

Tiedotus
Report

210

ILKKA ISOTALO
PEKKA KAUPPI
TITTA OJANEN
PASI PUTTONEN
HEIKKI TOIVONEN

JÄRVIRUOKO ENERGIAKASVINA

TUOTOSARVIO, TEKNISET MAHDOLLISUUDET JA YMPÄRISTÖNSUOJELU

English summary: Energy from reed in Finland—potentials and constrains

Ilkka Isotalo, Pekka Kauppi, Titta Ojanen, Pasi Puttonen, Heikki Toivonen: Järviruoko energiakasvina. Tuotosarvio, tekniset mahdollisuudet ja ympäristönsuojelu. Helsinki: Vesi- ja ympäristökeskus, 1981. 131 s. (Tiedotus 210.)

HELSINKI 1981 **131** **210**

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesihallituksen virallisena kannanottona

VESIHALLITUKSEN TIEDOTUKSIA koskevat tilaukset: Valtion painatuskeskus PL 516, 00101 Helsinki 10,
puh. 90-539011/julkaisutilaukset

ISBN 951-46-5305-X
ISSN 0355-0745

SISÄLLYS

ALKUSANAT	5
1. PÄÄTULOKSET	6
2. JOHDANTO	7
3. RUOKOBIOMASSAN OMINAISUUDET RAAKA-AINEENA JA KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET ENERGIATUOTANNOSSA	9
3.1 Ruo'on koostumus	9
3.2 Ruo'on lämpöarvo	12
3.3 Ruo'on arvo ja hinta	14
3.4 Jatkojalostus polttoaineena	17
4. JÄRVIRUOVIKON BIOLOGISET OMINAISUUDET JA TUOTANTO	18
4.1 Levinneisyys ja ekologia	18
4.2 Ruovikkojen tuotoksen ja pinta-alan mittaaminen	20
4.3 Kasvustojen tuotos	22
4.4 Tuotoksen ajoittuminen	26
5. JÄRVIRUO'ON KORJUU	29
5.1 Yleistä	29
5.2 Työtehosteuran korjuukokeilu Vihdissä	32
5.3 Ruo'on korjuu Paraisten makeanvedenaltaalla	36
5.4 Ruo'on korjuu Lappajärvellä	37
5.5 Vesikasvien ottamisessa tarvittavat luvat	38
6. RUO'ON KORJUU JA LUONNONSUOJELU	39
7. RUO'ON VILJELYMAHDOLLISUUDET	41
8. SUMMARY	45
KIRJALLISUUS	47

ALKUSANAT

Tutkimuksen "Järviruoko energiakasvina. Tuotosarvio, tekniset mahdollisuudet ja ympäristönsuojelu" teki työryhmä FK Ilkka Isotalo Turun vesipiirin vesitoimistosta, MMK Pekka Kauppi Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitokselta, MMK Pasi Puttonen Helsingin yliopiston yksityismetsätalouden laitokselta, FL Heikki Toivonen Helsingin yliopiston kasvitieteen laitokselta ja limnologi Titta Ojanen työhön palkattuna tutkijana. Kenttämittauksissa avustivat Anne Jaakkola, Markku Ukkonen ja Mirja Ukkonen. Agronomi Reijo Orava teki työtä varten ruo'on talvikorjuukokeilun, insinööri Göran Norrgård antoi tietoja Paraisten Vesi Oy:n Paraisilla suorittamasta talvikorjuusta ja maanviljelijät Antti Kataja ja Eero Pippola Lappajärvellä tehdystä talvikorjuusta. Kuvat piirsi Sirkka Vuoristo ja loppuraportin kirjoitti puhtaaksi Raija Löfgrén.

Tutkimuksen johtoryhmään kuuluivat toimistopäällikkö Reino Laaksonen vesihallituksesta, apulaisprofessori Rauno Ruuhijärvi Helsingin yliopiston kasvitieteen laitokselta ja ylitarkastaja Keijo Sahrman kauppa- ja teollisuusministeriöstä. Työ rahoitettiin kauppa- ja teollisuusministeriön myöntämällä määrärahalla. Esitämme avusta parhaat kiitokset.

Helsingissä tammikuussa 1981

Tekijät

1. P Ä Ä T U L O K S E T

Suurituottoisimmat järviruovikot sitovat auringon energiaa kasvi-
massaksi varsin tehokkaasti. Tämä tieto antoi aiheen selvittää,
minkälaiset ovat mahdollisuudet järviruovikoiden hyväksikäyttöön
energiatuotannossa. Muiden kosteikkokasvien merkitys energiantuot-
tajina on Suomen oloissa pieni järviruokoon verrattuna.

Polttoaineena ruoko muistuttaa olkea, talvisaikaan korjattuna se on
analyysitulosten perusteella olkea jonkin verran parempaa. Kosteus
on silloin alhainen, noin 15 %, ja tehollinen lämpöarvo tästä syystä
verrattain korkea, noin 15 MJ/kg (4,2 kWh/kg). Tuhkapitoisuus, noin
4 %, vastaa oljen tuhkapitoisuutta. Kovapaalauksella korjatun ruoko-
biomassan tiheys oli koepaaleissa 100-130 kg/m³, mikä on suurempi
kuin olkipaalien tiheys, mutta kuitenkin vain 30-40 % rankapuun
tiheydestä.

Tehollisten lämpöarvojen ja kattiloiden hyötysuhteiden perusteella
arvioiden ruokobiomassa saisi maksaa 30 p/kg, jotta se olisi vielä
kilpailukykyinen lämmitysaine kevytpolttoöljyyn verrattuna (v. 1980).
Todellisuudessa ruokoa pitää saada halvemmalla, sillä vertailussa ei
otettu huomioon käyttökustannuksia eikä kattilan investointikustan-
nuksia.

Korjuumenetelmiä tutkittaessa havaittiin, että suotuisissa oloissa
korjuu voi tapahtua jään päältä. Korjuukokeissa käytettiin maataloil-
la yleisesti käytössä olevia laitteita: sormipalkkiniittokonetta,
ketjuharavapöyhintä ja kovapaalainta. Tarkkaa työntutkimusta ei tehty,
mutta korjuukustannuksiksi arvioitiin vuokratonehinnoin noin 13 p/kg.
Työssä kuluu energiaa noin 3-4 % satona korjatun energian määrästä.

Ruovikon keskimääräiseksi korjuuseen kelpaavaksi sadoksi arvioitiin
Turun vesipiirin alueella 5 tonnia kuiva-ainetta hehtaarilla, mikä
saattaa olla talvikorjuuta ajatellen lievä yliarvio. Tällä noin
5 % maamme pinta-alasta käsittävällä alueella ruovikoita on noin
6000 ha, joten tuotoksen kokonaismäärä on arviolta 30 000 tonnia
vuodessa. Valtakunnan energiahuoltoa ajatellen järviruovikot tuot-
tavat energiaa vain marginaalierän. Laajoja ruovikoita kasvaa

kuitenkin alueilla, joilla puuta ja turvetta on niukalti. Täällä ruovikoiden energiakäyttö saattaa teknisistä ratkaisuksista riippuen osoittautua kannattavaksi.

Ylipäättään kasvituotannon tarjoamat mahdollisuudet ennergiatuotannossa ovat Suomessa verrattain hyvät, mutta puutteellisesti tutkitut. Energiaviljely saattaa nopeastikin tulla kannattavaksi energiatuotantomuodoksi edellyttäen, että viljelytekniikka ja biomassan jatkojalostus kehittyvät suotuisasti. Harkittaessa kasvien viljelyä energiakäyttöä varten järviruoko on syytä ottaa vielä tarkemmin tutkittavaksi.

2. J O H D A N T O

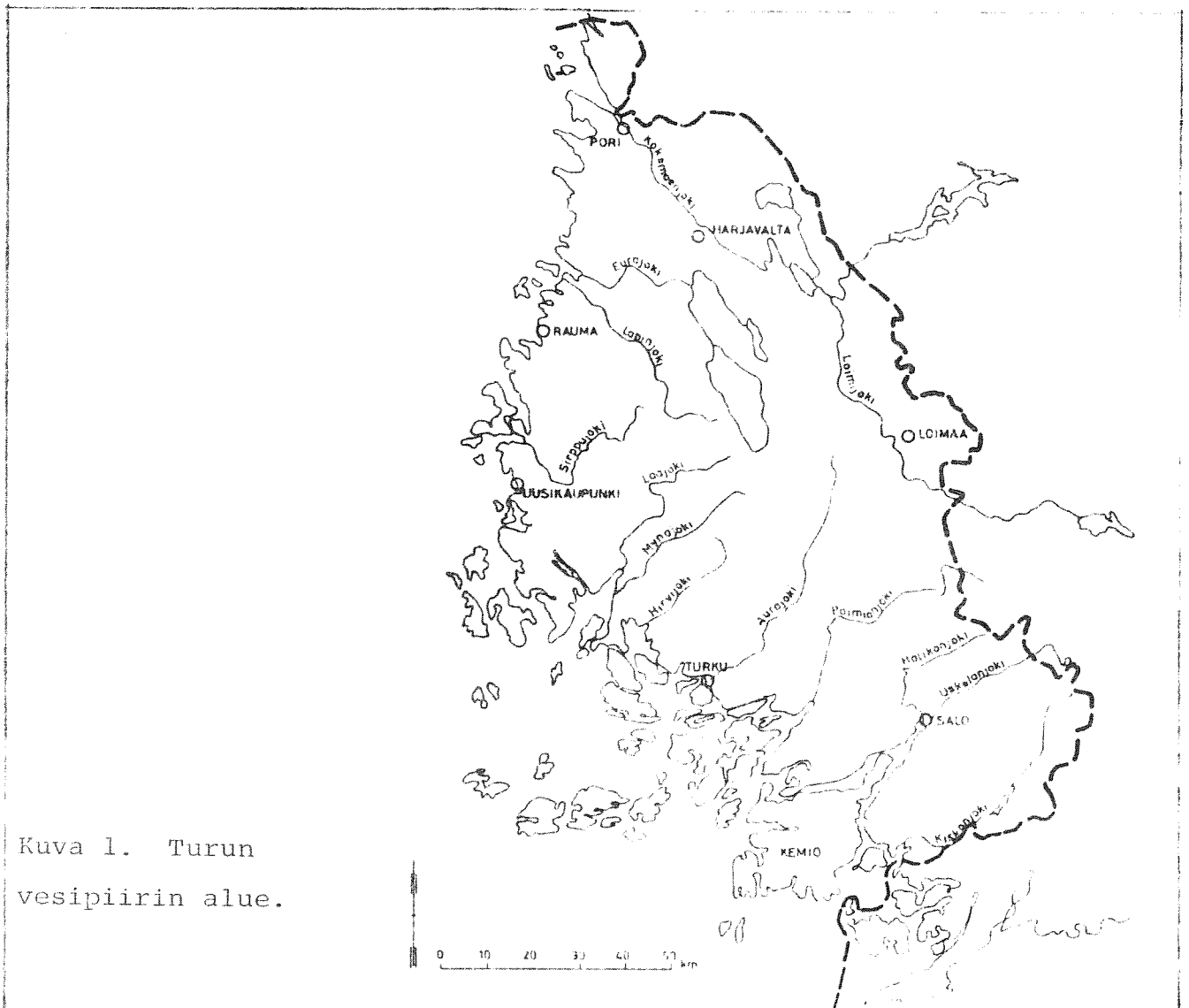
Ekosysteemien välisestä vertailusta käy ilmi, että kosteikoissa kasvimassan tuotos on kautta maailman poikkeuksellisen suurta (Westlake 1963). Suomessa tavallisin ja laajimpia yhtenäisiä kasvustoja muodostava kosteikkokasvi on järviruoko (Phragmites australis). Suuret tuotosluvut, joita Pohjoismaissakin on mitattu (ks. Björk ja Granéli 1978 a, Nybom 1976), ovat antaneet aiheen selvittää, soveltuuko järviruoko energiantuotantoon.

Myös eräät muut kosteikkokasvit, mm. osmankäämit (Typha spp.), ovat suurituottoisia, ja riittäväällä kehitystyöllä ne saattaisivat kelvata energiantuotantoon. Nykyiset luonnonkasvustot ovat kuitenkin siksi pienialaisia, että niiden valtakunnallinen ja alueellinenkin merkitys tulee jäämään vähäiseksi.

Jo ennen tätä tutkimusta on Ruotsissa käynnistetty työt ruovikoiden energiantuotantomahdollisuuksien selvittämiseksi (Björk ja Granéli 1978a ja 1978b). Ensimmäisenä tehtävänä on sekä Ruotsissa että Suomessa ollut selvittää olemassa olevien ruovikoiden laajuus, tuotostyky ja käyttöarvo. Myöhemmin voidaan etsiä keinoja tuotoksen lisäämiseksi hehtaarisatoa kohottamalla ja/tai ruovikoiden pinta-alaa kasvattamalla. Tämän lisäksi on aiheellista tutkia perusteellisemmin ruokokasvuston erikoispiirteitä: Mitkä ovat ne tekijät, jotka aiheuttavat ruovikon poikkeuksellisen suuren biomassan kasvun? - Tämän

kysymyksen selvittäminen voi pitkällä tähtäimellä olla hyödyksi myös muun kasvienergiatuotannon kehittämiseksi.

Tuotannon kannattavuuden arvioimiseksi on erityisen tärkeää saada selvyys hehtaarisadon määrästä (Zavitkowski 1979, Pohjonen ym. 1980, Pohjonen ja Kauppi 1980). Olemmista tuotannon kannattavuuteen vaikuttavat myös ruokoenergian korjuu-, käsittely-, ja jalostusmenetelmät sekä käyttötapa. Nimenomaan järviruokoa varten ei ehkä kuitenkaan ole syytä ryhtyä tutkimaan erikoisratkaisuja. Biomassan polttoaineominaisuudet eivät suuresti vaihtelee kasvilajista toiseen. Turve ja puu ovat Suomessa tärkeitä energianlähteitä, ja siksi niiden käyttösovellutuksia tutkitaan voimaperäisesti. Näiden tutkimusten tuloksia voidaan myöhemmin ehkä soveltaa ruokobiomassan käyttömenetelmien kehittämiseen.



Kuva 1. Turun vesipiirin alue.

Ennen ruovikoiden korjuun mahdollista aloittamista pitää selvittää asiaan liittyvät ympäristökysymykset. Rehevissä ruovikoissa pesii sekä yksilömäärältään että lajimäärältään suuri joukko lintuja. Niiden elinmahdollisuuksia ruovikoiden yksipuolinen energiakäyttö heikentää. Toisaalta ruokobiomassan korjuulla on myös myönteisiä ympäristövaikutuksia. Biomassan korjaaminen pois paikalta mm. hidastaa matalien vesien umpeenkasvua.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitkä ovat luonnonvaraisten järviruovikoiden tarjoamat energian tuotantomahdollisuudet Suomessa. Järviruo'on tuotost määrä selvitettiin Turun vesipiirin alueella (kuva 1.) mittaamalla otantaan perustuen keskimääräinen hehtaari-tuotos sekä kasvustojen kokonaispinta-ala. Lisäksi tutkittiin kasvustojen korjuumenetelmiä, ruokobiomassan ominaisuuksia polttamista silmälläpitäen, suoritettiin hintavertailu muihin polttoaineisiin nähden sekä luotiin katsaus ruokokasvuston biologisiin tuotosominaisuuksiin. Tämän ohella tarkasteltiin ruovikoiden energiakäyttöön liittyviä ympäristökysymyksiä.

