

FOLIA FORESTALIA 614

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1985

JYRKI HYTÖNEN

TEOLLISUUSLIETTEELLÄ LANNOITETUN
VESIPAJUN LEHDETÖN MAANPÄÄLLINEN
BIOMASSATUOTOS

LEAFLESS ABOVE-GROUND BIOMASS
PRODUCTION OF *SALIX* 'AQUATICA
FERTILIZED WITH INDUSTRIAL SLUDGE



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

<i>Ylijohtaja:</i> <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyyssönen
<i>Yleisinformaatio:</i> <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Olli Kiiskinen
<i>Julkaisujen jakelu:</i> <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
<i>Julkaisujen toimitus:</i> <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 614

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1985

Jyrki Hytönen

TEOLLISUUSLIETTEELLÄ LANNOITETUN VESIPAJUN LEHDETÖN MAANPÄÄLLINEN BIOMASSATUOTOS

Leafless above-ground biomass production of *Salix*
'Aquatica' fertilized with industrial sludge

Approved on 8.3.1985

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	4
21. Koejärjestelyt	4
22. Mittaukset	5
23. Kuivamassan laskenta	6
3. KUIVAMASSAYHTÄLÖT	7
4. TULOKSET	9
41. Kuolleisuus, vesojen pituus ja läpimitta sekä kasvustojen tiheys	9
42. Biomassatuotos	9
43. Kasvualustan ja lehtien ravinnepitoisuudet	10
5. TULOSTEN TARKASTELUA	13
KIRJALLISUUS	15

HYTÖNEN, J. 1985. Teollisuuslietteellä lannoitetun vesipajun lehdetön maanpäällinen biomassatuotos. Abstract: Leafless above-ground biomass production of *Salix 'Aquatika'* fertilized with industrial sludge. *Folia For.* 614: 1—16.

Tutkimuksessa selvitettiin Rajamäelle (60°32' N, 24°37' E) entiselle peltomaalle viljellyn ja jätelietteellä lannoitetun vesipajun (*Salix 'Aquatika'*) kolmen vuoden biomassatuotos. Lietettä levitettiin koeruuduille 30, 60 ja 120 m³/ha. Vertailulannoituksessa käytettiin vuosittain toistettuna Normaali Y-lannosta (470 kg/ha/a). Lietteen typpipitoisuus oli korkea (9,6% kuiva-ainesta), fosforia (1,3%) ja kaliumia (0,4%) oli jo niukemmin etenkin suhteessa typen määrään. Lietteen raskasmetallipitoisuudet olivat alhaiset.

Tyviläpimitaan sekä tyviläpimitan neliön ja pituuden tuloon perustuvat biomassayhtälöt selittivät kuivamassaa hyvin, selvästi paremmin kuin pelkkään pituuteen perustuvat yhtälöt. Pajujen lehdetön maanpäällinen kuivamassa oli kaikilla lietelannoitustasoilla suurempi kuin vertailulannoituksella ja suurin keskimmäisellä (60 m³/ha) lietelannoitustasolla. Kuivamassaa eri lannoituskäsittelyillä oli ensimmäisen kasvukauden jälkeen 0,5...0,9 t/ha, toisen 3,1...6,9 t/ha ja kolmannen kasvukauden jälkeen 9,1...18,4 t/ha. Toisen kasvukauden kasvu oli kuusi kertaa ja kolmannen kasvukauden 9...15 kertaa suurempi kuin ensimmäisen vuoden kasvu. Parhaalla käsittelyllä (60 m³/ha lietettä) kolmannen kasvukauden tuotos oli 11,5 t/ha.

Lannoituskäsittelyt eivät vaikuttaneet maan liukoisten ja vaihtuvien ravinteiden määriin. Lietelannoitus lisäsi pajujen lehtien typpipitoisuutta sitä enemmän mitä enemmän lietettä käytettiin, fosforipitoisuus sen sijaan laski lietteen määrän lisääntyessä. Normaali Y-lannoksella lannoitettujen pajujen lehtien typpipitoisuus oli alhaisin ja fosforipitoisuus korkein. Lehtien kalium-, rauta-, sinkki- ja kuparipitoisuuksiin lietelannoituksella ei ollut selvää vaikutusta.

The biomass production and effect of sludge fertilization on the yield of three-year-old *Salix 'Aquatika'* planted on abandoned farmland in 1982 at density of 36 000 seedlings per hectare at Rajamäki (60°32' N, 24°37' E) was studied. Sludge was used 30, 60 and 120 m³/ha. The yearly applied multinutrient fertilizer was used as comparison (470 kg/ha, N 16,0%, P 7,0%, K 13,3%). The nitrogen content of sludge was high (9,6% out of dry matter), the phosphorus (1,3%) and potassium (0,4%) contents were lower especially in relation to the amount of nitrogen. The heavy metal content of sludge was low. Willow received more nitrogen from sludge than from the multinutrient fertilizer. The differences between the amounts of phosphorus were small, while the amount of potassium was higher in the control than in sludge.

Biomass equations with the product of base diameter squared and height as an independent variable functioned well, clearly better than equations based on height only. The leafless above-ground biomass of willow was higher when fertilized with sludge than with the multinutrient fertilizer and highest when 60 m³/ha of sludge was used. The dry mass of willow in different fertilization treatments was 0,5...0,9 t/ha after the first, 3,1...6,9 t/ha after the second and 9,1...18,4 t/ha after the third growing season. The growth in the second growing season was six times and in the third 9...15 times higher than in the first growing season. In the best treatment, 60 m³/ha of sludge, the yield of the third growing season was 11,5 t/ha.

Fertilizer treatments did not affect the amounts of exchangeable and soluble nutrients in soil. Sludge fertilization increased the foliar nitrogen content of willow the more, the higher the amount of sludge used, while the foliar phosphorus content decreased with increasing amounts of sludge. The foliar nitrogen content of willow fertilized with the multinutrient fertilizer was lowest and phosphorus content highest. Sludge fertilization did not have a clear effect on the foliar potassium, iron, zinc and copper contents.

ODC 176. 1 *Salix 'Aquatika'* + 537 + 237.4
ISBN 951-40-0691-7
ISSN 0015-5543

Helsinki 1985. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Pajujen lyhyeen kiertoaikaan perustuva intensiivinen massatuotanto vaatii voimakasta lannoitusta (Pohjonen 1980). Pajut käyttävät huomattavia määriä sekä typpeä että muita kivennäisravinteita sitoen niitä lehtien lisäksi runsaasti myös puuaineeseen ja kuoreen (Kaunisto 1983). Maan riittävästä ravinteisuudesta huolehtiminen onkin keskeinen osa lyhytkiertoviljelyä. Kemiallisten lannoitteiden ohella on viime aikoina kiinnostuttu myös erilaisten jätteiden sisältämien ravinteiden hyväksikäytöstä. Tuhkan käytöstä metsälannoitteena on turvemailla saatu hyviä tuloksia (Pietiläinen ja Tervonen 1980).

Jätevedenpuhdistamoilla erotetaan kiintoainetta lietteenä ja sen mukana suurin osa ravinteista. Lietteen määrät ovat lisääntyneet ja tällä hetkellä lietettä arvioidaan syntyvän maassamme noin 100 000 tonnia kuiva-ainetta vuodessa (Ferm ja Takalo 1981). Nykyisen hyötykäytön osuus on vain noin 35% (maatalous ja viherrakentaminen). Loput viedään pääasiassa kaatopaikoille (Koskela 1980).

Liete on tärkeimmiltä ominaisuuksiltaan verrattavissa karjanlantaan. Lietteellä on humusvaikutus ja se parantaa maan rakennetta sekä vedenpidätyskykyä. Lietteen ravinteet ovat sitoutuneet orgaaniseen ainekseen ja siten niiden vapautuminen kasvien käyttöön tapahtuu vähitellen. Eräillä puhdistusmenetelmillä tuotetun lietteen typpipitoisuus on suuri, jopa 4% lietteen kuiva-ainesisällöstä (Ferm ja Takalo 1981). Fosforia lietteet sisältävät usein paljon, sen sijaan kaliumia on vähän suhteessa typpeen ja fosforiin.

Raskasmetallipitoisuudet ja mahdolliset

hajuhaitat ovat lietteen maatalouskäytön ongelmina. Terveysviranomaisten antamien ohjeiden mukaan lietteen kuiva-ainetta voidaan levittää 20 tonnia hehtaarille viiden vuoden aikana (Koskela 1980). Samoin raskasmetallipitoisuuksille on määrätty enimmäismäärät. Lietteen levitys metsään tarjoaa eräitä etuja maatalouskäyttöön nähden: raskasmetallien ja muiden haitallisten aineiden joutuminen ravintoon minimoituu — tosin raskasmetalleilla voi olla puuston kasvuun negatiivinen vaikutus — ja käyttömäärät voivat olla suu-rehkoja. Levitys on teknisesti vaikeaa varsinaisilla metsämailla.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan Oy Alko Ab:n Rajamäen tehtaiden puhdistamon viljanpolttimejätelietteen, jota tehtailla syntyy noin 1800 m³ vuodessa, soveltuvuutta vesipajuviljelmän lannoitteeksi. Päähuomio kiinnitetään pajuviljelmän biomassatuotokseen ja lietteen lannoitusvaikutukseen sekä lehtien ja kasvualueen ravinnepitoisuuksiin kolmen vuoden tutkimusjakson aikana.

