

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE

8/93

HANNELE SANKARI

Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit

Kirjallisuuskatsaus

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE 8/93

HANNELE SANKARI

Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit

Kirjallisuuskatsaus

Kasvintuotannon osaraportti esitutkimukseen
"Energian tuottaminen elintarviketuotannosta vapautuvalla peltoalalla"

Suitability of cultivated plants for bioenergy production

Literary survey

*The partial report of plant production to the preliminary study entitled
"Energy production in the areas released from food production"*

Maatalouden tutkimuskeskus
Kasvintuotannon tutkimuslaitos
Kasvinviljelyn tutkimusala
31600 JOKIOINEN
puh. (916) 1881

Jokioinen 1993
ISSN 0359-7652

SISÄLLYS

ESIPUHE	5
TIIVISTELMÄ	7
SUMMARY	8
JOHDANTO	9
1 BIOENERGIA	9
1.1 Mitä bioenergia on?	9
1.2 Miksi bioenergiaa?	9
2 BIOENERGIAN KÄYTTÖMUODOT	10
2.1 Moottoripolttoaineet	10
2.1.1 Biodiesel	10
2.1.2 Etanoli	11
2.2 Voitelu- ja hydraulioöljyt	11
2.3 Kiinteät polttoaineet	12
2.4 Biokaasut	12
3 BIOENERGIAN TUTKIMUS JA KÄYTTÖ	13
4 PELTOKASVIT BIOENERGIAN RAAKA-AINEENA	17
4.1 Kasvien valintakriteerit	18
5 PELTOKASVIPERÄISEN BIOENERGIAN TUOTANTO- EDELLYTYKSET SUOMESSA	21
5.1 Korsiviljat	22
5.1.1 Viljely	24
5.1.2 Raaka-aineen määrä ja laatu	25
5.1.3 Kannattavuus	26
5.2 Öljykasvit	26
5.2.1 Viljely	27
5.2.2 Raaka-aineen määrä ja laatu	27
5.2.3 Kannattavuus	27
5.3 Energiaheinät	28
5.3.1 Viljely	28
5.3.2 Raaka-aineen määrä ja laatu	29
5.3.3 Kannattavuus	29
5.4 Juurikasvit	30
5.4.1 Viljely	30
5.4.2 Raaka-aineen määrä ja laatu	30
5.4.3 Kannattavuus	30
5.5 Peruna	31
5.6 Bioenergiatuotannon potentiaali kasvinviljelyn näkökulmasta	32
KIRJALLISUUS	34

ESIPUHE

Vuoden 1992 aikana käynnistyi Kauppa- ja teollisuusministeriön rahoittama esitutkimus aiheesta ”Energian tuottaminen elintarviketuotannosta vapautuvalla peltoalalla”. Esitutkimuksen ensimmäisenä osatehtävänä oli niiden peltokasvien esittely, jotka sopivat energian tuotantoon maassamme. Tämä kirjallisuuskatsauksena toteutettu työ tehtiin Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvintuotannon tutkimuslaitoksella. Esitutkimuksen muut osatehtävät ovat viljelykasvien ja niistä jalostettujen energialähteiden teknisten laatuvaatimusten selvittäminen, toteuttajana Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos, ja viljelytekniikoiden ja viljelyn kustannusvertailut, toteuttajana koko esitutkimusta koordinoiva Työtehoseuran maatalousosasto.

Tämän osaraportin kirjoittamisen yhteydessä saamistani hyödyllisistä kommentteista osoitan parhaimmat kiitokseni professori Timo Melalle ja maat.metsät.lis. Markku Järvenpäälle.

Jokioisissa helmikuussa 1993

Hannele Sankari

HANNELE SANKARI. Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit. Kirjallisuuskatsaus. (Summary: Suitability of cultivated plants for bioenergy production. Literary survey.) Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 8/93. 38 p.

Avainsanat: bioenergia, ylijäämäpelto, korsiviljat, kevättrypsi, kevättrapsi, nurmiheinät, sokerijuurikas, peruna

TIIVISTELMÄ

Kasvien biomassasta saadaan uusiutuvaa bioenergiaa. Fossiilisten polttoaineiden väheneminen sekä fossiilisten polttoaineiden ja ydinvoiman käytön aiheuttamat, ympäristön tilaa heikentävät seuraukset ovat olleet syitä bioenergiatutkimuksen ja -käytön maailmanlaajuiseen lisääntymiseen viime vuosina. Energiakasvien viljely on myös vaihtoehto ylituotantopeltojen käytölle metsittämisen ja nopeakiertoisen energiametsäviljelyn sijasta. Peltokasvien viljely bioenergiaksi säilyttää maalaismaiseman entisellään ja mahdollistaa tarvittaessa pellon nopean palauttamisen takaisin elintarviketuotantoon. Ruoantuotannosta vapautunutta ylijäämäpeltoa oli EY:n alueella 1980-luvun lopussa 5 miljoonaa hehtaaria, ja Suomenkin kesantopeltoala nousi vuonna 1992 jo 530 000:een hehtaariin.

Peltokasvit ovat monipuolisia energian raaka-ainelähteitä. Dieselöljyä korvaavia kasviöljyperäisiä polttoaineita saadaan esim. auringonkukan, rapsin, rypsin, hampun ja soijan siemenistä. Alkoholiperäisiä polttoaineita joko sellaisenaan tai bensiinin osakomponenttina käytettäväksi saadaan sokeria tuottavista kasveista tai tärkkelyspitoisista viljoista, kuten sokeriruo'osta, sokerijuurikkaasta, perunasta, maissista ja korsiviljoista. Biomassaa hyödynnetään tavallisimmin polttamalla sitä kiinteässä muodossaan lämpöenergiaksi. Tähän tarkoitukseen soveltuvat esimerkiksi olki, jyvät, energiaheinä ja bioenergiatuotannon sivutuotteina saatavat bagasse ja rapsikkaku. Ajoneuvon polttoaineena tai lämmityksessä käytettävää biokaasua saadaan periaatteessa kaikesta orgaanisesta materiaalista, esimerkiksi maatilalla tehdystä säilörehusta.

Kasvien biologiset, tekniset ja ekonomiset edellytykset määräävät niiden soveltuvuuden bioenergian tuotantoon. Tärkeimpänä ominaisuutena pidetään kasvin kuiva-ainetuotannon määrää pinta-alaa kohti. Suomessa sopivat bioenergiatarkoitukseen viljeltäviksi kaikki ne kasvit, joita nykyisinkin viljellään elintarvike- ja rehuntuotannon tarpeisiin. Näitä ovat korsiviljat, kevättrypsi ja -rapsi, nurmiheinät, sokerijuurikas ja peruna. Sekä bioenergiakasvien viljelyä että niiden käyttöä rajoittavia tekijöitä maassamme on kuitenkin useita. Näitä ovat kasvien kasvupaikkavaatimukset maalajin ja kasvukauden pituuden suhteen, viljelykiertovaatimukset tautivaaran takia ja viljelyn vaatima erikoiskoneistus. Lisäksi tuotannosta saattaa tulla taloudellisesti kannattamatonta, jos sivutuotteiden markkinointi on tehotonta, tuotanto on pienimuotoista tai fossiilisiin polttoaineisiin kohdistettu haittävero ei ole riittävän suuri.

Siinä tapauksessa, että kaikkien kasvilajien viljely olisi nykyisistä määräyksistä poiketen luvallista kesantomaalla, voitaisiin koko 530 000 ha:n kesantoala hyödyntää bioenergian tuotantoon. Kun otettaisiin huomioon nykyinen elintarvike- ja rehuntuotannon vaatima pinta-ala ja bioenergian raaka-aineen tarve, viljeltäisiin ohraa 140 000 ha:lla ja öljykasveja 127 500 ha:lla. Jos pellon muuta non food käyttöä ei olisi, jäisi kesantoa muiden energiakasvien viljelyyn vielä 262 500 ha. Tällä alalla voitaisiin viljellä esimerkiksi energiatarviketuotantoon soveltuvia nurmiheiniä, joiden viljelyyn liittyvät ongelmat ovat muita bioenergiakasveja pienempiä.

SUMMARY

SUITABILITY OF CULTIVATED PLANTS FOR BIOENERGY PRODUCTION

Plant biomass is a source of renewable bioenergy. Efforts to decrease the consumption of fossil fuels and impaired deterioration of the environment as a consequence of using fossil fuels and nuclear power have urged global study and exploitation of bioenergy in recent years. Cultivation of energy crops is an alternative to reforestation or cultivation of short-rotation forests in fields taken out of agricultural use. Plants traditionally cultivated for food and fodder maintain the rural scene and, if necessary, enable rapid restoration of energy fields for food production. Within the EC, the area taken out of agricultural use was 5 million hectares at the end of the 1980's. In Finland, the area of fallow amounted to 530 000 hectares in 1992.

Cultivated crops provide a versatile source of energy. Fuel derived from plant oil is a substitute for diesel oil. Seeds of sunflower, rape, turnip rape, hemp and soybean are sources of these oils. Moreover, fuels derived from alcohol, which are used either as such or as a supplement, are processed from sugar or starch containing plants. These include i.a. sugarcane, sugarbeet, potato, maize and cereals. The biomass is usually used in solid state for thermal energy. Straw, grains and energy grass as well as by-products of bioenergy, bagasse and rape cake, are suitable for this purpose. Biogas for transportation fuel or for heating is in principle derived from any organic material, e.g. silage.

The biological, technical and economic properties of a plant determine its suitability for energy crop. The dry matter yield per area is considered the most important factor of a plant. Plant species intended for energy crops in Finland are those currently cultivated for food and fodder purposes. These include cereals, spring turnip rape, spring rape, grasses, sugarbeet and potato. Cultivation and use of the energy crops is restricted by several factors, such as habitat, soil type and length of growing period, and crop rotation due to diseases and specialized machinery. Furthermore, uneconomic production either due to ineffective marketing of by-products, small scale production or low taxation of fossil fuels can be restrictive.

If cultivation of any plant species were allowed in fallow land, the whole area of 530 000 hectares could be used for energy purposes, and considering the current production of food and fodder, and the requirement of energy crop area, barley would cover 140 000 hectares and oilseed crops 127 500 hectares. The fallow area available for other energy crops would be 262 500 hectares, if there were no other non food use for the field. In this area especially grasses, which are easier to cultivate than other crops, would be suitable for energy crops.

(Key words: bioenergy, field taken out of agricultural use, cereals, spring turnip rape, spring rape, grasses, sugarbeet, potato)

JOHDANTO

Peltokasvien hyödyntäminen bioenergiaksi on koko ajan lisääntymässä eri puolilla maailmaa. On selvää, että niin bioenergian tutkimusta kuin sen käyttöäkin on lisättävä myös Suomessa. Energiankäytön kehityksessä on pysyttävä mukana, ja tuleville sukupolville on luotava hyvät ja kestävät elinolosuhteet. Suomi on metsien maana aina ollut puun energiakäytön johtavia maita muihin teollistuneisiin valtioihin verrattuna, mutta myös peltokasvienergialle on nyt olemassa edellytykset, kun elintarviketuotannosta vapautuvan peltoalan määrä on vuosi vuodelta lisääntymässä.

Peltokasviperäisen bioenergian eduiksi katsotaan mm. sen nopea uusiutuvuus, jakautuminen fossiilisia polttoaineita laajemmalle alueelle, edullinen vaikutus ilmakehän hiilidioksidipitoisuuteen, maatiloilla jo valmiina olevat tuotantomenetelmät ja koneistus sekä mahdollisuus säilyttää pelto-
maisema entisellään.

Tämä kirjallisuuskatsaus on läpileikkaus uusiutuvan peltokasviperäisen bioenergian tutkimuksesta ja käytöstä, mutta ensisijaisena tarkoituksena on ollut tarkastella niitä peltokasveja, jotka Suomen oloissa sopisivat bioenergian tuotantoon kesantopelloilla.

1 BIOENERGIA

1.1 Mitä bioenergia on?

Bioenergiaa saadaan biomassaperäisistä, uusiutuvista energialähteistä (van ONNA 1992). Bioenergia-termi sisältää kaikki ne polttoaineet, jotka ovat peräisin kasveista: erityisesti puun, maatalouden ja puuteollisuuden ylijäämät sekä lannan (de GROOT 1989). Myös turve mielletään yleisesti sekä bioenergiaksi että uusiutuvaksi energialähteeksi, mutta turvesuota syntyy kuitenkin vain noin 0,5 mm vuodessa (LINDSTRÖM 1979). Esimerkiksi Ruotsissa ei turvetta ole valtiopäivien vuoden 1991 energiapolitiikkaa koskevassa päätöksessä luokiteltu biopolttoaineeksi (VORMEIER 1991).

Biomassa on kasvien rakennusainetta, jota on poltettu kiinteän polttoaineen muodossa maapallolla viimeiset 150 000 vuotta. Edelleenkin noin 2,5 miljardia ihmistä, joista suurin osa elää maaseudulla kehitysmaissa, käyttää biomassaa niin ruoanlaittoon, lämmitykseen kuin valaistukseenkin (de GROOT 1989).

1.2 Miksi bioenergiaa?

Bioenergiaa on alettu pitää kiinnostavana vaihtoehtona tyydyttämään energian tarvetta, sillä laskelmien mukaan puolet maapallon fossiilisista kokonaispolttoainevaroista on kulutettu viimeisen kolmenkymmenen vuoden aikana (Agrar-Übersicht 1991). Fossiilisten energialähteiden vähentämisen lisäksi myös ydinvoiman riskit ja ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nousu ovat olleet syynä uusiutuvia energialähteitä kohtaan heränneeseen kiinnostukseen (APFELBECK ym. 1990). Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus alkoi nousta hiilenpolton seurauksena jo viime vuosisadalla. Ns. luonnolliseen hiilidioksiditasoon verrattuna on pitoisuus nyt jo 25 % korkeampi, ja se tulee todennäköisesti vielä kaksinkertaistumaan ensi vuosisadan puoliväliin mennessä (JANTUNEN 1989). Ilmakehään on arvioitu vuosittain pääsevän 8 Gt hiiltä. Tästä määrästä 5,7 Gt on peräisin fossiilisista polttoaineista ja noin 2 Gt kasveista, jotka uuden kasvuston perustamatta jättämisen takia vapauttavat hiilen pois kiertokulusta (HALL ym. 1992). de GROOTin (1989) mukaan ilmakehän hiilidioksidin nettolisäystä ei synny kasvavien kasvien kerätessä poltossa vapautuneen hii-

lidioksidin, jos energiakäyttöön korjatun biomassan ala pysyy viljeltyinä. Koska biomassaperäinen polttoaine ei lisää kasvihuonekaasuja ilmakehään, sen käytöllä voidaan vaikuttaa maailmanlaajuisen lämpenemisen pysäyttämiseen (HALL ym. 1992).

Yhteyttäminen ja biomassan kertyminen kasviin tapahtuu, kun vihreät kasvit käyttävät auringon energiaa muodostaakseen yksinkertaisia sokereita hiilidioksidista ja vedestä. Kasvit varastoivat energian glukoosimolekyyleinä, tärkkelyksenä, öljyinä ja lignoselluloosana. Kasviin varastoitu energia vapautuu biomassaa poltettaessa, jolloin hiilidioksidi palaa takaisin ilmakehään. Biopolttoaineen palaessa täydellisesti syntyy hyvin vähän saasteita, koska biomassassa koostuu hiilihydraattipolymeereistä, jotka käsittävät pääosin hiiltä, vetyä, happea ja typpeä (de GROOT 1989).

Fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna biomassassa on potentiaalisesti rajattomasti uusiutuvaa (de GROOT 1989). Lisäksi biomassavarat jakautuvat kaikkialle, missä on asutusta, ja missä maataloutta, maataloustuotteiden jalostusta tai metsätaloutta harjoitetaan (NEVALAINEN 1987). Biomassaa voidaan myös tuottaa jo olemassaolevilla, hyvillä käytännön viljelytaidoilla (WILLIAMS 1985).

2 BIOENERGIAN KÄYTTÖMUODOT

2.1 Moottoripolttoaineet

2.1.1 Biodiesel

Kasviöljyperäiset polttoaineet ovat lupaavimpia vaihtoehtoja dieselöljylle. Kasviöljyjen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet vastaavat poltto- ja dieselöljyn ominaisuuksia (SCHÄFER ym. 1986). Kasviöljyjä saadaan yksivuotisten kasvien, kuten auringonkukan, rapsin, rypsin, hampun ja soijan siemenistä. Myös monivuotisia kasveja, kuten kookospähkinää ja öljypalmua voidaan hyödyntää. Yksivuotisten kasvien siemen on helppo korjata, kuljettaa ja varastoida. Myös öljyn puristaminen tai uutto on yksinkertaista (de GROOT 1989).

Rapsi- tai rypsiöljyä voidaan käyttää kahdella tavalla: joko suoraan tavallisena talousöljynä, joka vaatii moottorilta erikoisratkaisuja (Elsbett-protomoottori), tai biodieselinä, joka soveltuu tavallisissa moottoreissa käytettäväksi. Näistä kahdesta käyttömuodosta biodiesel on investoinneiltaan edullisempi vaihtoehto (SARKIMAA 1991). Dieselmoottorit toimivat vähän aikaa hyvin kasvipohjaisilla talousöljyillä, mutta raakaöljyt ovat dieseliä viskoosisempia ja ne likaavat moottoria (de GROOT 1989).

Nykyinen biodieselin tuotanto perustuu yksinkertaiseen kemialliseen reaktioon katalysaattoria apuna käyttäen (SARKIMAA 1991). Tämä reaktio muuttaa triglyseridit, joista kasviöljyt muodostuvat, vähemmän viskoosisiksi metyyliksi tai etyyliesteriksi. Dieselmoottorit ovatkin koelolosuhteissa toimineet rapsimetyyliesterillä (RME) ongelmitta yli tuhat tuntia (de GROOT 1989).

Biodieselin ekologinen arvo verrattaessa dieselöljyyn perustuu biodieselin selvästi matalampiin typpioksidien ja nokihiukkasten sekä hiilidioksidin ja hiilivedyn päästöihin (Agrar-Übersicht 1991). Biodieselin rikkidioksidipäästöt ovat vain 0,01 % dieselöljyn päästöistä, ja myös biodieselin PAH-yhdisteiden päästöt ovat dieselöljyä merkittävästi pienemmät. PAH-yhdisteet ovat mahdollisesti syöpää aiheuttavia aineita (SARKIMAA 1991).