3. RUOKOBIOMASSAN OMINAISUUDET RAAKA-AINEENA JA KÄYTTÖMAHDOLLI- SUUDET ENERGIANTUOTANNOSSA

3.1 RUO'ON KOOSTUMUS

Polttoaineen paremmuus määräytyy useimmin sen mukaan kuinka paljon lämpöenergiaa saadaan polttoainekiloa kohden. Tämä energiasaanto vaihtelee suuresti eri polttoainelaatujen välillä, mikä johtuu sekä polttoaineiden erilaisesta energiatiheydestä että polton tehokkuudesta. Polttoaineen tehollinen lämpöarvo riippuu mm. sen hiili-, vety-, happi-, typpi- ja tuhkapitoisuudesta sekä kosteudesta. Eri lähteistä on koottu kotimaisten ja ulkomaisten polttoaineiden alkuainelyyseyjä (taulukko 1). Järviruo'on alkuainekoostumusta tarkasteltaessa voidaan arvoina käyttää oljen arvoja (esim. Hofstetter 1977, Theander 1978).

Taulukko 1. Polttoaineiden kuiva-aineen alkuaineanalyysi. Painoprosenttia vedettömästä ja tuhkattomasta aineesta.

Polttoaine	Hiili %	Vety %	Happi %	Typpi %
Puu	50	6	43	0,1
Turve (pala- ja jyrshinturve turvebriketti)	50 - 60	5 - 6,5	25 - 35	1,8 - 2,5
Olki	45	5 - 5,5	45	0,5
Kivihiili	80 - 90	4 - 5	1,5 - 10	1,2 - 1,7
Kevyt polttoöljy	85	11 - 14		

Mitä suurempi on hiilen osuus polttoaineessa sitä suurempi on polttoaineen lämpöarvo. Biomassan hiilipitoisuus kuiva-aineessa on tavallisimmin 45 - 50 %. Puun hiilipitoisuus on noin 50 % ja oljen vastaava arvo noin 45 %. Vedyn lämpöarvo on korkea, joten vähäinenkin määrä sitä nostaa polttoaineen lämpöarvoa merkittävästi. Oljen vetypitoisuus on 5 - 5,5 % ja puun noin 6 %.

Tuhka alentaa polttoaineen lämpöarvoa ja vaikeuttaa palamista. Lisäksi se kulkeutuu savukaasujen mukana, likaa tulipintoja ja savukanavia sekä aiheuttaa ympäristöhaittoja. Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen poltto- ja voiteluainelaboratorion tekemän analyysin mukaan talvella korjatun järviruo'on tuhkapitoisuus kuiva-aineessa tammikuussa 1980 oli noin 4 %. Oljen tuhkapitoisuus on samansuuruinen. Puun tuhkapitoisuus on sen sijaan vain 0,4 - 0,7 % ja polttoöljyn alle promillen. Järviruo'on tuhkapitoisuus on suurin lehdissä. Koska lehdet varisevat syksyn ja alkutalven kuluessa, ruo'on tuhkapitoisuus alenee talvella noin puoleen kesäisestä. Tuhkapitoisuus vaihtelee myös ruokokasvustojen ja kasvupaikkojen välillä (Rodewald-Rudescu 1974). Viljavuuspalvelussa suoritettiin ruo'on tuhka-analyysi (taulukko 2).

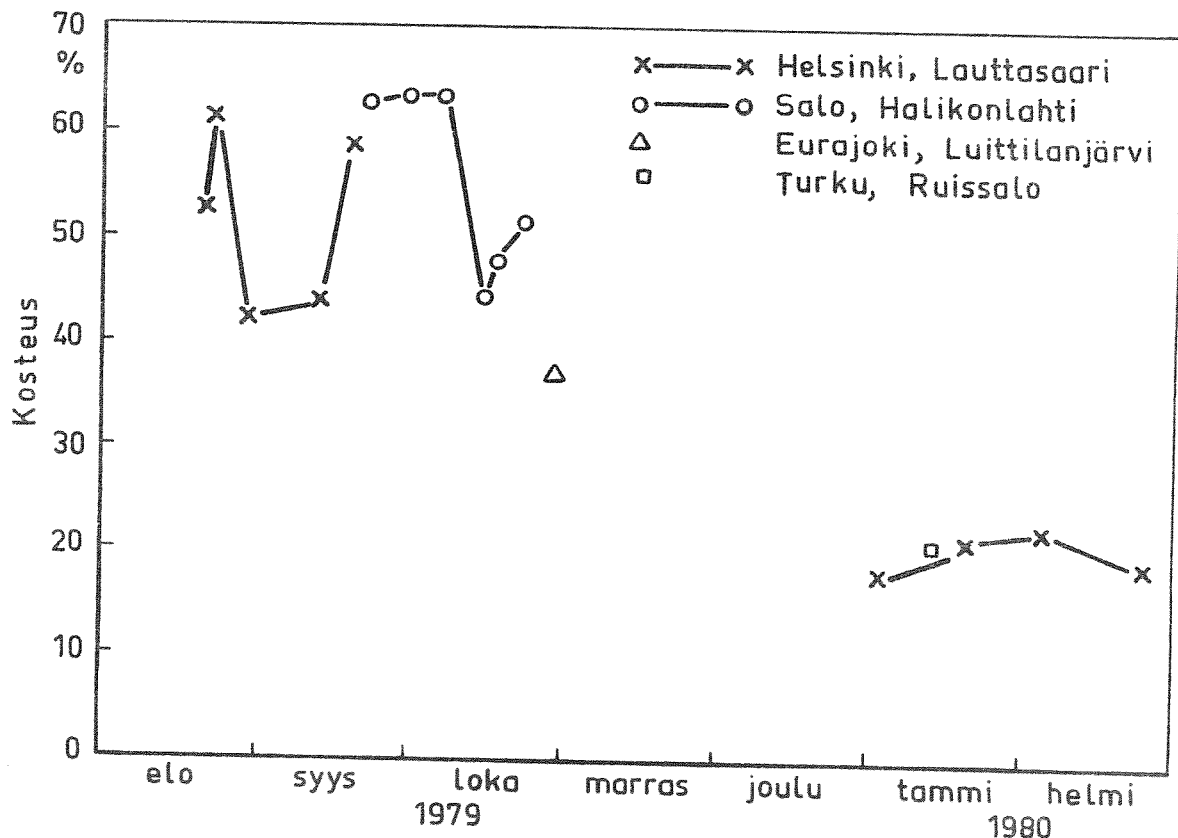
Taulukko 2. Järviruo'on tuhkan koostumus tammikuussa 1980.

Tuhka %	Eri aineiden määrät tuhkassa					
	N _{tot} %	S mg/g	K mg/g	Ca mg/g	SiO %	P mg/g
4	0,01	21,9	14,7	14,0	89,7	5,8

Talvella järviruo'on tuhka koostuu 80-prosenttisesti liukenemattomista aineista, pääosin piistä. Syyskesällä varresta kulkeutuu juuristoon ravinteita, mutta ei piitä. Varren piipitoisuus on siten talvella suurempi kuin kesällä (Björk ja Granéli 1978a).

VTT:n poltto- ja voiteluainelaboratorion määrittämä ruokotuhkan pehmenemispiste oli suurempi kuin 1390 °C. Oljen tuhkan pehmenemispiste on alle 1000 °C. Järviruo'on tuhka säilyttää muotonsa vielä korkeassakin lämpötilassa eikä sintraannu helposti, mutta ottaa hienona pölynä suuren tilavuuden. Järviruo'on rikkipitoisuus on pieni, alle 0,1 % samoin kuin puulla, turpeella ja oljella. Näin pieni rikkipitoisuus ei muodosta merkittävässä määrin tuli- ja savupintoja syövyttävää rikkihappoa eikä ilmaan rikkisaasteita.

Järviruo'on vesipitoisuuden vuodenaikainen vaihtelu eräillä paikkakunnilla määritettiin tässä selvityksessä (kuva 2). Maksimaalisen biomassan aikaan elokuussa vesipitoisuus on noin 60 %. Tammikuussa 1980 suoritetun järviruo'on korjuukokeilun aikaan kokonaiskosteus oli keskimäärin 14 %. Syyskesällä tapahtuva korjuu lienee kannattamatonta, koska ruo'on kuivattaminen on kallista.



Kuva 2. Järviviruo'on kosteuspiitoisuuden vuodenaikainen vaihtelu

3.2 RUO'ON LÄMPÖARVO

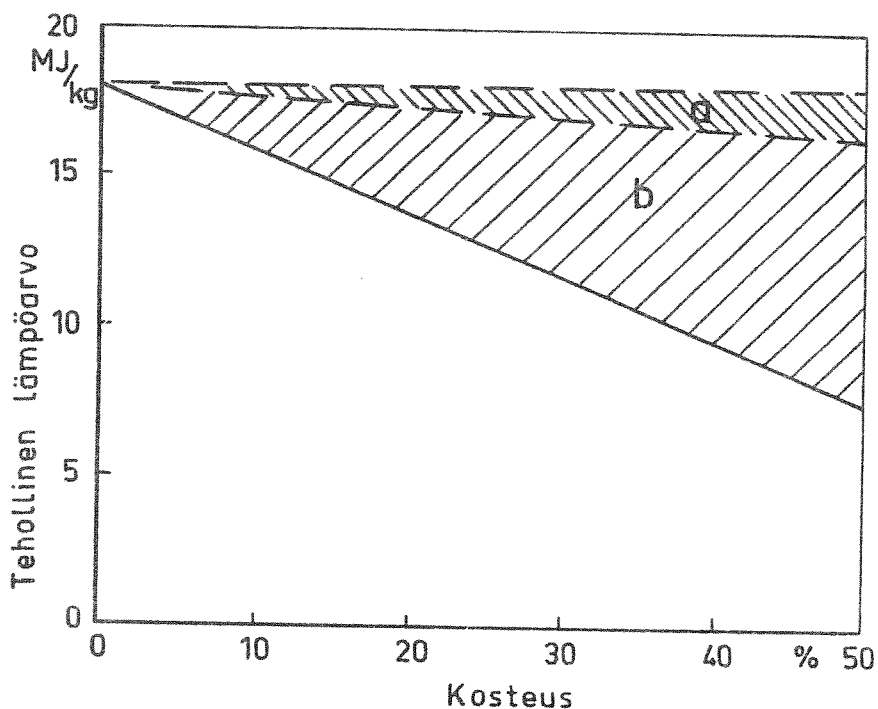
Polttoaineen kosteus vaikuttaa lämpöarvoon, sillä polttoaineesta höyrystyvä vesi sitoo energiaa ja lämpöarvo laskee. Veden höyrystyminen saattaa myös estää hapen pääsyn palavaan polttoaineeseen. Osa haihtuvista kaasuista saattaa jäädä palavaan polttoaineeseen. VTT:n määrittämä järviviruo'on kalorimetrinen lämpöarvo

kuiva-aineessa oli kolmen paalin keskiarvona 18,9 MJ/kg (5,2 kWh/kg), vaihteluvälin ollessa 18,8 - 19,1 MJ/kg (5,3 - 5,4 kWh/kg). Järviruon tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa oli keskimäärin 17,7 MJ/kg (5,0 kWh/kg). Se on samaa suuruusluokkaa kuin oljella (taulukko 3).

Taulukko 3. Järviruon, puun, turpeen, oljen, kivihiilen ja kevyen polttoöljyn tehollinen lämpöarvo käyttökosteudessa.

Polttoaine	Käyttökosteus %	Tehollinen lämpöarvo MJ/kg
Järviruoko	14	15,0
Puu (hake)	25	13
Turve (briketti)	10...15	18,0
Olki	25	13,0
Kivihiihi	7	27,0
Kevyt polttoöljy	0,05	42,3

Olki poltetaan yleensä kosteampana kuin järviruoko. Tästä syystä järviruon tehollinen lämpöarvo, noin 15 MJ/kg (14,2 kWh/kg) 15 % kosteudessa, on suurempi kuin oljen. Orth (1977) on esittänyt kosteuden vaihtuksen oljen lämpöarvoon (kuva 3). Kosteus alentaa lämpöarvoa. Tämä johtuu toisaalta siitä, että kosteuspitoisuuden noustessa kuiva-aineen suhteellinen osuus vähenee, ja toisaalta siitä, että veden haihduttamiseen kuluu lämpöenergiaa.



Kuva 3. Oljen tehollinen lämpöarvo vähenee kosteuspitoisuuden kasvaessa toisaalta siitä syystä, että veden haihduttamiseen kuluu energiaa (a) ja toisaalta siksi, että kuiva-aineosuus vähenee (b) (Orth 1977).

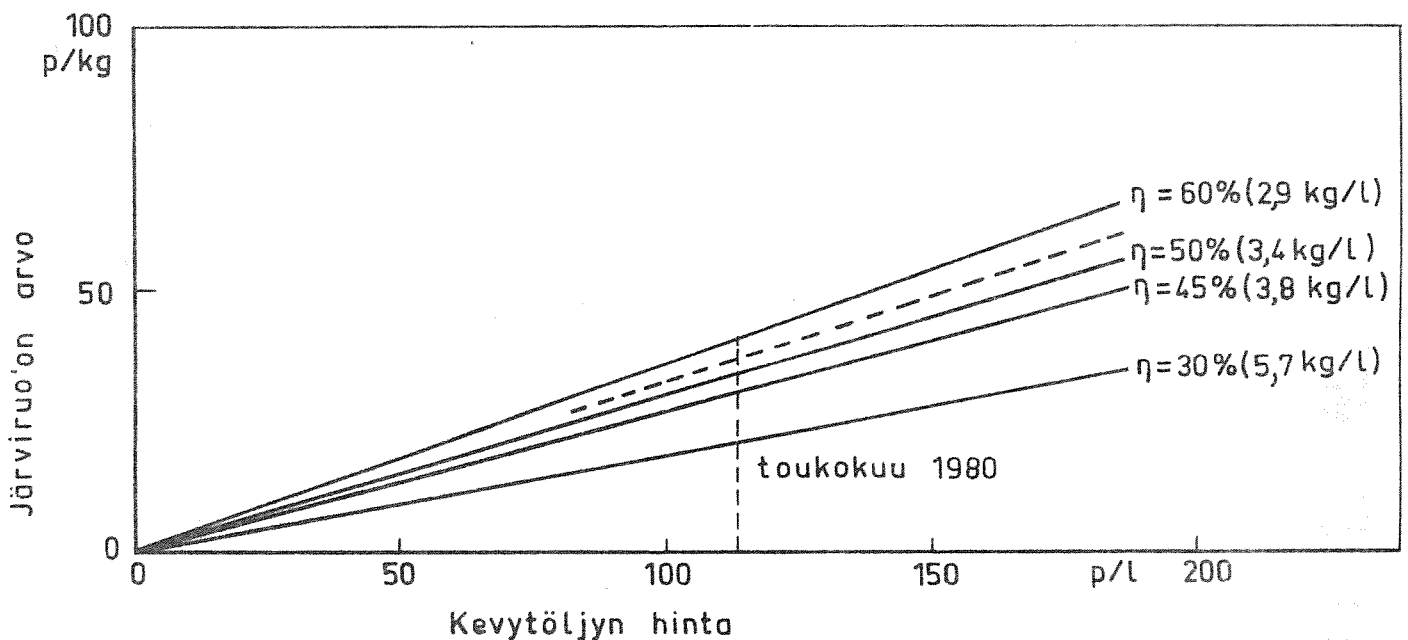
Järviruo'on kuiva-aineesa 80 - 85 % on palavaa materiaalia, josta puolestaan haihtuvia kaasuja on keskimäärin 80 %. Mitä enemmän polttoaineessa on haihtuvia aineita, sitä herkemmin se syttyy palamaan ja sitä pidemmäksi muodostuu liekki. Palaminen saattaa jäädä kuitenkin heikoksi alhaisen palamislämpötilan, hapen puutteen tai palavan materiaalin heikon sekoittumisen vuoksi. Lämmitettävän tilavuuden ollessa 500 m^3 ja tarvittavan lämpöenergian 450 MJ/m^3 (130 kWh/m^3) vuodessa tarvitaan järviruokoa noin 20 tonnia, mikä tuottaa 5 % tuhkapitoisuuden mukaan tuhkaa noin 1000 kg vuodessa (vajaa 3 kg päivässä).