Kokeen perustamisen kenttätöistä huolehtivat Työtehosseuran koetila ja Rajamäen metsätöyryjohtajakoulu, Tauno Janhosen, Kari Kallelan, Reijo Oravan sekä Osmo Saarisen johdolla. Kenttämittauksista vastasi Esa Heino. Laskentatyössä avusti Seppo Vihanta. Tutkimuksen edistymiseen vaikuttivat monin tavoin Erkki Anttila ja Asko Henttonen Oy Alko Ab:stä. Puhtaaksi kirjoituksesta huolehti Maire Ala-Pönttiö. Englanninkieliset tekstinosat tarkasti Leena Kaunisto. Käsikirjoitukseen ovat tutustuneet Erkki Lipas, Eero Paavilainen, Ari Ferm, Seppo Kaunisto ja Paavo Pelkonen. Oy Alko Ab:lle ja kaikille edellä mainituille samoin kuin muillekin tutkimuksessa avustaneille esitän parhaat kiitokset.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

21. Koejärjestelyt

Koe perustettiin keväällä 1982 Oy Alko Ab:n Rajamäen tehtaiden läheisyydessä olevalle hietaiselle multamaan pellolle. Koeruudut olivat 10 metriä leveitä ja 30 metriä pitkiä. Kesantona ollut peltomaa muokattiin kyntämällä levittäen samalla dolomiittikalkkia 6000 kg/ha. Liete levitettiin lietteenlevitysvaunuilla koeruuduille loppukevällä 1982 ennen pajujen istutusta. Lietteen levityksen jälkeen maa äestettiin. Normaali Y-lannoitus, jossa typen määrä oli noin puolet Pohjosen (1980) suosittelemasta, uusittiin joka kevät kolmen vuoden ajan. Kaikki lannoituskäsittelyt toistettiin kolmasti. Koejäsenet olivat seuraavat:

1. Normaali Y-lannos 470 kg/ha/a
(N 16,0 %, P 7,0 %, K 13,3 %)
2. Liete 30 m³/ha
3. Liete 60 m³/ha
4. Liete 120 m³/ha

Toukokuussa 1982 analysoitiin neljästä lietenäyttees- tä Viljavuuspalvelu Oy:ssä pH, kuiva-aineisuus, tuhkapitoisuus, pää- ja hivenravinteita sekä eräitä raskasmetalleja. Lietteen pH oli keskimäärin 6,1, kuiva-ainepitoisuus 13,5 % ja tuhkapitoisuus 11,9 % kuiva-aineesta. Lietteen sekä Normaali Y-lannoituksen sisältämät ra-

vinnemäärät ja annostus on esitetty taulukossa 1. Lietteen typpipitoisuus oli huomattavan korkea, 9,6 % kuiva-aineesta. Fosforia (1,3 %) ja etenkin kaliumia (0,4 %) lietteessä oli huomattavasti niukemmin, etenkin suhteessa typen määrään. Raskasmetallipitoisuudet olivat alhaisia. Ne alittivat selvästi (kadmiumin ja kuparin osalta 3—4-kertaisesti, kromin, koboltin, nikkelin, sinkin ja mangaanin osalta 7—17-kertaisesti ja elohopean ja lyijyn osalta 35—38-kertaisesti) eräille aineille asetetun ylärajan maatalouskäyttöön tarkoitetussa lietteessä (Koskela 1980). Vertailulannoituksen (Normaali Y-lannoitus toistettuna) typen määrä jäi alhaisemmaksi kuin typen määrä pienimmässäkin annostuksessa lietettä. Fosforin määrä vertailulannoituksessa vastasi keskimäisen lietetason fosforin määrää ja kaliumia vertailulannoituksessa tuli noin kolme kertaa enemmän kuin suurimmassa lietalannoituksessa tarkastelujakson aikana.

Vesipajun (*Salix 'Aquatica'*, klooni V769) yksivuotiaat kantoon leikatut pistokastaimet (juurrutetut pistokkaat, joista versot oli leikattu pois) istutettiin kesäkuun alussa 1982 istutuskuokan avulla. Vesat kasvatettiin kolmevuotiaiksi (kuva 1). Istutustiheys oli 80 cm (riviväli) x 35 cm (pistokastaimien väli rivissä); eli keskimäärin 3,6 tainta neliömetrille. Rivivälin valinta tehtiin lietevaunujen raidelevyden perusteella.

Ensimmäisen kesän aikana rikkaruohot torjuttiin

Taulukko 1. Lietteen ja Normaali Y-lannoksen sisältämät ravinnemäärät (kuiva-aineesta) ja annostus.

Table 1. Nutrient amounts (out of dry mass) and dosage of sludge and multinutrient fertilizer.

Ravinne Mineral	Lietteen ravinnepitoisuus Mineral content of the sludge	Liete — Sludge, m ³ /ha			Normaali Y-lannos	
		30	60	120	470 kg/ha/a	1410 kg/ha/3a
		Annostus — Dosage, kg/ha			Annostus — Dosage kg/ha/a kg/ha/3a	
N	9,60 %	389	778	1555	75	226
P	1,25 %	51	101	203	33	99
K	0,37 %	15	30	60	63	188
Ca	0,63 %	26	51	102	11	34
Mg	0,15 %	6	12	24	0,5	1,4
S	2,27 %	92	184	368	9	28
Fe	2,56 %	104	207	415	0,9	2,8
B	9,5 ppm	0,04	0,08	0,16	0,24	0,71
Cu	1040 ppm	4	8	17		
Mn	189 ppm	0,8	1,5	3,1		
Zn	294 ppm	1,2	2,4	4,8		
Co	13 ppm	0,05	0,11	0,21		
Cr	14 ppm	0,06	0,11	0,23		
Pb	34 ppm	0,14	0,28	0,56		
Cd	9 ppm	0,04	0,07	0,15		
Ni	43 ppm	0,18	0,35	0,71		
Hg	0,66 ppm	0,003	0,005	0,011		



Kuva 1. Kolmen vuoden ikäistä vesipajukkoa koalueella. Valok. V. Pohjonen
 Fig. 1. Three-year-old *Salix 'Aquatica'* stand in the study area. Photo V. Pohjonen

mekaanisesti traktorivetoisella sokerijuurikasharalla sekä puutarhajyrsimellä. Seuraavina vuosina rikkaruohoja ei enää torjuttu. Peltosarat, joilla koeruudut sijaitsevat, rajoittuvat metsään. Koeluetta ei aidattu.

22. Mittaukset

Vesipajujen kuivamassa koeruuduilla arvioitiin määrittämällä runkolukusarja sekä poimimalla koevesat. Runkolukusarjaa määritettäessä käytettiin satunnaistettua systemaattista otantaa. Otos otettiin istutettujen pajurivien suunnassa mittanauhalla mitattuina yhden metrin (vuonna 1984 kahden metrin) pituisina jaksoina. Otantaväli valittiin sellaiseksi, että näytealoja tuli 11–12 kpl (7–9 kpl vuonna 1984) kullekin koeruudulle, ja että otos jakautui tasaisesti koko ruudun alueelle. Vesoja mitattiin tällöin noin 100 kpl kultakin koeruudulta. Mahdollisen reunavaikutuksen (ks. Cannell ja Smith 1980, Wittwer ym. 1978, Stott ym. 1983, Zavitkovski 1981) pienentämiseksi koeruutujen reunoilla sijaitsevia rivejä ei mitattu. Stott ym. (1983) suosittelevat yhdestä kolmeen vuotiaita eri tiheyksille istutettuja vesipajukasvustoja tutkittuaan kahden ulomman rivin poisjättämistä mittauksessa reunavaikutuksen eliminoimiseksi tuotosarvioista. Vesoista mitattiin pituus maan tasalta verson huippuun senttimetrin tarkkuudella ja läpimitta kymmenen senttimetrin korkeudelta maasta (ks. Nilsson 1982) millimetrin tarkkuudella. Samalla saatiin tiedot kasvuston tiheydestä (vesoja, kpl/m²), vesomisky-

vystä (vesoja, kpl/kanto), kuolleisuudesta sekä mahdollisista eläintuhoista. Yksivuotiaina vesipajut mitattiin toukokuun alussa v. 1983, kaksivuotiaina syyskuun loppuun v. 1983 ja kolmivuotiaina syyskuun puolivälissä v. 1984.

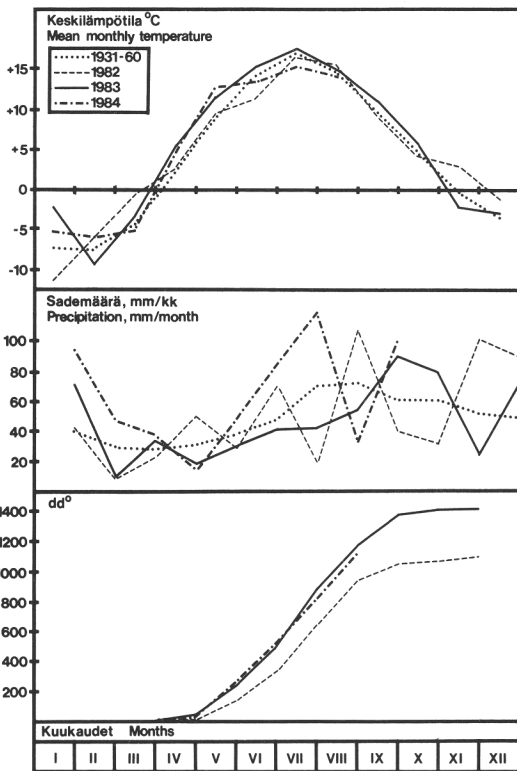
Koepuita otettiin vesojen läpimitta- ja pituusjakouksen suhteen mukaisesti kaikilla mittauskerroilla kaikilta koeruuduilta. Ne kaadettiin kymmenen senttimetrin korkeudelta maasta (kantomassaa ei määritetty). Yhden vuoden ikäisiä koevesoja oli 30 kpl, kaksivuotiaita 22–24 kpl ja kolmivuotiaita 21 kpl kustakin lannoitus- käsittelystä. Laboratoriossa koepuista mitattiin lehtien poistamisen jälkeen vesojen pituus ja läpimitta kaato- korkeudelta. Kolmevuotiaista vesoista mitattiin tyviläpimittaan lisäksi läpimitta tyveltä 20 cm välein aina 210 cm korkeuteen asti. Tämän jälkeen vesat kuivattiin oksineen lämpökaapissa 105° lämpötilassa 1–2 vrk ja niistä mitattiin lehdetön kuivamassa. Taulukossa 2 on esitetty koepuiden tunnuksia.