2.1.2 Etanoli

Alkoholiperäisiä polttoaineita (metanoli, etanoli) voidaan valmistaa useista kasveista, joista tavallisimmat ovat sokeria tuottavat kasvit ja tärkkelyspitoiset viljat (WALTER 1989). Sokeriruo'on prosessointi etanoliksi on helpointa. Prosessissa ruoko paloitellaan ja murskataan, sokeri pestään pois kuumalla vedellä ja fermentoidaan etanoliksi. Maissi ja muut viljat koostuvat tärkkelyksestä, joka on glukoosin polymeeri. Tästä johtuen tarvitaan ennen sokerien fermentointia etanoliksi entsyymejä, jotka hajottavat kasvien tärkkelysketjuja sokerimolekyyleiksi (WALTER 1989).

Yhdysvalloissa tuotetusta polttoaine-etanolista lähes kaikki on peräisin maissista (WALTER 1989). Maissin lisäksi myös sokerijuurikkaan päätuote juurikas ja sivutuote naatit ovat käymisteitse polttoainetuotantoon sopivia. Keitettyjen ja liotettujen juurikkaiden alkoholikäymisen jälkeän jätteen on mahdollista hyödyntää vielä biokaasunkin tuottamiseen (ZUBR 1990). Etanolia voidaan valmistaa myös selluloosapitoisesta materiaalista, kuten puusta, heinistä ja maa- ja metsätalouden jätteistä (LYND ym. 1991). Puu ja ruohomaiset kasvit olisivat raaka-aineena huokeita, mutta niiden monimutkainen kolmen pääkomponentin, selluloosan, hemiselluloosan ja ligniinin rakenne on vaikeaa käsiteltävää. Selluloosaa on aluksi vaikea hajoittaa yksinkertaisimmiksi sokereiksi, mutta hajotusta seuraava fermentointi on helppoa. Hemiselluloosa taas on helppo muuttaa ksyloosiksi, puusokeriksi, mutta tätä viisihiilistä sokeria on vaikea fermentoida. Ligniini puolestaan ei ole sokeripolymeeri, joten se pitää muuttaa lämpökemiallisesti nestemäiseksi polttoaineeksi (WALTER 1989).

Happea sisältäviä yhdisteitä, eettereitä ja alkoholeja, voidaan yleisesti nimittää oksygenaateiksi. Niille on bensiinikomponentteina yhteistä korkea puristuskestävyys ja palamisen tehostuminen hapen ansiosta. Tärkeimpiä oksygenaatteja ovat MTBE (valmistettu metanolista ja iso-buteenista), ETBE (etanolista ja iso-buteenista), MEOH (metanoli) ja ETOH (etanoli). Maahamme tuotava metanoli valmistetaan pääasiassa maakaasusta, mutta etanolia saadaan käymisteitse kotimaisesta biomassasta (VTT ym. 1991). Alkoholien käyttö bensiinikomponenttina ei ole ongelmatonta, sillä ne sitovat itseensä vettä ja voivat erottua bensiinistä. Metanoli on ongelmallinen polttoainekomponenttina korroosion ja liukoisuusongelmien takia (VTT ym. 1991). Puhtaan etanolin käyttö liikennevälineen polttoaineena vaatii myös erikoisasennuksia, kuten entistä suurempaa polttoainetankkia (VORMEIER 1991). Alkoholien käyttö bensiinin osakomponenttina vähentää ilmaan joutuvia päästöjä. Suomalaisissa tutkimuksissa on viljoista peräisin oleva etanolilisiä aine vähentänyt bensiinin häkäpäästöjä 10–20 prosenttia ja hiilivety-päästöjä 5–10 prosenttia (Maaseudun Tulevaisuus 1992 a).

2.2 Voitelu- ja hydraulioöljyt

Rapsin ja rypsin siemenistä saatava öljy soveltuu biodieselin lisäksi myös voitelu- ja hydraulioöljynä käytettäväksi. Markkinoilla on jo moottorisahan teräketjuöljyä, tehdaskoneiden voiteluöljyä ja ajoneuvojen hydraulioöljyä. Ruotsalainen kasviöljypohjainen hydraulikkaöljy koostuu vähintään 95 %:sti rapsiöljystä ja sen estereistä. Kasviöljyn voitelukyky on todettu mineraaliöljyä paremmaksi. Se on havaittavissa öljyn kulutuksen vähenemisenä ja hydraulikomponenttien käyttöiän pitenemisenä.

Moottorisahaa käytettäessä joutuu teräketjuöljyn höyryntymätön osa maaperään. Jos teräketjuöljynä käytetään mineraaliöljyn sijasta rapsiöljyä, öljy hajoaa nopeasti aiheuttamatta ympäristöongelmia (NOREN 1990). Rapsiöljy hajoaa yli 95 %:sti 21 päivän kuluessa, kun mineraaliöljystä hajoaa vastaavana aikana vain 10–50 % (Liikenneministeriö 1992). Mineraaliöljy aiheuttaa usein myös iho- ja allergiaongelmia sekä ärsyttää silmiä, nenää ja nielua. Ärsytyksen on todettu oleellisesti vähenevän, kun teräketjuöljy on korvattu rapsipohjaisella öljyllä (NOREN 1990).

2.3 Kiinteät polttoaineet

Yleisin tapa hyödyntää biomassaa energiaksi on polttaa sitä kiinteässä muodossaan (de GROOT 1989). Kiinteä polttoaine koostuu palavasta ja palamattomasta aineosasta, joista palamattomia ovat tuhka ja vesi (MÄKELÄ ym. 1983). Poltettavan materiaalin kemialliset ominaisuudet määräävät sekä biomassan lämpösisällön että eri komponenttien palavuuden. Materiaalisia ominaisuuksia ovat polttoaineen tiheys, kosteus, muoto ja koko. Pienet ja kuivat palaset palavat nopeammin ja tuottavat kuumemman liekin kuin suuremmat ja kosteat (de GROOT 1989).

Olkea on aikaisemmin pidetty viljan ja öljykasvien viljelyn välttämättömänä pahana, mutta nykyään sitä arvostetaan tärkeänä energialähteenä (NILSSON 1991). Oljen hyväksikäytön suurin ongelma on sen tilavuus, joka hankaloittaa varastointia ja tekee kuljetuksen kalliiksi. Tuore olki on usein myös niin kostea, että sen lämpöarvo ja säilyvyys alenevat. Näitä haittoja voidaan tosin vähentää jalostamalla olki käyttökelpoisempaan muotoon, kiinteiksi aineiksi, kaasuiksi tai nesteiksi (de GROOT 1989).

Viljanjyvillä on lähes sama lämpöarvo kuiva-ainekiloa kohti kuin polttopuulla tai oljella. Jyvää voidaan polttaa joko sellaisenaan ”pikkupellettinä” tai pulverimuotoon jauhattuna. Jyvän käytöstä polttoaineena käydään ristiriitaista keskustelua, koska ruoan polttamista pidetään epäeettisenä. Samalla tavalla ei kuitenkaan reagoida ajoneuvon polttoaineena käytettävään, viljasta valmistettuun etanoliin (AXENBOM ym. 1992).

BLUDAUN (1992) mukaan oljen ja viljanjyvien lisäksi esimerkiksi bagassea, sokerimaissista saatavaa sivutuotetta, voidaan polttaa lämpöenergian tuottamiseksi. Myös rapsin puristusprosessissa syntyvän rapsikakun polttoa on kokeiltu (NOREN 1990).

Tutkituista energiaheinistä ruokohelpillä on todettu olevan hyvät edellytykset nimenomaan kiinteänä polttoaineena käytettäväksi. Kun ruokohelpiä on poltettu yhdessä turpeen kanssa, on poltossa syntyvä rikki saatu heinän korkeiden kalsium-, magnesium- ja kaliumpitoisuuksien ansiosta sitoutumaan tuhkaan (WIGGE ja OLSSON 1990). Monissa Euroopan maissa parhaillaan tutkittavaa kaislamaista elefanttiheinää (*Mischanthus sinensis*) on pidetty mahdollisesti Pohjoismaissa viljelyyn sopivana energiakasvina (ERKKILÄ-BECKER 1992). Elefanttiheinää lisätään tavallisesti juurakkoa jakamalla, koska se ei muodosta siemeniä. Kasvikustannukset olisivat kuitenkin noin 65 000–130 000 mk/ha, jos kasvitiheys olisi 2–4 kpl neliöllä. Edullisemman kasvimateriaalin tuottaminen esimerkiksi solukkoviljelyn avulla on siksi ehdoton edellytys *Miscanthus*-viljelyn yleistymiselle (LEWANDOWSKI 1992).

2.4 Biokaasut

Biokaasua saadaan periaatteessa kaikesta orgaanisesta materiaalista. Maataloudesta peräisin olevan biokaasun kaksi erityyppistä raaka-ainetta ovat lanta ja teurastamojen ja elintarviketeollisuuden jätteet sekä pellolla nimenomaan kaasutusta varten viljelty kasvibiomassa (AXENBOM ym. 1992).

Biomassan energiasisältö saadaan siirtymään biokaasuun anaerobisten mikrobiologisten prosessien avulla (BROLIN ym. 1988). Anaerobiseen orgaanisen materiaalin hajottamiseen ottaa osaa suuri määrä eri tyyppisiä bakteereja, jotka muodostavat mm. orgaanisia happoja, vetyä, hiilidioksidia ja vettä, joita sitten erityiset metaanibakteerit käyttävät hyväkseen. Tasapainoisen prosessin lopputuotteita ovat metaani, hiilidioksidi ja vesi (Sveriges Lantbruksuniversitet 1984). Hiilidioksidi on lahoamisen ”jätetuote”, joka pienentää kaasun lämpöarvoa (AXENBOM ym. 1992).

Orgaanisen aineen koostumuksella on suuri merkitys hajoamisnopeuteen, kuten myös lopputuloksena saatavan kaasun määrään ja sen koostumukseen. Hiilihydraatista muodostuu metaania ja hiilidioksidia suhteessa 1:1, rasvasta 7:3 ja proteiinista 8:2. Jotta riittävä hajotusnopeus saavutetaan, pitää prosessilämpötilan olla yli 30°C. Tavallisimmat lämpötilat ovat joko 30–40 °C (mesofiilinen prosessi) tai 50–60 °C (termofiilinen prosessi) (THYSELIUS ym. 1991). Kyseiset hajotusprosessit on kehitetty biokaasun tuottamiseksi viemärijätteestä ja lannasta. Jos samoja prosesseja käytetään kasvibiomassalle, tarvitaan materiaalin laimentamiseen suuria vesimääriä. Makean veden tarve vähenee, jos osa jo lahotetusta aineesta johdetaan uudelleen prosessiin laimentamaan uutta kasvimateriaalia.

Kasvibiomassan käsittely- ja hajotustekniikoita on kaksi: kertahajotus ja jatkuva hajotus. Kertahajotusmenetelmässä lahoamiskammio täytetään vähitellen pitkän ajan kuluessa poistamatta kammioista välillä jo lahonnutta materiaalia. Koko lahoamiskammio tyhjenetään kerralla vasta kaasuntuotannon vähentyessä. Jatkuvasa prosessissa uutta kasvimateriaalia lisätään samalla, kun jo hajotettua materiaalia poistetaan. Tämä täyttö- ja tyhjennystekniikka voidaan vielä tehdä kahdella eri tavalla, joko sekoittamalla tuore ja jo lahonnut materiaali keskenään tai jättämällä ne omiksi fraktioikseen (THYSELIUS ym. 1991).

Bioenergiaa voidaan varastoida ennen biokaasun tuottamista esimerkiksi säilörehun muodossa. Tuoreen kasvibiomassan ja säilörehun välillä ei ole havaittu eroa kaasuntuotannossa. Säilöminen on myös edellytys kaasun ympärivuotista tuottamista silmälläpitäen (THYSELIUS ym. 1991). Biokaasu on puristettava kokoon, jos sitä aiotaan kuljettaa tai hyödyntää ajoneuvon käyttövoimana. Puristus vaatii mekaanista energiaa n. 10 % kaasun energiasisällöstä. Kokoonpuristetun kaasun energiasisältö litraa kohti on noin 12 % bensiinin energiasisällöstä. Puristuksen yhteydessä voidaan biokaasusta samalla erottaa hiilidioksidi ja rikkivety. Jos kaasu aiotaan kuljettaa kaasujohtoa pitkin käytettäväksi, ei hiilidioksidin poisto ole kuitenkaan tarpeen (AXENBOM ym. 1992). Emission, korroosioriskin ja laitteiden kestävyuden kannalta kaasu on kuitenkin puhdistettava rikkivedystä ja hiukkasista ja sen kosteus kuivattava (THYSELIUS ym. 1991). Kaasu voidaan hyödyntää sellaisenaan ilman puhdistusta esim. paikallaan olevissa moottoreissa tai kaasu-hellassa. Biokaasu, kuten kaikki kaasumaiset polttoaineet, on hyvin kontrolloitavissa ja palaa puhtaasti (AXENBOM ym. 1992).

Vetyä käytetään usein energiateollisuudessa mm. raakaöljyn jalostamiseen. Biomassasta peräisin oleva vety voitaisiin siksi helposti yhdistää jo olemassaolevaan energianhankinnan ja -jaon markkinarakenteeseen. Ensimmäiset ekonomiset laskut osoittavat, että biomassan kaasutus on taloudellisin keino ei-fossiilisen vedyn tuotantoon. Näiden laskujen perustana on käytetty elefanttiheinää, jonka tuotto olisi 30 tn kuiva-ainetta/v/ha (HOTZ ja JONKANSKI 1992). Myös oljen lämpökemiallista muuttamista polttomoottorin kaasuksi on tutkittu ainakin tanskalaisten toimesta (HENRIKSEN ym. 1992).

3 BIOENERGIAN TUTKIMUS JA KÄYTTÖ

Raakaöljyn ja muiden energiamuotojen alhainen hintataso 1980-luvulla vähensi vaihtoehtoisiin energiamuotoihin kohdistunutta tutkimusta (NEVALAINEN 1987). Varsinkin viljasta ja öljykasveista valmistettujen polttoaineiden tulevaisuuden näkymiä pidetään kuitenkin valoisina, ja monet teollisuusmaat panostavatkin tällä hetkellä biopolttoaineiden tutkimukseen ja käytännön sovellutukseen (Maaseudun Tulevaisuus 1992 a). Monipuolista bioenergian tuotannon ja käytön tutkimusta tehdään useilla alueilla Euroopan Yhteisössä ns. LEBEN-projektien puitteissa (Large European Bio-Energy Network) (GRASSI ja BRIDGWATER 1992).

Eniten uusiutuvista energianlähteistä on tutkittu etanolin soveltuvuutta bensiinimoottoreiden polttoaineeksi (SARKIMAA 1991). Useilla mailla on käynnissä ohjelmia bioetanolin tuottamiseksi sokereista ja tärkkelyksestä, ja esimerkiksi Yhdysvalloissa tuotettiin jo vuonna 1987 pääosin ylijäämämaaisista 3 miljardia litraa polttoaine-etanolia. Yhdysvalloissa kulutetusta bensiinistä noin 30 % sisältää alkoholia, tavallisesti 9-prosenttisenä sekoituksena. Myös Euroopan Yhteisössä ollaan kiinnostuneita bioetanolista (de GROOT 1989). ALTENER on EY-komission vuoden 1993 alusta alkavaksi tarkoitettu ohjelma uusiutuvien energiamuotojen edistämiseksi. Ohjelman eräs päämäärinä on saavuttaa peltokasviperäisestä raaka-aineesta valmistetulle moottoripolttoaineelle 5 %:n osuus EY:n polttoainemarkkinoilla vuoteen 2005 mennessä. Tämän raaka-aineen tuottamiseen tarvittava peltoala olisi noin 7 miljoonaa hehtaaria (Raps 1992).

Afrikan maista Zimbabwe on toiminut uranuurtajana polttoainealkoholin käyttämisessä sokeriruosta. Tislaamo on toiminut jo 1980-luvun alusta asti, ja alkoholia lisätään bensiiniin 12- ja 15-prosenttisiksi sekoituksiksi (de GROOT 1989). Myös Brasiliassa tankataan autoihin sokeriruosta tuotettua biobensiiniä (SARKIMAA 1991).

Sokeridurraa on korkean biomassasadon tuottavana kasvina tutkittu etanolin valmistamista varten mm. Yhdysvalloissa ja Italiassa (BELLETTI ja PETRINI 1992). Lisäksi juurikkaista valmistetaan etanolia teollisesti ainakin Ranskassa, missä sokeri erotetaan juurikasleikkeestä sokeritehtaiden tapaan uuttamalla. Vuosina 1982–1984 tutkittiin myös eri puolilla Suomea eri juurikasvilajien sekä perunan ja rehukaalin satotasoja energiakasvikäyttöä silmälläpitäen (PULLI ym. 1986). Myös laboratorio-olosuhteissa on tehty etanolin valmistukseen tähtääviä juurikasvisäilörehukokeita (TOIVONEN ja LAMPILA 1986).

Vuonna 1990 on käynnistynyt VTT:n, Alkon ja Nesteen yhteistutkimus, VAN-kehitysprojekti, jossa tutkitaan uusien oksygenaattien käyttöä bensiinin seoskomponentteina. Kokeita tehdään useilla polttoainelaaduilla, joita ovat vertailubensiini (happipitoisuus 0 %), 11 % MTBE:iä bensiinissä (happea 2 %), 13 ja 17 % ETBE:iä bensiinissä (happea 2 ja 2,7 %) sekä ETBE:iä ja etanolia bensiinissä (happea 2,7 %) (VTT ym. 1991). Kotimaisen biodieseltutkimuksen yhteistyökumppaneita taas ovat MMM, MTK, MTTK, Neste Oy, TKK, Valmet Oy, VTT ja öljynpuristamoteollisuus (NIITTYMAA 1992).

Itävallassa toimivan biodiesellaitoksen käsittelykapasiteetti on noin 30 000 tonnia rapsia vuosittain. Tästä määrästä saadaan 10 500 tn biodieseliä ja sivutuotteina 18 000 tn rapsikakkua ja 1 000 tn glyseriiniä. Itävallassa oli mahdollista tankata mineraalidieselin kanssa saman hintaista biodieseliä vuonna 1991 jo 55:ltä huoltoasemalta. Sama hintataso perustuu Itävallassa biodieselin vapauttamiseen mineraaliöljyverosta ja EY:n maksamaan nk. rapsiavustukseen (Agrar-Übersicht 1991).