3.3 RUO'ON ARVO JA HINTA

Vajaa 2,5 kg järviruokoa vastaa teholliselta lämpöarvoltaan 1 kg kevyttä polttoöljyä. Kun nykyisten öljypolttimien vuosihyötysuhde on noin 70 % ja järviruo'on polttoon soveltuvien kattiloiden vastaavasti noin 45 %, muuttuu suhde siten että vajaa 4 kg järviruokoa

vastaa 1 kg kevyttä polttoöljyä. Pelkän polttoaineen hintavertailussa toukokuun 1980 kevytöljyn hinnalla (119 p/l) järviruo'on arvoksi tulee noin 30 p/kg. Järviruo'on hinnan on siis oltava alle 30 p/kg lämpölaitoksen varastossa jotta se olisi kilpailukykyinen polttoöljyn kanssa (ks. luku 5. Järviruo'on korjuu).

Järviruo'on arvo polttoaineena kevytöljyn hintaan suhteutettuna on esitetty erilaisilla korvaussuhteilla (kuva 4). Kuvassa on esitettyä myös tilanne, missä öljyn polton vuosihyötysuhde olisi saatu nostetuksi neuvonnalla ja kattilateknisin parannuksin 80 %:iin ja järviruo'on polton 60 %:iin.



Kuva 4. Järviruo'on arvo erilaisilla korvaussuhteilla verrattuna kevytöljyn hintaan. Yhtenäisellä viivalla on merkitty järviruo'on polton hyötysuhde eri korvaussuhteilla, kun öljylämmityksen vuosihyötysuhteeksi on oletettu 70 %. Katkoviivalla on kuvattu tilanne, jossa öljylämmityksen hyötysuhde on 80 % ja järviruo'on 60 %. Kevyen polttoöljyn lämpöarvona on käytetty 35,5 MJ/l ja järviruo'on 14,5 MJ/kg (kosteus 15 %).

Järviruo'on ja muiden polttoaineiden käyttöpaikkahintojen vertailemiseksi on laskettu hinnat ruo'olle ja oljelle käyttäen korjuukustannuksina 130 mk/t. Oljen tehollinen lämpöarvo 25 % kosteudessa on 12,4 GJ/t (3,5 MWh/t) ja ruo'on tehollinen lämpöarvo 15 % kosteudessa 15 GJ/t (4,2 MWh/t). Vastaavat polttoaineiden hinnat käyttö-

paikalla ovat oljelle 10,50 mk/GJ (37,20 mk/MWh) ja ruo'olle 8,70 mk/GJ (31,00 mk/MWh). Näin arvioituja hintoja voidaan verrata eri polttoaineiden käyttöpaikkahintoihin toukokuussa 1980 (taulukko 4). Tarkastelussa tulee ottaa huomioon kuitenkin lämmityksen vuosihyötysuhde, sillä tehollisen lämpöarvon osoittamaa lämpö määrää ei käytännössä pystytä ottamaan kokonaisuudessaan talteen. Oljella ja ruo'olla lämmityksen vuosihyötysuhde on nykytekniikalla noin 40 %. Oljella tuotetun lämmön hinnaksi saadaan näin 93 mk/MWh (26 mk)GJ ja järviruo'olla tuotetun 77,50 mk/MWh (22 mk/GJ). Laskelman mukaan järviruo'olla tuotettu lämpö olisi edullisinta. On kuitenkin muistettava, että olkea ja ruokoa ei ole kaupan, joten tietoja esim. kuljetuskustannuksista ei ole olemassa.

Taulukko 4. Lämmityspolttoaineiden hintoja Helsingin seudulla toukokuussa 1980 keskimääräisen vuotuisen palamishyötysuhteen mukaan.

Polttaine	Hinta, mk/ myyntiyk- yksikkö	Tehollinen lämpöarvo	Mk/MWh käyttö- paikalla	Lämmityksen vuosihyöty- suhde	Mk/MWh lämpönä
Suora sähkö- lämmitys	12/23 p/kWh yö 40 %/ päivä 60 %	-	186,00	100 %	186,00
Varaava säh- kölämmitys	12/23 p/kWh yö 90 %/ päivä 10 %	-	134,00	90 %	149,00
Polttoöljy (kuljetuksi- neen)	1119 mk/m ³	10,0 MWh/m ³	111,93	70 %	160,00
Koivuhalko (kuljetuksi- neen 10 km)	150 mk/m ³	2,5 MWh/m ³	60,00	50 %	120,00
Hake (kulje- tuksineen 50 km)	60 mk/i-m ³	0,9 MWh/i-m ³	54,00	50 %	108,00
Turvebriketti (ovh)	360 mk/t	5,0 MWh/t	72,00	50 %	144,00
Palaturve (kuljetuksi- neen 100 km)	60 mk/i-m ³	1,4 MWh/i-m ³	42,86	50 %	86,00

Järviruoko kuuluu ns. matalalämpöarvoisiin polttoaineisiin (muuta ovat mm. puu, turve, olki), jotka asettavat käyttötekniikalle suuria vaatimuksia pyrittäessä samanlaiseen käyttövarmuuteen ja -mukavuuteen, mihin on totuttu öljyn kaudella (ks. Tuomi 1980). Lisäksi markkinoilla olevien kotimaisille kiinteille polttoaineille tarkoitettujen lämmityskattiloiden laatu on varsin vaihteleva yksiselitteisten testaustulosten puuttuessa. Järviruoko on polttoon sopivat nykyisellään parhaiten alapaloiset kattilat ja etupesäkattilat -yhdistelmät.

3.4 JATKOJALOSTUS POLTTOAINEENA

Järviruoko on energiatiheys on alle 2 GJ/m^3 , joka on suurempi kuin oljella mutta kolmas- tai neljäsosa puun energiatiheydestä. Koska energiasisällöltään harvan polttoaineen käsittely, kuljetus ja varastointi on epätaloudellista, niin oljen samoin kuin järviruoko onkin energiatiheyttä olisi pyrittävä nostamaan. Nykyisellä kovapaalauksella järviruokopaalin tiheys on $140 - 170 \text{ kg/m}^3$, mitä ei voida nostaa paljoakaan. Tiiviiden paalien, niin ruoko- kuin olkipaalienkin keskiosan palaminen on heikkoa useimmissa markkinoilla olevissa kattiloissa, joissa ei ole riittävää palavan materiaalin sekoitusta. Toisena vaihtoehtona on polttaminen hehkuttamalla, millä periaatteella toimivia lämmityskattiloita on markkinoilla muutamia.

Ruokobiomassasta voidaan tehdä jauhamalla ja puristamalla ominaisuuksiltaan tasalaatuisia brikettejä tai pellettejä laitoksessa, joka käyttää raakamateriaalinaan erilaista biomassaa. Ruokobiomassaa voitaisiin ehkä käyttää myös leijukerros polttolaitoksissa. Järviruoko on energiatiheyttä voidaan kohottaa myös kaasutuksella ja nesteyttämisellä. Sonne-Fredriksen ja Rexen (1976) ovat esittäneet yhdestä tonnista olkea pyrolyysillä (materiaalin fysikaalisen ja kemiallisen rakenteen hajoittaminen kuumassa hapettomassa tilassa) saatavan kaasujen ja nesteiden määrän ja energiasisällön (taulukko 5). Talvella korjattu järviruoko ei sovellu biokaasutukseen, koska ruoko on liian kuivaa ja metaanibakteerien tarvitsemat ravinteet ovat kulkeutuneet juurakkoon (Björk ja Granèli 1978 a). Järviruoko on kaasutus ja nesteyttäminen on ajan-kohtaista sitten, kun biomassan jatkojalostusprosessit on kehitetty kaupalliseen käyttöön.

Taulukko 5. Yhdestä tonnista olkea saatavien kaasujen ja nesteiden määrä sekä energiasisältö (Sonne-Fredriksen ja Rexen 1976).

Olki	Määrä	Energiasisältö
Tervamaiset ai- neet	200 kg	18,8 MJ/kg
Öljymäiset ai- neet	400 kg	22,2 MJ/kg
Kaasuja kuluu pyrolyysissä	270 kg	20,9 MJ/m ³
Vettä	130 kg	-

4. J Ä R V I R U O V I K O N B I O L O G I S E T O M I N A I - S U U D E T J A T U O T A N T O

4.1 LEVINNEISYYS JA EKOLOGIA

Järviruokoa tavataan kaikissa maanosissa. Ruo'on pääasialliset le-
vinnäisyysalueet ovat kuitenkin ilmastovyöhykkeillä, joissa kasvu-
kauden katkaisee joko kuiva tai vaihtoehtoisesti kylmä kausi. Eu-
roopassa ruokoa esiintyy pohjoiseen aina leveyspiirille 70°. Poh-
joismaista se puuttuu Islannista. Eteläisellä pallonpuoliskolla
ruokoa ei kasva eräillä tropiikin alueilla eikä Etelä-Amerikan ete-
läisimmässä osassa. Laajimmat esiintymät ovat suurten jokien suis-
toissa, niistä Tonavan suiston lähes 200 000 ha:n alue on laajin yh-
tenäinen kasvusto. Myös Neuvostoliitossa on ruokoa laajoja alueita,
suurten jokien suistoissa yhteensä 5.5 milj. ha (Rodewald-Rudescu
1974, Björk ja Granéli 1978 a).

Suomessa järviruokoa tavataan Ahvenanmaalta aina Lappiin asti. Ruoko
on lisääntynyt viime vuosikymmeninä paikoin huomattavasti. Siihen
ovat tärkeimpinä syinä vesien rehevöityminen ja rantojen laidunta-
misen väheneminen. Ruoko on myös usein vallannut osittain lasket-
tujen järvien rantavyöhykkeen.

Järviruoko viihtyy rehevyydeltään erilaisissa vesistöissä. Runsasravinteisissa järvissä sen tuotos on kuitenkin suurempi kuin niukkasravinteisissa. Laji kasvaa selvästi paremmin hienojakoisilla hiesu- ja liejupohjilla kuin karkeammassa pohjassa. Järviruoko pystyy käyttämään hyväkseen sekä pohjan että veden ravinteita, mikä osaltaan selittää sen tuottoisuuden. Se ottaa ravinteita vedestä adventiivijuurien avulla. Näiden kasvuun vaikuttaa mm. veden korkeus ja sen vaihtelut. Vesi ei saa laskea kesällä kovin nopeasti, koska adventiivijuuret silloin kuivuvat, eikä uusia ehdi kehittyä alemmaksi korteen (Rodewald-Rudescu 1974).

Rodewald-Rudescun (1974) mukaan ruo'on kasvun kannalta optimaalinen vedenkorkeus on Tonavan suistossa 0,75 - 1,25 m. Matalammassa vedessä sarojen ja kortteen kilpailusta tulee rajoittava tekijä. Optimaluetta syvemmissä juurakon hiilihydraattivarastoista kuluu suhteetoman suuri osa uusien versojen kasvattamiseen veden pintaan asti. Vasta pinnan saavutettuaan uusi verso kasvattaa ensimmäiset lehdet, minkä jälkeen se pystyy yhteyttämään tehokkaasti. Meillä sopivin kasvusyvyyys näyttää suojaisilla rannoilla olevan 0,4 - 0,8 m syvyydellä.

Järviruo'on vedentarve on suuri. Ruovikon evapotranspiraatio on jopa kaksinkertainen avoimelta vedenpinnalta tapahtuvaan haihduntaan verrattuna. Ratkaisevaa on, että vesi peittää juurakon ainakin kasvukautena.

Björkin ja Granélin (1978 a) mukaan vähäisellä suolaisuudella ei ole vaikutusta ruo'on tuotokseen, vaan järvien, jokien ja murtoveden kasvustojen biomassat ovat yhtä suuria runsasravinteisissa vesissä. Sen sijaan virtaavassa vedessä kasvu estyy tiettyä virtausnopeutta suuremmilla arvoilla. Rajanopeus on Rodewald-Rudescun (1974) mukaan 20 cm/s. Sitä nopeammin virtaavassa vedessä kasvu hidastuu huomattavasti lähinnä nuorten versojen taittumisen vuoksi.

Ruoko vaatii laajamittaisesti esiintyäkseen vuosittain kylmän tai kuivan välikauden. Yleensä tuotosta lisää lämmin ilmasto, mikä johtuu kuitenkin lähinnä kasvukauden pituudesta. Erot näkyvät esim. ruo'on maksimikorkeudessa, mikä voi Etelä-Euroopassa olla jopa kahdeksan

metriä (tosin kyseessä on meikäläisestä poikkeava rotu). Pisin yksittäinen tämän selvityksen yhteydessä löydetty verso on 466 cm. Sitä pidempiä versoja ei Suomesta tietävästi ole löydetty.

Järviruo'on ulkoasu vaihtelee huomattavasti kasvupaikan mukaan. Osaksi tämä johtuu ympäristötekijöistä, mutta eri ruokokannat eroavat toisistaan huomattavasti myös perintötekijöidensä suhteen (mm. kromosomiluvut, Björk 1967, Hejný 1973, Björk ja Granéli 1978 a). Myös samaa kromosomilukua edustavien kasvustojen välillä on havaittu huomattavia eroja tuotoksen, ympäristövalinnan, eri alkuaineiden pitoisuuksien ym. suhteen. Eri kasvustojen erilaiset ominaisuudet on syytä ottaa huomioon, mikäli ruo'on viljelyä tulevaisuudessa selvitetään.

