

## KUIVATUSTEHON JA LANNOITUKSEN VAIKUTUS RÄMEMÄNNIKÖN KEHITYKSEEN

### EFFECTS OF DRAINAGE INTENSITY AND FERTILIZATION IN A PINE BOG STAND

Silfverberg, K. 1984: Kuivatustehon ja lannoituksen vaikutus rämemännikön kehitykseen. (Summary: Effects of drainage intensity and fertilization in a pine bog stand). — Suo 35:86—90. Helsinki.

Since 1961 an investigation has been carried out to determine the role of certain growth factors in peatland forests. The study area was a drained dwarf-shrub pine bog at Jaakkoinso, Central Finland (62°03'N, 24°43'E). The water table in the ditches surrounding the sample plots was maintained at four (10, 30, 50, 70 cm) levels below the peat surface. One of the series was fertilized twice with NPK, and another covered with a thick cover of straw. The third was unfertilized.

At a regulation level of 70 cm the volume growth increment for 1961-80 was as great on the unfertilized plot as on the one fertilized twice with NPK. This was chiefly due to the effective mobilization of the nutrient resources in the peat. At the 10 cm level, growth was weak because of poor aerobic conditions in the root zone. NPK fertilization gave the greatest increment at levels of 30 and 50 cm. The greatest increment was, however, achieved on the straw-covered plots. The reason was most probably the elimination of competing field and ground layers.

The differences between the regulation levels remained quite similar throughout the study period. We can thus suppose that effective drainage may partly compensate for fertilization, if the nitrogen reserves in the peat are adequate.

*K. Silfverberg: Department of Peatland Forestry. The Finnish Forest Research Institute, PL 18, 01301 Vantaa, Finland.*

#### JOHDANTO

Metsänparannustoiminnan voimakas kasvu 1950- ja 1960-luvuilla loi kasvavan tiedon tarpeen, jonka seurauksena myös aihepiiriin liittyvä tutkimustoiminta vilkastui voimakkaasti. Turvemaiden keskeisiä ongelmia on ollut metsänkasvatuksen kannalta optimaalisen kuivatustehon selvittäminen. Luonnonoloissa eri ympäristötekijöiden vaikutukset tavallisesti nivoutuvat toisiinsa vaikeuttaen yksittäisten tekijöiden selvittämistä. 1950-luvun lopulla oli jo huomattavasti tutkimustietoa kuivatustehon ja lannoituksen vaikutuksesta turpeeseen ja puustoon (esim. Lukkala 1951, Heikurainen 1959, Huikari 1959a, b). Tärkeimpien kasvutekijöiden erittely ja niiden vaihtelun merkitys puuston kehitykseen pitkällä aikavälillä oli kuitenkin jäänyt vähemmälle huomiolle.

Näiden kysymysten selvittämiseksi Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosasto perusti vv. 1960—61 Vilppulan Jaakkoinsoalle ns. ekologiset koekentät, joilla pyrittiin säätämään yhtä kasvutekijää kerrallaan. Kokeiden päätarkoituksena oli selvittää pysyvästi eri syvyyksille säädelyjen ojaovesitasojen vaikutusta rämemännikön kasvuun. Kuivatustehon ja lannoituksen välisen vuorovaikutuksen selvittäminen kuului myös tutkimuksen tavoitteisiin. Ensimmäiset tulokset näistä säännöstelysyvyyskokeista julkaisivat Huikari ja Paarlahti (1967). Eräitä lisätietoja on julkaistu myöhemmin (Silfverberg 1984).

Tässä kirjoituksessa tarkastellaan puuston kasvua eri säännöstelysyvyyksillä. Muina selittävinä tekijöinä ovat pohjaveden syvyyden vaihtelut sekä kokeella suoritettavat toistuvat lannoitukset.

## AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto on karttunut Vilppulan Jaakkoin-suolta (62°03'N, 24°34'E) vv. 1961—80. Jaakkoinso ojitettiin v. 1909 100—200 metrin levyisiin sarkoihin. Ojien määrää on myöhemmin lisätty siten, että nykyinen sarkaleveys on 40 m. Tutkimusalueen alkuperäinen suotyyppi on isovarpuinen tupasvillaräme (ITR), ainoana puulajina mänty (Huikari ja Paarlahti 1967).