Saksassa käytetystä moottorisahaketjuöljystä on runsas 75 % rapsiöljypohjaista (Agrar-Übersicht 1991), kun vastaavan öljyn käyttöosuus Ruotsissa on jo 90 %. Raison Yhtymän hydraulikkaöljy, maailman ensimmäinen kasviöljypohjainen, tuli markkinoille vuonna 1985. Vuonna 1991 Raison Yhtymä valmisti 1,5 miljoonaa kiloa voiteluöljyä (Maansiirto 1992). Vaikka esimerkiksi Uudenmaan tiepiirin tienpitokoneissa käytetään kasviöljypohjaista hydraulikkaöljyä, on kasviöljyn tekninen käyttö Suomessa kuitenkin vielä vähäistä, ja Raison Yhtymän moottorisahaöljykin menee pääosin Ruotsin markkinoille (Maaseudun Tulevaisuus 1992 b).

VAKOLA on julkaissut jo kahdeksankymmenluvun alkupuolelta lähtien tutkimuksia sekä biopolttoaineiden soveltuvuudesta moottoripolttoaineiksi (PARMALA 1980, SCHÄFER ym. 1986) että oljesta polttoaineena (AHOKAS ym. 1983, STÅHLBERG ym. 1985). Oljen hyödyntämisen edelläkävijämaassa Tanskassa oli 1980-luvun puolivälissä käytössä jo noin 20 000 oljenpolttokattilaa (GUNNARSON ja LUNDIN 1984). Olkea on käytetty jo pitemmän aikaa myös Tanskan kauko-

lämpölaitoksissa (NILSSON 1991), joita on nykyään yli 50. Kaukolämpölaitosten käyttämästä oljesta yli 90 % on peräisin ohrasta, vehnästä, kaurasta ja rukiista, ja yhden tällaisen lämpölaitoksen tuottamaan 1 GJ:een kuumaa vettä käytetään 70–100 kg olkea. Tanskassa oljen poltto on melko kannattavaa, koska öljylle on asetettu energiavero: energian tuottaminen oljesta on samanhintaista hiilen kanssa ja jopa öljyä edullisempaa (RAVN-JENSEN 1992). Englannilla on pyrkimys lisätä oljen käyttöä polttoaineena 1 Mt:iin vuoteen 2 000 mennessä. Englantilaisten maatilojen vuonna 1991 polttoaineena käyttämä olkimäärä oli 166 000 tn.

Sveitsiläisen Biocomb SA -nimisen yrityksen mukaan oljen tehokas hyödyntäminen polttoaineena edellyttää koko viljakasvuston, siementen ja olkien, korjuuta. Yritys on kehittänyt tuotantoa ja käyttöä varten menetelmät ja laitteiston. Yrityksen laskelmien mukaan koko viljakasvuston korjuu tuottaisi biomassaa noin 20 000 kg/ha. Kasvusto on pilkottava sadonkorjuun yhteydessä käsittelyn helpottamiseksi. Tämä vaatii erityisen, teholtaan voimakkaan koneen, jonka säiliöön kasvusto myös kerätään. Koska kasvuston kosteuden vaihtelua eri vuorokauden aikoina ei tarvitse ottaa huomioon tämänkaltaisen sadonkorjuun yhteydessä, lisääntyy korjuutyön tehokkuus. Polttovaiheen tuhkaongelmat on yrityksen polttouunia koskevan kehittelytyön ansiosta myös poistettu (PERSSON 1990).

Yhdysvalloissa on tutkittu monivuotisten heinien ja palkokasvien soveltuvuutta energialähteeksi, ja potentiaalisiksi kasveiksi ovat osoittautuneet eräs hirssilaji (*Panicum virgatum* L.), ruokohelpi (*Phalaris arundinacea* L.) ja sinimailanen (*Medicago sativa* L.) (CHERNEY ym. 1989). Hollantilaisissa oloissa on elefanttiheinä (*Miscanthus sinensis*) (Kuva 1) tuottanut kuiva-ainetta 15 000 kg/ha. Elefanttiheinä on C4-kasvi, eli sen fotosynteesitehokkuus ja biomassan tuotanto on C3-kasveja parempi (van ONNA 1992). C4-kasvit ovat yleensä trooppisen ja subtrooppisen ilman alan kasveja, jotka eivät kestä Pohjois-Euroopan matalia lämpötiloja. Poikkeuksellisesti osa etenkin heiniin tai saroihin kuuluvista 4-kasveista, kuten elefanttiheinä, esiintyy luonnossa myös pohjoiseurooppalaista ilmastoa vastaavissa olosuhteissa. Elefanttiheinätutkimuksia tehdäänkin Euroopassa Hollanin lisäksi ainakin Irlannissa, Englannissa ja Tanskassa (JONES 1992).

Ruotsissa bioenergiaa tutkitaan monipuolisesti ydinvoiman vaihtoehdoksi, sillä ydinvoiman käyttö on siellä päätetty kansanäänestyksen perusteella lakkauttaa (VORMEIER 1990). Suurin osa bioenergiatutkimuksista on tehty jo vuonna 1979 alkaneen AGROBIOENERGI -projektin puitteissa (Sveriges Lantbruksuniversitet 1985). Ruotsalaiset ovat tutkineet energiaheininä pääasiassa timoteitä, syysvehnää, rehukattaraa ja ruokohelpiä (Lantbruksstyrelsen 1990), joista viimeksi mainittu on osoittautunut lupaavimmaksi kasviksi (Kuva 2). Ruokohelpiä on tähän asti viljelty maailmalla rehukasvina, ja siksi jalostustyökin on keskittynyt rehuominaisuuksien parantamiseen. Oman, energiantuotanto-ominaisuuksiltaan sopivan ruokohelpilajikkeen (satoisuus, pieni siementen variseminen ja lyhyt itämislepo, talven- ja taudinkestävyys ja pieni kloori- ja kaliumpitoisuus) viljelyyn saamiseksi on Svalöf AB:ssa aloitettu jalostustyö (LINDVALL 1992). Ruotsin kunnista mm. Söderköpingissä suunnitellaan ruoantuotannosta vapautuneella pellolla tuotetun heinän käyttämistä lämmitykseen kunnallisessa lämpövoimalassa (LANTMANNEN 1991).

Kahden tanskalaisen olkea polttavan laitoksen koepoltoissa on käytetty sekä kokonaisia että hajotettuja, syksyllä korjattuja ruokohelpipaaleja. Kokeen tuloksena hiilidioksidi- ja typpioksidipäästöt olivat liian suuret, eivätkä ne siten täyttäneet vaatimusta ympäristöystävällisestä poltosta. Päästöjä yritetään jatkossa pienentää polttamalla keväällä korjattua ruokohelpiä, jalostamalla raaka-aine briketeiksi, pelleteiksi tai pulveriksi, ja alentamalla polttomateriaalin kosteuspitoisuutta. Myös rakenteeltaan toisenlainen polttokattila saattaa parantaa tilannetta BURVALLin (1992) mukaan.

Vaasan läänin Vöyrin kunnassa on käynnistetty projekti eri bioenergiälähteiden hyödyntämismahdollisuuksien selvittämiseksi (PAHKALA 1991). Vöyrissä kasvaa ruokohelpiä neljän viljeli-

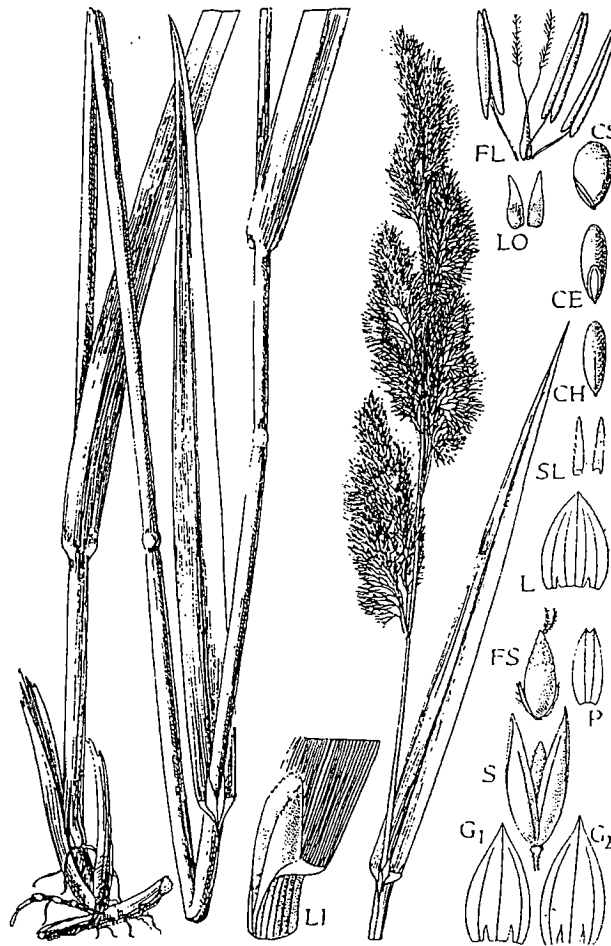


Kuva 1. Elefanttiheinä (*Miscanthus sinensis*) (Tidskrift for Frøavl 1992).

Fig. 1. Miscanthus sinensis (Tidsskrift for Frøavl 1992).

jän pellolla yhteensä 5:llä hehtaarilla. Viljelyinnostus ja kasvustoon tarvittavat siemenet ovat peräisin Ruotsista (SVENS 1992). Merenkurkun neuvosto on mukana energiaheinäprojektissa, jonka päämääränä on edistää Merenkurkun alueella tapahtuvaa ruokohelpin viljelyä ja käyttöä polttoaineena. Ruokohelpiä on hiljattain koepoltettu myös Jyväskylässä ruotsalaisen Norrfiber-projektin puitteissa (SUNDBERG 1992).

Erilaisesta tuoreesta, säilörehuksi tehdystä tai prosessijätteenä saadusta kasvimateriaalista saatavia biokaasun määriä ja tuotantomenetelmiä on tutkittu esimerkiksi Ruotsissa (Sveriges Lantbruksuniversitet 1984, Sveriges Lantbruksuniversitet 1985). Kokemukset suuressa mittakaavassa tapahtuvasta kasvimateriaalin hajottamisesta ovat kuitenkin rajoitettuja, sillä kokeita on tehty pääasiassa vain laboratorio-olosuhteissa (THYSELIUS ym. 1992). Joitakin tutkimuksia on tehty myös pilottilaitoksissa (ALBIN ym. 1990, BAZILE ja BORIES 1990), ja teknisiä ratkaisuja kaasun tuottamiseksi niin maatilamittakaavassa (Sveriges Lantbruksuniversitet 1984) kuin suuremmissa yksiköissäkin on mietitty (BROLIN ym. 1988). Suomessa on biokaasun tuotantoa kasvimassoista tutkittu ainakin Joensuun Yliopiston toimesta (PAHKALA 1991), ja peltokuitututkimuksen yhteydessä pienimuotoisena heinä- ja palkokasvien kaasutuskokeiluna (PAHKALA 1992). Biokaasua



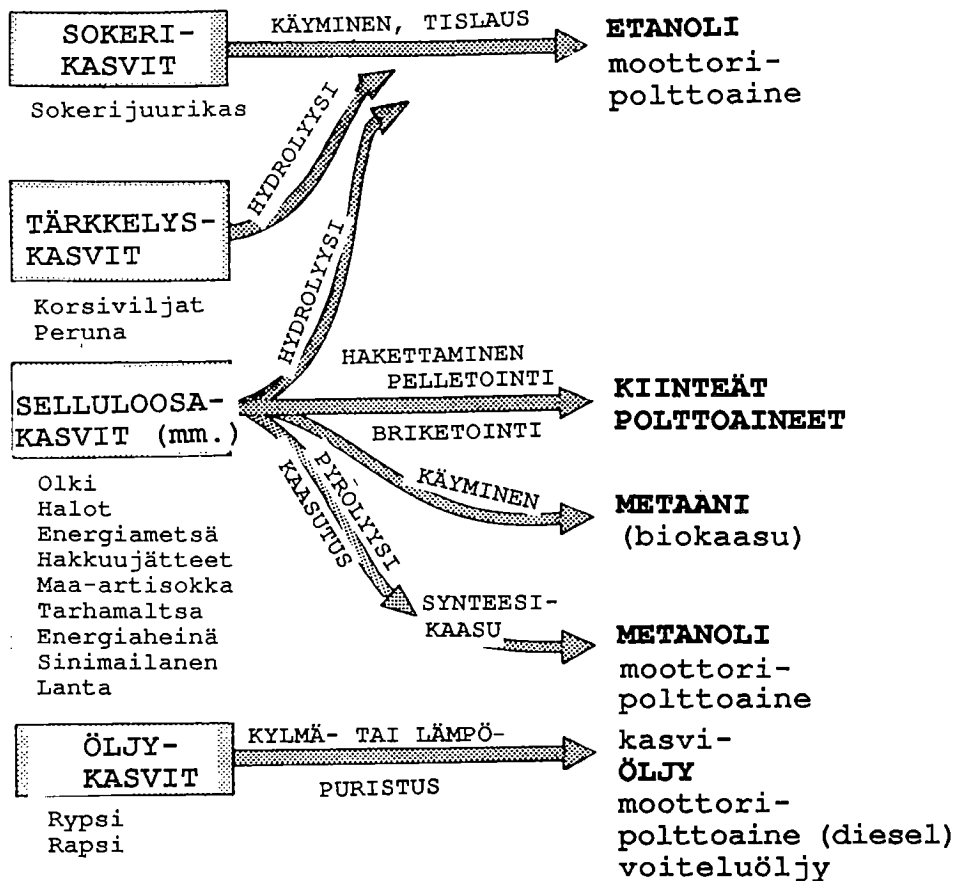
Kuva 2. Ruokohelpi (*Phalaris arundinacea*) (HUBBARD 1973).

*Fig. 2. Reed canary grass (*Phalaris arundinacea*) (HUBBARD 1973).*

tuotetaan useissa laitoksissa Uusi-Seelannissa, missä kaasua käytetään ajoneuvojen käyttövoimaksi (BROLIN ym. 1988). Jatkotutkimustarve esimerkiksi biokaasutuksen hajoamisjätteen käytön osalta on ilmeinen. Jätettä voitaisiin ehkä hyödyntää lannoitteena ja maanparannusaineena (THYSELIOUS ym. 1992).

4 PELTOKASVIT BIOENERGIAN RAAKA-AINEENA

Vain sata vuotta sitten, teollisen vallankumouksen kehittyessä, Euroopassa oli vaikeuksia tuottaa riittävästi ruokaa alueen asukkaille (MUNCK 1990). Kuitenkin vuonna 1988 tuotettiin Euroopan Yhteisön alueella ruokaa yli tarpeen jo noin 5 miljoonan hehtaarin alalla (Raps 1992), ja Suomessakin kesannottiin ylituotannon vähentämiseksi vuonna 1992 jo 528 500 ha (Maatilahallitus 1992 a). Energiakasvien viljely ruoantuotannon sijasta on saanut aikaan vilkkaan keskustelun, koska miljoonat ihmiset kuolevat nälkään joka vuosi. Maailmanlaajuisesti korjataan kuitenkin enemmän kuin tarpeeksi satoa koko maailman ruokkimiseksi, joten tämän päivän nälkä onkin pääasiassa köyhyydestä eikä ruoan riittämättömyydestä johtuva ongelma (de GROOT 1989).



Kuva 3. Energian tuottamiseen soveltuvat biomassaperäiset raaka-aineet, niiden jalostusmenetelmät ja energian käyttömuodot (WÜNSCHE ja BERTHOLDSSON 1983).

Fig. 3. Biomass-based raw materials suitable for energy production, their processing methods and use (WÜNSCHE ja BERTHOLDSSON 1983).

Peltokasvit sopivat luontevasti bioenergian tuotantoon, koska sadonkorjuuseen voidaan käyttää maataloilla jo olevaa konekantaa (VORMEIER 1991). Peltokasvit eivät myöskään pilaa salaojia kuten bioenergiaksi viljelty paju (van ONNA 1992).

4.1 Kasvien valintakriteerit

Peltokasveilta vaadittavat edellytykset kiinteän, nestemäisen tai kaasumaisen bioenergian tuottamiseen voidaan jakaa kolmeen ryhmään: biologisiin, teknisiin ja ekonomisiin edellytyksiin (JOHNSSON 1985). Kiinnostavat kasvit ovat sellaisia, joiden sokeri-, tärkkelys-, lignoselluloosa- tai öljypitoisuus on suuri (Kuva 3). Edellisten lisäksi positiivisia tekijöitä ovat matala vesi-, tuhka- ja typpipitoisuus (proteiini) sekä korkea biomassan tuotto vuotta ja pinta-alaa kohti (THEANDER 1985).

Tärkeimpänä bioenergiakasvin ominaisuutena pidetään sen kuiva-ainetuotannon määrää pinta-alaa kohti. Kuiva-ainepitoisuudet vaihtelevat kasveittain, ja ovat korjuuvaiheessa esimerkiksi

maa-artisokalla, heinällä ja sinimailasella 20 %, rehukaalilla 15 % sekä rehusokerijuurikkaalla lehdistä 14 % ja juurissa 17 % (BROLIN ym. 1988). Myös kohtuullisen sadon tuottavat energia-kasvit voivat tulla kysymykseen, jos kasvista jalostetun energiamuodon energiatiheys tai joku muu käyttöominaisuus on hyvä. Polttoaineen arvoa ei pitäisikään esimerkiksi arvioida tarkastelemalla yksinomaan viljelyyn ja jalostukseen tarvittujen energiapanoksen suhdetta polttoaineen energiasisältöön, vaan myös bioraaka-aineen laadun kannalta (WÜNSCHE ja BERTHOLDSSON 1983). Esimerkki laadullisesta arvosta on kotimaassammekin valmistuksessa oleva rypsiöljypohjainen voiteluöljy, joka on noin kaksi kertaa tavallista mineraaliöljyä kalliimpaa, mutta jota paremmasta voitelukyvyistä johtuen kuluu vain puolet mineraaliöljyn määrästä (Maaseudun Tulevaisuus 1992 b).

Jokaisen kasvin oma erityinen kemiallinen koostumus lopulta ratkaisee, miten kasvia voidaan käyttää bioenergiaksi. Eräiden energiamielessä kiinnostavien kasvien koostumus on esitetty kuvassa 4, josta näkyy mm. mielenkiintoinen vehnän oljen ja raidan (paju) kemiallisen koostumuksen samankaltaisuus.

Etanolin valmistukseen tarvitaan sokeri- tai tärkkelyspitoisia kasveja (Taulukko 1). Kiinteältä polttoaineelta taas vaaditaan matalaa vesi-, tuhka-, rikki- ja typpipitoisuutta, joita on vertailtu taulukossa 2, kun poltettava materiaali on ruokohelpiä, korsiviljan olkea, haketta ja jyrshinturvetta. Poltossa syntyvän tuhkan tärkeimpiä ominaisuuksia ovat pehmenemispiste, syövyttävyyden ja sulan tuhkan juoksevuus. Puun tuhka on helposti hallittavissa, koska sitä on vähän ja se on hienojakoista. Turpeessa ja oljessa tuhkan määrä on suurempi, tuhkan pehmenemispiste on matala ja se sulaa helposti arinalle tukkien arinaraot. Koska tuhka on emäksistä, se on myös syövyttävää (MÄKELÄ ym. 1983).