Keväällä 1983 ja 1984 otettiin kaikilta pajuruuduilta maanäytteet, joista analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä pH, kokonaistyyppi, nitraattityppi, happamalla ammoniumasetaatilla uutettu fosfori, vaihtuva kalium ja kalsium sekä happoliukoinen rauta ja lisäksi vuonna 1984 johtoluku, ammoniumtyppi sekä vaihtuva magnesium. Vuoden 1983 ja 1984 syksyllä kerättiin kaikilta koeruuduilta lehtinäytteet pajujen yläosista, ei kuitenkaan aivan latvasta. Lehdistä määritettiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä v. 1983 typpi-, fosfori-, kalium- ja rautapitoisuudet sekä v. 1984 lisäksi sinkki- ja kuparipitoisuudet.

Vuoden 1982 kesäkuu, jonka alussa juurakot istutettiin, oli keskimääräistä kylmempi ja sateisempi (kuva

Taulukko 2. Koepuiden tunnuksia.
Table 2. Characteristics of sample trees.

Puutunnus Characteristic	Vesojen ikä, a Age of sprouts	Käsittely — Treatment											
		Normaali Y-lannos, kg/ha						Liete — Sludge, m ³ /ha					
		470		30		60		120					
		\bar{x}	s	Vaihteluväli Range	\bar{x}	s	Vaihteluväli Range	\bar{x}	s	Vaihteluväli Range	\bar{x}	s	Vaihteluväli Range
Pituus, cm Height, cm	1	86,4	34,5	35,0—148,0	84,4	30,8	24,5—131,0	84,3	36,2	24,0—166,0	84,7	33,7	27,0—153,0
— " —	2	180,8	75,1	46,0—327,0	145,6	57,9	50,0—246,0	241,5	62,0	99,0—315,0	214,4	73,2	83,0—366,0
— " —	3	308,4	98,4	106,0—516,0	373,0	88,1	147,0—483,0	356,0	124,8	96,0—525,0	265,6	75,5	137,0—393,0
Tyviläpimitta, mm Diameter at base, mm	1	6,0	1,8	2,7—8,4	6,0	2,1	2,5—10,1	6,0	2,2	2,3—10,7	6,2	1,9	2,2—9,8
— " —	2	12,2	4,4	5,0—21,0	10,4	3,8	5,0—18,0	15,2	4,7	6,0—22,0	14,6	5,7	5,0—29,0
— " —	3	20,6	7,7	7,0—36,0	23,3	8,0	7,0—39,0	22,4	8,1	6,0—33,0	17,7	6,2	8,0—30,0
Yhden vesan kuivamassa, g Dry mass of one sprout, g	1	8,4	6,8	0,4—27,0	7,7	6,3	0,4—23,5	9,0	8,4	0,3—36,4	8,1	6,9	0,3—27,7
— " —	2	68,3	59,5	1,9—235,0	41,9	39,1	2,3—141,1	113,5	73,8	7,1—232,9	106,7	105,6	4,4—471,5
— " —	3	273,4	241,6	7,2—911,4	379,8	274,3	10,0—999,9	385,2	300,4	6,0—996,9	194,4	158,1	12,3—557,1



Kuva 2. Keskilämpötilat ja sademäärät sekä lämpösunnan kehitys Hyvinkään Mutilan säähavaintoasemalla vuosina 1982—1984.

Fig. 2. Mean monthly temperatures, precipitation and development of degree day sum at Hyvinkää's Mutila weather station during 1982—1984.

2). Vuodet 1983 ja 1984 olivat keskimääräistä lämpimämpiä, etenkin toukokuun osalta.

23. Kuivamassan laskenta

Koepuista mitattuja tunnuksia käyttäen laskettiin kuivamassayhtälöt biomassatutkimuksissa yleisesti käytettyjen regressiomallien avulla. Kuivamassayhtälöt laskettiin erikseen eri ikäisille pajuille lannoituskäsittelyittäin. Ennusteyhtälöt olivat muotoa:

$$Y = a \cdot X^b e$$

jossa Y = puun massa, X = puun koon mitta; a ja b ovat vakioita. Vakiotermien ratkaisemiseksi yhtälö muutettiin logaritmisuon lineaariseen muotoon:

$$\ln Y = \ln a + \beta \ln X + \ln e.$$

Selittävinä tekijöinä mallissa vertailtiin tyviläpimittaa, pituutta ja tyviläpimitan neliön ja pituuden tuloa sekä vuonna 1984 eri korkeuksilta mitattua läpimittaa. Läpimitan mittauskorkeuden vaikutusta tutkittiin sijoittamalla tyviläpimitaan sekä pituuden ja tyviläpimitan neliöön perustuviin yhtälöihin läpimitaksi kolmi- vuotiaiden vesojen eri korkeuksilta mitatut läpimitat ja laskemalla vastaavat regressioyhtälöt. Variaatiokertoimet yhtälöille laskettiin Björklundin ja Fermin (1982) esittämällä tavalla. Ruuduittaisen kuivamassan laskennan helpottamiseksi yhtälöt muutettiin aritmeettiseen muotoon. Samalla logaritimuunnoksen aiheuttamaa pientä aliarviota (ks. esim. Madgwick ja Satoo 1975, Satoo ja Madgwick 1982) korjattiin lisäämällä vakioon a Meyerin (1941) ja myöhemmin Baskervillen (1972) ehdottama korjauskerroin $s_e^2/2$, missä s_e on yhtälön jäännöshajonta. Ennen kuivamassalaskentaa pajujen pituuksista vähennettiin 10 cm:ä (kannonkorkeus). Tämä siksi, että vesojen alkupiste ei ole maantasalla (ks. Nilsson 1982).

3. KUIVAMASSAYHTÄLÖT

Eri-ikäisten vesipajujen kuivamassayhtälöt (ilman lehtiä) sekä lannoituskäsittelyittäin et-
tä yhdistetyillä koepuuaineistoilla laskettuina on esitetty taulukossa 3. Esitetyissä yhtälöissä ovat selittävinä tekijöinä tyviläpimita, pituus sekä tyviläpimitan neliön ja pituuden tulo. Kaikkien tutkittujen mallien selitysaste on korkea. Pelkkä pituus antoi kuitenkin huomattavan selityksen kuin läpimita. Pituuden ja tyviläpimitan tuloon käyttö lisäsi vain hieman selitystä sekä pienensi jäännösvaihtelua pelkkään läpimitaan verrattuna. Kaikkien koepuiden kuivamassan ja tyviläpimitan riippuvuus sekä kolmivuotiaiden pajujen läpimitaan perustuvalla yhtälöllä lasketut vesojen kuivamassat on esitetty kuvassa 3. Parhaaksi läpimitan mittauskorkeudeksi saatiin kolmivuotiailla vesoilla 30 cm. Tuolloin selitysaste oli korkein ja jäännöshajonta pienin (kuva 4a). Myöskin tyvi ja 50 cm:n korkeus antoivat vielä hyvän selityksen. Yhtälöiden

eksponentin arvot pienenevät ja vakion a arvot kasvoivat läpimitan mittauskorkeuden ollessa ylempänä (kuva 4b). Virheellinen läpimitan mittauskorkeus heikentäisi tulosten luotettavuutta.

Yhdistetystä koepuuaineistosta laskettujen kuivamassayhtälöiden variaatiokerroimet olivat läpimitan ollessa selittävinä tekijänä erikikäisillä pajuilla 15,6—19,4% ja pituuden ollessa selittäjänä 27,8—34,1%. Variaatiokerroimet olivat pienimmät, 12,1—14,3%, kun selittävinä tekijänä oli läpimitan neliön ja pituuden tulo. Eksponentin b arvot kasvoivat ja vakion a pienenevät pajujen iän lisääntyessä, kun selittäviä tekijöitä olivat pituus ja läpimitan neliön ja pituuden tulo. Sensijaan kun läpimita oli selittäjänä, eri ikäisille pajuille laskettujen yhtälöiden eksponentin ja vakion arvojen vaihteluväli oli melko pieni.

Koerper ja Richardsson (1980) suosittelevat eri alueille ja kasvupaikoille käytettäviksi

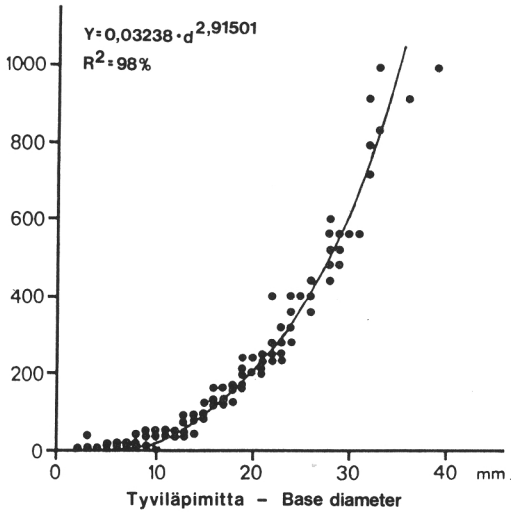
Taulukko 3. Vesipajun eri-ikäisten vesojen kuivamassayhtälöt. Yhtälöt ovat muotoa $Y = aX^be$, jotka on logaritmi-
muunnoksen jälkeen korjattu kertoimella $e^{s^2/2 + a}$. Y = kuivamassa (g), h = pituus (cm) ja d = läpimita 0,1 m:n
korkeudelta (mm).

Table 3. Dry mass equations of uneven-aged *Salix 'Aquatica'* sprouts. From of equations is $Y = aX^be$, which after
logarithmic conversion were corrected with coefficient $e^{s^2/2 + a}$. Y = dry mass (g), h = height (cm) d = diameter at
0,1 m height (mm).