Vuosina 1960—61 rämeelle perustettiin 12 koealaa, kooltaan 15×40 m. Koeruutuja ympäröivissä ojissa vedenpinnan taso on ollut säännöstellynä pysyvästi eri korkeuksille. Säättö on tapahtunut ojissa olevien lautapatojen avulla. Ojien vedentasa on seurattu ja tarvittaessa säädetty kivennäismaan saarekkeella olevan kiintopisteen avulla. Kuivatustasoja oli neljä; 10, 30, 50 ja 70 cm maanpinnan alapuolella. Säännöstelysarja muodostui siten neljästä ruudusta. Kaikkiaan säännöstelysarjoja oli kolme (Taulukko 1).

Ensimmäinen säännöstelysarjoista oli lannoittamaton. Toiselle sarjalle annettiin PK+N-lannoitus kahtena eränä. Syyskuussa 1961 annettiin kotkafosfaattia 500 ja kaliumsulfaattia 200 kg/ha sekä toukokuussa 1962 oulunsalpietaria 400 kg/ha. Jatkolannoitus suoritettiin toukokuussa 1968 antamalla superfosfaattia 500 kg ja kalisuolaa 167 kg/ha ja

2 vuotta myöhemmin 216 kg ureaa/ha. Elokuussa 1976 annettiin hivenseosta 200 kg/ha ruuduille. Kolmas säännöstelysarja peitettiin lokakuussa 1963 oljilla (35 000 kg/ha).

Pohjaveden mittausta varten kullakin koealalla oli 9 pohjavesikaivoa, joiden keskiarvo kuvasi pohjaveden syvyyttä. Mittausjaksona oli kasvukausi vv. 1962—79. Mittausfrekvenssi oli suurimmillaan 1960-luvun alussa, n. 10 kertaa kuukaudessa. Myöhemmin havaintoväli oli viikko. Pohjavesipinnan syvyys laskettiin koealakohtaisesti kymmenen päivän keskiarvojaksoina.

Ilman lämpötilahavainnot (1961—79) muodostuvat Helsingin Yliopiston metsäkoekeskukselta Hyytiälästä lasketuista lämpösummista. Lämpösummat on laskettu 5°C kynnyksarvoa käyttäen. Maaperän lämpösummat (1961—79) ovat 30 cm:n säännöstelukoealalta. Mittausryvyys on 10 cm ja lämpötilan kynnyksarvo 5°C. Kasvukauden sademäärät (1961—79) ovat Hyytiälästä.

Puuston kasvutunnuksena on tutkimusjakson (1962—79) aikana käytetty ympärysmittan vuotuisesta lisäyksestä laskettua pohjapinta-alan kasvua. Puuston tilavuus on mitattu syksyllä 1961 ja 1980. Tutkimusjakson aikainen poistuma on kaikilla ruuduilla käsittänyt pääasiassa alipuustoksi jääneitä sekä kuolevia tai kulleita puita.

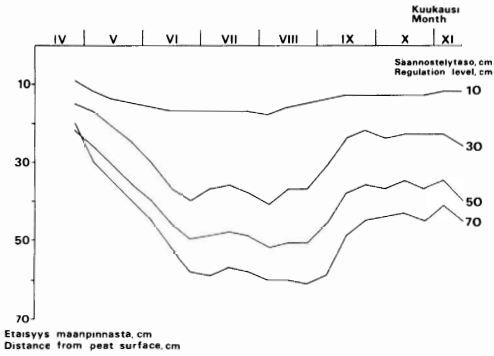
Taulukko 1. Koealatiedot.

Table 1. Information about the sample plots.

Koeala Sample plot	Säännöstelysyvyys, cm Regulation level, cm	Suotyyppi Peatland type	Turpeen syvyys, m Depth of peat, m	Ojitusvuosi Drainage in	Sarkaleveys, m Strip width, m	Lannoitus — Fertilization				
						1961—63	1968	1970	1976	
66 a <sub>1</sub>	70	ITR Cotton-grass pine swamp	0,8—1,5	1909	100	Olkipeite Straw cover	NPK	PK	N	Hivenseos Microelements
b <sub>1</sub>	50									
c <sub>1</sub>	30									
d <sub>1</sub>	10									
f	30									
g	50									
g	70									
67 a	10									
b	30									
c	50									
d	70									
e	10									

## TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Pohjavesipinnan syvyyksien väliset erot eri säännöstelytasolla ovat olleet selvät. Pohjaveden todellinen syvyys koealoilla poikkesi jonkin verran ojiin säädetystä tasosta (kuva 1).



Kuva 1. Pohjaveden keskimääräinen syvyys lannoittamattomalla koesarjalla 1962—1979.