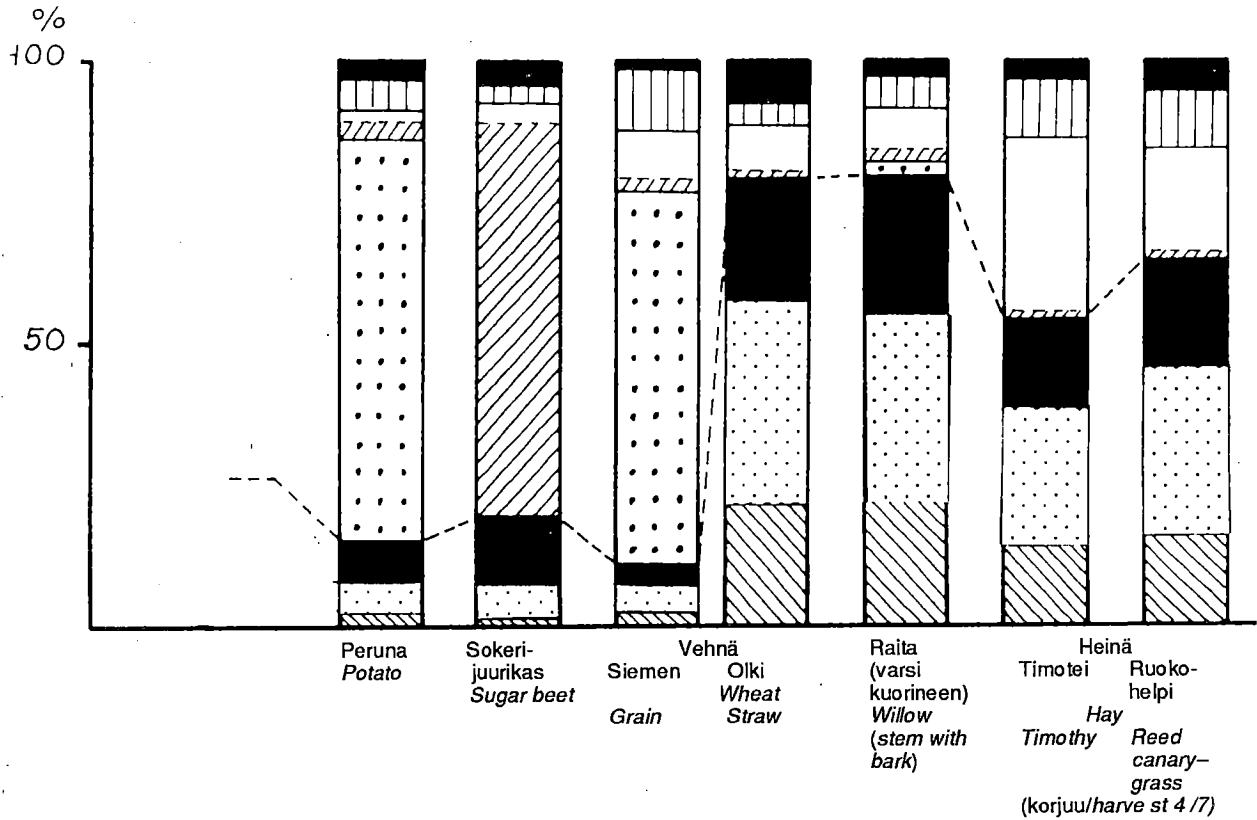
Biokaasutuksessa käytettävät kasvit voidaan luokitella kaasuntuotantokyvyn mukaan kolmeen ryhmään:

1. kaasun tuotanto suurta ja tapahtuu nopeasti,
2. kaasun tuotanto suurta ja tapahtuu hitaasti tai
3. kaasun tuotanto pientä ja tapahtuu hitaasti (Sveriges Lantbruksuniversitet 1984).

Eri kasveista saatuja biokaasun enimmäismääriä on esitetty taulukossa 3. Metaania tuotettaessa pitäisi hiili-typpi- suhteen olla riittävän korkea, käymiskykyisen orgaanisen aineen osuuden riittävän suuri ja ligniinipitoisuuden matala (WÜNSCHE ja BERTHOLDSSON 1983). Mikäli kasviöljyjä aiotaan käyttää bioenergian tuotantoon, vaaditaan niiltä ainakin matalaa viskositeettia myös matalissa lämpötiloissa ja pientä siemenen erukahapon määrää (WÜNSCHE ja BERTHOLDSSON 1983).

Kasvivalinnan yhteydessä on syytä kiinnittää huomio myös bioenergian ohella syntyviin sivutuotteisiin ja niiden hyödyntämismahdollisuuksiin. Esimerkiksi biodieseliä valmistettaessa syntyy runsasproteiinista rehua eläimille ja glyserolia kosmetiikkateollisuuden tarpeisiin. Jo puintivaiheessa jää peltoon olkea, joka voidaan käyttää sellaisenaan tai jalostetummassa muodossa lämmityskattilan polttoaineeksi (SCHARMER ym. 1990).

BERGGRENIN (1991) mukaan biopolttoaineen raaka-aineen tulisi ostajan kannalta täyttää tietyt vaatimukset, joita olisivat raaka-aineen edullisuus, käsittelyn yksinkertaisuus, toimitusvarmuus ja laatu. ASSERYDIN (1992) mukaan biopolttoaineen tekevät lisäksi kaupallisesti vetovoimaisiksi oikeiden markkinoiden löytyminen, sovellettavuus olemassaolevaan energiantuotantotekniikkaan ja raaka-aineen ympäristön huomioivat ominaisuudet.



Kuidut
Fibres:



Hemiselluloosa ja pektiini
Hemicellulose and pectin



Tuhka
Ash



Selluloosa
Cellulose



Raakaproteiini
Crude protein



Ligniini
Lignin



Uuttoaineet, joista sokeria
Extracted components, of which sugar



Tärkkelys
Starch

Kuva 4. Eri kasvien kemialliset koostumukset prosentteina kuiva-aineesta (Sveriges Lantbruksuniversitet 1985).

Fig. 4. Chemical composition of various plants (per cent of dry matter) (Sveriges Lantbruksuniversitet 1985).

Taulukko 1. Eri peltokasvien tärkkelys- tai sokeripitoisuus prosentteina kasvin tuorepainosta ja sadosta saatavat alkoholimäärät (DAMBROTH ja BRAMM 1980).

Table 1. Starch and sugar contents of various plants (per cent of fresh weight) and the alcohol supply of yields (DAMBROTH and BRAMM 1980).

Kasvi – Plant	Tärkkelys – Sokeri Starch – Sugar (% tuorepainosta) (% of fresh weight)	Etanolisaanto Ethanol yield 1/100 kg
Rehunauris – Turnip	9,7	5,9
Sokerijuurikas – Sugar beet	16,0	9,8
Peruna – Potato	18,0	21,4
Vehnä – Wheat	62,0	39,3
Ohra – Barley	58,0	36,8
Ruis – Rye	55,5	35,5
Kaura – Oat	52,0	33,4

Taulukko 2. Ruokohelpin, oljen, hakkeen ja jyrsinturpeen polttoaineominaisuudet ja kemiallinen koostumus ⁽¹⁾Statens Lantbrukskemiska laboratorium 1990, ⁽²⁾AHOKAS 1983).

Table 2. Fuel properties and chemical composition of reed canary grass, straw, chip and milled peat ⁽¹⁾Statens Lantbrukskemiska laboratorium 1990, ⁽²⁾AHOKAS 1983).

Poltettava materiaali <i>Material to be fired</i>	Lämpöarvo MJ/kg ka <i>Heating value MJ/kg DM</i>	Kuiva-aine % <i>Dry matter</i>	Tuhka % <i>Ash</i>	C	H	N	S
				kuiva-aineesta – of DM			
⁽¹⁾ Ruokohelpi <i>Reed canarygrass</i>	17,3	85	4–8	45	6,1	1,4	0,1
⁽²⁾ Viljan olki <i>Cereal straw</i>	17,4		5	49	6,0	0,5	0,1
⁽¹⁾ Hake <i>Chip</i>	19,2	50	1–2	50	6,0	0,5	0,03
⁽¹⁾ Jyrsinturve <i>Milled peat</i>	21,5	50	2–6	55	5,8	1,5	0,25

5. PELTOKASVIPERÄISEN BIOENERGIAN TUOTANTOEDELLYTYKSET SUOMESSA

Bioenergiaviljelyn lisäksi ainakin kesannointia, metsittämistä tai energiapajun viljelyä on esitetty vaihtoehtoisiksi ylijäämäpellon käyttömuodoiksi Suomessa. Pakollisen kesantoalan määrä oli vuonna 1992 jo 15–30 % maatalon pinta-alasta viljelijän palkka- ja eläketuloista riippuen (Eduskunta 1992). Edellytyksiä bioenergian tuotannolle oli jo kesantokaudella 1992, sillä Maatilahallituksen päätöksen mukaan sallittiin viherkesantokasvien sadon korjaaminen energiaksi maatalouslautakunnan luvalla (Maatilahallitus 1992 b). Vuoden 1992 kesantoala oli Suomessa noin 530 000 hehtaaria ja muun viljelemättömän peltoalan suuruus noin 225 000 hehtaaria (Maatilahallitus 1992 a). Viljelemättömän peltoalan jakautuminen koko Suomen alueelle on esitetty maaseutupiireittäin kuvassa 5.

Suuret maamme ulkopuolella mahdollisesti tapahtuvat ympäristökatastrofit tai muut kriisitilanteet voivat aiheuttaa tarpeen muuttaa pellot nopeasti takaisin ruoantuotantoon. Tämä ei käy hel-

Taulukko 3. Eri biomassamateriaaleista saadut enimmäiskaasumäärät orgaanisen aineen hajoamisen tapahtuessa 30–40 °C:n lämpötilassa (BROLIN ym.1988).

Table 3. Maximum biogas yields of different sources of biomass. The organic matter is decomposed at a temperature of 30–40 °C (BROLIN et al. 1988).

Orgaaninen materiaali <i>Organic material</i>	Biokaasua m ³ /tn orgaanista ainetta* <i>Biogas m³/t organic matter*</i>
Rehusokeri juurikas (juuret) <i>Fodder beet (root)</i>	880
Rehukaali – <i>Marrow kale</i>	670
Heinä – <i>Hay</i>	600
Sinimailanen – <i>Lucerne</i>	770
Maa-artisokka – <i>Jerusalem artichoke</i>	700
Tarhamaltsa – <i>Orache</i>	600
Järviruoko – <i>Common reed</i>	440
Energiapaju – <i>Energy willow</i>	490

*) orgaaninen aine = vesi ja tuhkaosa poistettu) – (*organic matter = water and ash removed*).

posti, jos peltomaat on esimerkiksi metsitetty. Ylimääräisen peltoalan käyttäminen bioenergiakasvien viljelyyn helpottaisi maamme maatalouteen kohdistuvia muutospaineita (SARKIMAA 1991). Ympäristöystävällisen polttoaineen tuotanto peltokasveista olisi myös viljelijän perinteisen työnkuvan kannalta mielekäs vaihtoehto (MATTILA 1992).

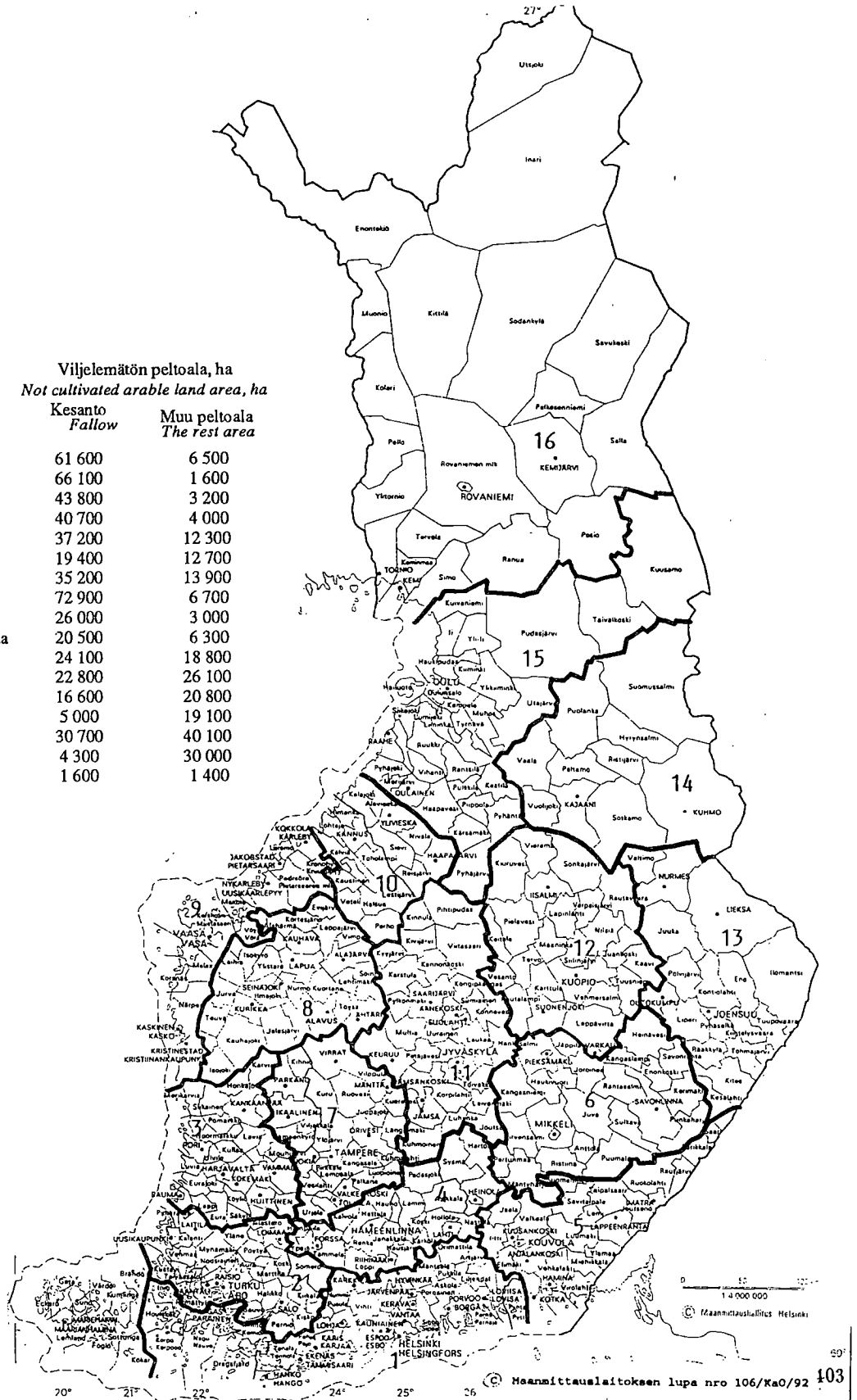
Biopolttoaineen tuottaminen on kallista, ja maailmanmarkkinahinnat niin hiilelle, öljylle kuin kaasullekin ovat toistaiseksi niin matalat, ettei biopolttoaine pysty kilpailemaan ilman fossiilisiin polttoaineisiin kohdistuvaa haittaverotusta. Nämä haittaverotustoimenpiteet olisivat ERICSSONIN (1991) mukaan perusteltuja, jos ne johtaisivat kilpailukykyisten, uusiutuvien ja ympäristöystävällisten polttoaineiden tuotantoon. Sellaiset Suomen maatalouden ominaispiirteet, kuten eu-rooppalaisittain katsottuna pienet hehtaarisadot ja korkeat tuotantokustannukset, säilyvät myös tuotantosuunnan muuttuessa elintarvikkeista energiaan, ja parannusta muiden maiden hehtaarisatoihin nähden on odotettavissa vain ennustetun kasvihuoneilmaston myötä (MELA 1992).

Tämän kirjallisuuskatsauksen loppuosassa käsitellään maahamme mahdollisesti sopivia bioenergiakasveja. Kasveja valittaessa on otettu huomioon ne kasvilajit, jotka ovat olleet mukana ulkomaisissa bioenergiatutkimuksissa, ja lisäksi kasvien kasvuun vaatimat olosuhteet Suomessa. Kaikkien tässä esiteltävien kasvien lopullista käyttökelpoisuutta bioenergian tuotannossa on vaikea arvioida ilman laajempaa peltokasvien viljelyä, käsittelyä, käyttöä ja kannattavuutta koskevaa kotimaista tutkimusta. Lisäksi joku muu energiakäyttöön sopiva kasvi on saattanut jäädä kokonaan mainitsematta.

5.1 Korsiviljat

Korsiviljoista syysvehnällä on ruotsalaisten mukaan suurimmat edellytykset etanolituotannon raaka-aineeksi (Sveriges Lantbruksuniversitet 1984), kun taas Suomessa pidetään parhaana etanolilähteenä ohraa (ALANEN 1991). Jyvien tärkkelys käytetään etanolin valmistukseen, ja valmistuksen sivutuotteena saadaan valkuaispitoista rehua. Jos viljoja aiotaan hyödyntää etanolin tuotannossa, tulisi maksimaalisen tärkkelystuotannon pinta-alaa kohti olla lähimpien vuosien tärkein jalostuskohde (Sveriges Lantbruksuniversitet 1984). Ohranjalostuksessa tämä ollaan jo huomioitu MTTK:n kasvinjalostuslaitoksella (PULLI 1992).

Maaseutupiirit Rural districts	Viljelemätön peltoala, ha Not cultivated arable land area, ha	
	Kesanto Fallow	Muu peltoala The rest area
1. Uusimaa	61 600	6 500
2. Turku	66 100	1 600
3. Satakunta	43 800	3 200
4. Häme	40 700	4 000
5. Kymi	37 200	12 300
6. Mikkeli	19 400	12 700
7. Pirkanmaa	35 200	13 900
8. Etelä-Pohjanmaa	72 900	6 700
9. Vaasa	26 000	3 000
10. Keski-Pohjanmaa	20 500	6 300
11. Keski-Suomi	24 100	18 800
12. Kuopio	22 800	26 100
13. Pohjois-Karjala	16 600	20 800
14. Kainuu	5 000	19 100
15. Oulu	30 700	40 100
16. Lappi (Ahvenanmaa)	4 300	30 000
	1 600	1 400



Kuva 5. Kesannon ja muun viljelemättömän peltoalan jakautuminen maaseutupiireittäin vuonna 1992 (Maatilahallitus 1992 a).