Käsittely ¹⁾ Treatment	Vesojen ikä, a Age of sprouts	N	x = d ² h				x = d				x = h			
			a	b	R ² %	V %	a	b	R ² %	V %	a	b	R ² %	V %
1	1	30	0,00406	0,92198	99	10,8	0,02788	3,05300	98	15,9	51 x 10 ⁻⁵	2,14077	92	29,0
— " —	2	24	0,00241	0,97615	99	15,6	0,01800	3,17017	98	19,2	18 x 10 ⁻⁵	2,42985	95	29,5
— " —	3	21	0,00092	1,04330	99	10,9	0,02527	2,97112	99	11,3	0,1 x 10 ⁻⁵	3,33041	94	31,6
2	1	30	0,00387	0,91591	99	12,3	0,03431	2,87719	98	16,8	16 x 10 ⁻⁵	2,38834	95	25,6
— " —	2	23	0,00261	0,97139	99	9,6	0,02707	3,01068	97	20,6	12 x 10 ⁻⁵	2,51284	95	27,2
— " —	3	21	0,00116	1,02061	99	10,9	0,05440	2,74393	99	12,2	0,005 x 10 ⁻⁵	3,79634	95	31,0
3	1	30	0,00311	0,95573	99	12,1	0,02369	3,09715	99	13,8	14 x 10 ⁻⁵	2,44064	97	21,5
— " —	2	22	0,00316	0,94336	99	9,3	0,06883	2,65927	99	10,2	0,4 x 10 ⁻⁵	3,08511	94	23,9
— " —	3	21	0,00096	1,04035	99	13,8	0,04039	3,09740	99	17,0	0,5 x 10 ⁻⁵	3,03578	96	31,0
4	1	30	0,00338	0,93461	99	13,6	0,02537	2,96151	94	26,2	38 x 10 ⁻⁵	2,20399	91	32,6
— " —	2	23	0,00275	0,95742	99	11,3	0,05141	2,74216	98	14,5	1 x 10 ⁻⁵	2,94887	93	30,9
— " —	3	21	0,00146	1,01913	99	12,3	0,03238	2,91501	99	13,7	0,2 x 10 ⁻⁵	3,30344	93	29,3
Kaikki	1	120	0,00356	0,93294	99	12,9	0,02924	2,99311	97	19,4	25 x 10 ⁻⁵	2,30072	94	27,8
All	2	92	0,00300	0,95201	99	12,1	0,03336	2,91962	98	18,3	10 x 10 ⁻⁵	2,54124	94	30,9
— " —	3	84	0,00133	1,01528	99	14,3	0,03238	2,91501	98	15,6	0,3 x 10 ⁻⁵	3,13650	93	34,1

1) Katso taulukkoa 8. See Table 8.

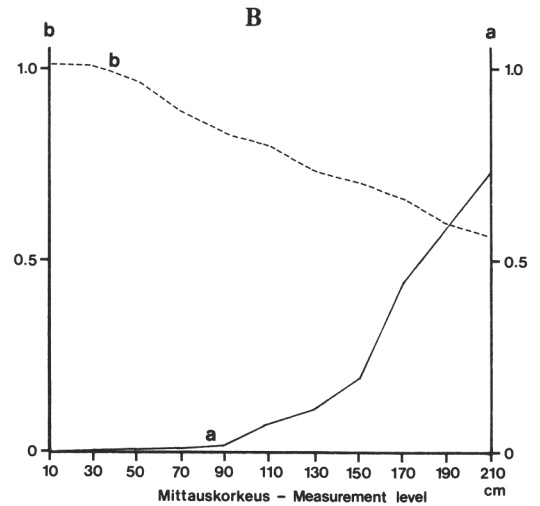
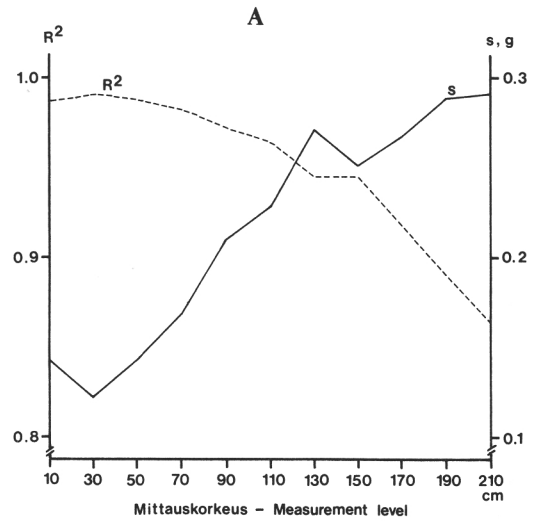
Kuivamassa, g
Dry mass, g



Kuva 3. Koevesojen kuivamassan riippuvuus tyviläpimitasta (N=296).

Fig. 3. Dependence of the dry mass of sample trees on diameter at base (N=296).

paikallisia regressioyhtälöitä, mikäli metsiköt eroavat toisistaan ravinteisuus yms. ominaisuuksiltaan. Tämän tutkimuksen eri käsittelyille lasketut regressioyhtälöt eivät poikenneet toisistaan eivätkä yhdistetyllä koepuuaineistolla lasketuista yhtälöistä tilastollisesti merkitsevästi, kun vertailu tehtiin F-testillä. Lopullisessa laskennassa käytettiin yhdistetyllä koepuuaineistolla laskettuja regressioyhtälöitä, joissa selittäjinä olivat vesän tyviläpimitan neliön ja pituuden tulo. Kun yksittäisten koeruutujen kuivamassat laskettiin koko aineistosta muodostetulla yhtälöllä, olivat erot kunkin käsittelyn omalla yhtälöllä saatuun massaan yksivuotiailla pajuilla $-6,8 \dots +6,2\%$ ja kaksivuotiailla $-7,9 \dots +4,4\%$.



Kuva 4. Läpimitan mittauskorkeuden vaikutus yhtälön $Y = a(d^2h)^b$ selitysteeseen ja jäännöshajontaan (A), sekä vakion a ja eksponentin b arvoihin (B). Y = vesän kuivamassa, g.

Fig. 4. The effect of measurement level of diameter on the coefficient of determination and standard deviation (A) and on the constant a and exponent b (B) of the equation $Y = a(d^2h)^b$. Y = dry mass of one sprout, g.

4. TULOKSET

41. Kuolleisuus, vesojen pituus ja läpimitta sekä kasvustojen tiheys

Vesipajun pistokastaimien kuolleisuus oli pieni, vaihdellen 1,3...5,3%:iin eri lannoituskäsittelyillä. Lietelannoitus ei vaikuttanut taimien kuolleisuuteen. Jänis- ja hirvituhot sekä vesojen talviaikainen paleltuminen jäivät hyvin vähäisiksi.

Lietteellä lannoitettujen vesipajujen elävien vesojen keskipituus ja -läpimitta olivat kaikkina vuosina suurempia kuin Normaali Y-lannoksella lannoitettujen pajujen (taulukko 4, kuva 5). Lietemäärä 60 m³/ha antoi vuosittain parhaan, lietemäärä 120 m³/ha toiseksi parhaan ja lietemäärä 30 m³/ha huonoimman tuloksen keskipituuden ja -läpimitan osalta. Vuosittain toistetulla Normaali Y-lannoksella lannoitetuilla koeruu-
duilla pajut jäivät joka vuosi kaikkein lyhyimmiksi ja ohuimmiksi. Varianssianalyysissä erot eivät kuitenkaan osoittautuneet tilastollisesti merkitseviksi.

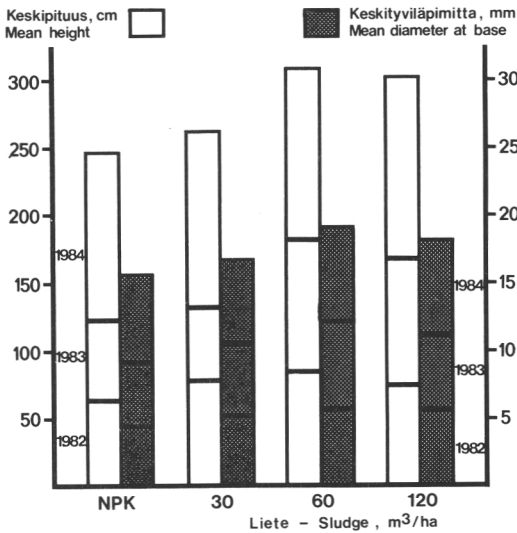
Lietelannoitus ei vaikuttanut pajujen vesomiseen, eikä myöskään kasvustojen tiheyteen, mikä taulukossa 4 on esitetty vesojen lukumääränä neliometriä kohti. Sekä vesojen lukumäärä laskettuna elävää kantoa kohden että kasvuston tiheys on pienentynyt huomattavasti toisen ja kolmannen kasvukauden aikana ja samalla eri käsittelyjen väliset tiheyserot ovat tasoittuneet. Kasvustojen harveneminen ja vesojen lukumäärän vähentyminen johtuu pienten vesojen kuolemista. Ensimmäisen kasvukauden jälkeen kuolleita vesoja oli 2,0 kpl/m² ja niiden keskipituus oli 22 cm. Kaksi- ja kolmivuotiaassa kasvustossa vastaavat luvut olivat 0,6 kpl/m², 40 cm ja 1,4 kpl/m² ja 58 cm.

42. Biomassatuotos

Eri tavoin lannoitettujen vesipajujen lehdetön maanpäällinen biomassatuotos ensimmäisen

Taulukko 4. Puustotunnuksia.
Table 4. Tree characteristics.

