tarvitsee pienemmän lämpösumman kehittyäkseen dormanssiin saakka. FRÖMAN (1976) toteaa, että aikaiset lajikkeet pystyvät pidemmälle ehtineen kehityksensä ansiosta paremmin käyttämään hyväkseen keskikesän lämpöjaksoja vihreän alfa-amylaasin inaktivoimiseksi.

Dormanssin murtumiseen tarvittava lämpösumma,  $D_{TS,CRIT}$ , oli alhaisin Voimalla ja korkein Toivolla. Tämä parametri ilmaisee dormanssin pituuden eli mitä suurempi luku on, sitä kauemmin dormanssi kestää. Esimerkiksi parametrin arvo 80 merkitsee sitä, että dormanssi kestää seitsemästä kymmeneen vuorokautta. FRÖMANin (1976) mukaan aikaisilla lajikkeilla on myöhäisiä lajikkeita lyhyempi dormanssin pituus. Tässä aineistossa tämä ei näytä toteutuvan. Aikaisimmalla lajikkeella Toivolla on korkein  $D_{TS,CRIT}$ . Ja myöhäisemmällä lajikkeella Voimalla on pienin  $D_{TS,CRIT}$ . Lajikkeiden väliset erot  $D_{TS,CRIT}$ :n suhteen ovat kuitenkin pienet. Tämä vastaa kirjallisuudessa esiintyneitä tietoja, sillä esimerkiksi BENGTTSSON (1975) on todennut, että lyhyen dormanssin omaavalla lajilla, kuten rukiilla, lajikkeiden väliset erot dormanssin pituudessa ovat pienet. Aineistossa esille tuleva 20 asteen ero merkitsee käytännössä noin kahta vuorokautta.

Kun lasketaan yhteen lämpösumma, jonka lajike tarvitsee väipuakseen dormanssiin,  $E_{TS,CRIT}$ , ja lämpösumma, joka tarvitaan dormanssin murtumiseksi,  $D_{TS,DORM}$ , saadaan lämpösumma, minkä jälkeen lajikkeen sakoluku alkaa laskea säätekijöiden vaikutuksesta. Korkein summa oli Hankkijan Jussilla, 532.7, mutta Annan summa ei jäänyt paljon jälkeen tästä, sillä se oli 528.0. Muiden lajikkeiden summat jäivät alle 500:n. Voiman summa oli 480.4, Toivon 466.4 ja Sampon 452.8. Aikaisilla lajikkeilla sakoluku alkoi laskea säätekijöiden vaikutuksesta huomattavasti aiemmin kuin myöhäisillä lajikkeilla. Näyttäisi siltä, että Hankkijan Jussin hyvä sakoluvun kesto perustuu osittain tämän summan korkeuteen.

Sakoluvun päivittäisen arvon muuttumiseen tarvittava rajalämpötila,  $T_{FALL}$ , oli alhaisin Voimalla ja korkein Hankkijan Jussilla. Toivon parametrin arvo oli kuitenkin lähellä Voiman parametrin arvoa. Ja vastaavasti Annan parametrin arvo oli lähellä Hankkijan Jussin parametrin arvoa. Eli jos Voiman parametrin arvoa ei huomioida, parametrin arvo muuttui lajikkeen aikaisuuden mukaan. Mitä aikaisempi lajike, sitä alhaisemmat lämpötilat vaikuttavat sakoluvun päivittäisiin muutoksiin. Tämä antaa vahvistusta sille käsitykselle, että aikaiset lajikkeet pystyvät myöhäisiä lajikkeita paremmin käyttämään hyväkseen keskikesän lämpöjaksoja. Tämä näkyy siinä, että aikaisten lajikkeiden, Toivon ja Sampon sakolukumaksimit olivat korkeampia kuin myöhäisillä lajikkeilla Annalla ja Voimalla. Hankkijan Jussin korkeampi arvo voi selittyä sillä, että sen sakoluvun kestävyys on hyvä. Parametrit  $p_M$ ,  $p_{MA}$  ja  $p_D$  kuvaavat, kuinka suuri vaikutus lämpötilalla ja sen vaihtelulla on sakolukuun. Mitä suuremman arvon parametri saa, sitä voimakkaammin lämpötila ja sen vaihtelu vaikuttaa kunkin lajikkeen sakolukuun. Maksimilämpötilan parametrin  $p_M$  arvoille ei voitu havaita mitään linjaa lajikkeen aikaisuuden mukaan. Lajikkeiden väliset erot olivat varsin pienet. Ylimääräisen sakoluvun nousun parametrin  $p_{MA}$ :n arvoista Annan arvo erottui selvästi muiden lajikkeiden arvoja suurempana. Korkeat lämpötilat näyttäisivät vaikuttavan satoisaan ja myöhäiseen Annaan voimakkaimmin. Maksimilämpötiloissa tapahtuvien muutosten parametri  $p_D$  oli Annalla ja Toivolla muita lajikkeita suurempi. Lämpötilojen muutokset vaikuttivat siis voimakkaimmin myöhäiseen Annaan ja aikaiseen Toivoon. Parametrin  $p_{MA}$  muita lajikkeita korkeampi arvo Annalla tukee sitä, että Annan sakoluvun kehittyminen hyötyy korkeista lämpötiloista muita enemmän.

Sadannan parametri dormanssin murtumisen jälkeen,  $ppD$ , ilmaisee sen, kuinka suuri vaikutus sadannalla on sakolukuun dormanssin murtumisen jälkeen. Eri lajikkeiden arvoilla ei ollut suurta eroa. Sadannan vaikutus oli kaikilla lajikkeilla samansuuntainen. Sadannan vaikutus sakolukuun dormanssin murtumisen jälkeen oli voimakas, aiheuttihan esimerkiksi kahden päivän aikana tullut 30 mm:n sade 80 - 115 yksikön pudotuksen sakolukuun. Useissa aikaisemmissa tutkimuksissa tulokset ovat olleet samansuuntaisia (HUMMEL-GUMÆLIUS 1964, OLERED ja HUMMEL-GUMÆLIUS 1966, FRÖMAN 1976).