Fig. 5. Fallow and non-cultivated arable land by rural district in 1992 (Maatilahallitus 1992 a).

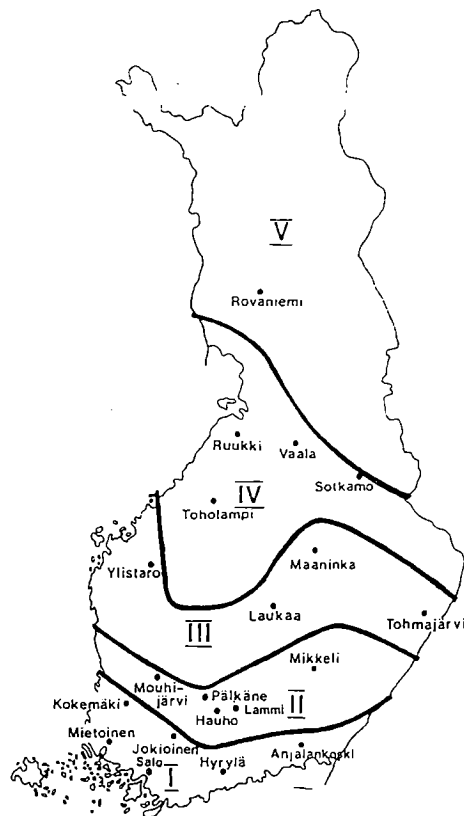
Olki ja jyvät sopivat kiinteänä polttoaineena käytettäväksi. Esimerkiksi syysvehnän oljen kemiallinen koostumus on lähes polttopuun luokkaa (Sveriges Lantbruksuniversitet 1985). Jyvistä nimenomaan kauranjyvät palavat oljen tapaan, koska niissä on paljon kuorta. Jyviä voi polttaa myös olkisilpun kanssa seoksena tai jalostetummassa pulverimuodossa (KARLSSON 1991).

5.1.1 Viljely

Syysvehnä sopii viljeltäväksi maamme eteläosassa viljelyvyöhykkeellä I (KÖYLIJÄRVI 1991), ja kevätvehnä viihtyy vyöhykkeillä I–III (KÖYLIJÄRVI ja TALVITIE 1991). Ohra on maamme yleisin viljalaji, ja sen viljely onnistuu muita viljoja laajemmalla alueella. Ohranviljelyyn soveltuvatkin lajikkeesta riippuen viljelyvyöhykkeet I–IV. (RANTANEN ja HIIVOLA 1991). Maamme viljelyvyöhykejako on esitetty kuvassa 6.

Korsiviljojen korjattu viljelyala oli vuonna 1992 noin 902 100 hehtaaria, josta eri viljalajien osuudet olivat seuraavat:

- syysvehnä 12 300 ha,
- kevätvehnä 75 600 ha,
- ohra 472 900 ha,
- ruis 10 600 ha ja
- kaura 330 700 ha (Maatilahallitus 1992 c).



Kuva 6. Viljelyvyöhykejako Suomessa (MUSTONEN ym. 1992).
Fig. 6. Crop zones in Finland (MUSTONEN et al. 1992).

Nykyisin ohrasadosta käytetään alkoholi- ja tärkkelystuotannon raaka-aineeksi noin 14 % (RANTANEN ja HIIVOLA 1991). Jos maassamme vuosittain kulutettava 2 000 000 Mt polttoainebensiiniä hapetettaisiin 2-prosenttiseksi, tarvittaisiin etanolin tai ETBE:n valmistukseen noin 140 000 hehtaarin ohra-ala (PETÄJÄ 1992). Viljaoksygenaatin valmistusprosessista palaisi sivutuotteena takaisin rehuksi noin 2/3, mikä edellyttää rehun tehokasta markkinointia (MATTILA 1992).

Rehu- tai leipäviljan korjuun yhteydessä leikkuupuimuri silppuaa oljen, jolloin se voidaan jättää peltoon. Jos olkea aiotaan käyttää kiinteänä polttoaineena, se voidaan kerätä talteen esimerkiksi paalaamalla, joka on tavallisin oljenkorjuumenetelmä. Vaihtoehtoisesti olki voidaan kerätä peltoilta myös irtonaisena pitkänä olkena, silppuna tai briketoina (NILSSON 1991).

5.1.2 Raaka-aineen määrä ja laatu

Korsiviljojen siemensadot ovat kiinnostavia etanolin tuotantoa ja viljanjyvien polttoa ajatellen. Syysvehnän satotaso on ollut maassamme vuosina 1987–1991 keskimäärin 3 580 kg/ha, ja keväthehnäsato keskimäärin 2 940 kg/ha. Rukiin siemensato on ollut vastaavana aikana keskimäärin 2 650 kg/ha, ohran 2 790 kg/ha ja kauran 2 920 kg/ha (Maatilahallitus 1992 c).

Oljen ominaisuudet vaihtelevat mm. viljalajin, kasvupaikan ja lannoituksen mukaan (RAVN-JENSEN 1992). Bioenergiakäyttöä mietittäessä on kauran olki todettu poltto-ominaisuuksiltaan huonoimmaksi, sillä se sintraantui olkilämpölaitoksen poltoissa muiden kasvien olkea paremmin. Kauran sitkeää olkea on lisäksi vaikea kuljettaa ruuvikuljettimessa (SAHLBERG 1990). Parhaiten olkea tuottavat syysviljat, ja arvioidut keskimääräiset vuosien 1987–1990 olkisadot maassamme olivat

- syysvehnällä 2 665 kg/ha,
- keväthehnällä 2 250 kg/ha,
- ohralla 1 775 kg/ha,
- rukiilla 2 315 kg/ha ja
- kauralla 1 940 kg/ha (HUUSELA-VEISTOLA ym. 1991).

Oljen kosteus on puintivaiheessa tavallisesti 30–60 % (AHOKAS 1983). Etelä-Suomessa on syksyllä keskimäärin 12 korjuupäivää, jolloin oljen kosteus laskee alle 30 % (PULLI 1985). Palamisen kannalta oljen kosteuspitoisuuden pitäisi olla alle 20 %. Koska olki kuivuu varastoinnin aikana 2–6 prosenttiyksikköä, sen kosteus saa korjuuhetkellä olla enintään 25 % (AHOKAS 1983).

Oljen tehollinen lämpöarvo on 12,4 MJ/kg eli 3,44 kWh/kg (keskimääräinen oljen kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo 17,4 MJ/kg ja oljen kosteus 25 %). Vastaava puun tehollinen lämpöarvo on 19 MJ/kg ja turpeen 20 MJ/kg (AHOKAS ym. 1983). Huonot varastointiolosuhteet voivat laskea oljen lämpöarvoa ja palamishyötysuhdetta. Mitä suurempi on poltettavan materiaalin kosteus, sitä suurempi osa palamisessa syntyvästä lämmöstä kuluu polttoaineen sisältämän veden höyrystämiseen. Tästä seuraa tulipesän lämpötilan aleneminen, jolloin haihtuvat aineet palavat epätodellisesti ja hyötysuhde alenee (MÄKELÄ ym. 1983). Vehnän oljen tuhkapitoisuus on 6–7 %, muilla viljoilla yleensä vain 4–5 %. Vehnän tuhkan korkea SiO₂-pitoisuus kohottaa sulamislämpötilaa, joka onkin selvästi muita viljoja korkeampi. Tämän vuoksi vehnäolkipellettiä voikin STÅHLBERGin ym. (1985) mukaan tyydyttävästi polttaa turpeelle ja hakkeelle tarkoitetuissa polttimissa. Irto-oljen tilavuuspaino on 30–40 kg/m³. Olki voidaan myös jatkojalostaa briketeiksi, pelleteiksi tai pulveriksi (NILSSON 1991). Puristeina oljen tilavuus nousee 6–10-kertaiseksi (STÅHLBERG ym. 1985), varastointitarve pienenee, energiatiheys kasvaa, kuljetuskustannukset alenevat ja käsittely helpottuu (APFELBECK 1990).

Jos koko kasvusto (oljet + jyvät) poltettaisiin lämpöenergiaksi, saataisiin meillä raaka-ainetta peltohehtaarialta noin 4 900–6 200 kg. Koko kasvuston käsittely on kuitenkin hankalaa, sillä jyvät

varisevat korjuun yhteydessä ja oljen ja jyvien samanaikainen kuivaus on vaikeaa. Varsinainen poltto aiheuttaa kuitenkin suurimman ongelman, sillä jyvällä ja oljella on täysin erilaiset palamisominaisuudet, mistä johtuu näiden kahden fraktion erottumisen polttimessa. Viljanjyvien suhteellisen korkean valkuaispitoisuuden vuoksi on olemassa riski myös liian korkeisiin polton yhteydessä syntyvien päästöjen typpioksidimääriin (AXENBOM ym. 1992).

5.1.3 Kannattavuus

MATTILAN (1992) mukaan maailmanmarkkinahintaisesta ohrasta tehty polttoaine-etanoli nostaisi bensiniin hintaa 5–6 p/l. Suomessa ohraetanolin energiatase on todettu positiiviseksi, mikä onkin yksi tärkeä edellytys tuotannon kannalta (Maaseudun Tulevaisuus 1992 a). Etanolin tuottaminen ei ole PERSSONIN (1990) mukaan kuitenkaan ollut ekonomisesti kannattavaa. Kannattavuutta on mahdollista parantaa jalostamalla mahdollisimman tärkkelyspitoisia lajikkeita. Myös lannoituskustannuksia voidaan pienentää vähentämällä typpilannoitusta, koska raaka-aineen valkuaispitoisuus ei energian tuotannossa ole tärkeä ominaisuus. Etanolin tuotantoketjusta pitäisi poistaa myös viljan kuivaus, koska vilja kuitenkin tehdään prosessissa kastellaan uudestaan (Maaseudun Tulevaisuus 1992 a). Etanolin hintaa laskisi myös valmistuksen sivutuotteena syntyvän rehun onnistunut markkinointi. Tämä voi kuitenkin olla vaikeaa, sillä karjataloussektori supistuu jatkuvasti, ja tuontivalkuaista ei pystytä laadullisesti kokonaan korvaamaan kotimaisella rehulla (ALANEN 1991). TOIVOSEN ja LAMPILAN (1986) arvion mukaan vehnästä ja ohrasta (sato 3 500 kg/ha, 60 % tärkkelystä) saataisiin etanolia 1 500 l/ha ja rankkia sivutuotteena 750 ry/ha.

Märkä kiinteäksi polttoaineeksi tarkoitettu olki on kuivattava polton onnistumiseksi esimerkiksi kylmäilmakuivurissa, mikä lisää kustannuksia. Kuivauksen energiakulutus saadaan toisaalta takaisin oljen lämpöarvon kohoamisen ansiosta (AHOKAS 1983). Olkisilpun tai paalien pieni energiatiheys rajoittaa niiden polttoainekäyttöä (STÅHLBERG ym. 1985). Koska tilaa vievän oljen kuljettaminen ja varastointi tulee kalliiksi, pitäisi käsittely saada mahdollisimman rationaaliseksi ja edulliseksi (NILSSON 1991). Oljen taloudellisesti kannattavana kuljetusmatkana pidetään 20 km:ä. Se on pituudeltaan matka, jonka viljelijän katsotaan vielä olevan halukas ajamaan traktorilla (SAHLBERG 1990). AHOKKAAN ym. (1983) mukaan Tanskassa tulokseksi saadun positiivisen energiataseen perusteella kannattaisi olkea käyttää meilläkin ainakin kiinteänä polttoaineena. Kattilan hyötysuhteesta ja oljen kosteudesta riippuen olkea tarvitaan kolmesta viiteen kiloa korvaamaan litra polttoöljyä. Asuinrakennuksen lämmitykseen tarvitaan siten noin 8–12 hehtaarin oljet (AHOKAS 1983).

Olki soveltuisi polttoainekäyttöön parhaiten nimenomaan puristeena, mutta olkipuristeiden hinta on osoittautunut vuoden 1985 kotimaisten tutkimustulosten mukaan liian kalliiksi (STÅHLBERG ym. 1985). Olkipuristeiden etuja paaleihin tai irtotavaraan nähden ovat palamisajan piteneminen kattilassa ja lämmitystyön väheneminen. Paalikustannusten on polttoainekäytössä laskettu olevan 3–5 p/kWh (1983), mutta varsinaiset kustannukset syntyvätkin polttimesta tai polttolaitoksesta, ja polttoaineen varastointiin tarvittavista tiloista (AHOKAS 1983).

5.2 Öljykasvit

Kevätrypsi on varmatuottoinen öljykasvi, joka sopii hyvin vuoroviljelyyn maassamme. Kevät-rapsi, kuten rypsin ja rapsin syysmuodotkin, olisivat kevätrypsiä satoisimpia. Niiden viljelyvarmuus ei ole kuitenkaan riittävä bioenergian raaka-aineen tuottamiseksi laajassa mittakaavassa. Kevätrapsin viljely rajoittuu aivan eteläisimpään Suomeen, koska sen kasvuaika on rypsiä jopa kaksi viikkoa pitempi (PAHKALA ja HIIVOLA 1991). Syysrapsin kasvupiste taas on taimiasteella korkealla maanpinnasta, eikä se siksi kestä talviamme (VALLE 1962). Syysöljykasvien viljely onkin loppunut maassamme kokonaan 1970-luvulla (VILKKI 1989).

5.2.1 Viljely

Kevätrypsin päätuotantoalueet ovat Lappeenranta–Tampere–Vaasa-linjan eteläpuolella, vaikka viljely onkin lisääntymässä myös Pohjanmaalla ja Savossa (PAHKALA ja HIIVOLA 1991). Kasvu-kaudella 1992 korjattu kevätrypsin viljelyala oli maassamme 70 000 ha ja kevätrypsin 2 500 ha (Maatilahallitus 1992 c). Mikäli koko Suomen maataloustraktorikanta käyttäisi polttoaineenaan biodieseliä, pitäisi öljykasvien viljelyalan olla suuruudeltaan noin 300 000 ha (SARKIMAA 1991). Julkisuudessa on esitetty rypsin ja rapsin viljelyalojen nostamista lähivuosina jopa 200 000–300 000:een hehtaariin (Maaseudun Tulevaisuus 1992 a). Käytännön viljely voi kuitenkin vuoroviljelyvaatimuksen takia tapahtua enintään 200 000:n hehtaarin alalla, ja silloinkin pitäisi jo ottaa käyttöön Savon ja Pohjanmaan viljelyalat (SARKIMAA 1991). Vuoroviljelyä tarvitaan torjumaan ristikkukaisia kasveja saastuttavaa maalevintäistä möhöjuurta. Möhöjuuren levinnän estämiseksi tulisi öljykasviviljelyn ehdottoman kiertovälin olla neljästä viiteen vuotta (Maaseudun Tulevaisuus 1988). Vain kiertoväliä noudattamalla voidaan turvata nykyiset satotasot ja jatkuva kotimaisen biodieselin ja voiteluöljyjen saanti.

5.2.2 Raaka-aineen määrä ja laatu

Virallisten lajikekokeiden mukaan kevätrypsin sato on ollut keskimäärin 2000 kg/ha (PAHKALA ja HIIVOLA 1991), mutta vuosien 1987–1991 keskimääräinen koko maan rypsisato oli vain 1 480 kg/ha (Maatilahallitus 1992 c). Rapsi on hiukan rypsiä satoisampi, ja keskimääräinen koko maan siemensato vuosina 1987–1991 oli 1780 kg/ha. Virallisten kokeiden (1984–1991) mukaan rypsin siemenen öljymäärä vaihtelee lajikkeesta riippuen välillä 43,9–45,9 %. Kevättrypsin vastaava öljymäärä on ollut 44,1–46,9 % (MUSTONEN ym. 1992). Öljykasvien olkisadot kiinnostavat kiinteätä polttoa ajatellen, ja niiden on laskettu olevan vuosina 1987–1990 HUUSELA-VEISTOLAN ym. (1991) mukaan keskimäärin 1 945 kg/ha.

5.2.3 Kannattavuus

Kolmesta kilosta rypsiä syntyy noin 1 kilo biodieseliä ja kaksi kiloa rypsirouhetta eläinten rehuksi. Yhdeltä peltohehtaarilta voidaan saada enintään 800–1 000 litraa biopolttoainetta (SARKIMAA 1991). Rypsiöljyn tuotannossa kuluu energiaa pääasiassa viljelytoimenpiteisiin ja prosessointiin. Rypsiöljyn energiataseesta on esitetty useita näkemyksiä, ja se vaihtelee lähteestä riippuen välillä 1,2–2,0 (SCHÄFER ym. 1986, SARKIMAA 1991). Etanolin avulla esteröity rypsiöljy käy polttoaineena kaikkiin dieselmoottoreihin ilman suuria moottoriin tehtäviä muutoksia. Biodiesel tulee nykyisin (1991) tuottajahinnoin ja ilman tukimuotoja noin 2,5 kertaa tavallista talvidieseliä kalliimmaksi. Hintaa pystyttäisiin laskemaan, jos sivutuotteena syntyvän rypsirouheen markkinointi onnistuisi, ja jos biodieseltuotanto olisi laajamittaisempaa (SARKIMAA 1991). Rapsimeytyliesterin lämpöarvo on 37,2 MJ/kg, kun dieselöljyn on 42,4 MJ/kg (Statens Maskinprovningar 1991).

Nykyisessä hintatilanteessa on rypsiöljyn kulutukselle parhaat edellytykset voiteluainemarkkinoilla. Hydraulikka- ja teräketjuöljyjen käyttö on yleistymässä, ja ympäristöystävällisenä rypsiöljy on hyvä vaihtoehto erityisesti maastossa liikkuvien ajoneuvojen ja moottorisahojen öljynä (MATTILA 1992). Käytetty kasviöljypohjainen voiteluöljy voidaan vielä hyödyntää tekemällä siitä erilaisia kemikaaleja, rasvahappometyyliestereitä ja glyserolia. Suomessa on tuotannossa kolme hydraulikkaöljytyyppiä, erilaisia voiteluaineita teollisuuskäyttöön ja moottorisahan teräketjuöljyä (LEPPÄMÄKI ym. 1990).

Kiinteän polttoaineen muodossa käytetyn öljykasviperäisen oljen lämpöarvoksi on saatu keskimäärin 5,25 kWh/kg kuiva-ainetta (NILSSON 1985). Öljynpuristusprosessin yhteydessä syntyvän

rapsikakun lämpöarvo on noin 5,84 kWh/kg poltettavaa ainetta, mutta rapsikakun koostumuksessa tapahtuvat muutokset vaikuttavat myös lämpöarvoon (NOREN 1990).