Sekä luonnonkasvustojen korjuuta että ruo'on mahdollista viljelyä helpottaa se, että järviruo'ko muodostaa kasvullisesti leviäviä kloonikasvustoja, monokulttuureja. Laajakin kasvusto voi olla täysin puhdas muista vesikasveista. Ruoko leviää pääasiassa juurakon avulla. Siementen avulla tapahtuu leviämistä lähinnä vain uusille kasvupaikoille. Itääkseen siemenet tarvitsevat kostean maan, vettä ei kuitenkaan saa olla muutamaa millimetriä enempää. Björkin (1967) mukaan siementen itävyys on huono, sitä vähentävät mm. hyönteiset ja sienet. Lisäksi ruoko lisääntyy uusille alueille kulkeutuvista juuren ja varren kappaleista.

4.2 RUOVIKKOJEN TUOTOKSEN JA PINTA-ALAN MITTAAMINEN

Jo 1:20 000 peruskartoilla on merkittynä tärkeimpien ilmaversoisten vesikasvien kasvupaikat. Niiden perusteella ei kuitenkaan voida tehdä kasvustojen rajausta, lisäksi osaa ruovikoista ei ole merkitty ollenkaan.

Tässä selvityksessä käytettiin ruovikoiden rajaukseen ilmakuvatulkintaa. Sekä maanmittaushallituksella että puolustusvoimien topografikunnalla on olemassa mustavalkoiset pinnakkaisvedokset lähes koko Suomen alueelta. Tässä selvityksessä käytettiin maanmittaushallituksen 1:30 000 (kuvauskorkeus 4700 tai 4750 m) stereokuvapareja,

joissa on 60 %:n peitto. Jotkut kuvista olivat mittakaavassa 1:17 500 (kuvauskorkeus 2670 tai 2730 m).

Ilmakuvaukset uusitaan monilta alueilta muutaman vuoden välein, joten kuvamateriaalin ikä ei aiheuta suuria virheitä. Vanhojen kuvien tilanne ei vastaa nykyistä, sillä usein kasvustojen rajat muuttuvat (Meriläinen ja Toivonen 1979). Tässä selvityksessä kuvat ovat vuosilta 1974 - 1979. Yleensä kuvaus on suoritettu toukokuussa (yksi kuvaus 1.6.). Kevätkuvauksissa on haittana lumen, jään ja tuulien aiheuttama ruokojen kaatuminen ja ajautuminen rannalle, mikä saattaa aiheuttaa kasvustojen rajautumisen kesätilannetta pienemmiksi. Paras kuvausajankohta olisi myöhäissyksyllä, jolloin useimmat muut vesikasvit ovat jo kaatuneet, mutta ruoko on vielä melko täydellisesti pystyssä.

Ilmakuvista määritetyt ruovikoiden rajat piirrettiin peruskartoille. Maanpuoleisena rajana käytettiin karttaan merkittyä kuivan maan rajaa. Alle 20 m levyiset ruovikot jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Peruskartoilta määritettiin ruovikoiden pinta-alat planimetrillä.

Veneestä tarkistettiin rajauksen yhteensopivuus vuoden 1979 tilanteen kanssa Halikonlahdella, mistä ilmakuvaus on suoritettu 4.5. ja 19.5. 1977. Kuvissa näkyi siis maastotarkistusta kolme vuotta vanhempi kesän 1976 ruovikko. Sen yhteensopivuus syksyn 1979 tilanteen kanssa havaittiin tyydyttäväksi. Ruotsalaisen selvityksen (Björk ja Granéli 1978 a) mukaan vastaavalla ilmakuvatulkinnalla saadaan tunnistettua 90 % yli 0,5. ha:n suuruisista kasvustoista. Tulkintavirhettä aiheuttaa mm. rantametsän peitto, sekä ruovikon rajaaminen todellista pienemmäksi silloin, kun kasvustolta puuttuu selväpiirteinen reuna. Ilmakuvan oikea tulkinta näyttää vaikeammalta sisäjärvillä kuin rannikkoalueilla. Tämä voi johtua sisäjärville luonteenomaisesta vedenkorkeuden verrattain suuresta vaihtelusta eri vuosina ja samankin kasvukauden aikana sen eri vaiheissa.

Kasvustojen tuotos määritettiin selvityksen aikana kahdeksassa eri kohteessa, joista kaksi oli sisäjärvillä. Yhdessä kohteessa käytiin talvella, muissa syys-lokakuun aikana. Kyseessä on syksyinen biomassa, joka on vuoden bruttotuotantoa pienempi.

Etuna kesä- ja syysmäärityksissä on se, että ylivuotinen ruoko pystytään erottamaan uudesta. Tällöin saadaan selville yhden vuoden tuotos, eli vuosittain korjattavissa oleva ruo'on määrä.

Tuotoksen määrittämisessä sovellettiin metsänarvioinnissa yleisti käytössä olevaa linja-arviointimenetelmää. Yhden neliömetrin suuruisista näyteruuduista leikattiin ruo'ot avoveden aikana pohjaa myöten, talvella jään pinnasta. Avoveden aikana punnittiin märkätaino erikseen vedenalaisesta ja -päällisestä osasta. Lisäksi ylivuotiset ja uudet ruo'ot erotettiin toisistaan. Kustakin osasta otettiin noin 100 g:n näyte kuivapainon määrittämistä varten (kuivaus lämpökaapissa 100 °C:ssa yön yli).

Kertomalla näytteen tuorepaino (TP) kuivapainon (KP) ja tuorepainon suhteella saatiin neliömetrin kuivapaino:

$$\frac{KP}{TP} \times TP = \text{tuotos, g/m}^2.$$

Lisäksi saatiin laskettua kosteus prosentteina:

$$\frac{TP - KP}{TP} \times 100 \text{ \%}.$$

4.3 KASVUSTOJEN TUOTOS

Ruovikoiden pohjanpäällisten osien kuivapainot vaihtelivat välillä 4,6 - 7,4 t/ha uutta ruokoa ja 0,1 - 8,7 t/ha ylivuotista ruokoa. Lisäksi kesältä 1978 on Pälkäneellä mitattu vuosituotos 11 t/ha (taulukko 6). Mittausten perusteella Turun vesipiirin rannikon ruovikoiden keskimääräiseksi korjuukelpoiseksi hehtaarituohtokseksi arviointiin 5 t/vuosi. Talvikorjuuta ajatellen arvio on mahdollisesti hieinan liian korkea. Tähän kuitenkin päädyttiin, koska korjuutekniikan yksityiskohdat ovat vielä avoimia. Lisäksi sato jäi vuoden 1979 olo-suhteissa ilmeisesti keskimääräistä pienemmäksi. Mm. Laitilan Otajärvellä, mistä kaikkein pisimmät versot löytyivät, oli pisin verso vuonna 1979 445 cm, kun vastaava mitta vuonna 1978 oli 466 cm ja vuonna 1980 460 cm. Ruovikkokohtaiset tulokset ovat harhattomia, sillä kussakin koeruovikossa koeruudut sijoiteltiin ennaltamäärätyllä systemaattisella otannalla. Sensijaan koeruovikot valittiin ajanpuutteen vuoksi harkinnanvaraisesti.

Taulukko 6. Uuden ja vanhan ruo'on biomassat maastokohteissa.

Pvm	Paikka	Näyte- ruo- tuja	Vedenalainen osuus		Vedenpäällinen osuus		Kokonaisbiomassa		
			Kuivapaino g/m ²	Prosent- tia	Kuivapaino	Prosent- tia	Uusi	Vanha	
RANNIKKO									
1. 21.9.1979	Halikonlahti Rauvola	12	230	39	355	61	585	1) 1)---	
2. 4.10.1979	Halikonlahti Viitamäki	5	25	4	585	96	610	200	
3. 11.10.1979	Hirvensalo Kaistarniemi	9	50	10	470	90	520	135	
4. 12.10.1979	Hirvensalo Särkilähti	13	20	4	490	96	510	1) 1)---	
5. 12.10.1979	Mäntyluoto	4	-	-	495	-	495	1) 1)---	
6. 17.10.1979	Vehmaa Ristimäki	17	125	25	380	75	505	665	
7. 14.-15.1. 1980	Ruissalo Krottilanlahti	48	--		2) 480		--	--	
SISÄJÄRVET									
8. 27.9.1979	Eurajoki Lutanjärvi	15	85	18	375	82	460	1) 1)---	
9. 22.-23.10. 1979	Eurajoki Luittilanjärvi	12	125	17	615	83	740	865	
10. 3.8.1978	Pälkänevesi	4 (\bar{a} 4m ²)	-	-	1130	-	1130	1) 1)---	

1) Vanhan ruo'on määrä arvioimatta

2) Uutta ja ylivuotista ruokoa ei ole erotettu toisistaan

Turun vesipiirin rannikon ruovikoiden pinta-alat on laskettu yhteen peruskarttalehdittäin (taulukko 7). Kokonaisala välillä Perniö-Pori on noin 62 km². Arviossa ei ole mukana Nauvon, Korppoon ja Houtskarinsaaria. Laajimmat yhtenäiset ruovikot sijaitsevat jokisuissa ja lahtien pohjukkoissa, sekä joidenkin jätevesipuhdistamojen edustalla.

Taulukko 7. Turun vesipiirin rannikon ruovikoiden pinta-alat peruskarttalehdittäin välillä Perniö-Pori

Peruskartta		Ruovikon pinta-ala	Peruskartta		Ruovikon pinta-ala
Numero	Nimi	(km ²)	Numero	Nimi	(km ²)
201201	Vänoxa	0.44	104401	Askainen	2.00
02	Västanfjärd	0.23	02	Ennyinen	1.46
03	Vreta	0.33	04	Lemu	1.81
04	Padva	0.16	113104	Lepäinen	1.12
05	Förby	0.79	05	Kammela	1.28
06	Kimitö	1.00	06	Ketteli	0.19
07	Bromarv	0.12	07	Uusikaupunki	0.09
08	Särkisalo	0.91	08	Pyhäranta	1.72
09	Ylönkylä	0.51	09	Pyhämaa	0.31
202101	Karuna	0.74	113204	Rihtniemi	0.10
02	Sauvo	0.93	07	Sampaanala	0.44
04	Angelniemi	1.40	08	Rauma	0.57
07	Teijo	0.80	09	Olkiluoto	0.35
08	Halikko	1.70	12	Kuivalahti	0.42
103411	Overölmos	0.14	114107	Pirskeri	0.95
12	Attu	1.04	08	Lankoori	0.33
104112	Velkua	1.50	09	Yyteri	0.19
104204	Kustavi	1.54	10	Luvia	0.23
05	Kaurissalo	1.52	11	Viasvesi	0.05
06	Vaakua	0.42	12	Pihlava	4.33
07	Iso-Rahi	2.98			
08	Vartsaari	1.92			61.62
09	Lokalahti	1.23			
10	Taivassalo	2.65			
11	Hileinen	2.00			
104301	Innamo	0.14			
02	Riainen	0.47			
03	Merimasku	2.40			
04	Aaslaluoto	0.65			
05	Rymättylä	1.42			
06	Naantali	1.60			
07	Lillmalö	1.07			
08	Kakskerta	2.05			
09	Turku	2.00			
10	Parainen	1.84			
11	Kuusisto	2.60			
12	Littoinen	0.44			

Tutkitun rannikkoalueen ruovikoiden kokonaissato on tehdyn selvityksen mukaan 30 000 tonnia kuiva-ainetta vuodessa (6 200 ha x 5 t/ha ≈ 30 000 t).

Suomalaisten hyvätuottoistenkin ruovikoiden tuotos on selvästi etelämpänä Euroopassa mitattuja tuotoslukuja pienempi. Suurin Tonavan suistossa mitattu ruo'on vuosituotos on 14,3 kg/m² (Rodewald-Rudescu 1974). Pohjan päällinen osuus tuotoksesta on kuitenkin pienempi, 0,5 - 3,7 kg/m² kuiva-ainetta. Juurakon osuus biomassasta on yleensä puolesta kahteen kolmasosaan, joskus jopa 75-80 % . Tarkemmin mm. Dykyjova 1966, Dykyjova ja Kvet 1978. Biomassa jakaantuu vastaavasti monilla muillakin kookkailla, ilmavarrellisilla kosteikkokasveilla.

Kirjallisuudessa esitettyihin satolukuihin on kuitenkin suhtauduttava varauksellisesti ellei tutkimusmenetelmää ole tarkasti kuvattu. Monet tulokset ovat koealakohtaisia maksimiarvoja, joiden perusteella ei voida laskea esim. hehtaarisatoja. Myös tämän selvityksen satoarviossa on mukana harkinnanvaraisuutta.

Talvikorjuussa jää korjaamatta jään ja lumen alla oleva osa, lehdet sekä tuulen ja lumen kaatamat ruo'ot. Jään alaista osuutta voidaan arvioida syksyllä veden alla olleen osan perusteella, joka oli tässä selvityksessä 4 - 40 % tutkittujen ruovikkojen biomassasta. Lehtiä voi kesällä olla jopa 20 % maksimibiomassasta. Ne ovat kuitenkin polttoaineena kortta huonompia, sillä niiden tuhkapitoisuus on korkea.

Björkin ja Granélin (1978 a) mukaan ruotsalaisen hyvätuottoisen ruovikon pohjanpäällisen osan vuosituotos on 15 - 20 t/ha. Talvinen korjuukelpoinen biomassa on 5 -10 t/ha.

Tonavan suistossa saadaan talvikorjuussa talteen 3 - 30 t/ha. Tässä työssä selvitettiin Ruissalon Krottilanlahden jäänpäällinen biomassa 14. ja 15.1.1980. Se oli 4,8 t/ha kuivapainona (ks. taulukko 6). Talvikorjuun tuloksista tarkemmin luvussa 5.

Juurakkoa ei sen suuresta tuotoksesta huolimatta voida ottaa käyttöön, mikäli myöhempi kasvupotentiaali halutaan säilyttää. Korjuutapa onkin

valittava siten, että juurakkoa ei vahingoiteta. Lisäksi on varotettava uusia versoja, joita kehittyy jonkin verran läpi vuoden. Ne kasvavat kunnes saavuttavat jään, tai veden yläpuolella kunnes lämpötila laskee jäätympisteen alapuolelle.

Myöhäissyksyllä tai talvella tapahtuvan korjuun etuna on juurakon kasvupotentiaalin säilymisen ohella se, että lisäkuivatusta ei tarvita ennen polttoa. Alhaisin Ruotsissa mitattu kosteus on 16 % (Björk ja Granéli 1978 a), tässä selvityksessä vastaavasti 14 %. Kesällä korren kosteus on 60 - 70 % (ks. kuva 2).