### *Dynaamisen mallin tarkastelu*

Kun tarkastellaan mallin laskemia ja mitattuja sakolukuja eri vuosilta, vuodet voidaan karkeasti ottaen jakaa kahteen ryhmään. Ensimmäisen ryhmän muodostavat ne vuodet, jolloin sakoluvun maksimi nousi korkealle, 170:een tai jopa se yli. Toiseen ryhmään kuuluvat ne vuodet, jolloin sakoluvun maksimi ei noussut yli 150:n. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat vuodet 1979, 1980, 1982, 1983 ja 1986. Toiseen ryhmään kuuluvat vuodet 1977, 1984 ja 1985. Vuodet 1978 ja 1981 ovat sakoluvun käyttäytymisen suhteen näiden ryhmien välissä.

Vuosille 1980, 1983 ja 1986 oli tyypillistä sakoluvun maksimin nousu yli 170:n, ja sen jälkeen tapahtuva sakoluvun todella nopea lasku. Sakoluvun nousu näin korkealle tasolle johtui maitotuleentumisvaiheessa sattuneista todella lämpimistä jaksoista. Vuonna 1980 tämä lämmin jakso sattui 24.7. - 5.8., ja maksimilämpötilat olivat jopa yli 25 ° C. Vuonna 1983 oli pitkä lämmin jakso 23.7. - 10.8. Vuonna 1986 tällainen lämmin jakso oli 27. 7. - 1.8. Vuosina 1983 ja 1986 näitä kyseisiä lämpöjaksoja aiemmin oli toinen lämmin jakso. Näiden lämpöjaksojen aikana maksimilämpötila oli yli 23 ° C. Nämä lämpöjaksot siis nostivat sakoluvut korkealle, mutta ne myös aiheuttivat sen, että dormanssista muodostui lyhyt. Vastaavan tuloksen saivat myös VARIS ym. (1983). Heidän mukaansa korkeita sakolukuja saatiin vasta, kun vuorokauden keskilämpötila ylitti 15 ° C. Myös HUMMEL-GUMÆLIUKSEN (1982) kokeistaan saamat tulokset ovat samansuuntaisia eli korjuuta edeltävällä lämpötilalla on huomattava vaikutus saatavaan sakolukuun.

Kun sakoluku oli noussut korkealle lämpimien säiden vuoksi, se myös laski nopeasti, sillä myös dormanssi päättyi aikaisin. Vuosille 1980, 1983 ja 1986 oli yhteistä se, että sakolukumaksimin saavuttamisen jälkeen alkaneet sateet laskivat nopeasti sakolukua. Vuonna 1980 elokuun alussa satoi kolmen päivän aikana 45 mm, ja sen jälkeen sakoluku romahti. Vuonna 1983 sakoluku alkoi laskea voimakkaasti, kun sattui halloja ja 12 mm:n sade. Vuonna 1986 sakoluku alkoi laskea voimakkaasti, kun alkoi lähes kymmenen vuorokauden mittainen sadejakso. Usein sakoluvun laskun alkamiseen liittyi myös lämpötilan lasku. Alhaisen lämpötilan ja hallan sakolukua alentavan vaikutuksen ovat havainneet ainakin HIIVOLA (1964) ja FRÖMAN (1971). HUMMEL-GUMÆLIUS (1982) esittää mielipiteenään, että kun sakoluku lämpimän tuleentumisajan jälkeen saavuttaa korkeita arvoja, se myös varmemmin säilyy, kuin viileän tuleentumisajan jälkeen muodostunut alhaisempi sakoluku. Tämän aineiston perusteella näyttää kuitenkin siltä, että lämpimän tuleentumisajan jälkeen saavutettu korkea sakoluku laskee erittäin helposti. Sateen sakolukua alentava vaikutus on todettu useissa tutkimuksissa (HUMMEL-GUMÆLIUS 1964, OLERED ja HUMMEL-GUMÆLIUS 1966, HUMMEL-GUMÆLIUS 1982, VARIS ym. 1983). FRÖMANin (1976) esittämä toteamus siitä, että jyvän kosteuspitoisuuden tulee ylittää tietty raja, jotta amylaasit aktivoituisivat, saa tukea tämän tutkimuksen tuloksista. Näyttää nimittäin siltä, että sateiden tulee olla riittävän suuria tai pitkäaikaisia, että sakoluku alkaisi todella voimakkaasti laskea.

Vuosille 1977 ja 1985, jolloin sakoluvun maksimi ei noussut yli 150:n, oli yhteistä se, ettei kumpanakaan vuonna sattunut sakolukua kohottavaa lämpöjaksoa jyvien maitotuleentumisvaiheessa. Tällaisen lämpöjakson aikana maksimilämpötilan tulisi nousta yli 23 °C:n, jotta sakoluku nousisi huomattavasti. Kasvukausi 1977 oli erityisen viileä, ja tehoisa lämpötilasumma jäi alle tuhannen asteen. Tälle vuodelle oli ominaista, että sakoluku ei missään vaiheessa noussut kovin korkealle. Tämä antaa viitteitä siitä, että lämpötilasta riippuvainen ns. vihreä alfa-amylaasi ei inaktivoitunut lainkaan, ja sakoluku pysyi alhaisena. Näille vuosille oli yhteistä myös se, että rukiin tähkälle tulo tapahtui keskimääräistä myöhäisempänä ajankohtana. Jyvien tuleentumisvaihe sattui siis ajankohtaan, jolloin keskimääräiset lämpötilat olivat alhaisempia kuin vuosina, jolloin jyvien tuleentuminen tapahtui normaaliin aikaan eli heinäkuun puolestavälistä elokuun puoleenväliin mennessä. Vuonna 1984 mallissa näkyy selvästi heinäkuun lopun ja elokuun alun lämpimän jakson sakolukua nostava vaikutus. Jakson aikana maksimilämpötilat nousivat yli 24 °C:n, mutta tämä lämmin jakso ei kyennyt kohottamaan sakolukua 150:ntä korkeammalle. Tämän lämpimän jakson jälkeen alkoi sateinen jakso, jonka aikana sakoluku alkoi vähitellen laskea.