5.3 Energiaheinät

Energiaheinät ovat energiatuotantoon sopivia nurmiheiniä. Nurmien osuus viljellystä peltoalastamme oli vuonna 1992 noin 38 % eli 660 000 hehtaaria. Suurimmat nurmikasvien viljelyalat sijaitsevat Etelä-Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan, Kuopion, Pohjois-Karjalan ja Oulun maaseutupiireissä (Maatilahallitus 1992 c).

Kotimaisen energiaheinätutkimusten puuttuessa voidaan tarkasteluun ottaa ruotsalaisten suosittelomia, Suomenkin kasvuoloissa viihtyviä kasveja. Ruotsin etelä- ja keskiosissa tehtyjen tutkimusten mukaan energiaheiniksi soveltuvat parhaiten ruokohelpi (*Phalaris arundinacea* L.), rehu-kattara (*Bromus inermis*) sekä ruokohelplin ja timotein (*Phleum pratense* L.) seoskasvusto (TUVESSON 1989). Näistä tutkituista kasveista ruokohelpillä on ollut suurin tuotantokyky ja pienimmät tuotantokustannukset (PERSSON 1992). Ruokohelpisadot ovat olleet Ruotsin pohjoisosissa yhtä korkeita kuin etelämpänäkin (Lantbruksstyrelsen 1990), joten se saattaa olla kaikkialle Suomeenkin sopiva energiakasvi.

5.3.1 Viljely

Eniten viljelty nurmikasvimme on timotei, joka sopii yleisheinäksi koko maahan. Etelä-Suomeen sitä suositellaan heinäksi korjattaville nurmille, muualla Suomessa kaikille nurmityypeille. Ruotsissa energiaheinäseokseen ruokohelplin kanssa suositeltu timotei on vaatimaton heinälaji, jonka talvenkestävyys on hyvä. Timotei aloittaa kasvun aikaisin keväällä ja pystyy muita heinälajeja paremmin käyttämään hyväkseen tämän nurmen kasvun kannalta parhaan ajanjakson. Matalajuurisena timotei kärsii muita heinäkasveja herkemmin poudasta (HAKKOLA 1986).

Ruokohelpi on Suomessakin yleinen kasvi, jonka luonnonvaraisia kasvupaikkoja ovat rannat, tienpientareet ym. kulttuuripaikat (Otavan Värikasvio 1986). MTTK:n Kasvinjalostuslaitoksella on yksi kotimainen ruokohelpilinja, Jo 0510, joka on aikanaan valittu satoisuutensa perusteella (9 000–10 000 kg kuiva-ainetta kasvukaudella) nurmikasviviljelytarkoituksiin (PÄRSSINEN 1992). Rehukattarasta on jalostettu kotimainen lajike Kesto. Maatilahallituksen vuoden 1992 tärkeimpien kasvilajien lajikkeiden luettelossa ei kuitenkaan ole yhtään ruokohelpi- tai rehukattaralajiketta (Maatilahallitus 1991).

Ruokohelpi on roteva ja tuottoisa heinä, jonka pituus voi olla 1,5–2 m (Lantbruksstyrelsen 1990). Se kestää hyvin kuivuutta ja myös veden valtaan jäämistä. Ruokohelplin siementuotanto on vaikeaa, ja koska kasvi sisältää myrkyllisiä alkaloideja, sen käyttö rehuna on rajoitettua. Polttamistarkoitukseen käytettynä ei heinän alkaloideista ole todettu olevan haittaa (Lantmannen 1991).

Ruokohelplin siemen hankitaan Ruotsiinkin toistaiseksi USA:sta, Kanadasta ja Saksasta, sillä omia lajikkeita ei ole. Viljelysuositusten mukaan ruokohelplin sopiva kylvömäärä on 15 kg/ha. Lannoitus-suositukset vaihtelevat, ja tarvittava typen määrä kasvukautta kohti on lähteestä riippuen 110–200 kg/ha (Svalöf AB 1990, SHEAFFER ym. 1990, Lantmannen 1991). Ruotsalaisten suositusten mukaan kasvusto pitäisi perustaa puhdaskasvustona, sillä ruokohelpi on arka varjostukselle, jota saattaa esiintyä varsinkin seoskasvustoissa keväällä, jos itämiskosteus ei ole riittävä. Seoskasvuston etuna olisi kuitenkin sen puhdaskasvustoa parempi kilpailukyky rikkakasveja vastaan ja nopeampi taimettuminen. Seoksen siemensuositukseksi annetaan 10 kg ruokohelpiä ja

8 kg timoteitä/ha. Jyrääminen ennen ja jälkeen kylvön on suositeltavaa, ja sopivana kylvösyvyytenä pidetään 1–2 cm (Lantmannen 1991).

Ruokohelpikasvuston tuottava ikä on 5–10 vuotta (Statens Lantbrukskemiska laboratorium 1990, PERSSON 1992). Ruokohelpin sato voidaan korjata 1–2 kertaa kasvukaudella, ja mielenkiintoisena ja tähän asti taloudellisimpana vaihtoehtona on kokeiltu kevätkorjuuta. Korjuu tapahtuu vasta keväällä lumen sulettua, jolloin ruokohelpi on ehtinyt kuivua riittävästi pellolla, eikä lisäkuivaamiseen ole tarvetta. Kevätkorjuussa voidaan hyödyntää elo-syyskuussa tapahtunut lisäkasvu, joka on n. 2–3 tonnia kuiva-ainetta/ha. Lehtien varistessa osa kuiva-ainesadosta kuitenkin menetetään, ja kokonaissato jää usein jopa syksyllä korjattua pienemmäksi (Lantbruksstyrelsen 1990).

5.3.2 Raaka-aineen määrä ja laatu

Seuraavassa satomääriä koskevassa tarkastelussa on huomioitava, että kasvibiomassaa voidaan korjata eri kasvuasteilla ja yhdestä useampaan kertaan kasvukaudella riippuen siitä, hyödynnetäänkö kasvustoa nurmiviljely- vai bioenergiatarkoituksiin. Suomen hehtaarisadot koskevat nurmiviljelyä.

Timotein virallisten lajikekokeiden kokonaiskuiva-ainesadot ovat olleet kolmen vuoden nurmien keskiarvoina lajikkeesta riippuen 7 563–10 177 kg/ha ja Kesto-rehukattaran 9 600 kg/ha (MUSTONEN ym. 1992). TAKALAN (1989) heinäkorjuuta koskeneen tutkimuksen mukaan ruokohelpin kuiva-ainesato on ollut kahden koevuoden keskiarvona mutasuolla 1. niitossa 5 550 kg/ha, 2. niitossa 2 600 kg/ha ja 3. niitossa 1990 kg/ha. RAVANTIN (1980) mukaan ruokohelpistä saadaan suuria kuiva-ainesatoja varsinkin vanhemmissa, 3–8 vuoden nurmissa.

Ruotsalaisten koetulosten mukaan on ruokohelpin kuiva-ainesadoksi saatu 10 000 kg/ha, mutta käytännön sadoista on realistista odottaa mahdolliset huonot viljelyolosuhteet ja korjuutappiot huomioiden 6 700 kg kuiva-ainetta kesällä korjatusta sadosta ja 5 600 kg kuiva-ainetta kevätkorjuusta (Lantmannen 1991). Syksyllä tapahtuneesta lisäkasvusta saatu hyöty menetetään, jos häviöt talven aikana ovat suuremmat kuin lisäkasvu elo-syyskuussa on ollut (HADDERS 1991). Keväällä korjatun sadon polttolaatu on parempi, sillä tuhkapitoisuus on syksyllä korjatun sadon pitoisuutta alempi (Lantmannen 1991), lisäksi tuhkan sulamistaipumus vähenee (HADDERS 1991). Kemiallista koostumusta tutkittaessa on kalium-, magnesium- ja klooripitoisuuksien havaittu pienenevän talven aikana huomattavasti (BURVALL 1992).

5.3.3 Kannattavuus

Ruokohelpiviljelyn kannattavuutta voidaan suuntaa-antavasti arvioida ruotsalaisten tutkimustulosten perusteella. Niissä on todettu keväällä korjatun raaka-aineen tulevan edullisimmaksi. Edullisuus perustuu itsestään keväällä kuivuvaan kasvustoon, jolloin muuta kuivaustarvetta ei ole (Lantmannen 1991). Sadonkorjuun jälkeistä lannoitusta voidaan vähentää, sillä lehdet varisevat ennen kevätkorjuuta, ja kasvi kuljettaa suuren osan typestään ja kaliumistaan juuriin ja maahan ennen talvea (HADDERS 1991).

Energiaheinän korjuuseen käytetään niittomurskainta ja paalainta (Lantbruksstyrelsen 1990). Tuotannon kannattavuutta mietittäessä on huomioitava, että näitä laitteita ei viljanviljelytiloilla yleensä ole. Pyörö- ja kanttipaalien käsittely on täysin koneellista niiden suuren koon takia. Energiaheinän pakkaustiheys on pyöröpaalaimella tehtynä 70–150 kg/m³ ja ns. kanttipaalaimella tehtynä 180–240 kg/m³. Paalauksen kulut ovat menetelmästä riippumatta likimain samat, mutta varastointi ja kuljetus tulee kanttipaalaimella tehdyille raaka-aineelle edullisemmaksi. Paalaus- tekniikan valinta riippuu siitä, miten raaka-aine on ajateltu jatkossa käyttä (Lantmannen 1991).

Keväällä korjatun ruokohelpin hinta vaihtelee 8–10 p/kWh ja 12 p/kWh välillä, saman kasvukauden aikana korjatun energiaheinäsadon ollessa 16 p/kWh hintaista (Lantmannen 1991). Ruokohelpin energiasisältö on 4,6 MWh/t kuiva-ainetta (Lantmannen 1991), ja hehtaarin ruokohelpisato vastaa noin 3 500 kg öljyä (SUNDBERG 1992). Jos hehtaarilta saadun energiaheinän tuotto olisi 10 000 kg (kuiva-ainepitoisuus 85 %), sen energiasisältö vastaisi 40 000–50 000 kWh/ha eli kahden omakotitalon vuoden normaalia energiankulutusta (Statens Lantbrukskemiska laboratorium 1990).

5.4 Juurikasvit

Maassamme viljeltävistä kasveista juurikasvit tuottavat suurimmat hehtaarisadot. Etanolin valmistukseen voidaan suurimman sokerisadon perusteella käyttää sekä sokeri- että rehusokerijuurikasta (TOIVONEN ja LAMPILA 1986). Rehusokerijuurikkaan juurisato on sokerijuurikkaan satoa korkeampi, mutta sokerijuurikkaan korkeamman kuiva-ainepitoisuuden takia erot kokonaiskui-va-ainesadoissa jäävät pieniksi (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus 1984).

Näistä kahdesta juurikkaasta on Suomessa tällä hetkellä viljelyssä vain sokerijuurikas. Juurikasvien sopivuus etanolin raaka-aineeksi perustuu juurikkaan sisältämän sakkaroosin, glukoosin ja fruktoosin suoraan käymiskykyiseen muotoon. Etanolin tuottamiseen ei siksi tarvita monimutkaisia entsyymi- tai lämpökäsittelyjä, joita taas käytetään esimerkiksi tärkkelys- tai selluloosapohjaista raaka-ainetta hyödynnettäessä (TOIVONEN ja LAMPILA 1986). Sokeri- ja rehusokerijuurikkaasta voidaan tuottaa myös biokaasua. Kaasutukseen voidaan käyttää koko kasvi, eli juuren lisäksi myös naatit. Sokerijuurikas kuuluu niihin kasveihin, joiden kaasunmuodostuskyky on hyvä ja nopea (Sveriges Lantbruksuniversitet 1984).

5.4.1 Viljely

Sokerijuurikkaan korjatun viljelyalan suuruus oli vuonna 1992 maassamme 32 400 ha, ja päätuotantoalueet keskittyivät Turun, Satakunnan, Hämeen ja Uudenmaan maaseutupiireihin (Maatilahallitus 1992 c). Sokerijuurikas tarvitsee hyvän kasvualustan ja pitkän kasvukauden tuottaakseen kunnan sadon (RAININKO 1991). Sokerijuurikasmaiksi sopivat parhaiten hietamaat ja liejusavet. Viljelys kannattaa sijoittaa isolle, muodoltaan hyvälle peltolohkolle, jolloin isoilla koneilla liikuminen on helppoa. Viljelyalan suuruutta päätettäessä on otettava huomioon, että satotaso voidaan pitää jatkuvasti korkeana käyttämällä viljelykierrossa 2–3 vuoden väliviljelyä (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus 1984).

5.4.2 Raaka-aineen määrä ja laatu

Vuosien 1987–1991 keskimääräinen sokerijuurikassato (juuret) on ollut 29 970 kg/ha (Maatilahallitus 1992 c). Naattisato voi olla 30 000–40 000 kg/ha, eli jopa 1,4 -kertainen juurisatoon verrattuna. Naatissa on kuiva-ainetta 10–12 %, ja se sisältää runsaasti sokeri- ja kivennäisaineita (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus 1984). Energiajuurikkaiden viljelyssä ei tarvitse huomioida sokerin tuotannossa vaadittavia laadullisia ominaisuuksia, vaan ratkaisevaa on nimenomaan hehtaarilta saatavan käymiskykyisen materiaalin määrä. Juurikkaan raakamehun sisältämät suolat ja aminohapot ovat etanolin valmistuksessa eduksi, ja sokerintuotannosta poiketen voidaan käymisprosessissa hyödyntää myös yksinkertaiset sokerit (WÜNSCHE ja BERTHOLDSSON 1983).

5.4.3 Kannattavuus

Etanolia on laskettu saatavan sokerijuurikkaan 1980-luvun alun keskimääräisten sokeri- ja kuivaainesatujen perusteella n. 2500 l/ha ilman hävikkiä, ja sivutuotteena eläinten rehua 2 000–3 000 ry/ha (WÜNSCHE ja BERTHOLDSSON 1983). Ruotsalaisten laboratorio-olosuhteissa tehdyn soke-

rijuurikkaan biokaasutuksen perusteella voidaan kilosta orgaanista materiaalia saada 1000 l biokaasua.

TOIVOSEN ja LAMPILAN (1986) laboratoriomittakaavan tutkimuksissa juurikasvimassan sokeri kävi nopeasti ja lähes täydellisesti etanoliksi. Etanolin valmistuksen sivutuotteena syntyvän jätteen rehukäytöllä on tuotannon taloudellisuuden kannalta suuri merkitys. Sivutuotteiden rehuarvoja määritettäessä todettiin fermentoinnin seurauksena tuhkan, raakavalkuaisen, raakarasvan ja raakakuidun prosentuaalisen osuuden kuiva-aineesta lisääntyvän.

Sokeri- ja rehusokerijuurikas näyttäisivät olevan juurikasveista parhaiten Suomen eteläosiin rehun ja etanolin tuottamiseen sopivat kasvit (TOIVONEN ja LAMPILA 1986). Juurikkaan viljely vaatii kuitenkin erikoiskoneistuksen, joten bioenergiajuurikkaiden viljelyä harjoittaisivat ilmeisesti vain juurikkaan nykyiset tuottajat. Lisäksi viljelyä vaikeuttaa viljelijöiden keksittyminen sokeritehtaiden läheisyyteen kuljetuskustannusten minimoimiseksi, joten energiajuurikkaan viljelyalaa ei ilmeisesti pystytä kasvattamaan siinä määrin, että etanolin tuotanto olisi kannattavaa. Nykyisiä sokeritehtaita pitäisi myös voida hyödyntää etanolintuotannossa ilman suuria muutoksia tehtaan laitteissa.

Tanskalaisissa tutkimuksissa on juurikkaan naatista saadun metaanin tuotantokustannukset todettu kilpailukykyisiksi fossiilisten polttoaineiden hintojen kanssa (ZUBR 1990). BROLININ ym. (1988) mukaan taloudelliset analyysit taas osoittavat biokaasun tuotantokustannusten olevan liian korkeat kilpailukykyisen kaasun tuottamiseksi. Kustannusten on laskettu olevan 23–26 penniä/kWh, mutta ennenkuin esimerkiksi tekniikka kehittyy ja tuotantolaitokset kasvavat, olisivat kustannukset tästä vielä 8–15 penniä/kWh korkeammat. Biokaasulaitoksen tärkein osa on kaasutusammio, ja siihen kohdistuu myös suurin osa investointitarpeesta.

5.5 Peruna

Etanolia voi valmistaa myös perunasta (WÜNSCHE ja BERTHOLDSSON 1983). Ruoka- ja tärkkelysperunaa korjattiin maassamme 34 900:n hehtaarin alalta vuonna 1992 (Maatilahallitus 1992 c). Mukulasato on ollut hehtaaria kohti vuosina 1987–1991 keskimäärin 18 610 kg/ha (Maatilahallitus 1992 c). Perunan tärkkelys, jota etanolin valmistukseen käytetään, vaihtelee tärkkelysperunalajikkeilla välillä 15–18 % (UUSI-ESKOLA 1985).

Peruna on hyvä esikasvi muille kuin itselleen ja se menestyy parhaiten lyhytikäisen nurmen, viljojen, erityisesti kauran ja palkokasvien jälkeen. Perunan viljelyalan osuus ei saisi nousta tilalla yli 50 %:n, eikä sitä saisi myöskään viljellä samalla kasvupaikalla kauempaa kuin kahtena vuotena kuudesta. Säännöllinen siemenperunan vaihto on ennaltaehkäisevä toimenpide tautien torjumiseksi, ja se on tarpeen 2–5 vuoden välein (VARIS 1985).

Laskelmien mukaan perunasta saataisiin 2 500 l/ha etanolia satotasolla 20 000 kg/ha (18 % tärkkelystä). Tällöin sivutuotteena saatavan rankin rehuyksikkömäärä olisi noin 500 ry/ha (TOIVONEN ja LAMPILA 1986). WÜNSCHEN ja BERTHOLDSSONIN (1983) mukaan ei edellytyksiä ekonomisesti kannattavaan etanolintuotantoon korkeista siemenkustannuksista johtuen kuitenkin olisi. Kuten juurikkaan viljely, myös perunan viljely vaatii erikoiskoneistuksen, joten perunaa kannattaisi viljellä etanolin raaka-aineeksi lähinnä vain nykyisten ruoka- ja tärkkelysperunatuotajien voimin.