Tunnus Characteristic	Kasvuston ikä, a Age of stand	Käsittely — Treatment							
		Normaali Y-lannos, 470 kg/ha/a		30		Liete — Sludge, m ³ /ha		120	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Keskipituus, cm Mean height, cm	1	64,7	6,6	76,0	6,5	83,7	6,1	76,5	7,5
— " —	2	128,5	26,8	156,2	33,6	185,3	14,5	171,6	59,7
— " —	3	248,0	37,9	266,3	38,1	316,4	34,8	302,7	60,5
Keskiläpimitta (D _{0,1}), mm Mean diameter at base, mm	1	4,7	0,4	5,2	0,2	5,7	0,4	5,4	0,7
— " —	2	8,9	1,4	10,6	1,8	12,1	0,8	11,3	3,4
— " —	3	15,7	1,9	16,9	3,1	19,3	1,9	18,3	2,9
Tiheys, vesoja kpl/m ² Density, no. of sprouts/m ²	1	14,7	1,0	13,0	2,2	12,8	2,1	14,8	2,8
— " —	2	10,7	1,3	10,3	2,4	10,1	1,2	9,8	0,9
— " —	3	8,6	0,2	7,7	0,7	9,0	1,3	7,4	0,4
Vesoja, kpl/kanto No. of sprouts/stump	1	4,3	0,6	3,7	0,7	3,7	0,8	4,8	0,8
— " —	2	2,6	0,3	2,4	0,4	2,5	0,3	2,7	0,5
— " —	3	2,3	0,1	2,1	0,2	2,6	0,4	2,3	0,3



Kuva 5. Elävien vesojen keskipituudet ja -tyviläpimitat.
Fig. 5. Mean height and mean diameter at base of living sprouts.

mäisen kasvukauden jälkeen vaihteli 0,47 t/ha:sta 0,92 t/ha:iin. Toisen kasvukauden jälkeen pajujen kuivamassa eri käsittelyillä vaihteli 3,09 t/ha:sta 6,89 t/ha:iin, ja kolmannen kasvukauden jälkeen 9,08 t/ha:sta 18,41 t/ha:iin (taulukko 5, kuva 6). Kaikkina kolmena vuotena lehdettömän biomassan määrä on ollut suurin lietteellä lannoitetuilla ruuduilla ja pienin toistetun Normaali Y-lannoituksen saaneilla koeruuduilla. Lietelannoitustasoista selvästi parhaan tuloksen, ensimmäistä vuotta lukuunottamatta, on antanut keskimäinen eli 60 m³/ha. Suurimmalla eli 120 m³/ha lietemäärällä pajut kasvoivat hieman huonommin ja pienimmän eli 30 m³/ha lietemäärän saaneilla koeruuduilla tuotos jäi vieläkin alhaisemmaksi. Ainoastaan vertailulannoituksen ja keskimäisen lietalannoitustason väliset tuotoserot olivat tilastollisesti suuntaa antavia v. 1983 ($p < 0,062$) ja v. 1984 ($p < 0,056$).

Vesipajun kokonaisuudessa ja vuotuinen kasvu eri lannoituskäsittelyillä on esitetty taulukossa 5. Pajujen maanpäällinen lehdetön biomassatuotos oli ensimmäisenä vuotena vain 0,70 t/ha. Toisena kasvukautena pajut kasvoivat jo paremmin: keskimääräinen vuotuinen kuivamassatuotos vaihteli 1,54 t/ha:sta 3,44 t/ha:iin ja toisen vuoden juokseva vuotuinen kasvu 2,61 t/ha:sta 6,12 t/ha:iin.

Toisen kasvukauden kasvu oli keskimäärin peräti kuusinkertainen ensimmäisen vuoden kasvuun verrattuna.

Vesipajun kasvu lisääntyi huomattavasti kolmantena kasvukautena molempiin aikaisempiin verrattuna. Kolmannen vuoden kasvu vaihteli 6,00 t/ha:sta 11,52 t/ha:iin ja koko tutkimusjakson keskimääräinen kasvu oli 3,03... 6,14 t/ha/a. Kolmannen vuoden kasvu oli toisen vuoden kasvuun verrattuna keskimäärin kaksinkertainen ja massan lisääntyminen oli vielä selvempi kun tulosta verrataan ensimmäisen vuoden kasvuun: kolmannen vuoden kasvu oli peräti 7... 15 kertaa niin suuri kuin ensimmäisen. Tulosten perusteella tutkimusalueen pajukasvustojen keskimääräinen tuotos ja vuotuinen tuotos lisääntyi kolmanteen ikävuoteen asti, eikä kasvun taantumaa vieläkään havaittu.

43. Kasvualustan ja lehtien ravinnepitoisuudet

Taulukossa 6 esitetään kivennäismaan eräitä ominaisuuksia yhden ja kahden vuoden jälkeen kokeen perustamisesta. Maan nitraattityppipitoisuus lisääntyi v. 1983 lietteen määrän kasvaessa; ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevästi. Vaikka lietteessä ja Y-lannoksessa annettujen ravinteiden määrät poikkeavat huomattavasti toisistaan (ks. taulukko 1) eivät lannoituskäsittelyiltä mitattujen maan ominaisuuksien keskiarvot poikenneet toisistaan varianssianalysissä tilastollisesti merkitsevästi. Maa-analyyysien tulosten perusteella arvioiden, kalkituksen ja lietalannoituksen jälkeenkin kasvualusta oli vain huononlaista tai välttävää peltomaata (Kurki 1982).

Nitraattityypin määrä korreloi positiivisesti kokonaisuudessaan ja vuotuisen kasvun, elävien vesojen keskipituuden ja läpimitan kanssa v. 1983 sekä ammoniumtyypin määrä vuotuisen kasvun kanssa v. 1984 (taulukko 7). Maan liukaisen fosforin määrän ja massa- ja puustotunnusten välinen korrelaatio oli lievästi negatiivinen ja vaihtuvan kaliumin vastaava korrelaatio lievästi positiivinen. Maan pH:n ja massa- ja puustotunnusten välinen korrelaatio oli positiivinen.

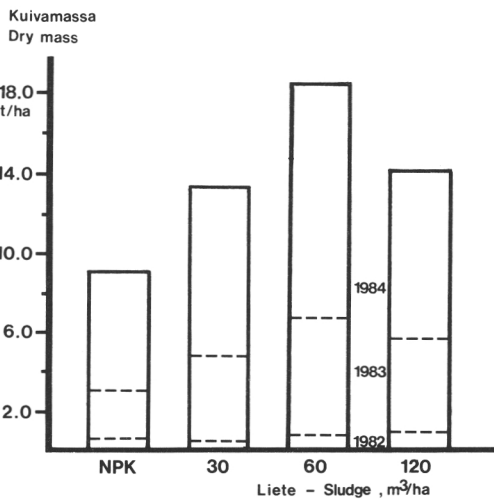
Vesipajun lehtien ravinnepitoisuuksia v. 1983 ja 1984 on esitetty taulukossa 8. Toistuvasti Normaali Y-lannoksella lannoitettujen pajun lehtien typpipitoisuus oli kumpanakin vuonna alhaisin ja fosforipitoisuus korkein.

Taulukko 5. Kasvustojen lehdetön maanpäällinen kuiva-ainemäärä ja vuotuinen kasvu.
Table 5. Above-ground leafless dry mass and annual increment of stands.

Tunnus Characteristic	Kasvuston ikä, a Age of stand	Normaali Y-lannos, 470 kg/ha/a		Käsittely — Treatment Liete — Sludge, m ³ /ha					
				30		60		120	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Runkomassa, kuiva-ainetta/t/ha <i>Stem dry mass (inc. bark and branches), t/ha</i>	1	0,47	0,11	0,66	0,04	0,77	0,17	0,92	0,64
— ” —	2	3,09	1,39	4,80	1,22	6,89	1,69	5,74	3,47
— ” —	3	9,08	2,72	13,38	6,66	18,41	4,17	14,20	5,89
Juokseva vuotuinen kasvu, t/ha <i>Current annual increment</i>	2	2,61	1,31	4,14	1,25	6,12	1,69	4,82	2,84
— ” —	3	6,00	1,48	8,58	5,77	11,52	3,82	8,46	2,62

Taulukko 6. Kivennäismaan eräiden ominaisuuksien keskiarvo, keskihajonta ja vaihteluväli koalueella vuosina 1983 ja 1984.
Table 6. Range, mean and standard deviation of some mineral soil properties.

Mittattu ominaisuus Measured property	1983			1984		
	\bar{x}	s	Vaihteluväli Range	\bar{x}	s	Vaihteluväli Range
pH	5,0	0,2	4,7—5,3	5,1	0,2	4,8—5,4
Johtoluku — Conductivity 10 mS/cm	—	—	—	0,8	0,1	0,7—1,2
Tot. N, %	0,73	0,23	0,30—1,02	0,86	0,25	0,42—1,12
NH ₄ — N, mg/l	—	—	—	18	6	10—28
NO ₃ — N, mg/l	15,2	6,9	10,0—30,0	6,2	3,5	2,5—14,5
Liukoinen — Soluble P mg/l	7,0	1,0	6,0—8,4	7,8	1,5	6,1—11,0
Vaihtuva — Exchangeable K mg/l	115	11	95—125	100	31	52—170
Vaihtuva — Exchangeable Ca mg/l	952	133	850—1150	981	176	650—1300
Vaihtuva — Exchangeable Mg mg/l	—	—	—	176	51	115—265
Liukoinen — Soluble Fe g/l	5,0	2,3	3,0—9,3	—	—	—



Kuva 6. Vesipajujen runkomassa eri lannoituskäsitteilyillä. Ensimmäisen ja toisen vuoden tuotos erotettu katkoviivalla.

Fig. 6. Above-ground leafless dry mass of willows in different fertilizer treatments. Production of first and second year separated with dashed line.

Lietemäärän lisääntyessä lehtien typpipitoisuus kasvoi, v. 1983 tilastollisesti merkitsevästi, ja samalla fosforipitoisuus pieneni. Eri tavoin lannoitettujen pajujen lehtien kaliumpitoisuudet eivät toisen kasvukauden jälkeen eronneet toisistaan. Toistuvasti Normaali Y-lannoksella lannoitettujen pajujen lehtien kaliumpitoisuus v. 1984 oli suurempi kuin liete-lannoitettujen pajujen. Lehtien typpi- ja fosforipitoisuudet v. 1984 olivat selvästi, kaliumpitoisuudet vain hieman suuremmat kuin edellisenä vuonna. Lehtien typpi- ja fosforipitoisuuksien suhde oli pienin Normaali Y-lannoksella lannoitetuilla pajuilla ja suhde kasvoi lietemäärän lisääntyessä.