Figure 1. Average ground-water table in unfertilized plots 1962—1979.

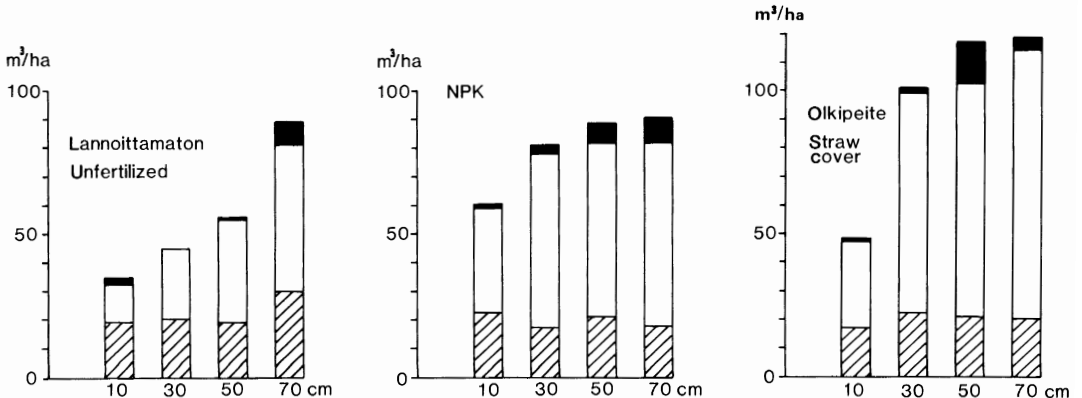
Turpeen painuminen on supistanut pohjavesipinnan etäisyyttä maanpintaan, mutta toisaalta kasvavan puuston pidäntä ja haihdunta ovat sitä alentaneet. Keväällä lumen sulamisvedestä ja roudasta johtuen pohjaveden pinta on korkealla. Alimmillaan pohjavesi on kaikilla tasoilla heinä-elokuun vaihteessa. Syksyä kohden pohjaveden pinta on jatkuvassa, hitaassa nousussa.

Säännöstelysyvyyden vaikutus puuston tilavuuskasvuun on ollut selkeä. Säännöstelysyvyyden vaikutus tilavuuskasvuun ilmenee selvimmän lannoittamattomalla sarjalla. Maape-

rän biologinen aktiivisuus ja luontaisten ravinnevarojen mobilisaatio kasvavat pohjavesipinnan alentamisen myötä (Karsisto 1979). Juuristotilan lisääntymisellä näyttää olevan pienempi merkitys. Tämä käy ilmi lannoitetulla sarjalla, jossa kasvu on yhtä suuri 30, 50 ja 70 cm:n koealoilla (kuva 3). Kasvu on ollut heikointa 10 cm:n ja parasta 70 cm:n säännöstelytasolla (kuva 2). Optimaalinen kuivatussyvyys näyttää siten olevan vielä suurempi kuin 70 cm. Tilanne on verrattavissa sarkaleveyskokeisiin, joissa kuivatustehon biologinen optimi selvästi poikkeaa taloudellisesta optimista.