**Taulukko 4. Peltokasvien viljelyalat elintarvike- ja rehun-
tuotannossa vuonna 1992.**

*Table 4. Areas under crops cultivated for food and fodder
production in 1992.*

Kasvi – Plant	Viljely – Cultivation 1992, ha
Korsiviljat – Cereals	(902 100 ha)
Syysvehnä – Winter wheat	12 300
Kevätvehnä – Spring wheat	75 600
Ohra – Barley	472 900
Ruis – Rye	10 600
Kaura – Oats	330 700
Öljykasvit – Rape for oilseed	(72 500 ha)
Kevätropsi – Spring turnip rape	70 000
Kevätropsi – Spring rape	2 500
Nurmet – Grasses	660 000
Juurikasvit – Root crops	
Sokerijuurikas – Sugar beet	32 400
Peruna – Potato	34 900

5.6 Bioenergiatuotannon potentiaali kasvinviljelyn näkökulmasta

Tämä tutkimusraportti on osajulkaisu, jossa bioenergian tuotantoa on tarkasteltu lähinnä biologisten tuotantomahdollisuuksien kannalta. Käyttäjän vaatimukset ja teknis-taloudellinen tarkastelu otetaan huomioon vasta tutkimuksen muissa osatehtävissä. Tähän on katsauksen lopuksi poimittu yhteenvedonomaaisesti sellaisten peltokasvien nykyiset viljelyalat maassamme, joita on mahdollista viljellä myös energiakasveina (Taulukko 4). Lisäksi esitetään arviot bioenergiakasvien viljelylaajuuden tarpeesta ja huomioidaan näiden kasvien viljelyalaa rajoittavia tekijöitä.

Bioenergiakasvien potentiaalista viljelyalaa mietittäessä on aluksi todettava tämän hetken realistinen lähtötilanne. Kotimainen bioenergiatutkimus on käynnissä usealla alalla, ja pisimmällä ollaan peltokasviperäisestä bioenergiasta puhuttaessa ohraetanolin ja rypsiöljyn tuotannon suunnittelussa. Monet aikaansa seuraavat viljelijät ovat jo olleet kiinnostuneita peltokasvien viljelystä bioenergiaksi, mutta mitään tuottajalta kulutukseen -ketjuja ei vielä ole valmiina. Viljelijän oman panoksen merkitys bioenergiamarckkinoiden luomisessa tuleekin olemaan suuri.

Bioenergian potentiaalisen viljelyalan tarkka määrittely on mahdotonta. Elintarviketuotannosta vapautuu enemmänkin peltoa, jos elintarvikkeiden tuonti vapautuu ja omavaraisuusastetta pudotetaan. Bioenergian tuotanto kilpailee myös pellon muun mahdollisen non food käytön kanssa (metsitys, nopeakiertoinen energiametsä, peltokasviperäinen sellu, virkistyskäyttö), ja kesanto-
maalla on toistaiseksi lupa viljellä vain tiettyjä kasveja. Tässä tarkastelussa oletetaan, että nykyinen noin 530 000 hehtaarin kesantoala olisi kokonaan käytettävissä energiantuotantoon. Bioenergiaviljelyn tarve on aiemmin esitettyjen viitteiden perusteella laskettu vain ohralle ja öljykasveille. Näiden laskelmien mukaan etanoliöhran viljelyala olisi 140 000 ha ja öljykasvien 300 000 ha.

Öhran viljelyalaa voidaan nostaa nykyisestä, mutta samalla yksipuolinen viljanviljely lisääntyy. Tämä saattaa johtaa kasvitautien lisääntymiseen ja maan rakenteen heikkenemiseen. Nämä teki-

jät vaikuttavat vuorostaan satojen pienenemiseen ja etenkin viljelykustannusten kasvuun, jos kasvinsuojeluruiskutuksia joudutaan lisäämään. Tarvittavan ohra-alan lopulliseen määrään tulee vaikuttamaan käytettävän ohraetanolin osuus bensiinissä, joka taas riippuu paljon etanolin hinnasta. On myös huomioitava, että käsittelyprosessin sivutuotteena syntyy runsaasti rehua, jonka käyttö on saatava ratkaistua.

Öllykasvien viljely bioenergiälaskelmien vaatimalla 300 000 ha:n alalla on mahdoton toteuttaa, koska sekä rypsi että rapsi tarvitsevat tautivaaran takia ehdottoman 4–5 vuoden viljelykierron. Koska öljykasvien tuleentuminen edellyttää pitkää kasvukautta ja kasvukausi lyhenee pohjoiseen mentäessä yli kuukaudella, on viljelyraja vedettävä vähintään Savoan ja Pohjanmaalle. Myös rypsiöljyn sivutuotteena saatavalle valkuaispitoiselle rehulle pitäisi löytää markkinat bioöljytuotannon kannattavuuden parantamiseksi. Ehdottoman viljelyn ylärajan on laskettu olevan 200 000 ha, ja jos tästä alasta vähennetään nykyinen viljely, jää biodieselin ja muiden öljyjen tuotantoon käytettäväksi 127 500 ha. Bioenergiaviljelmien ohra ja öljykasvit kattaisivat nykyisestä kesantoalasta täten 140 000 ha + 127 500 ha = 267 000 ha. Kesantoalaa jäisi muiden bioenergiakasvien viljelyyn vielä 262 500 ha.

Ohran ja öljykasvien bioenergiaviljelyn toteutuessa tässä esitettyssä laajuudessa, kylvettäisiin jälkeen jäävälle kesantoalalle todennäköisesti nurmiheiniä. Niiden viljelytraditio on peltokasveistamme laajin, ja niiden tuottamiselle näyttäisi olevan vähiten viljelyllisiä esteitä. Energiatarkoitukseen soveltuvia nurmiheiniä sanotaan energiaheiniksi. Ne soveltunevat oljen tavoin kiinteänä polttoaineena käytettäväksi, mutta tämänkin raaka-aineen ostajat puuttuvat, ja myös puintijätteenä saadun oljen energiakäyttö on vasta kokeiluluonteista.

Sokerijuurikkaan ja perunan viljelyssä on eniten bioenergiatuotantoa rajoittavia tekijöitä. Näiden kasvien tuotannossa on otettava huomioon mm. erikoiskoneistuksen tarve, vuoroviljelyvaatimukset tuholaisen ehkäisemisen (peruna) ja maan kasvukunnon säilyttämisen takia (sokerijuurikas), liian lyhyestä kasvukaudesta johtuvat rajoitukset (sokerijuurikas) ja maalajin valinnan merkitys enimmäissatojen tuottamiseksi.

KIRJALLISUUS

- Agrar-Übersicht 1991. Rapsöl: Aufsteiger des Jahres. 42(10): 18–23.
- AHOKAS, J. 1983. Energiantuotanto maatilatalouden omista energialähteistä. Vakolan tutkimusselostus 33. 66 p. Vihti.
- , STÅHLBERG, P. & MAASKOLA, I. 1983. Olki polttoaineena. Vakolan tutkimusselostus 30. 88 p. + 10 p. Vihti.
- ALANEN, P. 1991. Viina tulossa bensiinin lisäaineeksi. Helsingin Sanomat 28.1.1991.
- ALBIN, A., AHLGRIMM, H.-J. & WEILAND, P. 1990. Biomethanation of solid and semi-solid residues from harvesting and processing of renewable feedstocks. In: Grassi, G., Gosse, G. & dos Santos, G. (eds.): Biomass for energy and industry. 5th E.C. Conference. Vol. 2. 2.132–2.138. Great Britain.
- APFELBECK, R., BLUDAU, D. & KRÄMER, U. 1990. Technical improvement of systems for harvest, transport, storage and dehydration of wood and straw for energy under consideration of economical aspects. In: Grassi, G., Gosse, G. & dos Santos, G. (eds.). Biomass for energy and industry. 5th E.C. Conference. Volume 1. 1.267–1.280. Great Britain.
- ASSERYD, K. 1992. Marknadens förväntningar. Energigräs - rörflen seminarium. Seminaarimoniste. Umeå.
- AXENBOM, Å., JOHANSSON, H., JOHANSSON, V., ROSENQVIST, H. & SENNBLAD, G. 1992. Biobränsle från jord och skog. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 405/406. Allmänt. 70 p. Uppsala.
- BAZILE, F. & BORIES, A. 1990. Anaerobic digestion of waste water from cane molasses distillery: start up and results from an industrial fixed film digester. In: Grassi, G., Gosse, G. & dos Santos, G. (toim.). Biomass for energy and industry. 5th E.C. Conference. Vol. 2. 2.160–2.164. Great Britain.
- BELLETTI, A. & PETRINI, C. 1992. Varietal experimentation on sweet sorghum: results of seven years of trials in different localities of Emilia Romagna region. In: Grassi, G., Collina, A. & Zibetta, H. (eds.). Biomass for energy, industry and environment. 6th E.C. Conference. 164–168. Great Britain.
- BERGGREN, H. 1991. Odling, areal, hantering och kostnader. Rörflen för massa och biobränsle. Seminaarimoniste. Karlstadt.
- BLUDAU, D.A. 1992. Selected aspects for an evaluation of sweet sorghum as a raw material for energy and industry. In: Grassi, G., Collina, A. & Zibetta, H. (eds.). Biomass for energy, industry and environment. 6th E.C. Conference. 398–402. Great Britain.
- BROLIN, L., THYSELIUS, L. & JOHANSSON, M. 1988. Biogas ur energigrödor -System och kostnader för storskalig framställning och användning av biogas. 62 p. + 10 p. Vällingby.
- BURVALL, J. 1992. Provförbränning av energigräset rörflen vid två kommersiella halmeldade anläggningar i Danmark. Röbbäcksdalen meddelar 5. 20 p. + 28 p.
- CHERNEY, J.H., LOWENBERG-DEBOER, J., JOHNSON, K.D. ja VOLENEC, J.J. 1989. Evaluation of grasses and legumes as energy resources. In: Klass, D.L. (ed.). Energy for biomass and wastes XII. 289–323. Institute of Gas Technology, USA.
- DAMBROTH, M. & BRAMM, A. 1980. Die Landwirtschaft kann mehr als nur Nahrungsmittelproduzent sein. Agrar-Übersicht. 3: 26–31.
- Eduskunta. 1992. Laki peltoalan perusteella suoritettavasta vientikustannusmaksusta annetun lain muuttamisesta. N:o 21/92.
- ERICSSON, S.-O. 1991. Marknadens behov av biobränsle. Rörflen för massa och biobränsle. Seminaarimoniste. Karlstadt.
- ERKKILÄ-BECKER, L. 1992. Saksassa tutkitaan uutta energiakasvia. Helsingin Sanomat 11.7.1992.
- GRASSI, G. & BRIDGWATER, T. 1992. Biomass for Energy, Environment, Agronomy and Industry in Europe. A strategy for the future. 58 p. Milano.

- de GROOT, P. 1989. Plant power: fuel for the future. *New-Scientist* (UK). 124(1695): 30–33.
- GUNNARSON, S. & LUNDIN, G. 1984. Fastbränslen från jordbruket. Rapport 229. 21 p. Institut. för ekonomi och statistik. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- HADDERS, G. 1991. Vårskörd av rörfilen. 7 p. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.
- HAKKOLA, H. 1986. Kasvilajit ja -lajikkeet. *Timotei. Tieto tuottamaan* 38: 24–25. 2. painos. Kokemäki.
- HALL, D.O., ROSILLO-CALLE, F. & WOODS, J. 1992. Biomass: its importance in balancing CO₂ budgets. In: Grassi, G., Collina, A. & Zibetta, H. (eds.). *Biomass for energy, industry and environment*. 6th E.C. Conference. 89–96. Great Britain.
- HENRIKSEN, U., KOFOED, E., GABRIEL, S., KOCH, T. & CHRISTENSEN, O. 1992. Gasification of straw. In: Grassi, G., Collina, A. & Zibetta, H. (eds.). *Biomass for energy, industry and environment*. 6th E.C. Conference. 797–801. Great Britain.
- HOTZ, A. & JONKANSKI. 1992. The European Miscanthus network. Agronomical and economical studies of C₄-crops at the European level. In: Grassi, G., Collina, A. & Zibetta, H. (eds.). *Biomass for energy, industry and environment*. 6th E.C. Conference. 89–96. Great Britain.
- HUBBARD, C.E. 1973. *Gräser. Beschreibung, Verbreitung, Verwendung*. 461 p. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. 1991. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. *Tiedote* 10/91. 36 p. + 1 p. Maatalouden tutkimuskeskus.
- JANTUNEN, M. 1989. Energiantuotannon päästöt. *Ympäristö ja terveys*. 1: 16–19.
- JOHNSSON, B. 1985. Förutsättningar för odling av energigrödor i Sverige. *Energiodling. NJF-seminarium* Nr 75. 9–10. Uppsala.
- JONES, M.B. 1992. C₄ perennial rhizomatous grasses as biomass crops in Northern Europe. In: Grassi, G., Collina, A. & Zibetta, H. (eds.). *Biomass for energy, industry and environment*. 6th E.C. Conference. 238–242. Great Britain.
- JÄNNES-LARSEN, H. 1992. Tanskan kesantopelloille halutaan energiaviljaa. *Maaseudun Tulevaisuus* 18.6.1992.
- KARLSSON, T. 1991. Energihavre som omställningsgröda. *Lantmannen*. 20: 54–55.
- KÖYLIJÄRVI, J. 1991. Syysvehnä. Peltokasvilajikkeet 1991–92. *Tieto tuottamaan* 60: 26–30. Kokemäki.
- & TALVITIE, H. 1991. Kevätvehnä. Peltokasvilajikkeet 1991–92. *Tieto tuottamaan* 60: 31–38. Kokemäki.
- Lantbruksstyrelsen 1990. Lantbruksverkets rådgivning, information och personalutbildning rörande energigrödor på jordbruksmark. *Lantbruksstyrelsens rapport* 10. 29 p. Jönköping.
- Lantmannen 1991. Rörfilen - en hjärtegröda. 10: 31–34.
- LEPPÄMÄKI, E., STENMARK, G. & LINDEN, K-E. 1990. Lubricating oils from rapeseed oil. In: Grassi, G., Gosse, G. & dos Santos, G. (eds.). *Biomass for energy and industry*. 5th E.C. Conference. Vol. 2. 2.891–2.896. Great Britain.
- LEWANDOWSKI, I. 1992. Tissue culture of *Miscanthus sinensis* - A potential for mass propagation? 7th European Conference on Biomass for Energy and Environment and Industry. Abstract. P. 09.23.
- Liikenneministeriö 1992. Kasviöljypohjaisen hydraulioöljyn käytön edistäminen. *Julkaisu* 42/92. 31 p. Helsinki.
- LINDSTRÖM, O. 1979. Den gröna energin. 144 p. Falköping.
- LINDVALL, E. 1992. Förädling av rörfilen. *Energigräs - rörfilen seminarium*. Seminaarimoniste. Umeå.
- LYND, L.R., CUSHMAN, J.H., NICHOLS, R.J. & WYMAN, C.E. 1991. Fuel Ethanol from Cellulosic Biomass. *Science*. 251: 1318–1322.
- Maansiirto 1992. Rypsiöljyä tienpitokoneisiin. 2: 4.
- Maaseudun Tulevaisuus. 1988. Öljykasvien taudit viljelyn ongelmana. 2.8.1988.
- 1992 a. Ympäristötietoisuus tasoittaa tietä biopolttoaineille. 30.7.1992.
- 1992 b. Ransion teräketjuöljy sai pohjoismaisen ympäristö-merkin. 20.8.1992.

- Maatilahallitus. 1991. Maatilahallituksen päätös tärkeimpien kasvilajien lajikkeista. N:o 868. 1720–1732.
- 1992 a. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus. 6: 22, 25.
- 1992 b. Maatilahallituksen päätös peltoalan perusteella suoritettavasta vientikustannusmaksusta annetussa laissa tarkoitettusta kesannoinnista ja muista seikoista. 20.2.1992.
- 1992 c. Maataloustilastollinen kuukausikatsaus. 11: 21–25.
- MATTILA, I. 1992. Kotimaisen energian käytön lisääminen. Maataloustuottaja 5: 16.
- MELA, T. 1992. Non food tuotannon mahdollisuudet. Maataloustieteen päivät 11.–12.3.1992. Luentomoniste.
- MUNCK, I. 1990. From biotechnology to agriculture - From biorefineries to agri-industry - An outline of options for cooperation. In: Munck, I. & Rexen, F. (eds.). Agricultural refineries - A bridge from farm to industry. Report. 1–29. Commission of the European Communities. Brussels, Luxembourg.
- MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. 1992. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1984–1991. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 9/92. 109 p. + 5 p.
- MÄKELÄ, O., AHOKAS, J. & SUURINKEROINEN, J. 1983. Kotimainen polttoaine viljankuivauksessa. Vakolan tutkimusselostus 32. 71 p. + 8 p. Vihti.
- NEVALAINEN, P. 1987. Biomassojen hyötykäyttö. Kemia-Kemi 14(3): 236–239.
- NIITYMAA, V. 1992. Biodiesel otetaan vakavasti Euroopassa. Maaseudun Tulevaisuus 13.8.1992.
- NILSSON, C. 1985. Förbränning av halm och annan torr biomassa. Energiödling. NJF-seminarium Nr 75. 65–70. Uppsala.
- NILSSON, D. 1991. Bärning, transport, lagring och förädling av halm till bränsle - metoder, energibehov, kostnader. Rapport 150. 98 p. Institut. för lantbruksteknik. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- NOREN, O. 1990. Rapsolja för tekniska ändamål-framställning och användning. Meddelande 429. 51 p. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.
- van ONNA, M. 1992. Contribution of agriculture to reduce the rise of atmospheric CO₂-content. In: Grassi, G., Collina, A. & Zibetta, H. (eds.). Biomass for energy, industry and environment. 6th E.C. Conference. 138–142. Great Britain.
- Otavan värikasvio 1986. 270 p. 14. painos. Helsinki.
- PAHKALA, K. 1991. Katsaus vaihtoehtoisten viljelykasvien ja non- food -kasvien tutkimukseen Suomessa 1980- ja 1990-luvulla. 10 p. Jokioinen.
- & HIIVOLA, S-L. 1991. Öljykasvit. Peltokasvilajikkeet 1991–92. Tieto tuottamaan 60: 60–63. Kokemäki.
- 1992. Suullinen tiedonanto. 29.9.1992.
- PARMALA, S-P. 1980. Polttomoottorien varustaminen kotimaisten polttoaineiden käyttöön soveltuvaksi. Vakolan tutkimusselostus 24. 106 p. + 9 p. Vihti.
- PERSSON, L-I. 1990. Whole crop harvesting - possible today, necessary tomorrow. In: Munck, I. & Rexen, F. (eds.). Agricultural refineries - A bridge from farm to industry. Report. 174–188. Commission of the European Communities. Brussels, Luxembourg.
- PERSSON, S. 1992. Energigräs. 12 p. Stiftelsen Lantbruksforskning.
- PETÄJÄ, T. 1992. Fuel ethanol for oxygenated gasoline in Finland. Biofuels Workshop II. Seminar material. Espoo.
- PULLI, S. 1985. Förutsättningar för odling av energigrödor i Finland. Energiödling. NJF-seminarium Nr 75. 1–6. Uppsala.
- , VESTMAN, E., TOIVONEN, V. & AALTONEN, M. 1986. Yksivuotisten tuorerehukasvien sopeutuminen Suomen kasvuoloihin. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 13/86. 51 p.
- 1992. Suullinen tiedonanto. 16.9.1992.
- PÄRSSINEN, P. 1992. Suullinen tiedonanto 28.8.1992.