Lietelannoitus ei lisännyt merkitsevästi lehtien rautapitoisuutta, tosin v. 1984 liete-lannoitettujen pajujen lehtien rautapitoisuudet olivat hivenen korkeammat kuin Normaali Y-lannoituksen saaneiden pajujen lehtien rautapitoisuudet. Siiran ym. (1984) kasvihuonekokeessakaan lietelannoitus ei vaikuttanut vesipajun lehtien eikä varsien rautapitoisuuteen, sen sijaan juurten rautapitoi-

Taulukko 7. Eräiden massa- ja puustotunnusten ja kivennäismaan ominaisuuksien sekä lehtien N-, P-, K-pitoisuu- den ja N/P-suhteen väliset korrelaatiokertoimet.

Table 7. Correlation coefficients between some mass and tree characteristics and mineral soil properties and N, P, K content and N/P ratio of leaves.

Tunnus Characteristic	Vesojen ikä, a Age of stand	Lehtien ravinnepitoisuus tai ravinnesuhte — Nutrient content or ratio of leaves				Maan ominaisuus — Soil characteristic						
		N	P	K	N/P	NH ₄	NO ₃	Liuk. P Soluble P	Vaihtuva K Exchange- able K	Vaihtuva Ca Exchange- able Ca	pH	
Kuivamassa Dry mass	2	0,534	-0,449	0,314	0,542	—	0,780**	-0,116	0,466	0,341	0,453	
	3	0,632*	-0,785**	-0,331	0,870***	0,568	-0,246	-0,192	0,236	-0,490	0,405	
Vuotuinen kasvu Current annual inc.	2	0,524	-0,464	0,343	0,546	—	0,785**	-0,111	0,473	0,286	0,455	
	3	0,578*	-0,724**	-0,227	0,815***	0,614*	-0,049	-0,061	0,259	-0,422	0,242	
Keskipituus Mean height	2	0,607*	-0,528	0,350	0,613*	—	0,706*	-0,105	0,474	0,250	0,476	
	3	0,580*	-0,717**	-0,289	0,793**	0,376	-0,380	-0,217	0,085	-0,357	0,633*	
Keskiläpimitta Mean diameter	2	0,598*	-0,498	0,319	0,591*	—	0,736**	-0,133	0,489	0,274	0,437	
	3	0,634*	-0,783**	-0,321	0,865***	0,467	-0,235	-0,189	0,157	-0,358	0,528	

Taulukko 8. Lietelannoituksen vaikutus vesipajun lehtien ravinnepitoisuuksiin sekä N/P-suhteeseen syksyllä 1983 ja 1984.

Table 8. Effect of sludge fertilization on mineral content and N/P ratio of leaves in autumn 1983 and 1984.

Ravinne tai ra- vinnesuhte Nutrient or nutrient ratio	Kasvuston ikä, a Age of stand	Normaali Y-lannos, 470 kg/ha/a (1)		Käsitellyt — Treatment Liete — Sludge, m ³ /ha		Erojen merkitsevyys Significant differences				
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	30 (2)	60 (3)	120 (4)	s	
N, %	2	2,17	0,20	2,30	0,17	2,49	0,14	2,82	0,14	1—4**, 2—4**
	3	3,42	0,22	3,47	0,30	3,59	0,31	3,61	0,16	
P, %	2	0,30	0,01	0,29	0,03	0,27	0,06	0,24	0,02	1—4*
	3	0,42	0,05	0,36	0,04	0,33	0,03	0,33	0,02	
K, %	2	1,41	0,07	1,43	0,13	1,72	0,45	1,47	0,26	1—2*, 1—4*
	3	1,76	0,10	1,54	0,09	1,67	0,09	1,53	0,05	
Fe, ppm	2	85	6	84	7	82	9	90	11	
	3	66	4	70	10	70	8	70	4	
Cu, ppm	3	8,4	0,2	8,9	0,3	8,6	0,5	8,9	0,4	
	3	397	70	390	49	262	114	277	82	
N/P	2	7,1	0,5	7,8	1,6	9,5	2,7	11,7	1,5	1—4*, 2—4*
	3	8,3	1,4	9,6	1,3	10,8	1,5	10,9	1,0	

suus kohosi lietteen määrän kasvaessa selvästi. Suurimman lietemäärän saaneiden pajujen lehtien sinkkipitoisuus oli alhaisin, myös lehtien kuparipitoisuus pieneni lietemäärän lisääntyessä. Erot tosin eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Siiran ym. (1984) kasvihuonekokeessa lietelannoitus lietteellä, joka sisälsi kuparia 2...4 kertaa vähemmän (250...500 ppm) kuin tämän tutkimuksen liete, lisäsi myös hieman vesipajun varsien ja lehtien kuparipitoisuutta.

Massa- ja puustotunnusten sekä eräiden lehtien ravinnepitoisuuksien ja typpi-fosfori-

suhteen välisiä riippuvuussuhteita on esitetty taulukossa 7. Massa- ja puustotunnukset korreloivat positiivisesti lehtien typpipitoisuuden kanssa ja toisaalta negatiivisesti lehtien fosforipitoisuuden kanssa kumpanakin tarkasteluvuonna. Massatunnusten, elävien vesojen keskikokouksen- ja läpimitan ja lehtien typpi-fosfori-suhteen välinen vuorosuhde oli positiivinen ja merkitsevä lukuunottamatta kokonaismassaa ja vuotuista kasvua v. 1983. Esitettyjen massa- ja puustotunnusten ja lehtien kaliumpitoisuuden välinen korrelaatio ei ollut merkitsevä.

5. TULOSTEN TARKASTELUA

Viljeltyjen pajujen biomassan määrittämiseen ei Suomessa ole vielä vakiintunut mitään tiettyä menetelmää (Saarsalmi 1983). Yleisesti biomassatutkimuksissa käytetty menetelmä on metsikön runkolukusarjan määrittäminen ja koepuiden otanta. Koepuiden kuiva- ja tuoremassan suhteen selvittämiseksi joudutaan ottamaan tavallisesti kosteusnäytteitä. Tässä tutkimuksessa ei selvitetty tuoremassaa eikä vesojen kosteutta vaan kukin koevesa kuivattiin erikseen. Kosteusnäytteiden ottamiseen, säilytykseen ja kosteuden määrittämiseen liittyvät virhetekijät lienee näin suureksi osaksi vältetty.

Viljeltyjen pajujen runkojen kuivamassan laskemiseksi on Nilsson (1981) esittänyt yksivuotiaassa kasvustossa käytettäväksi regressiomallia, jossa selittävänä tekijänä on pituuden ja läpimitan neliön tulo ($Y = a \cdot d^{2h}$). Myöhemmin Nilsson (1982) on ehdottanut yksivuotiaiden ja vanhempienkin vesojen massaa määrittäessä käytettäväksi yhtälöä, jossa selittäjänä on vesan läpimitta korotettuna potenssiin 2,7 ($Y = a \cdot d^{2.7}$). Saarsalmi (1983) on puolestaan käyttänyt yksivuotiaalle vesipajulle mallia, jossa selittävänä tekijänä on pituus korotettuna kolmanteen potenssiin ($Y = a \cdot h^3$).

Tässä tutkimuksessa käytettiin biomassatutkimuksissa yleisesti sovellettua allometrista mallia ($Y = a \cdot X^b$). Läpimitta todettiin pituutta paremmaksi vesojen kuivamassaa selittäväksi tunnuksiksi. Läpimitalla on muissakin tutkimuksissa todettu saatavan suurempi selitys kuin pituudella (Payandeh 1981, Nilsson 1982). Satoo ja Madgwick (1982) tosin ehdottavat pienille puille pelkän pituuden käyttöä. Pituuden lisääminen malliin d^{2h} -terminä lisäsi selitystä vain hieman. Saman tuloksen ovat saaneet koivulla mm. Björklund ja Ferm (1982), Ferm ja Kaunisto (1983) ja Payandeh (1981). Pelkkää läpimittaa käytettäessä saatiin eksponentin b arvoksi eri ikäisillä vesipajuilla 2,9...3,0 eli hiukan korkeammat arvot kuin Nilssonin (1982) ehdottama 2,7. Eksponentin ja vakion arvot pysyi-

vät myös suhteellisen vakaina eri ikäisten pajujen ollessa kyseessä päinvastoin kuin pituutta tai läpimitan neliön ja pituuden tuloa käytettäessä. Mikäli samaa mallia halutaan käyttää eri ikäisille vesipajuille selittävänä tunnuksena olisikin oltava läpimitta. Lisäksi pajujen usein mutkaisten runkojen vuoksi pituuden tarkka mittaaminen on vaikeaa.

Läpimitta mitattiin tässä tutkimuksessa 10 cm:n korkeudelta maanpinnasta. Kuitenkin tarkemman analyysin perusteella kolmevuotiaille vesoille osoittautui parhaaksi mittauskorkeudeksi 30 cm. Läpimitan mittauskorkeutena voitaneen käyttää 10...50 cm maan tasalta. Läpimitta on kuitenkin aina mitattava samalta korkeudelta muuten biomassan määrittämiseen tulee virhettä. Nilsson (1982) on todennut 1...4-vuotiaille vesoille parhaaksi mittauskorkeudeksi 80 cm, mikä tässä tutkimuksessa osoittautui liian korkeaksi. Pajujen erilainen pituus saattaa selittää tämän eron.