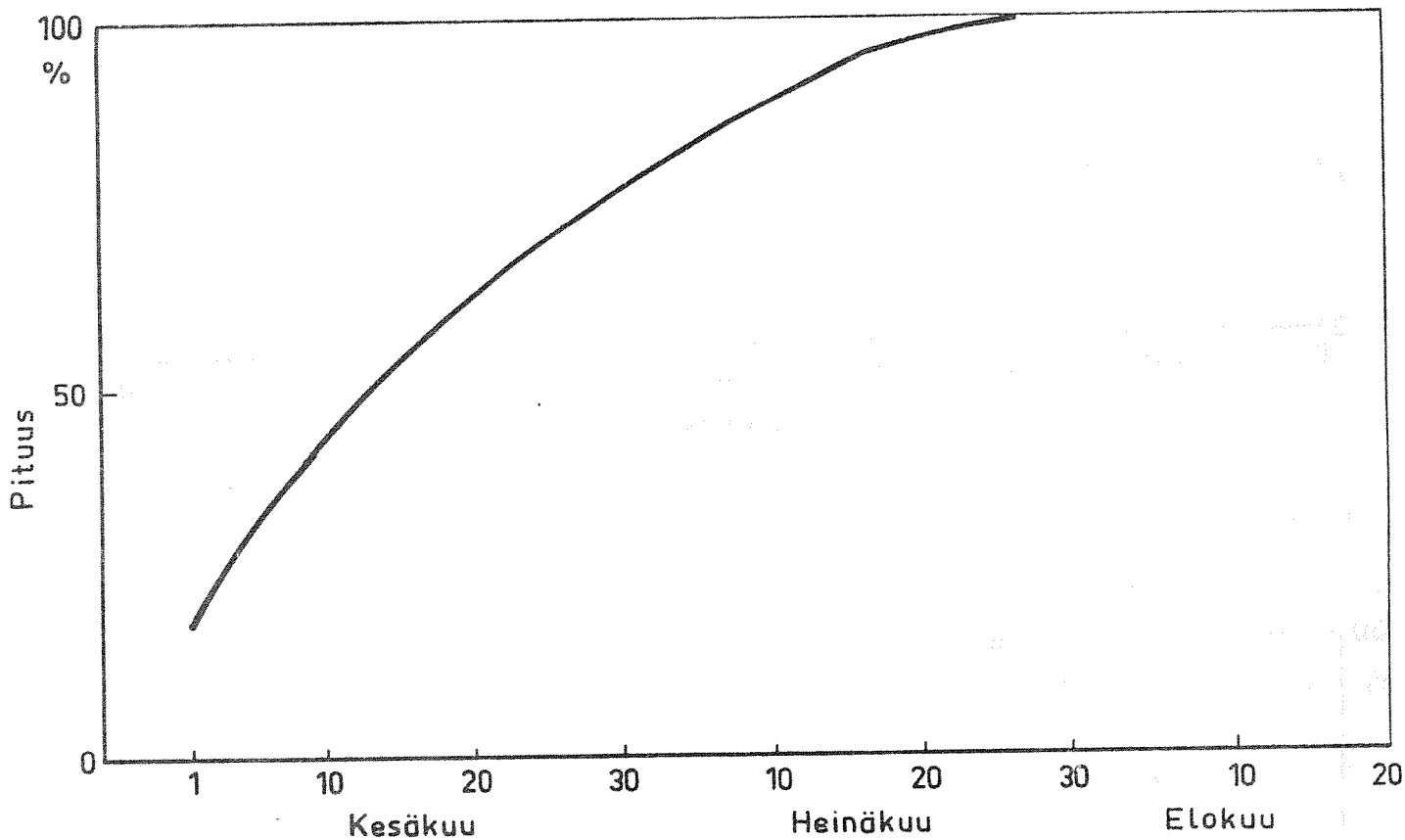
Ruo'on tasaista saatavuutta voi haitata tuotannon ja talteensaatavan biomassan vuosittainen vaihtelu. Tässäkin selvityksessä Eurajoen Luittilanjärvellä ylivuotisen ruo'on osuus kokonaisbiomassasta oli uuden ruo'on osuutta suurempi. Myös monissa muissa tutkimuskohtaisissa oli runsaasti ylivuotista ruokoa. Tähänastisten selvitysten perusteella ei vielä voida sanoa, mikä olisi niiton vaikutus vuosituotoksen suuruuteen ja vaihteluun vuodesta toiseen. Niitetyllä alueella ei ole kasvukauden alkaessa vanhaa ruokoa varjostamassa. Toisaalta myön vanhan ruo'on antama suoja on silloin poissa.

4.4 TUOTOKSEN AJOITTUMINEN

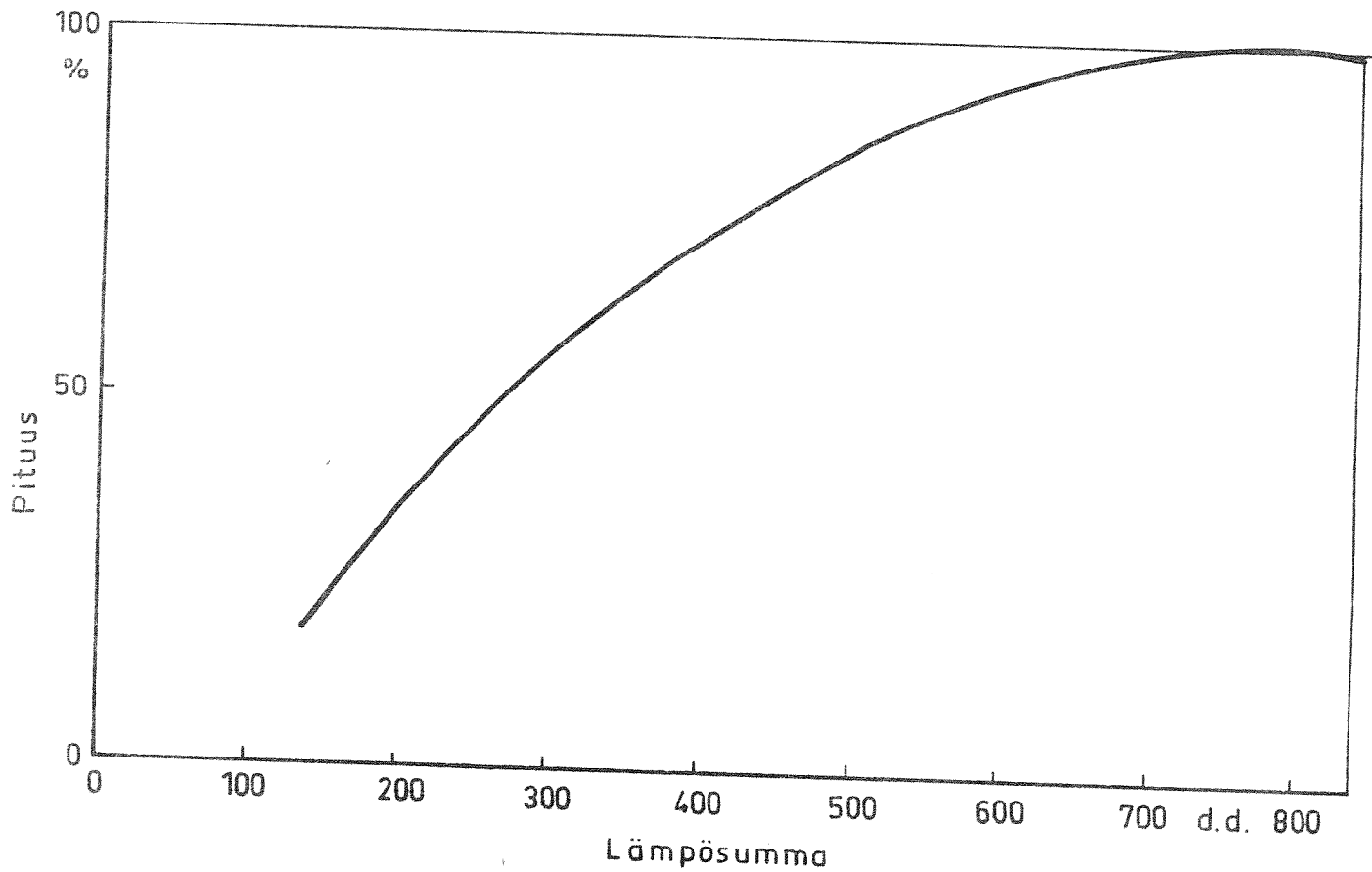
Biomassan tuotannon ajoittumista seurattiin pituuskasvumittauksin Eurajoen Lutanjärvellä 1.6.-17.8.1980. Mittaukseen valittiin aarin kokoiselta alueelta umpimähkäisesti 12 versoa, joiden pituus vaihteli välillä 13,5 - 122,0 cm. Jokaisen verson viereen painettiin pohjaan paalu mittakepin tukipisteeksi. Kunkin paalun yläpinnan korkeus pohjasta merkittiin muistiin. Tämä korkeus lisättiin verson mittaustulokseen, joka tämän jälkeen kuvasi verson todellista pituutta. Paalujen korkeus mitattiin uudelleen kokeen lopussa, jolloin todettiin paalujen säilyneen kohdallaan.

Ruokojen pituus mitattiin 0,5 cm:n tarkkuudella kahden vuorokauden välein aamupäivisin klo 9.00. Noin 15 metrin päähän versoista pystytettiin rantanurmelle sääkoju, jonka sisälle 20 cm:n korkeudelle maan pinnasta sijoitettiin piirtävä lämpömittari.

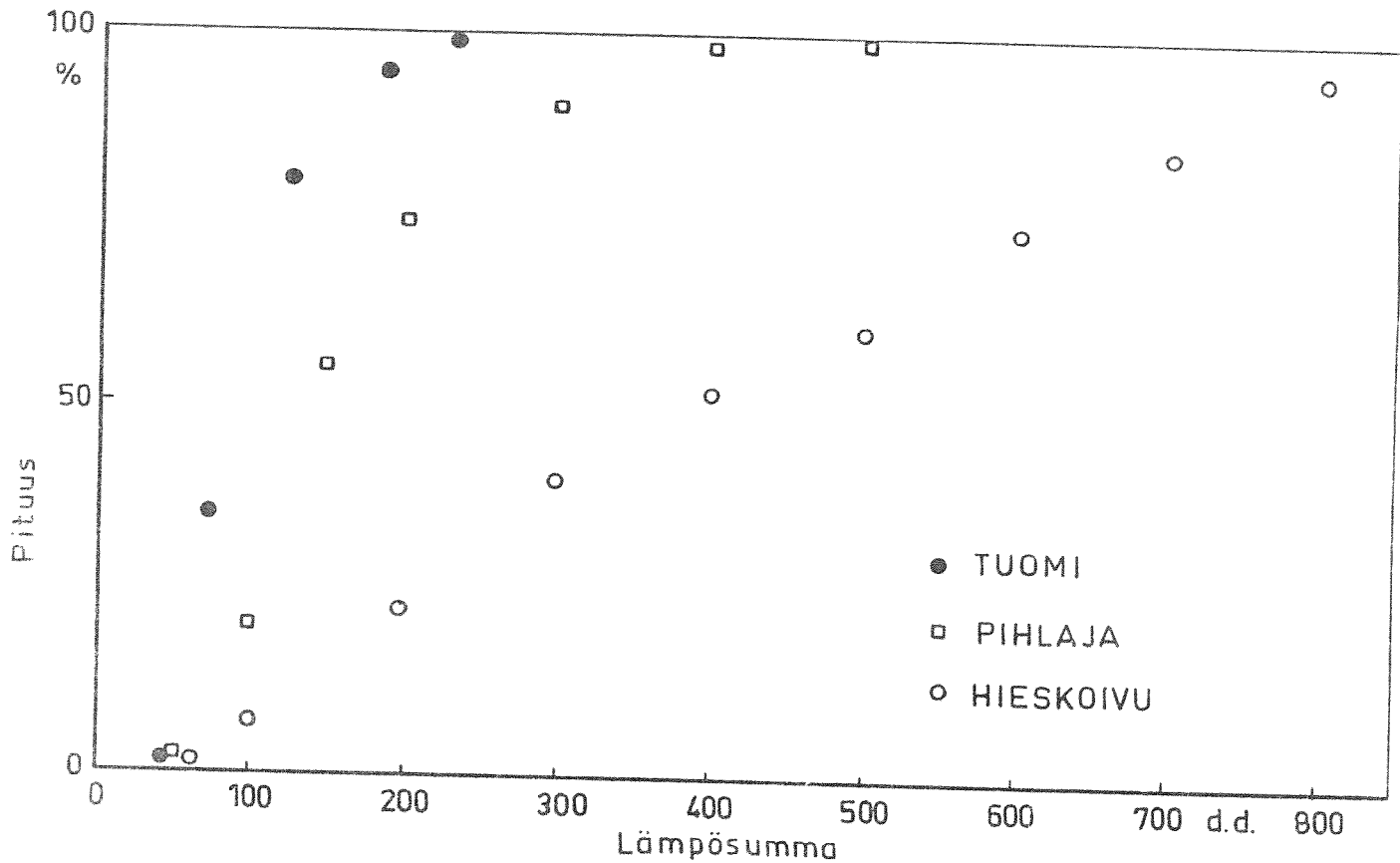
Pituuskasvun kehitystä kuvaa 12 verson pituuden keskiarvo, joka esitetään kronologisen ajan funktiona (kuva 5) ja lämpösumman funktiona, kynnyslämpötilana $+5^{\circ}$ (kuva 6). Vertailun vuoksi on esitetty eräiden metsäpuiden pituuskasvu lämpösumman funktiona Raulon ja Leikolan (1974) mukaan (kuva 7). Hieskoivun samoin kuin esim. rauduskoivun ja harmaalepän kasvujakso on järviruo'on kasvujaksoa pidempi.



Kuva 5. Ruo'on pituuskasvun kehitys kesällä 1980 Eurajoen Lutanjärvellä (12 korren keskiarvo).



Kuva 6. Ruo'on pituuskasvun kehitys Eurajoen Lutanjärvellä kesällä 1980 lämpösumman funktiona, kynnyslämpötila +5°C (12 korren keskiarvo).



Kuva 7. Eräiden metsäpuiden pituuskasvu lämpösumman funktiona (Raulo ja Leikola 1974).

Vaikka vertailu on suppea, se osoittaa kuitenkin, että järviruo'olla kasvu ei jatku millään tavalla poikkeuksellisen pitkään. Helsingin kaupungin alueella vuoden 1980 ensimmäiset kukinnot ilmestyivät näkyviin 3.-4. heinäkuuta. Elokuun puolivälin tienoilla kasvustot kellastuivat, mikä on merkki biomassan tuotannon täydellisestä keskeytymisestä.

Ruovikon suuri biomassan tuotos ei synny ensi sijassa pitkän kasvukauden ansiosta, vaan ratkaisevana tekijänä täytyy olla tuotantotahtumaan liittyvien elintoimintojen yleinen suuri nopeus. Tämä on huomionarvoista arvioitaessa mahdollisuuksia järviruovikoiden tuotoksen kohottamiseksi.

Mitatuista 12 versosta nopeakasvuisin kasvoi pituutta kymmenessä vuorokaudessa (1.6.-10.6.) 86 senttimetriä, siis keskimäärin 8,6 senttimetriä vuorokaudessa. 19.6.1980, jolloin kyseinen verso oli 2,00 metrin mittainen, mitattiin Laitilan Otajärvellä 3,25 metrin mittaan kasvanut ruoko, jonka kuivapaino oli tuolloin jo 36,5 grammaa. Kuivapainoltaan yli 50 gramman ruo'ot ovat täysikasvuisinakin harvinaisia. Tällaisten havaintojen perusteella järviruo'on alkukesän kasvupotentiaalia voidaan pitää poikkeuksellisen suurena.