Dynaaminen malli kykeni varsin hyvin laskemaan sakoluvun nousun lämpöjaksojen jälkeen. Kuitenkaan se ei pystynyt ennustamaan sakoluvun nousua aivan huippulukemiin vuosina, jolloin sakoluvun maksimi oli todella korkea. Näin tapahtui esimerkiksi vuosina 1980, 1983 ja 1986. Jos mallia käytettäisiin sakoluvun ennustuspalvelussa, onkin parempi, että malli arvioi sakoluvun nousun varovaisesti. Sakoluvun laskun malli laski olevan nopeamman kuin mitä mittausten perusteella tapahtui. Tämä johtui osaltaan siitä, että malli ei ottanut huomioon sateen ja lämpötilan yhteisvaikutusta dormanssin murtumisen jälkeen.

Sakoluvun heilahteluja malli ja sille annetut säätiedot eivät kyenneet kovin tarkasti ennustamaan. Mallin ennustamat vaihtelut olivat maltillisempia kuin todellisuudessa havaitut. Erityisen voimakkaita nämä heilahtelut olivat vuonna 1983, jolloin sakoluku oli yleisesti ottaen korkea. Kuten OLERED (1967) toteaa, rukiin sakoluku ei koskaan saavuta vakaata tasoa, vaan sakoluvussa esiintyy aina vaihtelua. Jyvän kehitykselle on tyypillistä alfa-amylaasin ja tärkkelyksen dynaaminen suhde. Siihen kuuluu jyvän vesitalouden säätely. OLEREDin (1967) mukaan lämpötila ja sade voimistavat näitä jyvän sisäisiä toimintoja. Jos näin on, on ymmärrettävää, ettei säätelijöiden avulla täysin pystytä selittämään näitä sakoluvun vaihteluita. Aineistoa tarkasteltaessa voitiin kuitenkin havaita, että sakoluvun vaihtelujen aikaan keskimääräisessä lämpötilassa tapahtui selvä muutos tai silloin sattui sateita. Sakoluku laski, kun lämpötila laski selvästi tai kun saatiin sadetta. Osan vaihtelusta selittävät luonnollisesti näytteenottovirheet.

Edellä esitetyn pohjalta näyttää siltä, että rukiin sakoluvun alhaisuus Etelä-Pohjanmaalla johtui kahdesta eri seikasta. Ensinnäkin vain erittäin viileinä vuosina, kuten vuosi 1977, sakoluku ei noussut missään vaiheessa kovin korkeaksi. Tällöin ns. vihreä alfa-amylaasi ei ilmeisestikään inaktivoitunut, kuten lämpimissä oloissa tapahtuu. Näinä vuosina sakoluku laski korjuuseen mennessä pohjalukemiin.

Useimpina vuosina sakoluvun maksimi kävi varsin korkealla. Esimerkiksi niistä kymmenestä vuodesta, joihin dynaaminen malli sovitettiin, viitenä vuonna sakoluvun maksimi oli yli 170:n. Sakoluvun nousun näin korkealle aiheuttivat todella lämpimät jaksot rukiin tuleentumisvaiheessa. Lämpimien säiden vuoksi dormanssista tuli lyhyt, ja sateet ja lämpötilan lasku aiheuttivat sakoluvun nopean laskun. Ongelmana oli se, että sakoluvun maksimi ajoittui jyvän maitotuleentumisvaiheeseen, eikä ruis vielä silloin ollut leikkuupuintikelpoista. Kun rukiin kosteus laski sellaiselle tasolle, että ruis oli puintikuntoista, sakoluku oli jo laskenut.

### *Ehdotukset mallin parantamiseksi*

Jotta dynaamista mallia voitaisiin parantaa, sakolukumittauksia tulisi olla enemmän. Mittaukset tulisi aloittaa hyvin aikaisessa vaiheessa eli silloin, kun tärkkelyksen varastointi jyvään alkaa. Aikaisempien mittausten avulla saataisiin tarkempaa tietoa sakoluvun kehittymisestä jyvän aikaisessa kehitysvaiheessa ja säätekijöiden vaikutuksesta siihen. Riittävän tiheät mittaukset antaisivat myös lisätietoa sakoluvun vaihteluista. Ideaalista olisi tehdä sakolukumittauksia päivittäin, mutta käytännössä se ei välttämättä ole mahdollista. Jotta dynaamista mallia voitaisiin käyttää sakoluvun ennustamiseen, sakolukumittauksia olisi syytä tehdä eri puolilla maamme paikallisen ilmaston vaikutusten selvittämiseksi.

Mallia voitaisiin parantaa myös siten, että dormanssin murtumisen jälkeen sateen ja lämpötilan yhteisvaikutus otettaisiin huomioon. Nykyisellään malli ei ota huomioon sitä, että lämpimällä säällä tarvitaan suurempi sade sakoluvun laskuun kuin viileällä. Tämä puute aiheuttaa osaltaan sen, että malli olettaa sakoluvun laskevan nopeammin kuin mitä mittausten perusteella tapahtuu.