Vesottamalla kasvatettavien pajukoiden tuotostuloksia verrattaessa on vesojen iän lisäksi huomioitava myös juuristojen ikä. Monissa tutkimuksissa on todettu pajujen tuotoksen kasvavan yhden vuoden kiertoaikaa käytettäessä ainakin neljä—viisi ensimmäistä vuotta (Wasielewski 1982). Pistokkaiden juurtumiskasvukauden tuotos on alhainen, vesipajulla Saarsalmen (1983) ja Lumpeen (1984) kokeissa 0,6—0,7 t/ha. Tämän tutkimuksen vesipajujen tuotos oli samantasoinen (0,5—0,9 t/ha) ensimmäisenä kasvukautena, vaikka juuristot olivat vuotta vanhemmat. Pistokkailla perustetuilla vastaavilla viljelmillä (kaksivuotias juuristo/yksivuotiaat vesat) vesipajun lehdetön maanpäällinen kuiva-ainetuotos on kenttäkokeissa eri puolilla Suomea parhaimmillaan ollut: 3,4 t/ha (Ruukki), 4,1 t/ha (Liminka), 7,1 t/ha (Haapavesi), 8,5 t/ha ja 8,6 t/ha (Suonenjoki) (Hytönen 1982, 1984, Lumme 1984, Rossi 1982, Saarsalmi 1983).

Kaksi- tai kolmevuotiaista pajukoista on Suomessa toistaiseksi esitetty melko vähän

tuotostietoja. Hytönen (1984) on esittänyt turvetuotannosta vapautuneella suonpohjalla Ruukissa kasvaneen kaksivuotiaan vesipajun tuotokseksi kahden lannoituskokeen kasvuimmilla käsittelyillä 10,1 ja 10,8 t/ha (ilman lehtiä), mikä on huomattavasti enemmän kuin tässä tutkimuksessa (3,1—6,9 t/ha). Juuristojen ikä kummassakin kokeessa on sama, mutta Ruukin viljelmä oli istutettu juurruttamattomilla pistokkailla. Vuoden 1982 normaalia kylmempi kasvukausi on saattanut vaikuttaa tämän kokeen kuiva-ainetuotosta alentavasti. Kolmivuotiaista vesipajukoista on käytettävissä vain Lepistön (1978) pieniltä koeruuduilta kloonikokeesta mittaamat tulokset.

Tässä tutkimuksessa toisen vuoden kuivamassatuotos oli kuusi kertaa ja kolmannen vuoden tuotos peräti 9...15 kertaa suurempi kuin ensimmäisen vuoden tuotos. Kolmannen kasvukauden vuotuinen tuotos parhaalla käsittelyllä oli 11,5 t/ha. Tutkimuksen pajukasvustojen vuotuinen ja keskimääräinen tuotos oli lisääntyvä ainakin kolmanteen ikävuoteen asti, eikä kasvun taantumaa vielä voitu havaita. Vesipajun vuotuisen tuotoksen lisääntymisen ainakin toiseen ja kolmanteen ikävuoteen asti ovat todenneet mm. Hytönen (1984), Rossi (1984) ja Sirén (1983). Vanhemmista pajukoista tuloksia ei Suomessa ole julkaistu, kuten ei myöskään tutkimuksia pajujen kiertoajoista erilaisilla kasvatusvaihtoehdoilla. Sen sijaan Pohjois-Irlannissa Stott ym. (1981) ovat todenneet kolmen vuoden kiertoaikaa käytettäessä pajun keskimääräisen tuotoksen olevan suurempi kuin yhden tai kahden vuoden kiertoajalla kasvatettaessa. Useamman vuoden kiertoaika saattaakin olla jokavuotista korjuuta parempi vaihtoehto. Pajujen suurempi koko ja massa lienee eduksi korjuussa ja jatkokäsittelyssä samoin kuin suurempi kertymä harvemmillä korjuukerroilla.

Maan liukoisten ja vaihtuvien ravinteiden määrään ei liete tässä tutkimuksessa vaikuttanut. Lietteen vaikutus olisikin ehkä paremmin näkynyt kokonaisravinnetilanteessa. Lietteen suuresta humuspitoisuudesta johtuen suuri osa lietteen sisältämistä ravinteista vapautuu kasvien käyttöön vähitellen. Lietteen vaikutus maan pH:hon oli vähäinen, mikä johtunee ennen lietteen levitystä tehdystä kalkituksesta (ks. Hokkanen ja Vuorinen

1984). Pajujen on todettu etenkin typen suhteen olevan vaateliaita kasveja (Kaunisto 1983). Tässä aineistoltaan pienessä tutkimuksessa maan nitraattitypen määrä korreloi parhaiten maan mitatuista ominaisuuksista tuotoksen kanssa v. 1983 ja ammoniumtyppipitoisuus v. 1984, korostaen näin typen merkitystä vesipajun ravinnetaloudessa.

Lietelannoitettujen pajujen lehtien typpipitoisuus oli korkeampi, nousten lietteen määrän kasvaessa, kuin Normaali Y-lannoksella lannoitettujen pajujen. Lehtien fosforipitoisuus käyttäytyi päinvastoin. Lehtien typpi- ja fosforipitoisuuksien suhde kasvoi tässä tutkimuksessa sekä v. 1983 että v. 1984 tilastollisesti merkitsevästi Normaali Y-lannoksesta suurimpaan lietemäärään. Myös Kauniston (1983) kasvihuonekokeessa typpilannoitus vähensi koripajun (*Salix viminalis*) lehtien fosforipitoisuutta. Käytetyillä määrillä liete oli jopa parempi typen lähde kuin Normaali Y-lannos. Sen sijaan fosforia oli lietteessä niukemmin ja Y-lannoksen helpoliukoinen fosfori nosti lehtien fosforipitoisuuden korkeammalle kuin lietelannoitus. Kaliumin osalta lietelannoitus, joka sisälsi hyvin niukasti ko. ravinnetta ja Normaali Y-lannos olivat vielä v. 1983 tasaveroiset, mutta v. 1984 Y-lannoksella lannoitettujen pajujen lehtien kaliumipitoisuus oli jo suurempi.

Täysin lannoittamatonta koejäsentä ei tässä kokeessa ollut. Turvetuotannosta vapautuneilla soilla on todettu pajujen kuolevan muutaman vuoden kuluessa ilman lannoitusta (Hytönen 1982, 1984). Kivennäismaalla näin ei kuitenkaan liene asianlaita. Liete osoittautui tässä tutkimuksessa hyväksi vaihtoehdoksi Normaali Y-lannokselle. Lietelannoitettujen pajujen suurempi kuiva-ainetuotos johtunee osaksi siitä, että lietteessä annettiin ravinteita, etenkin tyyppiä enemmän kuin vertailulannoituksessa. Käytetty liete soveltuu hyvin pajuviljelmän lannoitteeksi. Sen typpipitoisuus on korkea ja raskasmetallipitoisuus vähäinen. Sen sijaan fosfori- ja kalilannoitus saattaa olla tarpeellinen. Orava (1983) on päätellyt saman lietteen sopivaksi käyttömääräksi viljanviljelyssä 30 m³/ha täydennettynä 50—60 kg/ha vuotuisella typpilannoituksella. Mikäli pajunviljelyssä lietettä käytettäisiin 60 m³/ha esimerkiksi joka kolmas vuosi, Rajamäen tehtaiden lietemäärällä voitaisiin lannoittaa 90 ha:n viljelmä.

KIRJALLISUUS

- Baskerville, G. L. 1972. Use of logarithmic regressions in the estimation of plant biomass. *Can. J. For. Res.* 2: 49—53.
- Björklund, T. & Ferm, A. 1982. Pienikokoisen koivun ja harmaalepän biomassa ja tekniset ominaisuudet. Abstract: Biomass and technical properties of small-sized birch and grey alder. *Folia For.* 500: 1—37.
- Cannell, M. G. & Smith, R. I. 1980. Yields of minirota-tion closely spaced hardwoods in temperate re-gions, review and appraisals. *Forest Sci.* 26(3): 415—428.
- Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomas-satuotos entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aito-nevalla. Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. *Folia For.* 558: 1—32.
- & Takalo, S. 1981. Tuhka ja puhdistamoliete — jät-teitä vai hyödyksi metsälle. *Metsä ja Puu* n:o 10—11.
- Hokkanen, T. J. & Vuorinen, A. 1984. Jätelannoituk-sen vaikutuksesta maaperän biologiseen aktiivisuu-teen. Abstract: The effect of sewage sludge on the biological activity of the soil. *Metsäntutkimuslai-toksen tiedonantoja* 138: 18—28.
- Hytönen, J. 1982. Istutustiheyden ja lannoituksen vai-kutus vesipajun (*Salix cv. aquatica*) kuiva-ainetuotokseen ja kasvuston kehitykseen. *Metsäntutkimus-laitoksen tiedonantoja* 70: 67—77.
- Hytönen, J. 1984. Suitability of various phosphorus and nitrogen fertilizers for fertilizing willow stands on cut-over peatlands. *BioEnergy* 84, Göteborg, Swe-den. June 18—21, 1984. (In print).
- Kaunisto, S. 1983. Koripajun (*Salix viminalis*) biomassa-tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasvihuoneessa. Summary: Biomass production of *Salix viminalis* and its nutri-ent and water consumption on differently fer-tilized peats in greenhouse. *Folia For.* 551: 1—34.
- Koerper, G. J. & Richardson, C. J. 1980. Biomass and net annual primary production regressions for *Populus grandidentata* in three sites in northern lower Michigan. *Can. J. For. Res.* 10: 93—101.
- Koskela 1980. Viemäriete käyttökelpoinen lannoite ja maanparannusaine. Koetoiminta ja käytäntö 23.9.1980.
- Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. Vil-javuuspalvelu Oy:ssä vuosina 1955—1980 tehtyjen viljavuustutkimusten tuloksia. Summary: On the fertility of Finnish tilled fields in the light of inves-tigations of soil fertility carried out in the years 1955—1980. Helsinki. 181 s.
- Lepistö, M. 1978. Pajun kuiva-ainetuotos kolmen vuo-den kiertoajalla. *Metsänjalostussäätiö, tiedote* 2 (1978): 1—3.
- Lumme, I., Tikkanen, E., Huusko, A. & Kiukaanniemi, E. 1984. Pajujen lyhytkiertoviljelyn biologiasta ja viljelyn kannattavuudesta turpeentuotannosta pois-tuneella suolla Limingan Hirvinevalla. Summary: On the biology and economical profitability of wil-low biomass production on an abandoned peat production area. *Oulun Yliopisto C* 54: 1—79.
- Madgwick, H. A. I. & Satoo, T. 1975. On estimating the aboveground weights of tree stands. *Ecology* 56: 1446—1450.
- Meyer, H. A. 1941. A correction for a systematic error occurring in the application of the logarithmic volume equation. The Pennsylvania State Forest School, Res. paper No. 7: 1—3.
- Nilsson, Lars-Owe 1981. Metoder för bestämning af torrsubstans och tillväxt vid energiskogsodling. Projekt energiskogsodling. Sveriges Lantbruksuni-versitet. Teknisk rapport 19: 1—47.
- 1982. Determination of current energy forest growth and biomass production. Projekt energiskogsodling. Sveriges Lantbruksuniversitet. Teknisk rapport 27: 1—36.
- Orava, R. 1983. Jäteliete lannoittaa mutta liika haitaksi. *Teho* 4: 28—30.
- Payandeh, B. 1981. Choosing regression models for bio-mass prediction equations. *For. Chron.* 57(5): 119—232.
- Pietiläinen, P. & Tervonen, M. (toim.) 1980. Tuhka metsänlannoitteena. Muhoksen tutkimusaseman tie-donantoja 20: 1—42.
- Pohjonen, V. 1980. Energiapajujen viljelystä vanhoilla turvetuotantoalueilla. Summary: On the energy wil-low farming on the old peat industry areas. *Suo* 31(1): 7—9.
- Rossi, P. 1982. Hirvien aiheuttamat satomenetykset pa-juviljelmällä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 76: 1—12.
- 1984. Rotation in the energy willow husbandry. In: Abstracts of the second conference on basic energy research in Finland (ed. V. Kokkonen). November 13—14, 1984 in Lammi, Finland. s. 45.
- Saarsalmi, A. 1983. Vesipajun, *Salix aquatica gigantea*, biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö kenttäkokeessa. *Lisensiaattityö*. Moniste Helsingin Yliopiston kasvitieteen laitoksella.
- Satoo, T. & Madgwick, H. A. I. 1982. Forest biomass. The Hague, Boston, London. 152 s.
- Siira, J., Heikkinen, Y. & Viljanen, M.-L. 1984. Lietelannoituksen vaikutus vesipajun (*Salix cv. aquatica*) ja rauduskoivun (*Betula pendula*) kasvuun ja kemial-liseen koostumukseen. Abstract: The effect of sewage sludge fertilization on the growth and chemical composition of *Salix cv. aquatica* and *Betula pen-dula*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 138: 6—17.
- Sirén, G. 1983. Energy plantation schemes in Sweden. In: Energy from Biomass; 2nd E.C. Conference Ed. Strub, A., Chartier, P. & Schleser, G. Applied Science Publishers. s. 376—385.
- Stott, K. G., Parfitt, R. I., McElroy, G. & Abernathy, W. 1983. Productivity of coppice willow in biomass