5. RUO'ON KORJUU

5.1 YLEISTÄ

Niissä maissa, joissa ruokoa on käytetty kateaineena, sitä on perinteisesti leikattu käsin talvella. Alueilla, joilla korjuupaikat ovat talvella jäätyneet, ruokojen katkaisuun jään rajasta on käytetty mm. erilaisia työntökolia. Irroitettu ruoko on niputettu.

Teollisuuteen tarkoitettu ruoko kerätään nykyään pelkästään koneellisesti. Koska jäät ruo'on suurkäyttäjämaissa harvoin kestävät koneitten painoa, työhön on kehitetty erilaisia amfibiotraktoreita. Tuotekehittelyssä johtavia tehtaita on kööpenhaminalainen Seiga

Harvester Co, jonka nykyiset mallit ovat suurirenkaisia ja nelive-toisia. Traktoreissa on eteen asennetut leikkuu- ja niputuslaitteet. Talvella 1969 Hornborgajärvellä Ruotsissa jään päältä hyväis-sä olosuhteissa tanskalainen "Pelikan" -kone niputti 8 tunnissa kes-kimäärin 6000 kappaletta 2,5 kg:n nippuja. Alueelta, jossa korjuu-kelpoista ruokoa oli 4 t/ha, saatiin työpäivän aikana kokoon n. 15 t ruokoa. Traktori pudotti niput jäälle, josta ne jouduttiin lastaamaan poiskuljetukseen. Uusimmissa "Pelikan" -malleissa ni-put tai irtokorret siirtyvät automaattisesti traktorin omalle la-valle, josta siirto poiskuljetukseen on nopeaa.

Neusiedlerjärvellä Itävallassa on hyvinä jäätalvina menetelty siten, että leikkuu- ja niputuslaitteisto on irroitettu amfibiotraktorista ja pantu jalaksille. Yhdistelmä on liitetty maastoauton perään, josta laitteisto on saanut lisävoimaa hydraulisesti (Björk ja Granèli 1978 a).

Meillä Suomessa vesikasvustojen kesällä tapahtuvaa niittoa varten on kehitelty erilaisia uivia niitto- ja kokoamislaitteita. Niillä muutamilla kerroilla, joilla ruokoa on korjattu talvisaikaan, on käytetty maatalouskoneita.

Ruovikot eivät useinkaan jäädy yhtä vahvasti ja tasaisesti kuin selkävedet. Tuuli kuljettaa jäätyamisen jälkeen satanutta lunta avoimilta alueilta rannoille, johon sitä voi kasaantua jäätymistä hidastava eristävä kerros. Ruovikkoihin saattaa laskea ojia ja viemäreitä, joiden suissa jää pysyy heikkona. Jos jäätyminen ta-pahtuu syksyllä veden ollessa korkealla ja vesi kohta jäätyamisen jälkeen laskee, ruo'on korsiin kiinnittyneestä ohuesta jäästä tu-lee jäätymistä hidastava eristyskansi. Varsinkin jos sen päälle sataa lunta, pitävän jään muodostuminen loppuu kokonaan. Tällainen ilmiö todettiin merenlahdissa Varsinais-Suomessa keskitalvella 1979-80 ja se lienee tavallinen mm. säännöstellyissä järvissä.

Maalis-huhtikuussa 1980 ylempi jääkerros merenlahdista kuitenkin hävisi ja ruovikkojen pohja kovettui kantavaksi. Kun merivesi ko-ko kevään pysytteli poikkeuksellisen matalalla, jäi myös parina aiempänä vuonna muodostunut, kaatunut ruovikko kovan pohjan ylä-puolelle ja olisi huhtikuun alussa ainakin monin paikoin ollut

kerättävissä melko kuivana pystyssä olevan ruo'on kanssa.

Talven aikana usein ja voimakkaasti vaihteleva meriveden korkeus tekee ruovikkojen jäihin epätasaisuuksia. Vedenkorkeuden vaihtelut ovat suurimmillaan Pohjanlahden ja Suomenlahden perukoissa. Vaikka kunnollisen jään muodostumisessa ruovikkoihin onkin ongelmia, on jokin ajankohta syystalven ja kevään välillä yleensä kuitenkin sellainen, että traktorilla ja tarvittavilla lisälaitteilla voidaan ruovikossa liikkua. Säännöllisesti onnistuvan korjuun takaisi kuitenkin vasta amfibiotraktori. Jos korjuu kuitenkin edellisenä talvena on kyetty suorittamaan, ovat edellytykset kunnollisen jään muodostumiselle seuraavana talvena ainakin jonkin verran paremmat tasaisen jään syntymistä haittaavan vanhan kasvimassan vähennyttyä.

TVL on laatinut taulukossa 8 esitetyn jään kantokykyluokittelun (Tie- ja vesirakennushallitus 1962).

Taulukko 8. Jään kantokyky TVL:n mukaan. Suurin sallittu paino tarkoittaa koko ajoneuvoyhdistelmän painoa. Tehollinen paksaus tarkoittaa "teräsjään" paksuutta.

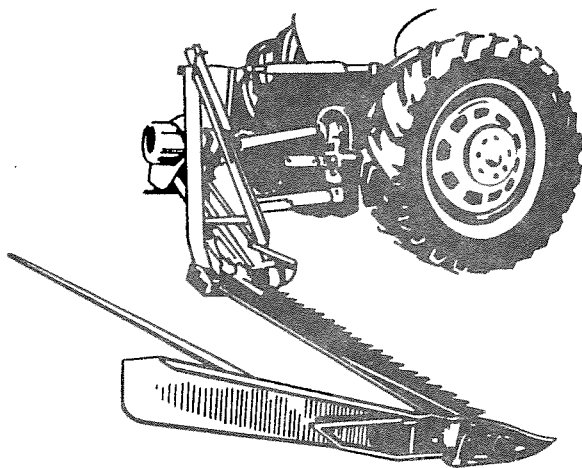
Jään tehollinen paksuus cm	Suurin sallittu ajoneuvopaino tonnia
20	2,0
25	3,0
30	4,5
40	7,0
50	12,0

Seuraavassa käsitellään kolmea maassamme tehtyä ruo'on talvikorjuutapausta, ensiksikin Työtehoseuran Vihdin Lapoonjärvellä 5. ja 8.1. 1980 suorittamaa korjuuta, jota rahoitettiin tämän tutkimusprojektin varoin. Korjuukokeilusta on työtä johtanut agronomi Reijo Orava laatinut erillisen raportin (Orava 1980 a), jota seuraavassa lainataan. Toisena tapauksena käsitellään Paraisten Vesi Oy:n Paraisten makeanvedenaltaalla talvella 1978-79 suorittamaa korjuuta. Lisäksi esitetään tietoja Antti Katajan, Pauli Kivipellin ja Eero Pippolan Vimpein Lappajärvellä tekemästä ruo'on korjuutyöstä.

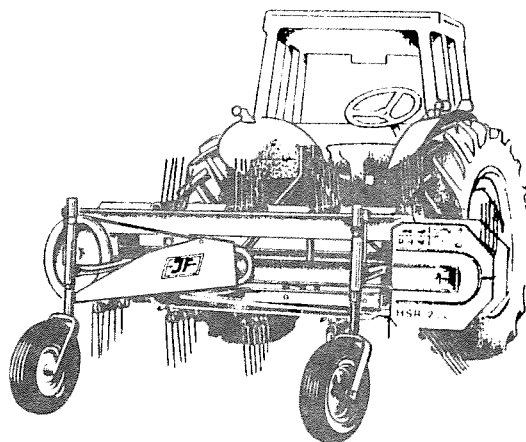
5.2 TYÖTEHOSEURAN KORJUUKOKEILU VIHDISSÄ

Työteho세uran korjuukokeilun aikana Vihdin Lagoonjärven jää oli 26 cm paksua ja sen päällä oli 10 - 12 cm löysää pakkaslunta. Korjattava ruovikko oli harvaa ja pituudeltaan 150-200 cm. Koealoilta kerätyt sadot vastasivat määrältään 1500-5000 kg biomassaa/ha. Pystyn kasvuston kosteus oli 11-16 %.

Ruoko niitettiin tavallisella sormipalkkiniittokoneella (kuva 8) lumenrajasta, joten sängen pituudeksi tuli 10-20 cm. Kokeilussa niitettiin yhteensä n. 0,3 ha. Niittokoneen jäljeltä ruoko haravoitiin karholla ketjuharavapöyhimellä (kuva 9) kaksi niittokoneen luokoa yhdistäen. Luo'olla oleva ruoko murskaantui jossain määrin ajettaessa traktorilla sen yli. Haitta voidaan poistaa joko peruuttamalla traktorilla haravoitaessa tai kytkemällä harava niittotraktorin nokalle, jolloin ruoko tulee karholle heti niiton yhteydessä eikä tallaanu lainkaan.

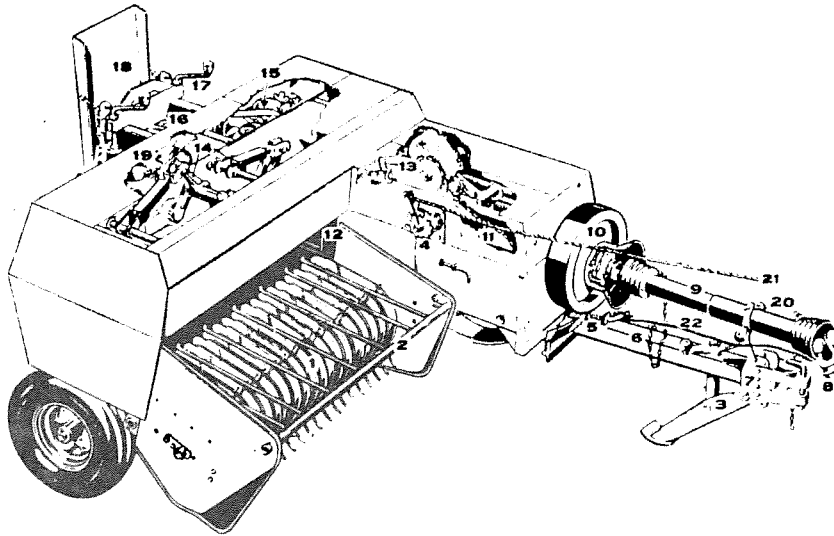


Kuva 8. Sormipalkkiniittokone traktorin kolmipistenostolaitteeseen kytkettynä (Piiros: Labor).



Kuva 9. Ketjuharavapöyhin (Piiros: Labor).

Kuva 10. Kovapaalain (Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos. 1975. Koetusselostus 909).



Ruoko paalattiin kovapaalaimelle (kuva 10). Ruo'on liukkaudesta johdettuen paalaimen ruuvisyötin pyrki ajoittain tukkeutumaan. Röyhyn, korren ja lehtien paloja ja silppua karisi melko paljon paalaimesta. Paalin mitat olivat 35 x 45 x 90 cm. Paalien keskipaino oli 23,0 kg, joten tilavuuspainoksi saadaan 164 kg/m^3 , mikä on olkeen ja heinäen nähden varsin korkea ($80\text{-}120 \text{ kg/m}^3$).

Irtolumi näytti tarttuvan kaadettuun ruokoon, mutta karisi paalaimessa pois, koska paalatusta ruo'osta otettujen näyte-erien kosteus ei ollut sen suurempi kuin pystykasvustonkaan. Mikäli korjuuta tehdään käytännön mittakaavassa, kannattaa korjuuketju järjestää niin, että paalit johdetaan paalaimesta suoraan perävaunuun tai niputusrekeen, jolloin vältytään paalien lumettumiselta, kun niitä ei pudoteta hankeen. Ruo'onkin korjuuseen soveltuvista oljenkorjuumenetelmistä on kotimaisista kirjallisuutta (esim. Orava 1980 b).

Ruo'on korjuu onnistuu käytetyillä koneilla varsin hyvin. Heinän korjuussa käytetään kuitenkin myös sellaisia konemalleja, jotka eivät sovellu ruo'on korjuuseen. Sormipalkkiniittokoneen lisäksi avosormikone

ja lautasniittokone ovat sopivia, haravakoneista pyöröharava. Lie-riöniittokoneen ja pyöröharavapöyhimen työtapa ei sovellu pitkälle ruokokasvustolle.

Korjuukokeilun aikaa ei tehty työntutkimuksia, mutta Työtehoseuras-
sa tehtyjen maataloustöitä koskeneiden työntutkimusten (Työtehoseu-
ra 1980 a ja b) perusteella arvioitiin eri työvaiheiden työmenekki
(taulukko 9).

Taulukko 9. Ruo'on korjuun eri työvaiheiden työmenekki. Työmenek-
kiin sisältyy apu- ja valmisteluaikojen osuus n. 20 %
työajasta, mm. siirtyminen työmaalle kahdesti päivässä
0,5 km etäisyydeltä. Ruokosadoksi laskettu 10 tonnia/ha.

Työvaihe	Työmenetelmä ja työmenekki			
	Ihmistyö		TraktORITYÖ	
	min/ha	min/t	min/ha	min/t
Niitto sormipalkki- niittokoneella	120	12	120	12
Haravointi karholla ketjuharavalla	60	6	60	6
Paalaus ja latominen paalaimeen kytkettyyn perävaunuun, 3 henkilöä	650	65	200	20
Kuljetus tr. perävau- nulla, kuorma 1,5 ton- nia, 0,5 km	60	6	60	6
Varastoonpano käsin latoen, 3 henkilöä	450	45	150	15
Yhteensä, min.	1340	134	590	59
" , h	22,3	2,2	9,8	1,0

Kuljetusetäisyyden pidentyminen lisää kuljetustyön työmenekkiä seuraavasti:

1 km	1,7 -kertainen
3 km	3,8 -kertainen
5 km	6,0 -kertainen

Korjuukustannus riippuu ratkaisevasti siitä, kuinka paljon ko. paa-
lainta käytetään ruo'on ja toisaalta kesällä heinän ja oljen korjuu-
seen. Laskentaperusteena käytetäänkin seuraavassa vuokrakonehintoja

ja ihmistyyölle lasketaan 19 mk tuntihinta (Työtehoseura 1979).
(Taulukko 10).

Taulukko 10. Ruo'on korjuukustannukset taulukon 9 menetelmin ja edellytyksin. Traktorin tuntikorvaus ilman kuljettajaa 32 mk/h.

Kustannuserä	Työmäärä h	Hinta mk/h	Kustannus mk/t
<u>Traktori + konetyö</u>			
Niitto (tr. + niittokone)	0,2	52	10,4
Karhotus (tr. + harava)	0,1	45	4,50
Paalaus (tr. + paalain + narukustannus)		66 mk/t	66,00
Kuljetus	0,1	45	4,50
	Yht.		85,40
<u>Ihmistyö:</u>			
Niitto	0,2	19	3,80
Karhotus	0,1	19	1,90
Paalaus + kuormaus	1,1	19	20,90
Kuljetus	0,1	19	1,90
Varastoonpano	0,75	19	14,25
	Yht.		42,75
Kaikki yhteensä			128,00

Korjuun energiapanos on noin 3-4 % saadusta energiasta. Tonni ruokoa antaa 45 % hyötysuhteella poltettaessa (lämpöarvo 15 % kosteana 14,5 MJ/kg eli 4,0 kWh/kg) 1800 kWh (6,4 GJ). Korjuussa energiaa kuluu traktoreiden polttoaineessa. Traktorityötunteja tulee tonnia kohti 1,0. Polttoainetta kuluu ko. kevyehkässä työssä arviolta 7 l/h eli 50-70 kWh ruokotonna kohti.