## 5.2. Muiden tekijöiden vaikutus sakolukuun

### *Korjuuajan vaikutus sakolukuun*

Tuloksista ilmenee, että rukiin sakoluku laskee ensimmäisestä kolmanteen korjuu-aikaan. Samaten rukiin sakolukurssi kasvoi, jos rukiin tuleentumisvaihe viivästyi keskimääräisestä ajankohdastaan ja korjuu siirtyi syyskuun puolelle. Vastaavia tuloksia ovat tutkimuksissaan saaneet BENGTTSSON (1975), LALLUKKA (1976) ja VARIS ym. (1983). Sakoluvun laskua ensimmäisestä kolmanteen korjuu-aikaan selittää se, että sakoluvun optimi on ohi. Tuleentumisen siirtyminen keskimääräistä myöhempään aiheutti sen, että sakoluvun maksimitaso aleni. Tämä johtui siitä, että keskimääräiset lämpötilat alenivat.

### *Lajikkeen vaikutus sakolukuun*

Tuloksista ilmeni, että lajikkeiden väliset erot sakoluvun suhteen olivat varsin pieniä. Vain Ponsi erosi tilastollisesti merkitsevästi mittarilajike Voimasta. Ponsin sakoluku oli korkea ja se laski monia muita lajikkeita hitaammin. Muilta ominaisuuksiltaan Ponsia ei kuitenkaan voi pitää Etelä-Pohjanmaan olosuhteisiin sopivana, sillä sen talvenkestävyys on riittävä vain Etelä-Suomen vähälumisilla alueilla.

Vaikka lajikkeiden väliset erot olivat suhteellisen pieniä, on tuloksista nähtävissä, että pienijyväisten ja aikaisten lajikkeiden, kuten Ensin, Toivon ja Sampon, sakoluku nousi usein korkeammalle kuin suurijyväisten ja myöhäisten lajikkeiden. Aikaisten lajikkeiden sakoluku myös laski nopeasti. Tämä vastaa täysin kirjallisuudesta saatuja tietoja (FRÖMAN 1976). Annan, Hankkijan Jussin, Sampon, Toivon ja Voiman sakolukuominaisuuksista on enemmän tietoa dynaamisen mallin tarkastelun yhteydessä.

### *Lakoutumisen vaikutus sakolukuun*

Tässä aineistossa ei saatu merkittävää korrelaatiota sakoluvun ja lakoutumisen välille. Lakoprosentti vaihteli 17:n ja 98:n välillä, ja keskimäärin se oli 72 %. Keskihajonta oli 19, mikä antaa viitteitä siitä, että suhteellisen runsas lakoutuminen oli tyypillistä kokeen jäsenille. Lakoutumattomia koejäseniä ei ollut.

VARIS (1975b) totesi lisääntyvän lakoutumisen alentavan sakolukua. Tässä kokeessa saatua heikkoa korrelaatiota sakoluvun ja lakoutumisen välillä voidaan selittää juuri sillä, että lakoutumattomia koejäseniä ei ollut ja että koejäsenet lakoutuivat jo suhteellisen aikaisessa vaiheessa, koska kylvö tehtiin aina kesantoon, josta vapautuu runsaasti tyypeä kasvukauden aikana. Erot lakoutumisen määrässä vaihtelivat vuosien välillä, ei niinkään eri koejäsenten välillä.



### *Talvituhojen vaikutus sakolukuun*

Tuloksista käy ilmi, että talvituhojen määrällä ja sakoluvulla oli tilastollisesti erittäin merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Tasaisen ja hyvälaatuisen sadon edellytyksenä on tasainen oras keväällä. Jos talvituhot ovat huomattavat, korkean sakoluvun saaminen vaikeutuu. Epätasaisessa kasvustossa sakoluku vaihtelee huomattavasti enemmän kuin tasaisessa. Tämä ilmiö on havaittavissa tässäkin aineistossa. Vuosina 1977, 1985 ja 1987, jolloin sakoluvut olivat ensimmäisenäkin korjuuaikana alhaisia, oli keskimääräistä korkeammat talvituhot. Poikkeuksen muodostaa vuosi 1982, jolloin malli olettaa sakoluvun käyvän korkealla. Sinä vuonna talvituhot olivat huomattavasti keskimääräistä suuremmat, mutta sakoluvun maksimi oli kuitenkin korkea.

### *Puintikosteuden ja sakoluvun välinen yhteys*

Korjuukertoja erikseen tarkasteltaessa puintikosteuden ja sakoluvun välillä oli tilastollisesti erittäin merkitseviä korrelaatioita. Jyvän kosteuspitoisuus ilmaisee karkeasti jyvän tuleentumisasteen. Mitä pidemmälle tuleentuminen on ehtinyt eli mitä alhaisempi jyvän puintikosteus on, sitä alhaisempi sakoluku on.

### *Eräiden muiden laatutekijöiden ja sakoluvun välinen yhteys*

Tässä tutkimuksessa saatiin tilastollisesti merkitsevä yhteys vain hehtolitranspainon ja sakoluvun välille. Sen sijaan tuhannen jyvän painon, valkuaispitoisuuden, viskoluvun, itävyyden ja sakoluvun välille ei saatu tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita. Hehtolitranspainon ja sakoluvun välinen korrelaatio oli erittäin merkitsevästi positiivinen. Vuosina, jolloin sakoluku nousee korkealle, hehtolitranspainokin nousee korkeaksi. Ja kun sakoluku alkaa korjuun viivästyessä laskea, hehtolitranspainokin laskee. VARIS ym. (1983) totesivat hehtolitranspainon muutosten seuraavan sakoluvun muutoksia.