- RAININKO, K. 1991. Sokerijuurikkaan viljelytekniikka, satotaso ja tuotantokustannukset 1990-luvulla. Juurikassarka. 4: 18–19.
- RANTANEN, O. & HIIVOLA, S-L. 1991. Ohra. Peltokasvilajikkeet 1991–92. Tieto tuottamaan 60: 39–47. Kokemäki.
- Raps 1992. Brüsseler Strategie für Biotreibstoffe. Kurzberichte. 10(3): 144.
- RAVANTTI, S. 1980. Ruokohelpi - millainen heinäkasvi. Koet. ja Käyt. 5.2.1980.
- RAVN-JENSEN, L. 1992. Danish experiences from combustion of straw. In: Grassi, G., Collina, A. & Zibetta, H. (eds.). Biomass for energy, industry and environment. 6th E.C. Conference. 884–888. Great Britain.
- SAHLBERG, M. 1990. Möjligheter att använda halmeldning till energiförsörjningen i Mälardalen. Rapport 134. 60 p. + 3 p. Inst. för lantbruksteknik. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.
- SARKIMAA, S. 1991. Rypsiä tehty polttoöljy sopii kaikkiin dieselmootoreihin. Käyt. Maam. 6: 40–43.
- SCHARMER, K., GOLBS, G., KRINGS, L., SUTTOR, K.H. & SUTTOR, W. 1990. Fuel from rape-seed oil and straw -technology and economics-. In: Grassi, G., Gosse, G. & dos Santos, G. (eds.). Biomass for energy and industry. 5th E.C. Conference. Vol. 1. 1.678–1.687. Great Britain.
- SCHÄFER, W., LUOMI, V., PALVA, T., PARMALA, S-P. & AHOKAS, J. 1986. Kasviöljyt dieselmootorin polttoaineena. Vakolan tutkimusselostus 42. 40 p. Vihti.
- SHEAFFER, C.C., MARTEN, G.C., RABAS, D.L., MARTIN, N.P. & MILLER, D.W. 1990. Reed canarygrass. Station Bulletin 595. 8 p. Minnesota Agricultural Experiment Station.
- Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus 1984. Sokerijuurikkaan viljely. 76 p. Salo.
- Statens Lantbrukskemiska labororium. 1990. Bioenergifakta. Upplaga 2 okt. 1990. 6 p.
- Statens maskinprovningar 1991. Oljevaxter som miljövänlig energigröda. Maskinprovningarna. Meddelande 3274. 8 p. Stockholm.
- STÅHLBERG, P., WILEN, C. & HORVATH, A. 1985. Oljen pelletointi ja pellettien käyttö polttoaineena. Vakolan tutkimusselostus 40. 138 p. + 30 p. Vihti.
- SUNDBERG, R. Energigräset växer på åkrar i Vörå. Huvudstadsbladet. 24.8.1992.
- Svalöf AB 1990. Odlinganvisningar för rörfilen. Alternativgrödor. 2 p. Svalöv.
- Sveriges Lantbruksuniversitet 1984. Bränslen från jordbruket. Rapport för etapp 4. 172 p. Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.
- 1985. Ordet är agrobioenergi. Biomassa & energi. 1: 1–3.
- SVENS, H. 1992. Suullinen tiedonanto 15.10.1992.
- TAKALA, M. 1989. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdollisuuksista heinäkorjuussa. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 4/89. 21 p. + 12 p.
- THEANDER, O. 1985. Vilka krav måste ställas på råvaror till olika bränslen. Energiodling. NJF-seminarium Nr 75. 57–63. Uppsala.
- THYSELIUS, L., ANDERSSON, R., GRANSTEDT, A., JOHANSSON, W., JÖNSSON, R., MATHISEN, B., MATTSSON, L. & SALOMONSSON, L. 1991. Biogas från lantbruket. JTI-Rapport 137. 29 p. Uppsala.
- Tidsskrift for Frøavl. 1992. Non food afgroder og braklaegning. Tidsskrift for frøavl. 3: 4–6.
- TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. 1986. Juurikasvisäilörehujen valmistus, laatu, rehuarvo ja mahdollinen käyttö etanolin valmistuksessa. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 18/86. 106 p. + 23 p.
- TUVESSON, M. 1989. Kan vallgräs användas som energiråvara? Mark-Vaxter 4. 4 p. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- UUSI-ESKOLA, L. 1985. Tärkkelysperunalajikkeet. Lajikkeet. Perunan tuotanto. Tieto tuottamaan 35: 34–36. Kokemäki.
- VALLE, O. 1962. XVI Palkoviljojen, vihantarehukasvien sekä öljy- ja kuitukasvien viljely. Maanviljelysoppi 2. 145–166. Porvoo.
- VARIS, E. 1985. Peruna kasvivuorotuksessa. Perunan tuotanto. Tieto tuottamaan 35: 24–25. Kokemäki.

- VILKKI, J. 1989. Öljykasvien jalostus. Öljykasvien viljelyn edistäminen. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 11/89. P. 3–6.
- VORMEIER, A. 1990. Uutta voimaa biomassasta. Pellervo 3: 24–26.
- 1991. Bio voittaa vanhat fossiilit. Pellervo 12: 6–10.
- VTT, Alko & Neste 1991. Puhtaampi bensiini. Oksygenaattien käyttö bensiinissä. 4 p.
- WALTER, D.K. 1989. Biofuels and municipal waste research program of the U.S. Department of energy. In: Klass, D.L. (ed.). Energy from biomass and wastes XII. 1–13. Institute of gas technology. Chicago.
- WIGGE, B. & OLSSON, R. 1990. Öppna landskap. Jordbruk och markutnyttjande i Sundsvall och Timrå år 2000. SLL Rapport 66. 37 p. Umeå.
- WILLIAMS, R.H. 1985. Potential Roles for Bioenergy In an Energy- Efficient World. *Ambio* (Sweden) 14(4–5): 201–209.
- WÜNSCHE, U. & BERTHOLDSSON, N-O. 1983. Jordbruksgrödor till bränsle. Rapport 118. 83 p. Instit. för växtodling. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- ZUBR, J. 1990. Sugar beet as an energy crop for northern Europe. In: Grassi, G., Gosse, G. & dos Santos, G. (eds.). Biomass for energy and industry. 5th E.C. Conference. Vol.1. 1.190–1.197. Great Britain.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

(Tiedotteet vuosilta 1983–86 on lueteltu aiempien vuosikertojen numeroissa.)

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 nurmikun kulumisen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. P. 1–30.
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatusta ja käyttöä. 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 kalitus 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.
TUOVINEN, T. 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. P. 1–27.
PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljelykasveihin. P. 28–62.

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.
 JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoituksella saatuihin kauran satotuloksiin. P. 18–37.
 JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenravinnepitoisuuksiin. P. 38–47.
 JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri kuparimäärillä saadut tulokset. P. 48–62.
 JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Kuparilannoitelajien vertailu astiakokeessa kauralla. P. 63–68.
18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen viljelylajike. P. 1–8.
 HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. 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 ymppäys *Rhizobium*-bakteerilla. *Inoculation of red clover by Rhizobium strain*. 24 p.
21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu kasvavien ayrshire-sonnien ruokinnassa. *Comparison of forages in the feeding of growing ayrshire bulls*. P. 1–40.
 ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset väkirehuannokset kasvavien ayrshiresonnien olkiruokinnassa. *Different levels of concentrate supply in straw-based feeding of growing ayrshire bulls*. P. 41–66.
 ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo säilörehun valmistuksessa. *Benzoic acid as silage preservative*. 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.
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.

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 Ipacril. P. 24–31.
5. KIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasviperäisten valkuaisrehujen sulavuus minkillä. *Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink.* P. 1–13.
KIISKINEN, 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.
ANISZEWSKI, T. Kylvöajan vaikutus lupiiniin (*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. + 6 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 kevätiljojen siemenen orastumiskokeet. P. 1-17.
RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhykejakoehdotus. P. 18-31.
17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätviljojen ja -öljykasvien kylvöaika. 72 p.
18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. P. 1–15.
JUNNILA, S. Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. P. 16–24.
19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudän lietelannan tehoon ohran lannoitteena. 35 p.

20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan vertailu vasikka- ja hie-
hokaudella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.
21. PITKÄNEN, J., ELONEN, P., KANGASMÄKI, T., KÖYLIJÄRVI, J., TALVITIE, H., VIRRI, K. &
VUORINEN, M. Aurattoman viljelyn vaikutukset kevätiljojen satoon ja laatuun: kuuden koe-
vuoden tulokset. *Summary: Effects of ploughless tillage on yield and quality of cereals: re-
sults after six years.* P. 1–61.
PITKÄNEN, J. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja maan vil-
javuuteen. *Summary: Effects of ploughless tillage on physical and chemical properties of
soil.* P. 62–167.
22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityypiltään erilaisten hernei-
den sadon muodostumiseen. 69 p.

1989

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 23 p.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallis-
ten lajikekokeiden tuloksia 1981-1988. 147 p. + 8 liitettä.
3. VUORINEN, M. Turvemaan kaliumlannoitus. 17 p.
4. TAKALA, M. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdollisuuksista 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-Suo-
messa 1979–85. 20 p. + 2 liitettä.
9. RUOTSALAINEN, S. Marjikasvien tervetäimituotanto ja sen merkitys Suomessa. 57 p.
10. UUSI-KÄMPPÄ, J. Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumilta. 66 p.
11. Öljykasvien viljelyn edistäminen. Yhteistutkimuksen tuloksia vuosilta 1985–1988. 95 p. Toi-
mittanut KATRI PAHKALA.
12. JUHANOJA, S. Juurrutushormonien käyttö vesiviikunan *Ficus pumila* L. pistokkaiden juurru-
tuksessa. 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 vaikutusjätevesilietteiden ominaisuuksiin sekä käyttöarvoon lannoitteena ja maanparannusaineena. 54 p.
19. JÄRVI, A. Typpilannoitus ja kasvuston CCC-käsittely timotein siemennurmilla. P. 1–24.
JÄRVI, A. Timotein siemennurmen typpilannoitus, riviväli ja siemenmäärä. P. 26–48.
JÄRVI, A. Alkuperältään erilaiset timoteilajikkeet sementuotannossa. P. 50–52.
20. URVAS, L. & TARES, T. Maanäytteiden 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.
23. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikassäilörehu ohran korvaajana kasvavien ay-sonnien säilörehuvaltaisessa ruokinnassa. P. 2–43.
TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Naattinauriin juurisäilörehu ohran korvaajana kasvavien ay-sonnien säilörehuvaltaisessa ruokinnassa. P. 44–66.

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 kevätiljan arvo kylvösiemenenä. 28 p. + 20 liitettä.
5. SALO, Y. & PIETILÄ, E. Laari-kevätehnä. 32 p. + 2 liitettä.
6. RIEPPONEN, L., RINNE, S.-L., HIIVOLA, S.-L., SIMOJOKI, P., SIPPOLA, J. & TALVITIE, H. Oma-varaisen 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. Pitkääikäisen säilörehunurmen kaliumlannoitus heikosti kaliumia pidättävillä mailla. 59 p.
10. AURA, E. Salaojien toimivuus savimaassa. 93 p.
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
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. Kulta-kevätrypsi. 20 p. + 1 liite.
4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkamon maanparannuskoe). 22 p.
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. E. 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.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.
11. TIIRI, J. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. 82 p.
12. NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Typpilannoituksen vaikutus niittynurmikka-, nurmirölli-, puisto- ja punanatanurmikon kasvuun ja kestävyys. 38 p.
13. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Lajikkeen, lannoituksen ja leikkuun vaikutus niittynurmikka-natanurmikon menestymiseen. 33 p.

14. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Siemenmäärä nurmikon perustamisessa. 30 p.
16. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E. NISSINEN, O. & TALVITIE, H. Nurmikkosiemen-seosten menestyminen eri tavoin kunnostetulla kasvualustalla. 51 p., 5 liitettä.
18. JUNNILA, S. & ERVIÖ, L-R. Uusien herbisidien tehokkuus ja käyttökelpoisuus viljakasvustoissa. 48 p.
19. ALAVIUHKOLA, T., SUOMI, K. & FRIMAN, T. Uusimmat koetulokset sikatalouden tutkimus-
asemalta. 77p.
20. KEMPPAINEN, E., ANISZEWSKI, T. & MIETTINEN, E. Nurmikasvilajien vertailu Pohjois-Kai-
nuussa. 17 p.
21. **Salaatin viljely ja sadon laatu. *Cultivation of lettuce and quality of yield.***
Yhteistutkimuksen "Salaatin viljelymenetelmien kehittäminen ja viljelytoimien vaikutus salaatin laatuun" loppuraportti. 179 p.
Toimittaneet RAILI JOKINEN ja RISTO TAHVONEN.
22. AVIKAINEN, H., HARJU, P., KOPONEN, H., MANNINEN, M., MEINANDER, B. & TAHVONEN, R. Desinfiointiaineiden soveltuvuus pelto- ja kasvihuonetuotannossa. 52 p. + 2 liitettä.
23. JOKI-TOKOLA, E. Rehun kuiva-ainepitoisuuden, paalien muovitustavan ja säilytyspaikan vaikutus pyöröpaalisäilörehun säilyvyyteen. 27 p.
24. JUHANOJA, S. & HIIRSALMI, A. Tuloksia puiden ja koristepensaiden menestymisen seurannasta vuosina 1970–90. 116 p.

1992

1. HAKKOLA, H. & KERÄNEN, T. Rehuviljakokeiden tuloksia 1977-91 Pohjois-Pohjamaan tutkimusasemalta. 22 p.
2. KOSSILA, V. & MÄNTYSAARI, P. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia Maatalouden tutkimuskeskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuuteen Pohjois-Suomen suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuorerehukasvien soveltuminen laidun- ja niittoruokintaan Pohjois-Suomessa. 45 p.
5. HANNUKKALA, A.E. Timoteinurmen perustaminen Pohjois-Lapissa. 15 p.
6. MÄKELÄ-KURTTO, R., SIPPOLA, J. & JOKINEN, R. Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden hyötykäyttö maataloudessa. (Loppuraportti tutkimushankkeesta "Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden mahdollinen hyväksikäyttö maataloudessa".) 51 p. + 40 liitettä.
7. VANHALA, P. Rikkakasvien fyysikaalinen ja mekaaninen torjunta kasvukauden aikana. 68 p.

8. SAASTAMOINEN, M. Sohvi-herne. 41 p. + 2 liitettä.
9. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1984–1991. 109 p. + 2 liitettä.
10. GALAMBOSI, B. & RAHUNEN, I. Yrttien käyttö ja viljely. 39 p. + 1 liite.
11. SIMOJOKI, P., MEHTO-HÄMÄLÄINEN, U., LAITINEN, V. & RÄKKÖLÄINEN, M. Rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. 37 p.
12. Hiehoikasvatuskokeiden tuloksia.
SAIRANEN, S., KOSSILA, V., ARONEN, I. & MICORDIA, A. Risteytyshiehot. P. 4–23.
KOSSILA, V., SAIRANEN, S., MICORDIA, A., VALMARI, A. & HAKKOLA, H. Hiehot ja hieholehmät. P. 24–40 + 9 liitettä.
KOSSILA, V., HEIKKILÄ, T. & SAIRANEN, S. Kaksoset ja kolmoset. P. 41–48 + 2 liitettä.
Toimittaneet VAPPU KOSSILA ja SILJA SAIRANEN.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Maaperäkarttaselitys. LAPINLAHTI. 13 p. + 2 liitettä.
14. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia 1990–91. 57 p. + 1 liite.
KOSSILA, V., ARONEN, I., TOIVONEN, V. & SAIRANEN, S. Korsirehun korjuuasteen vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun ja rehunkulutukseen. P. 4–20.
KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & MÄNTYSAARI, P. Piimäjauhe ja maitojauhe-10 verrattuna kurrijauhejuottoon ja ohrajauhoihin lisätyn kauraproteiinin vaikutus vasikoilla. P. 21–40.
KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & NOUSIAINEN, J. Probioottien vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun, rehunkulutukseen ja terveyteen. Eri suoliston osiin vaikuttavien probioottien yhdysvaikutus. P. 41–57.
Toimittaneet VAPPU KOSSILA & SILJA SAIRANEN.
15. NISSILÄ, E. Arttu-ohra. 16 p. + 3 liitettä.
16. SALO, T. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon. *The effect of nitrogen and chloride fertilization on the nitrate content and yield of beetroot.* 37 p. + 6 liitettä.
17. GALAMBOSI, B. & PIEKKARI, S. Yrtit, mausteet ja rohdokset Suomessa. Luettelo julkaisuista. 48 p.
18. MÄKELÄ-KURTTO, R., LINDSTEDT, L. & SIPPOLA, J. Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista. 61 p. + 3 liitettä.

1993

1. SAASTAMOINEN, M. Sisko-kaura. 24 p. + 2 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1985–1992. 108 p. + 2 liitettä.

3. KIVIJÄRVI, P., DALMAN, P. & VALO, R. Vihanneslajikkeet Etelä-Savon tutkimusasemalla vuosina 1983–91. (*Summary: Vegetable varieties tested at the South-Savo Research Station of the Agricultural Research Centre of Finland in 1983–91.*) 34 p.
6. VILKKI, J. Helmi-öljypellava. 8 p. + 3 liitettä.
7. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jätöalueilla. Timotein fosforilannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. *Grass production on cut-away peatlands. Phosphorus fertilization for timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.* 27 p. + 2 liitettä.
8. SANKARI, H. Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit. Kirjallisuuskatsaus. Kasvintuotannon osaraportti esitutkimukseen "Energian tuottaminen elintarviketuotannosta vapautuvalle peltoalalle." *Suitability of cultivated plants for bioenergy production. Literary survey. The partial report of plant production to the preliminary study entitled "Energy production in the areas released from food production."* 38 p.

JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Kirjasto
31600 JOKIOINEN
puh. (916) 1881, telekopio (916) 188 339

HINTA: 50 mk