Yhteenvedona Työtehoseuran tekemän korjuukokeen perusteella voidaan sanoa, että järviruo'on korjuu heinäkorjuukoneilla (niittokone, ketjuharava ja kovapaalain) onnistuu hyvin alkutalvesta jään ollessa

kantavaa. Lumesta ei ole sanottavaa haittaa, mikäli sitä ei ole yli 25 cm. Työn suoritus ei välttämättä vaadi mitään lisävarusteita tai muutoksia koneisiin. Työ onnistuu koneita heinänkorjuussa käyttäneeltä. Korjuukustannus on vuokrakonehinnoin 128 mk/tonni (7 p/kWh). Ihmistyötä tarvitaan 2,2 h/tonni ja traktoria 1,0 h/ruokotonni.

5.3. RUO'ON KORJUU PARAISTEN MAKEANVEDENALTAALLA

Paraisten Vesi Oy poisti järviruokoa Paraisten makeanvedenaltaasta 18.12.1978-6.2.1979 välisenä aikana saadakseen altaaseen maatuvaan orgaanisen aineiksen määrää vähenemään. Korjuutyötä johti insinööri Göran Norrgård, jonka antamiin tietoihin seuraavassa esitetty pääosin perustuu. Korjuuta suoritettiin Sunnanbergin, Sydänperän, Pettubyn ja Hyvilempin lahdilla samoinkuin eräillä lahtien välisillä rantakaistoilla. Ruokokasvuston korkeus oli jään rajasta mitattuna 2,5 - 3 m. Alueella oli aiemmin niitetty ruokoa myös kesällä. Alueilla, joilla kesäniittoa ei ollut tehty, ylivuotista kasvustoa kohosi 60 cm korkeuteen jään pinnasta.

Korjattu ala oli 53 ha. Tähän sisältyi urakoitsijan korjaama 4,3 ha. Korjattu ruokomäärä oli kuiva-aineeksi muunnettuna 350 t.

Korjuutyössä käytetyt traktorit painoivat 2,5-3 t ja niissä oli lumiketjut. Ruoko niitettiin heinän niittokoneella ja koottiin ja kuljetettiin kolmella heinähännällä. Ennen niittokoneen käyttöön siirtymistä kokeiltiin etukuormaajaa, joka työnsi korret irti ja samalla kasasi ne. Etukuormaajan käytöstä luovuttiin, koska korvien joukkoon tuli liikaa lunta. Siltojen ympäriltä ja muista paikoista, joihin koneella on vaikea päästä, ruokoa niitettiin viikatteella. Korjattu ruoko poltettiin rannoilla ja tuhka vietiin pelloille.

Saatujen kokemusten mukaan edellä kuvattu korjuutapa vaatii vähintään 23 cm jäätä eikä lumen paksuus saa ylittää 30 cm. Jään epätasaisuus, kerroksellisuus ja heikkojen, mahdollisesti pohjaveden purkausten synnyttämien kohtien esiintyminen jäässä olivat ongelmana korjuutyössä.

Paraisten korjuutyön kustannukset sosiaalikuluihin olivat

Työnjohto	7068 mk
Muut henkilökulut	22743 "
Konekustannukset	34270 "
Muut kulut	<u>2100 "</u>
	66181 mk

Korjuutyössä käytettiin 262 miestyöpäivää ja 108 konetyöpäivää.

Neliömetrin korjuukustannus oli 13 p ja kuiva-ainetonnin 190 mk laskettuna työn kokonaiskustannuksista. Urakalla teetetyn työosuuden perusteella arvioitiin urakkakorjuun voivan tapahtua 7-10 p/m².

5.4 RUO'ON KORJUUN LAPPAJÄRVELLÄ

Vimpelin Pokelassa Antti Kataja, Pauli Kivipelto ja Eero Pippola korjasivat ruokoa Vimpelin Lappajärvestä loppuvuodesta 1978. Vaasa-lehdessä 2.12.1978 on asiaa koskeva artikkeli.

Kasvuston korkeus Vimpelin puoleisissa lahdissa on n. 2,5 m jään pinnasta mitattuna. Korjattu ala oli n. 10 ha ja siltä saatiin korjajien arvion mukaan 3000 kpl n. 25 kg:n painoisia paaleja.

Työ tehtiin kolmella maataloustraktorilla, joista yksi veti Aros-niittokonetta ja kaksi muuta paalaimia. Ruoko paalattiin niiton jäljeltä haravoimatta. Paalaimet olivat Claes Europa ja Massey-Ferguson 15 -merkkisiä. Niiton ja paalauksen arvioitiin edellä esitetyllä kalustolla ja kolmella miehellä vieneen 3-4 työpäivää. Kuljetus käyttökohtaisiin tulee tämän lisäksi.

Vimpelin korjuun työmenekistä ei näin jälkikäteen saada enää luotettavia tietoja. Edellä esitetyistä arvioista päätellen korjuu olisi kuitenkin vaatinut jonkin verran vähemmän työtä kuin Työtehoseura on arvioinut vastaavien työvaiheitten vaativan.

Mm. kuivuutensa ansiosta ruokopaalit ovat Vimpelissä saatujen kokemusten mukaan palaneet hyvin niitten polttoon sopivassa tanskalaisessa

Passat oljenpolttokattilassa. Kotimaisessa oljenpolttokattilassa ruo'onkin palaminen oli heikkoa. Passat-kattilassa ainoana ongelmana oli muodostuvan tuhkan suuri määrä.

5.5 VESIKASVIEN OTTAMISESSA TARVITTAVAT LUVAT

Yksityiseksi jaetun vesialueen omistaja antaa halutessaan luvan vesialueellaan suoritettavaan vesikasvien ottoon.

Jolleivät yhteisen vesialueen osakkaat ole sopineet, tai eivät siinä järjestyksessä, kuin eräistä yhteisistä alueista ja niihin verrattavista etuuksista annetussa laissa (204/40) säädetään, päättäneet, eikä vesialuetta ole myöskään asetettu uskotun miehen hallintoon, voivat osakkaat kalastuskunnan kokouksessa päättää asioista, jotka mm. koskevat vesialueella olevien vesikasvien ottamista ja mm. siitä suoritettavaa korvausta (Kalastuslaki 68 §).

Kalastuskunnan yhdysmies selviää lääninhallituksesta. Mm. Saaristomerren aluetta järjestäytyneet kalastuskunnat eivät kuitenkaan kata kokonaan ja järjestäytyneittenkin joukossa on kalastuskuntia, joiden toiminta on sammunut.

Eduskunnalle jätettäneen syksyn 1980 aikana esitys kalastuslain uudistamisesta. Lakiesityksen hyväksyminen merkinnee, että kalastuskuntien järjestäytyminen huomattavasti paranee. Kalastuskunnan kokous voisi lakiesityksen mukaan päättää kalakunnan hoitoa ja kalastuksen järjestämistä koskevien tehtävien siirtämisestä ns. kalastusalueelle. Kalastusalueita muodostamalla voitaisiin poistaa kalavesien pirstoutumisesta aiheutuvia haittoja. Kalastusalueille tulisi lakiesityksen mukaan laatia käyttö- ja hoitosuunnitelma, jonka valmistelun yhteydessä olisi varmasti mahdollista suunnitella myös suurehkoa aluetta koskeva järkevä vesikasvustojen korjuuohjelma.

Vesijätön osakkaat voivat virallisesti kokoon kutsutussa kokouksessa yhteisellä sopimuksella (vrt 204/40) päättää vesijättöä koskevista asioista, mm. vesikasvien ottamisesta. Vesijättöjen omistajakunnat ovat käytännössä usein järjestäytymättömiä, eikä vesikasvien

ottokysymys liene tarpeeksi painava syy käynnistämään järjestäytymisprosessia. Tällöin riittänee käytännössä vesikasvien ottoon vesijäätöltä lupa, jonka rannan ja vesialueen omistajat tai kalastuskunta ovat antaneet.

Rauhoituspiirit on kalastuslain 38 §:n mukaan muodostettu kalakannan suojelemiseksi. Rauhoituspiirissä olevien luonnonvarojen hyväksikäyttöä on rajoitettu voimakkaasti (40 §), mutta poikkeuksena on vesiruohon korjuu lain mukaan luvallista heinäkuun 5. päivän jälkeen. Lain kohta tarkoittanee, että korjuu sallitaan vuoden syyspuoliskolla, jolloin tarvitaan luonnollisesti lupa kalastuskunnalta.

Rantojen luonnonsuojelukohteissa vesikasvien otto on toimintaa, jota ei voida ilman erillisselvityksiä ja lupia suorittaa. Lisäksi lintujen pesintäaikana tapahtuvaa vesikasvien ottoa ei voida pitää luonnonsuojelulain sallimana toimintana. Talvella tapahtuvaa ruo'on korjuuta luonnonsuojelulaki ei sen sijaan rajoita.

6. J Ä R V I R U O ' O N K O R J U U J A L U O N N O N - S U O J E L U

Talvikorjuusta ei ole havaittu koituneen mainittavia haittoja järviruokokasvustolle. Versojen alkukehitys on korjuun jälkeen ollut yleensä ainakin yhtä nopea tai nopeampikin kuin käsitellyillä aloilla varjostavien vanhojen korsien puuttuessa. Korjatuilla aloilla ruo'on alttius mahdollisille keväthalloille kuitenkin lisääntyy, mistä ilmastollisesti epäedullisina vuosina on haittaa. Kesäkorjuun haitat ovat ruokokasvuston kannalta ilmeiset. Kasvustojen ravinnearvot pienenevät, mikä vähentää seuraavien vuosien tuotosta. Lisäksi, tosin korjuutekniikasta riippuen, juurakot vaurioituvat. Kesäkorjuuta puoltavat ainoastaan muut vesikasvien mahdolliseen poistotarpeeseen liittyvät näkökohdat.

Talvikorjuu ei myöskään muuta kasvien välisiä kilpailusuhteita edellyttäen että juurakko säilyy vahingoittumattomana. Ruoko pystyy alkukesän nopean kasvun turvin pitämään muut kookkaat ilmaversoiset poissa leikkuualoilta. Sen sijaa vaurioituneissa kasvustoissa (samoin kesäkorjuun yhteydessä) syntyy järviruo'on ja muiden ilmaversoisten

(esim. kookkaat sarat, osmankäämit, ruohomaiset helofyytit) sekakasvustoja, mikä vähentää kasvuston tuotosta ja pienentää ruo'on homogeenisuutta.

Korjuu ei olennaisesti lisää rantavyöhykkeen eroosiota, mikäli pohjamaata sitovat kasvien juurakot ja kasvien tyvet säilyvät. Matalissa maatuovissa vesistöissä korjuusta on myös etua. Korjattaessa poistuu vaikeasti hajoavaa orgaanista ainesta, mikä hidastaa matalan altaan umpeenkasvua. Umpeenkasvun lisäksi orgaanisen aineen poistaminen vähentää kasvijätteen hajoamiseen kuuluvan hapen määrää.

Ravinteiden poistuminen talvikorjuussa on vähäistä, koska ne pääosaltaan ovat juurakossa (Björk ja Granéli 1978 a, Dykyjova ja Kvet 1978), esim. korsien talvenaikainen fosforipitoisuus on vain noin viidesosa kasvukauden aikaisista arvoista. Tämän vuoksi talvikorjuussa kasvuston kasvupotentiaali säilyy myös seuraavina vuosina. Kesäkorjuussa ravinnetappiot ovat suuremmat, eikä vaurioituneista kasveista (mm. juurakosta) karkaavien ravinteiden määrää edes tunneta.

Ruovikkojen merkitys eri eliölajeille tunnetaan suhteellisen heikosti, ja tutkimustietoa on toistaiseksi lähinnä linnustosta (vrt. Sjöfågelvård vid ... 1976, Lehikoinen 1977, Björk ja Granéli 1978 a, Rassi ja Toivonen 1980). Useat Suomessa harvinaiset lintulajit pesivät yksinomaan vanhoissa järviruokokasvustoissa. Vähälukuisimpia näistä ovat kaulushaikara, ruskosuohaukka ja rastaskerttunen, joiden kokonaisparimäärät maassamme ovat vain muutama kymmen tai korkeintaan satakunta paria. Runsaslukuisemmista lajeista järviruovikoissa pesivät mm. pajusirkku, ruoko- ja rytikerttunen, joka on parhaillaan voimakkaasti levittäytymässä etelärannikolta sisämaan vankimpiin ruovikoihin. Menneenvuotisella ruo'olla on erittäin tärkeä suojaava vaikutus myös monien sorsa-, sotka- ja rantakanalajien pesinnälle. Riistalinnuista mm. tukka- ja punasotka, heinätavi, lapa- ja jouhisorsa sekä nokikana pesivät ruovikon suojassa. Nämä lajit pesivät ruovikoissa alkukesällä ennen kuin uusi ruokokasvusto on ehtinut kehittyä. Ruovikot ovat myös eräiden varpuslajien (mm. kottaraiset ja pääskyt) yöpymispaikkoja. Talvikaudella järviruovikot ovat tärkeitä sinitiaisparvien ruokailualueita. Lisäksi ruovikkoiset luhdet ja niityt ovat eräiden nisäkkäiden, mm. hirvien, oleskelupaikkoja. Näin varsinkin silloin, kun paikalla on myös pensastoisia kohtia tai pieniä metsäsaarekkeita.

Linnustolle ja muulle eläimistölle aiheutuvia sekä muita mahdollisia ympäristöhaittoja voitaisiin vähentää aluerauhoitusten ja erilaisen korjuukierron avulla. Toisilla alueilla voitaisiin korjuualoilla soveltaa laikuttaista niittoa, jolloin vain osa ruovikosta niitetään ja niitto uusitaan muutamien vuosien, esim. 3 tai neljän vuoden välein.

Täydellisen suojelun tai osittaisen korjuun tarve tulisi selvittää tapauskohtaisesti korjuun kannalta kysymykseen tulevissa vesissä. Ruo'on laajamittaisen korjuun ulkopuolelle tulisi jättää linnustoltaan tai muuten luonnontieteellisesti arvokkaimmat kohteet (maa- ja metsätalousministeriön luonnonvarainhoitotoimiston selvitysten mukaan valtakunnallisesti merkittäviä runsasruovikkoisia lintuvesikohteita on esim. Turun vesipiirin alueella 35). Osassa voitaisiin kuitenkin harjoittaa laikuttaista korjuuta.

Luonnonsuojelunäkökohtien huomioonotto ruo'onkorjuussa tarvitsee lisätutkimusta. Parhaiten tämä olisi toteutettavissa vesistönkunnostuksen yhteydessä, jolloin vedenpinnan säätelyn avulla luotaisiin järviruo'olle optimaaliset kasvuolosuhteet ja tarkasteltaisiin eri tavoin käsitellyille koaloille kehittyviä eloyhteisöjä. Ruo'onviljely ja laikuttainen korjuu vedenpinnan nostoon yhdistettynä todennäköisesti edistäisi monien vesijättöjen kasvituottoa, mutta myös niiden lintukantoja.