## Kirjallisuus

- ANON. 1970-1986. Leipäviljaotanta 1970-1986. Viljantutkimustoimikunta ja Valtion Viljavarasto, Tutkimuslaboratorio. Tiedonantoja.
- 1987-1988. Leipäviljaotanta 1987-1988. Valtion viljavaraston viljalaboratorio. Tiedonantoja.
- BELDEROK, B. 1968. Seed dormancy problems in cereals. *Field Crop Abstr.* 21: 203-211.
- BENGTSSON, A. 1975. Skördetidsförsök med höstråg. *Lantbr.högsk. Inst. växtodling Rapp. och Avhandl.* 40: 1-27.
- BOLLING, H. & WEIPERT, D. 1981. Roggenqualität in Abhängigkeit vom Erntetermin. *Getreide Mehl und Brot* 35: 225-230.
- FAGERBERG, B. 1966. Falltalets variation med hälsyn till kärnans läge i axet. Examensarbete i växtodling. *Lantbr.högsk. Uppsala*, stencil.
- FRÖMAN, B. 1971. Sexradskorn. Mognadsförlopp och skörd i nordligaste Sverige. *Licentiatavhandling i växtodling. Lantbr.högsk. Uppsala*, stencil.
- 1976. Amylasaktivitetens beroende av miljö och odlingsteknik. *Lantbr.högsk. Konsulentavd. Stencilserie. Mark-Växter* 31: 1-56.
- & MATTSON, R. 1977. Kan odlaren påverka falltalet. *Aktuellt från Lantbr.högsk. Nr 247. Mark-Växter* 63: 1-21.
- HIIVOLA, S-L. 1964. Skördetidsförsök med vårsäd i Dickursby 1962. *Maatal. ja Koetoim.* 18: 38-45.
- HITZE, W. 1969. Untersuchungen über Aktivität und Verteilung der Alpha-Amylase, Cellulase und Proteasen in reifenden Weizen- und Roggenkorn. 111p. Berlin.
- HUMMEL-GUMÆLIUS, T. 1964. Nederbördens inflytande på mältningsgraden hos brödsäd. *Sver. Utsädesför. Tidskr.* 74: 41-63.
- 1982. Några väderfaktorers inflytande på falltalet hos Kungsråg i västra Skåne åren 1965 - 1976. *Sver. Utsädesför. Tidskr.* 1982, 3: 203-210.
- JUUTI, T. 1985. Syysruis. *Hankkijan siemenjulkaisu* 1985: 38-41.
- KARVONEN, T. 1990. Automatic parameter estimation using a random search method. Helsinki University of Technology, Laboratory of Hydrology and Water Resources Management. *Research Report* 1990: 6.
- LALLUKKA, U. 1976. Rukiin korjuuaika. *Kehittyvä Maatalous* 28: 19-28.
- LARSSON, R. 1969. Falltalets samband med miljöbetingelser, odlingsmaterial och odlingsåtgärder under svenska förhållanden. Särtryck ur NJF-kongressen i Helsingfors 1969.

- LUNDEGRÉN, J. 1967. Falltalets variation i odlingar av brödspannmål. Examensarbete i växtodling. Lantbr.högsk. Uppsala, stencil.
- MUKULA, J. & RANTANEN, O. 1989. Climatic risks to the yield and quality of field crops in Finland. III. Winter rye 1969-1986. *Ann. Agric. Fenn.* 28: 3-11.
- MÜNZING, K., EL BAYÁ, A. W. & SPICHER, G. 1984. Die Selbsthitzung als Ursache von Qualitätsänderungen bei naturfeuchtem Roggen. *Getreide Mehl und Brot* 38: 323-327.
- OLERED, R. 1967. Development of alpha-amylase and falling number in wheat and rye during ripening. *Växtodling* 23: 1-106.
- & HUMMEL-GUMÆLIUS, T. 1966. Falltalsundersökningar på råg och vete under mognadsperioden. *Sver. Utsädesför. Tidsskr.* 76: 177-193.
- OLOFSSON, B. 1965. Sätidens inflytande på falltalet hos höstsäd. Examensarbete i växtodling. Lantbr.högsk. Uppsala.
- RINGLUND, K. 1965. Stivelsekvalitet og proteinkvalitet hos norskavlet kveite. *Meld. Norg. Lantbr.høgsk.* 44: 1-36.
- ROHRLICH, M. & HITZE, W. 1969. Aktivität und Verteilung der Alpha-Amylase in reifenden Weizen und Roggen. *Z. Pfl. Zücht.* 61: 141-158.
- SUOMELA, H., POHJONEN, V. & PÄÄKYLÄ, T. 1977. Suomalaisen leipäviljan laatu eri maatalouskeskusten alueella vuosina 1966-1974. Helsingin yliopisto. Kasvinviljelytieteen laitos. Julk. no 1: 1-20.
- SVENSSON, G. & LAGERSTRÖM, G. 1966. Bestimmung der Auswuchsresistenz bei Weizen, Gerste und Hafer. *Agric. Hort. Genet.* 24: 11-47.
- VARIS, E. 1975a. Syysruis. *Hankkijan Siemenjulkaisu* 1975: 27-30.
- 1975b. Rukiin typpilannoitus ja korrenvahvistajan käyttö. *Hankkijan Siemenjulkaisu* 1975: 183-186.
- , ÖSTERBERG, T. & HUTTUNEN, R. 1983. Rukiin laadun alueellinen vaihtelu Suomessa. Helsingin yliopiston Kasvinviljelytieteen laitos, Julk. no 10: 1-47.
- WESTERMARCK-ROSENDAHL, C. 1978. Harvest deterioration of wheat and rye and some efforts to reduce its detrimental effects on some technological properties. *HY EKT Sarja* 465.
- WOODMAN, H.E. & ENGLEADOW, F. L. 1924. A chemical study of the development of the wheat grain. *J. Agric. Sci.* 14: 299-318.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1986