- trials in the U.K. In: Energy from Biomass; 2nd E.C. Conference. Ed. Strub, A., Chartier, P. & Schleser, G. Applied Science Publishers. s. 230—235.
- Wasielewski, D. H. 1982. Cultivation of willows in Central and South Eastern Europe. Projekt energiskogsodling. Sveriges Lantbruksuniversitet. Teknisk rapport 26: 1—87.
- Wittwer, R. F., King, R. H., Clayton, J. M. & Hinton, O. W. 1978. Biomass yield of short-rotation American sycamore as influenced by site, fertilizers, spacing and rotation age. Southern Journal of Applied Forestry 1978 (1): 15—19.
- Zavitkovski, J. 1981. Small plots with unplanted plot border can distort data in biomass production studies. Can. J. For. Res. 11: 9—12.

Total of 32 references

ODC 176. 1 *Salix 'Aquatica'* + 537 + 237.4
ISBN 951-40-0691-7
ISSN 0015-5543

HYTÖNEN, J. 1985. Teollisuustieteellä lannoitetun vesipajun lehdetön maanpäällinen biomassatuotos. Abstract: Leafless above-ground biomass production of *Salix 'Aquatica'* fertilized with industrial sludge. *Folia For.* 614: 1—16.

The effect of three sludge fertilization levels on some soil properties, nutrient contents of leaves and biomass production of *Salix 'Aquatica'* planted as rooted cuttings at density of 36 000 seedlings per hectare was studied.

The leafless dry mass of willow was 0,5...0,9 t/ha after the first, 3,1...6,9 t/ha after the second and 9,1...18,4 t/ha after the third growing season. The mean annual and current annual dry mass increment of the stands increased at least up to the third growing season. The highest annual yield of the third growing season was 11,5 t/ha.

The foliar nitrogen content of willow increased but the phosphorus content decreased with the increasing amounts of sludge.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station, Valtakatu 18, SF-69100 Kannus.

ODC 176. 1 *Salix 'Aquatica'* + 537 + 237.4
ISBN 951-40-0691-7
ISSN 0015-5543

HYTÖNEN, J. 1985. Teollisuustieteellä lannoitetun vesipajun lehdetön maanpäällinen biomassatuotos. Abstract: Leafless above-ground biomass production of *Salix 'Aquatica'* fertilized with industrial sludge. *Folia For.* 614: 1—16.

The effect of three sludge fertilization levels on some soil properties, nutrient contents of leaves and biomass production of *Salix 'Aquatica'* planted as rooted cuttings at density of 36 000 seedlings per hectare was studied.

The leafless dry mass of willow was 0,5...0,9 t/ha after the first, 3,1...6,9 t/ha after the second and 9,1...18,4 t/ha after the third growing season. The mean annual and current annual dry mass increment of the stands increased at least up to the third growing season. The highest annual yield of the third growing season was 11,5 t/ha.

The foliar nitrogen content of willow increased but the phosphorus content decreased with the increasing amounts of sludge.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station, Valtakatu 18, SF-69100 Kannus.

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



Folia Forestalia _____

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia

Remarks _____

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 599 Uusvaara, Olli: Hakepuun kosteuden alentaminen ennen haketusta korjuuseen ja varastointiin liittyvin toimenpitein.
Decreasing the moisture content of chip wood before chipping; harvesting and storage measures.
- No 600 Rubki uhoda. Rezultaty finsko-sovetskogo sovmetnogo nauchnogo issledovanija.
Harvennuspuun korjuu. Tuloksia suomalais-neuvostoliittolaisesta yhteistutkimuksesta.
Thinning operations. Results from a Finnish-Soviet joint research study.
- No 601 Veijalainen, Heikki, Reinikainen, Antti & Kolari, Kimmo K.: Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin väliraportti.
Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. Interim report.
- No 602 Saarsalmi, Anna: Vesipajun biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö.
Biomass production and nutrient and water consumption in *Salix 'Aquatika Gigantea'* plantation.
- No 603 Palmgren, Kristina: Muokkauksen ja kalkituksen aiheuttamia mikrobiologisia muutoksia metsämaassa.
Microbiological changes in forest soil following soil preparation and liming.
- No 604 Pelkonen, Paavo: Temperature response of electrical impedance in poplar cuttings: A preliminary concept.
Poppelipistokkaiden impedanssin riippuvuus lämpötilasta: Alustava malli.
- No 605 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1982—84.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1982—84.
- No 606 Arbetsorganisation i skogsbruket. Slutrapport för ett projekt vid Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd under perioden 1981—1983.
The organization of work in forestry.
Metsätalouden työorganisaatio.
- No 607 Jokinen, Katriina: Männyn tyvitervastaudin leviäminen ja torjunta harmaaorvakalla (*Phlebiopsis gigantea*) männyn taimikoiden harvennuksessa.
The spread of *Heterobasidion annosum* and its control using *Phlebiopsis gigantea* during thinnings in the young stands of Scots pine.
- No 608 Savonen, Eira-Maija & Lähde, Erkki: Paakun taimimäärän vaikutus männyntaimien kehitykseen.
Effects of seedling density on the development of containerised Scots pine seedlings.
- No 609 Lehto, Tarja: Kalkituksen vaikutus männyn mykorritsoihin.
The effects of liming on the mycorrhizae of Scots pine.
- No 610 Repo, Tapani, Mela, Martti & Valtanen, Jukka: Männynversosyövälle alttiiden ja vastustuskykyisten taimi-alkuperien erottaminen neulasten ominaisimpedanssin mittauksella.
Separation of susceptible and resistant provenances of Scots pine to *Gremmeniella abietina* by specific needle impedance.
- 1985
- No 611 Raitio, Hannu: Yksivuotiaiden avomaalla kasvatettujen paljasjuuristen männyntaimien kasvuhäiriön oireet ja esiintyminen.
Symptoms and occurrence of a growth disturbance in one-year-old, bare-rooted Scots pine seedlings raised in the open.
- No 612 Långström, Bo: Tukkimiehentäin aiheuttamat tuhot Suomessa vuosina 1970—1971. Yhteispohjoismaisen tutkimuksen Suomea koskevat tulokset.
Damage caused by *Hylobius abietis* in Finland in the years 1970—1971. Results from the Finnish part of a joint Nordic study.
- No 613 Ferm, Ari & Markkola, Annamari: Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu.
Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season.
- No 614 Hytönen, Jyrki: Teollisuuslietteellä lannoitetun vesipajun lehdetön maanpäällinen biomassatuotos.
Leafless above-ground biomass production of *Salix 'Aquatika'* fertilized with industrial sludge.
- No 615 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan piirimetsälautakunnissa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella.
Growth variation in the Forestry Board Districts of Keski-Suomi and Etelä-Pohjanmaa according to the 7th National Forest Inventory.
- No 616 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen, ilman lämpösomman ja eräiden kasvualustan ominaisuuksien vaikutus männytymikoiden kasvuun turvemilla.
Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the height growth of young pine sapling stands on peatlands.
- No 617 Paavilainen, Eero & Tiihonen, Paavo: Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun suometsät vuosina 1951—1983.
Peatland forests in Keski-Pohjanmaa, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1951—1983.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaleilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0691-7
ISSN 0015-5543