7. RUO'ON VILJELYMAHDOLLISUUDET

Valtakunnan energiataseeseen luonnonruovikot eivät voi tuoda mainittavaa helpotusta, sillä ruovikoiden kokonaistuotos on pieni energian tarpeeseen verrattuna. Koko maan ruovikoiden vuosituotos on karkeasti arvioiden 70 000 - 150 000 tonnia, mikä on suuruusluokaltaan vähemmän kuin 10 % vuosittaisesta olkisadosta ja noin 0,5 % vuosittain hakattavasta puusadosta.

Jonkin verran ruokovarojen merkitystä lisää se, että niiden painopiste

sijaitsee Lounais-Suomessa. Kysymyksessä on viljanviljelyalue, jolla ruokoenergian tuotanto voitaisiin polttokattiloiden ja korjuukoneiden puolesta kytkeä olkienergiantuotannon yhteyteen. Alueen tiheä asutus merkitsee sitä, että vähäisemmätkin energiantuotantomahdollisuudet on syytä huomioida, sillä energiaa tarvitaan paljon. Lisäksi muiden kotimaisten polttoaineiden - puun ja turpeen - tarjonta on niukkaa.

Alueen erityispiirteistä huolimatta ei luonnonruovikoiden merkitys Lounais-Suomenkaan energiantuotannossa tule olemaan millään tavoin ratkaiseva. Vertailun vuoksi huomattakoon, että Lounais-Suomen ja Satakunnan piirimetsälautakuntien alueella puuston vuotuinen kasvu on runsaat 3 miljoonaa kuutiometriä (Metsätilastollinen vuosikirja 1979). Kuiva-aineena tämä vastaa noin 1,0 miljoonaa tonnia, mikä on noin 30 kertaa suurempi määrä kuin tässä tutkimuksessa arvioitu Ruovikoiden tuotos Turun vesipiirin alueella.

Vaikka ruoko tuottaakin valtakunnallisesti verrattain pienen kokonaissadon, hehtaarisato on kuitenkin joissain olosuhteissa varsin suuri. Olisi mielenkiintoista selvittää, voiko ruovikoiden tuotosta viljelytoimenpiteillä lisätä. Järviruoko on levittäminen uusille kasvupaikoille käy päinsä monellakin tavoin, mutta vielä on selvittämättä, voiko viljelystä tulla kannattavaa. Tämän ratkaisee ensi kädessä se kuinka suuri satotaso pystytään saavuttamaan (Pohjonen ja Kauppi 1980).

Alustavasti voidaan arvioida, että viljelyssä pitäisi ylittää ainakin 12-15 tonnin kuiva-ainetuotokseen hehtaarilta vuodessa, muussa tapauksessa tuotanto ei pysty kilpailemaan satotasossa ja kannattavuudessa pajuviljelmiin perustuvan energiaviljelyn kanssa (ks. Pohjonen ym. 1980). Jonkin verran alhaisempikin satotaso saattaa tietyissä olosuhteissa riittää, sillä paju ja järviruoko poikkeavat toisistaan kasvupaikkavaatimusten suhteen. Järviruokoa voitaisiin kasvattaa pajunviljelyalueiden ulkopuolella.

Vaikka käytännön kokemukset puuttuvat, voidaan järviruovikon kasvatavassa erottaa monia tekijöitä, jotka rohkaisevat yritykseen kannattavan satotason saavuttamiseksi. Ruovikko kasvaa parhaiten matalassa

vedessä. Vesi varastoi lämpöä, ja ehkäisee kasvukauden aikaisia halloja. Samoin vesi haihtumisen ansiosta madaltaa hellelämpötiloja, jotka nettofotosynteesiä vähentävinä ovat haitallisia. Talvisaikaan pakkanen tunkeutuu ruovikon pohjaan hitaammin kuin kuivaan maahan, ja ankaranakin talvena osa juurakosta ilmeisesti säilyy sulana. Tämä merkitsee sitä, että ruo'on ei "tarvitse" sopeutua pakkaseen samalla tavoin kuin kuivan maan kasvien. Kokemuksen mukaan tämä on omiaan lisäämään kasvua. Märän kasvualustan tärkein etu lienee kuitenkin se, että kasvukauden aikana kasvustoon ei pääse syntymään kuivuutta. Viljelyssä tämä voitaisiin varmistaa säätelemällä vedenpinnan korkeutta patopenkereen ja pumpun avulla. Kustannukset muodostuisivat epäilemättä pienemmiksi kuin esimerkiksi pajuviljelmien kastelussa.

Järviruoko on heinäkasvi, jonka versoon kehittyy toistakymmentä solmua, kasvupisteitä on siis lukuisia. Tämä ehkä osittain selittää kevätkesällä havaittavan pituuskasvunopeuden. Suurimmillaan kasvunopeus voi olla viikon jaksolla keskimäärin yli 10 senttimetriä vuorokaudessa. Näin nopeaa pituuskasvua ei esiinny luonnossa millään muulla suomalaisella kasvulla.

Suuri pituuskasvu ei tosin välttämättä merkitse suurta biomassan kasvua. Ontto järviruoko on kevyempi kuin ulkomitoiltaan vastaava puuvartinen kasvi. Lisäksi suurikokoisista versoista koostuva kasvusto on usein harva. Tuotosta lisäävä ominaisuus nopea pituuskasvu kuitenkin on, sillä sen on edellytys lehvästön nopealle kehittymiselle. Auringon säteily on runsaimmillaan alkukesästä. Mitä aikaisemmin lehtikerros kehittyy vastaanottamaan auringon säteitä sitä tehokkaampaa on biomassan tuotanto.

Kevätkesän aikana kasvien kasvua hidastaa yleensä alhainen keskilämpötila ja usein esiintyvä halla. Esimerkiksi energiapajukossa kasvu pääsee vauhtiin varsinaisesti vasta heinäkuussa. Mielenkiintoisella ja pajuun nähden toisenlaisella tavalla järviruoko on sopeutunut kasvamaan alkukesästä. Parasta tietenkin olisi, jos kasvu saataisiin nopeaksi sekä alkukesän että loppukesän aikana. Pajun kasvattamisessa pitäisikin etsiä keinoja, joilla kiihdytettäisiin alkukesän kasvua kun taas järviruoko'olla huomio pitäisi kiinnittää loppukesän kasvuominaisuuksiin. Loppukesän kasvua on esimerkiksi nurmiviljelyssä pystytty

lisäämään ottamalla kasvatukseen viljelypaikkaa eteläisimmältä seuduilta kotoisin oleva lajike. Samalla keinolla voitaisiin ehkä kohottaa myös järviruo'on satotasoa. Joka tapauksessa pajun ja järviruo'on kasvurytmeissä havaittava suuri ero oikeuttaa päättelemään, että kasvien nykyistä satotasoa voidaan kasvinjalostuksen keinoin vielä nostaa.

Suurimmat kasvustokohtaiset sadot olivat tämän tutkimuksen ruovikoissa 8-11 tonnia kuiva-ainetta hehtaarilta vuodessa. Tällainen satotaso lienee kannattavaa energiaviljelyä ajatellen vielä liian alhainen. Satotasoa voidaan kuitenkin tutkimuksen avulla epäilemättä kohottaa. Voidaanko sitä kohottaa tarpeeksi - niin että kannattavuuskynnys ylitetään - on vaikea kysymys. Jos energian hinta kohoaa ja biomassan jatkojalostusmahdollisuudet paranevat, riittää kannattavan tuotannon ylläpitämiseen aikaisempaa pienempikin sato. Kasvienergian tuottamista selvittävälle tutkimukselle olisikin tärkeää saada käyttöön arvio siitä, kuinka suureen satoon energiaviljelyssä tulisi päästä. Jos 12-15 tonnin satotaso riittää, kannattaa järviruo'on tutkimiseen uudestaan palata.

8. S U M M A R Y

Stands of the common reed (*Phragmites australis*), which dominate Finnish littoral vegetation, are generally considered to be rather efficient biomassproducers. Their production potential was studied in this paper from the viewpoint of energy supply. Results for (1) the quantity of the energy yield in fast-growing reed stands, (2) an inventory of reed resources in the area of the Turku Water District in South-western Finland (see Fig. 1), and (3) economical, technical and environmental problems involved with harvesting and using reed for fuel, are reported.

The reed is similar to cereal straw as a raw material for heat production. In fact, analyses have shown that reed is slightly superior to straw. In winter, due to the low water content of reed of about 15 per cent, its effective heating value is relatively high, about 15 MJ/kg (4.2 kWh/kg). The ash content is similar to that of straw, about 4 per cent.

Small-scale harvesting experiments using a baling method common in hay farming were successful. Biomass density of the bales was 100-130 kg.m⁻³, which is greater than that of hay bales, but equivalent to no more than 30-40 per cent of the density of firewood.

In a comparison of reed fuel and fuel oil, it was calculated that the cost of reed biomass should be no more than 300 Fmk.t⁻¹ (\$ US 75 per metric ton of biomass) if it is to compete with oil. The calculation included data for effective heating values and efficiency of heating boilers but not for investments required for the boiler and operating costs. Therefore, as it is technically rather difficult to use reed in space-heating, the price of reed should actually be somewhat lower.

The harvesting trial was carried out in winter on the ice. In favorable conditions, the method (see Figs. 8-10) was capable of producing reed bales at a price of about 130 Fmk per ton of reed. The input energy in this work was 3-4 per cent of the energy content of the yield.

It was estimated that the annual average yield in the area of the Turku Water District is about 5 tons of dry matter per hectare, although it may be difficult to collect such a large amount of biomass in winter as parts of the shoots are bent down under the snow and the ice. (The highest recorded yields were of the order of 10-12 tons.ha⁻¹. year⁻¹.) The area of harvestable reed stands in this region, with a total area of 1 700 000 hectares, is 6 000 ha and hence the theoretical total yield is about 30 000 tons. This amount is not very large compared to the total energy consumption in Finland, which in 1980 was equal to an energy content of about 60 million tons of dry biomass. Locally, however, reeds may produce energy at a competitive price. It is worth notifying that the reed resources in Finland are located regionally apart from the main domestic energy resources, which are wood and peat.

Harvesting reed stands will have a negative effect on the rich bird fauna of eutrophic shores. Positive environmental effects can be found in the nutrient cycle: reeds can act as an "ecological rake" by combating eutrophication. Whether or not the final effect will be harmful or beneficial, is a local question.

Energy farming of woody plants has been introduced as one major possibility of satisfying future energy requirements. It may prove to be economically viable if the researchers succeed in developing the farming technics and biomass energy utilization. More studies are needed also on the possibilities of reed cultivation.

This work was financed by the Energy Dept. of the Ministry of Trade and Industry.

K I R J A L L I S U U S

- Björk, S. 1967. Ecological investigations of *Phragmites communis*. Studies in theoretic and applied limnology. *Folia Limnologica Scandinavica* 14.
- Björk, S. & Granéli, W. 1978a. Energivass. Rapport Etapp I. Limnologiska institutionen, Lund.
- Björk, S. & Granéli, W. 1978b. Energy reeds and the environment. *Ambio* 7:150-156.
- Dykyjová, D. 1966. Primary productivity of littoral stands in the basin of Trébon (S. Bohemia). *Rapp. I.B.P.*:1-4.
- Dykyjová, D. & Kvet, J. (eds.). 1978. Pond littoral ecosystems. Structure and functioning. *Ecological Studies*: 28. Springer-Verlag.
- Hejný, S. (ed.). 1973. Ecosystem study on wetland biome in Czechoslovakia. Trebon.
- Hofstetter, E.M. 1977. Verbrennungstechnische Untersuchungen an Getreidestroh. Möglichkeiten der Strohverwertung. *KTBL-Schrift* 220:138-146.
- Lehikoinen, E. 1977. Kokemäen Puurijärven kasvillisuus ja linnusto. Vesihallitus. Tiedotus 127.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1979. *Folia Forestalia* 430.
- Meriläinen, J. & Toivonen, H. 1979. Lake Keskimäinen, dynamics of vegetation in a small shallow lake. *Ann. Bot. Fennici* 16:123-139.
- Nyblom, C. 1976. En ekologisk undersökning av vattenvegetationen i några åländska sjöar. Pro gradu -avhandling. Åbo Akademi.
- Orava, R. 1980a. Järviruo'on korjuu maatalouskoneilla. Käsikirjoitus (Turun vesipiirin vesitoimistossa).
- Orava, R. 1980b. Oljen korjuu ja käyttö maataloilla. Työtehoseuran julkaisuja 226.
- Orth, H.W. 1977. Grundlagen des Brennverhaltens von Stroh. Möglichkeiten der Strohverwertung. *KTBL-Schrift* 220:125-137.
- Pohjonen, V. & Kauppi, P. 1980. High-grade fuel from energy willow farming. Proc. of the conference "Woodpower 80". New York. (in print).
- Pohjonen, V. & Kauppi, P., Pelkonen, P. & Sirén, G. 1980. Biotic solar energy. Käsikirjoitus.

- Rassi, P. & Toivonen, H. 1980. Koijärven kasvillisuus ja linnusto. Komiteamietintö 1980:56 (4-82). (Koijärvi toimikunnan mietintöön kuuluva selvitys).
- Rodewald-Rudescu, L. 1974. Das Schilfrohr. Phragmites communis Trinius. Die Binnengewässer 27. Stuttgart.
- Sjöfågelvård vid sjörestaurering. 1976. Statens Naturvårdverkets Publikationer 15.
- Sonne-Fredriksen, P. & Rexen, F. 1976. Industriel forarbejdning af halm. Landökonomisk Tidsskrift 2.
- Theander, O. 1978. Halmens kemiske opbygning og egenskaber. Nord. Jordbr. Forskn. Halmseminarium i Danmark 1978.
- Tie- ja vesirakennushallitus 1962. Talviteiden merkitseminen ja ylläpito jäällä. TVH:n kirje piiri-insinööreille 9.2.1962. N:o Tr-360/Ta II 235/5/13-62.
- Tuomi, S. 1980. Millaisia ovat maatalojen kiinteän polttoaineen keskuslämmityskattilat. Työtehoseuran rakennustiedotus 158.
- Työtehoseura 1979. Kone- ja työkustannukset maatalojen keskinäisessä työavussa. Työtehoseuran maataloustiedotus 253.
- Työtehoseura 1980a. Maataloustöiden standardiaikajärjestelmä. Työtehoseuran maatalous- ja rakennusosaston moniste 1/80.
- Työtehoseura 1980b. Maatalouden työnormit. Työtehoseuran julkaisuja 222.
- Westlake, D.F. 1963. Comparisons of plant productivity. Biol. Rev. 38:385-425.
- Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos 1975. Koetusselostus 909.
- Zavitkowski, J. 1979. Energy production in irrigated, intensively cultured plantations of Populus "Tristis 1" and Jack pine. Forest Sci. 25:383-392.