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1985. 69 p.
2. KEMPPAINEN, E. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. 102 p. + 6 liitettä.
3. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Lietelanta nurmen peruslannoitteena. 25 p.
4. NIEMELÄINEN, O. Nurmikkoheinien ominaisuudet. Kirjallisuustutkimus. Tuloksia punanatojen ja niittynurmikan virallisista nurmikon lajikekokeista vuosilta 1977-1984. 48 p.
5. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1978-1985. 128 p. + 4 liitettä.
6. NIEMELÄINEN, O. & PULLI, S. Puna-apilalajikkeiden siemenmuodostus. Tuloksia apilan virallisista siemenviljelyn lajikekokeista vuosilta 1978-1984. 42 p.
7. NIEMELÄINEN, O. Syksyn, talven ja kevään lämpö- ja valo-olojen vaikutus koiranheinän, niittynurmikan ja punanadan röyhymuodostukseen. Kirjallisuustutkimus. 51 p.
8. ERVIÖ, L-R. & ERKAMO, M. Pakettipellon viljelyn uudelleen aloittaminen herbisidien avulla. p. 1-15.  
ERVIÖ, L-R. Korren vahvistaminen timotein siemenviljelyksillä. p. 16-21.  
HIIVOLA, S-L. Klormekvatin käyttö timotein siemennurmilla. p. 22-27.  
ERVIÖ, L-R. & HIIVOLA, S-L. Herbisidien käytön vähentäminen viljakasvustossa. p. 28-42.
9. KEMPPAINEN, E. & HAKKOLA, H. Säilörehun puristeneste ja virtsa lannoitteina. 43 p.
10. MATIKAINEN, A. & HUHTA, H. Nurmikasvilajikkeet Karjalan tutkimusasemalla. 24 p.
11. SOVERO, M. Nopsa-kevättrypsi. 15 p. + 2 liitettä.
12. NIEMELÄ, P. Kuiviketurpeen soveltuvuus turkistarhoilla kertyvän sonnan ja virtsan käsittelyyn. 15 p. + 4 liitettä.
13. PULLI, S., VESTMAN, E., TOIVONEN, V. & AALTONEN, M. Yksivuotisten tuorerehukasvien sopeutuminen Suomen kasvuoloihin. 51 p.
14. SIMOJOKI, P., RINNE, S-L., SIPPOLA, J., RINNE, K., HIIVOLA, S-L. & TALVITIE, H. Hernekaurasta saatava typpilannoitusohje. 27 p. + 22 liitettä.
15. SÄKÖ, J. & YLI-PIETILÄ, M. Hedelmäpuiden ja marjakasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 28 p.
16. MANNER, R. & KORTET, S. Niina-ohra. 31 p. + liite.

17. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien, lannoituksen ja sadetuksen vaikutus kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, sulfaattirikin sekä kloridin huuhtoutumiseen savimaasta. 43 p.
18. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikasvisäilörehujen valmistus, laatu, rehuarvo ja mahdollinen käyttö etanolin valmistuksessa. 106 p. + 23 liitettä.
19. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 1. Kolmen ensimmäisen lypsykauden tuotantotulokset. 114 p. + 5 liitettä.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. 2. Lehmien syöntikyky, ravinnonsaanti ja rehun hyväksikäyttö sekä hedelmällisyys ja kestävyys kolmen ensimmäisen tuotantovuoden aikana. 293 p. + 23 liitettä.
21. RAVANTTI, S. Iki-timotei. 33 p. + 1 liite.
22. URVAS, L. & VIRKKI, K. Maaperäkarttaselitys. Turku-Rymättylä. 34 p. + 7 liitettä.
23. VUORINEN, M. Kalkituskokeiden tuloksia saraturvemaalta 1977-1983. 22 p.

1987

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1986. 72 p.
2. PALDANIUS, E. Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja typpilähteinä käyttäen. 55 p. + 1 liite.
3. LEIVISKÄ, P. & NISSILÄ, R. Säämittauksen tuloksia Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. 31 p.
4. HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R., RINNE, K. & VUORINEN, M. Odelman typpilannoitus, sängenkorkeus ja niittoaika. 39 p.
5. NIEMELÄ, T. & NIEMELÄINEN, O. Kasvualustan tiivistyminen ja nurmikon kuluminen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. p. 1-30.  
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatus ja käyttö. Kirjallisuuskatsaus. p. 31-42.
6. LUOMA, S., RAHKO, I. & HAKKOLA, H. Kiinankaalin viljelykokeiden tuloksia 1981-1985. 25 p.
7. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1979-1986. 165 p. + 9 liitettä.
8. SEPPÄLÄ, R. & KONTTURI, M. Mallasohran reagointi typpilannoitukseen. p. 1-66.  
KUISMA, T. & KONTTURI, M. Typpilannoituksen vaikutus ohralajikkeiden mallastuvuuteen. p. 67-134.

9. YLI-PIETILÄ, M., SÄKÖ, J. & KINNANEN, H. Puuvartisten koristekasvien talvehtiminen talvella 1984-1985. 38 p.
10. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus, typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. 30 p.
11. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. p. 1-8.  
Domestic Varieties. p. 9-17.
12. TUOVINEN, T. Omenakääriäisen ennustemenetelmä. p. 1-17. Pihlajanmarjakoin ennustemenetelmä. p. 18-32.
13. MÄKELÄ, K. Peittauksen vaikutus kotimaisen heinänsiemenen itävyyteen, orastuvuuteen ja sienistöön. 15 p.
14. Osa 1. YLÄRANTA, T. Radioaktiivinen laskeuma ja säteilyvalvonta. PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljelykasveihin. 62 p.  
Osa 2. KOSSILA, V. Radionuklidien siirtyminen kotieläimiin ja eläintuotteisiin sekä vaikutukset eläinten terveyteen ja tuotantoon. 109 p.
15. RAVANTTI, S. Alma-timotei. 38 p. + 2 liitettä.
16. LEHMUSHOVI, A. Ryhmäruusujen lajikekokeet vuosina 1981-1984. 29 p.
17. JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Karkeiden kivennäismaiden ja turvemaiden kuparipitoisuus ja sen vaikutus kauran kasvuun astiakokeessa. p. 1-17.  
Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoituksella saatuihin kauran satotuloksiin. p. 18-37.  
Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenravinnepitoisuuksiin. p. 38-47.  
Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri kuparimäärillä saadut tulokset. p. 48-62.  
Kuparilannoitelajien vertailu astiakokeessa kauralla. p. 63-68.
18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen viljelylajike. p. 1-8.  
Mesimarjan jalostus johtanut tulokseen. p. 9-21.
19. TALVITIE, H., HIIVOLA, S-L. & JÄRVI, A. Satojen ja satovahinkojen arviointitutkimus. 87 p.
20. KEMPPAINEN, R. Puna-apilan ympypäys Rhizobium-bakteerilla. Inoculation of red clover by Rhizobium strain. 24 p.
21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu kasvavien ayrshire-sonnien ruokinnassa. p. 1-40.  
ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset väkirehuannokset kasvavien ayrshire-sonnien olkiruokinnassa. P. 41-66.  
ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo säilörehun valmistuksessa. p. 67-86.
22. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä v. 1983-1986. 32 p. + 2 liitettä.

23. PIETOLA, L. & ELONEN, P. Peltokasvien sadetus normaalia kosteampina kasvukausina 1980-85. 76 p. + 1 värikuvaliite.
24. PIETOLA, L. Maan mekaaninen vastus kasvutekijänä. 94 p. + 3 liitettä.

1988

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1987. 83 p.
2. ANISZEWSKI, T. Puiden, pensaiden ja viljeltävän turvemaan fenologinen tutkimus. Phenological study on the trees, bushes and arable peat land. 120 p. + 5 liitettä.
3. RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., TALVITIE, H., SIMOJOKI, P., RINNE, K. & SIPPOLA, J. Viherkesannon vaihtoehdot rukiin viljelyssä. 53 p. sisältäen 9 liitettä.
4. JUNNILA, S. Pienannosherbisidit kevätiljoilla - Glean 20 DF, Ally 20 DF ja Logran 20 WG. p. 1-15.  
Starane M kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 16-18.  
Kamilon B ja Kamilon D kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. p. 19-23.  
Kevätviljaherbisidit Rikkahävite KH 10/77, KH 2/83 ja Ipactril. p. 24-31.
5. KIIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasvipiperäisten valkuaisrehujen sulavuus minkillä. Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink. p. 1-13  
KIIISKINEN, T., MÄKELÄ, J. & ROUVINEN, K. Eri viljalajien sulavuus minkillä ja siniketulla. Smältbarhet av olika spannmål hos mink och blåräv. Digestibility of different grains in mink and blue fox. p. 14-23.
6. SIMOJOKI, P. Ohran boorinpuutos. 100 p. + 3 liitettä.
7. SIMOJOKI, P. Lupiinin viljelytekniikka. p. 3-22, 2 liitettä.  
EKLUND, E. & SIMOJOKI, P. Yksivuotisen lupiinin nystyräbakteerien eristäminen ja valikoitujen siirroskantojen testaus kenttäolosuhteissa. p. 23-34, 1 liite.  
ANISZEWSKI, T. Kylvöajan vaikutus lupiinin (*Lupinus angustifolius* L.) siemensatoon Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 35-54.  
ANISZEWSKI, T. Lupiinin siementuotanto Keski- ja Pohjois-Suomessa. p. 55-90.
8. HÄMÄLÄINEN, I. & ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys, Jyväskylä. 39 p. + 14 liitettä.
9. ERVIÖ, R. & HÄMÄLÄINEN, I. Maaperäkarttaselitys, Lahti. 41 p. + 2 liitettä.
10. TAKALA, M. Palkokasvien biologiasta. 18 p. + 26 taulukkoa.
11. TAKALA, M., TAHVONEN, R. & VUORINEN, M. Väkilannoitus ja "biologiset" viljelymenetelmät perunan, porkkanan ja punajuurikkaan viljelyssä. 36 p.

12. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1980-1987. 138 p. + 1 liite.
13. LUNDEN, K. & SÄKÖ, J. Koristepuiden ja -pensaiden talvehtiminen. Talvi 1986/87. 86 p. + 4 liitettä.
14. SÄKÖ, J. & LUNDEN, K. Talven 1986-87 tuhot hedelmä- ja marjatarhoissa. 34 p.
15. RINNE, K. & MÄKELÄ, J. Karitsoiden kasvu laitumella. 18 p.
16. ILOLA, A. Katovuoden 1987 kevätviljojen siemenen orastumisko-  
keet. p. 1-17.  
RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhy-  
kejakoehdotus. p. 18-31.
17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätviljojen ja -öljykasvien kylvö-  
aika. 72 p.
18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. p. 1-15.  
Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. p. 16-24.
19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudan liete-  
lannan tehoon ohran lannoitteena. 35 p.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkar-  
jan vertailu vasikka- ja hiehokaudella säilörehu-vilja- ja  
heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.
21. PITKÄNEN, J., ELONEN, P., KANGASMÄKI, T., KÖYLIJÄRVI, J., TAL-  
VITIE, H., VIRRI, K. & VUORINEN, M. Aurattoman viljelyn vai-  
kutukset kevätviljojen satoon ja laatuun: kuuden koevuoden  
tulokset. p. 1-61 sisältäen 3 liitettä.  
Summary: Effects of ploughless tillage on yield and quality  
of cereals: results after six years.  
  
PITKÄNEN, J. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin  
ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. p. 62-167 sisältäen 3  
liitettä.  
Summary: Effects of ploughless tillage on physical and chemi-  
cal properties of soil.
22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityy-  
piltään erilaisten herneiden sadon muodostumiseen. 69 p.

1989

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 23 p.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONT-  
TURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1981-1988.  
147 p. + 8 liitettä.
3. VUORINEN, M. Turvemaan kaliumlannoitus. 17 p.
4. TAKALA, M. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdolli-  
suuksista heinäkorjuussa. 21 p. + 12 liitettä.



5. HAKKOLA, H., PULLI, S. & HEIKKILÄ, R. Nurmikasvien siemenseoskokeiden tuloksia. 57 p.
6. HAKKOLA, H. & LUOMA, S. Perunan viljelykokeiden tuloksia 1981-88. 25 p.
7. AFLATUNI, A. & LUOMA, S. Avomaan vihannesten lajikekokeiden tuloksia 1986-88. 36 p.
8. HÄRKÖNEN, M. & MUSTALAHTI, A. Perennojen menestyminen ja kukinta-ajat Pohjois-Suomessa 1979-85. 20 p. + 2 liitettä.
9. RUOTSALAINEN, S. Marjakasvien tervetäimituotanto ja sen merkitys Suomessa. 57 p.
10. UUSI-KÄMPPÄ, J. Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumiltilta. 66 p.
11. Öljykasvien viljelyn edistäminen. Yhteistutkimuksen tuloksia vuosilta 1985 - 1988. Toimittanut Katri Pakkala. 95 p.
12. JUHANOJA, S. Juurrutushormonien käyttö vesiviikunan Ficus pumila L. pistokkaiden juurrutuksessa. p. 2-6.  
 JUHANOJA, S. & PESSALA, T. Vuodenajan vaikutus viherkasvien pistokkaiden juurtumiseen ja taimien jatkokasvatusaikaan. p. 7-22.  
 JUHANOJA, S. Ampelikasvien viljelyaikatauluja. p. 23-34.  
 PESSALA, T. Sulkasaniaisen lisäys. p.35-38.
14. JOKI-TOKOLA, E. Väkiheinä ja säilörehut lihanautojen ruokintakokeissa. 46 p.
15. MÄKELÄ, K. Kesäkukkien kauppasiemenen laatu. 15 p. + 10 liitettä.
16. KÄNKÄNEN, H., HIIVOLA, S.-L. & HEIKKILÄ, R. Kalkitusajankohdan vaikutus kalkituksen tehoon. 38 p. + 1 liite.
17. ROUVINEN, K. & NIEMELÄ, P. Plasmasytoosi heikentää pentutulosta ja pentujen varhaiskehitystä minkillä. Plasmacytos försämrar avelsresultatet och valparnas tidiga tillväxt hos mink. Plasmacytosis impairs breeding result and early kit growth in the mink. p. 1-17.  
 ROUVINEN, K. Erilaisten rasvojen sulavuus minkin ja siniketun pennuilla - emulgaattorien vaikutus. Fettsmältbarhet hos mink- och blårävsvalpar - inverkan av emulgerande ämnen. Digestibility of different fats in mink and blue fox kits - influence of emulsifying agents. p. 18-37.
18. JOKINEN, R. Fosforin saostukseen käytettävien kemikaalien vaikutus jätevesilietteiden ominaisuuksiin sekä käyttöarvoon lannoitteena ja maanparannusaineena. p. 54.
19. JÄRVI, A. Typpilannoitus ja kasvuston CCC-käsittely timotein siemennurmilla. p. 1-24.  
 Timotein siemennurmen typpilannoitus, riviväli ja siemenmäärä. p. 26-48.  
 Alkuperältään erilaiset timoteilajikkeet siementuotannossa. p. 50-52.
20. URVAS, L. & TARES, T. Maanäytteen ottoaika ja viljavuusluvut. 17 p.

21. SAASTAMOINEN, M. & PÄRSSINEN, P. Yty-kaura. 29 p. + 2 liitettä.
22. RAVANTTI, S. Juliska-punanata. 51 p. + 1 liite.

1990

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 40 p.
2. MARKKULA, M., TIITTANEN, K. & VASARAINEN, A. Torjunta-aineet maa- ja metsätaloudessa 1953 - 1987. 58 p.
3. KUMPULA, R. Mikrolisätyn mansikan emotaimiklooneissa esiintyvä muuntelu. 61 p. + 2 liitettä.
4. MELA, T., KÄNKÄNEN, H. & ILOLA, A. Heikkoitoisen kevätviljan arvo kylvösiemenenä. 28 p. + 20 liitettä.
5. SALO, Y & PIETILÄ, E. Laari-kevätevehnä. 32 p. + 2 liitettä.
6. RIEPPONEN, L. & RINNE, S-L & HIIVOLA, S-L & SIMOJOKI, P. & SIPPOLA, J. ja TALVITIE, H. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuusvertailu. 38 p. + 8 liitettä.
7. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1982 - 1989. 129 p. + 2 liitettä.
8. URVAS, L. Sinkkisulfaatti timotein lannoitteena p. 1-11  
Sinkkisulfaatti ja kelaatit sinkkilannoitteina p. 12-18
9. KOIKKALAINEN, K., HUHTA, H., VIRKAJÄRVI, P. & HEIKKILÄ, R. Pitkäaikaisen säilörehunurmen kaliumlannoitus heikosti kaliumia pidättävillä mailla. 59p. 9 liitettä.
10. AURA, E. Salaojien toimivuus sávimaassa. 93p.
11. UOSUKAINEN, M. Tervetaimiasemalla tuotannossa olevat ja lajikekokeita varten lisätyt luumulajikkeet. p. 1-29.  
UUSITALO, M. Luumujen ja kirsikan virustaudit. p. 31-42.
12. JUHANOJA, S. Kesäkukkien leikkoviljely kasvihuoneessa. p. 1-24 + 1 liite.  
JUHANOJA, S. Morsiusharson kaksivuotinen lasinalaisviljely. p. 25-32.  
JUHANOJA, S. Pikkusipulikukkien leikkoviljely kasvihuoneessa. p. 33-37.

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983-1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kultra-kevätrypsi. 20 p. + 1 liite.

4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. ( Sotkamon maanparannuskoe ).
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.