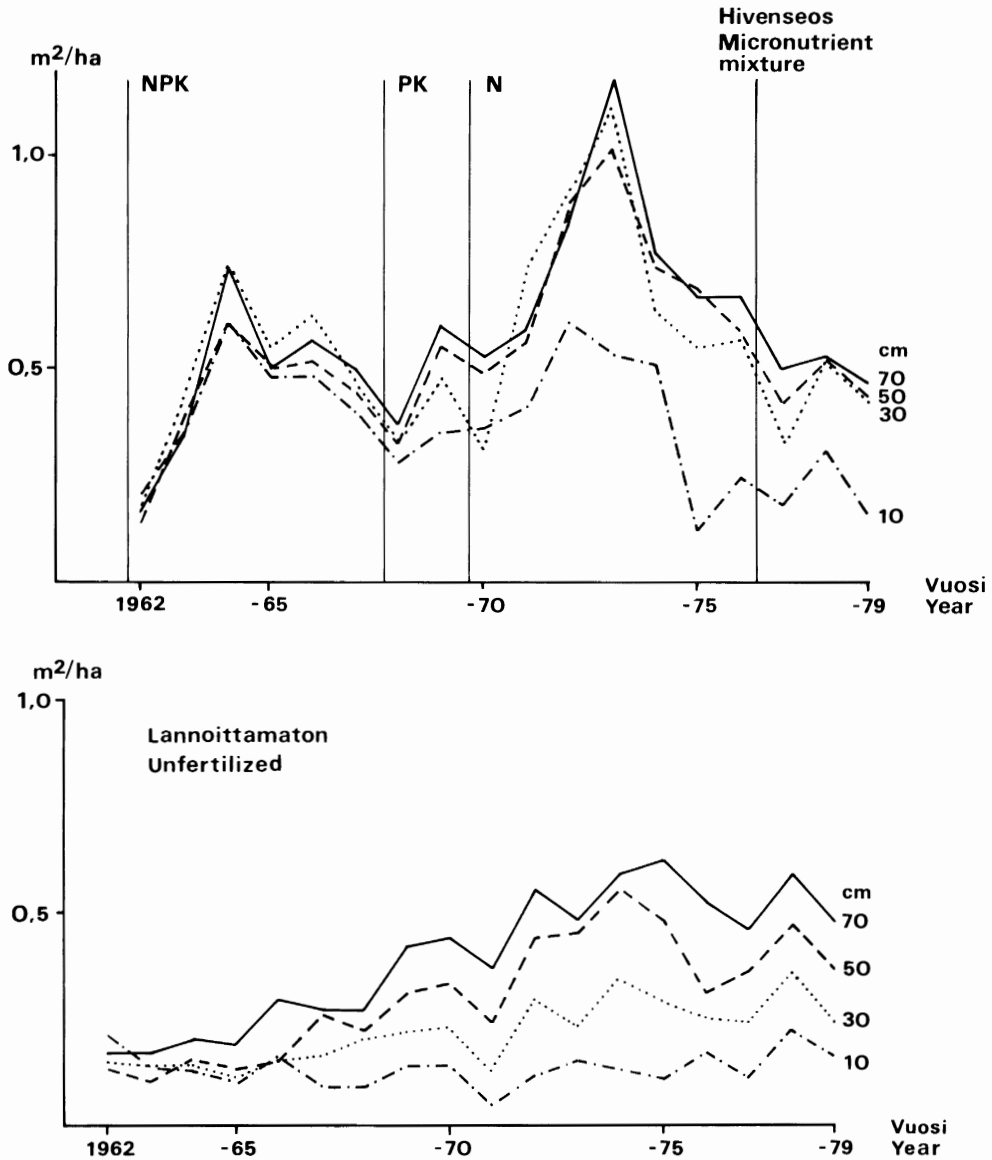
Tilavuuskasvu on ollut 70 cm:n lannoittamattomalla koealalla lähes yhtä hyvä kuin vastaavalla, kahdesti NPK-lannoitetulla koealalla. Seuraamalla pohjapinta-alan vuotuista kasvua on havaittu saadun kasvunlisäyksen olleen sekä selvä että kestävä lannoittamattomalla koesarjalla. Säännöstelysyvyyksien välillä ilmenevät kasvun erot ovat säilyneet samansuuntaisina koko tutkimusjakson ajan (kuva 3). Tehokkaalla ojituksella lannoitustarvetta on voinut vähentää niinkin karulla suolla kuin lähes ombrotrofisella isovarpuisella tupasvillarämeellä.

Kahdella NPK-lannoituksella saavutettu kasvunlisäys on ollut suurinta 30 ja 50 cm:n koealoilla. Keskimääräinen kasvunlisäys 1962—80 oli 2,0 ja 1,7 m<sup>3</sup>/a. 10 cm:n tasolla lisäys oli 1,2 m<sup>3</sup> ja 70 cm:n tasolla 0,7 m<sup>3</sup> vuodessa. Lannoitusvaikutusta ovat heikentäneet 10 cm:n koealalla pohjaveden liian korkea taso (kuva 1) sekä 70 cm:n koealalla turpeen luontaisten ravinnearvojen riittävä ja tehokas käyttö. Vain 10 cm pohjaveden syvyys näyttää olevan selvästi liian vähäinen puiden kasvun kannalta, silloinkin kun maan ravinteisuudes-



Kuva 2. Puuston tilavuuskasvu 1961—1980. Viivoitus = alkupuusto, musta = poistuma.

Figure 2. Volume growth of the tree stand 1961—1980. Hatched = initial stand, black = removal.



Kuva 3. Puuston pohjapinta-alan vuotuinen kasvu pohjaveden eri säännöstelysyvyyksillä (10...70 cm) lannoittamattomilla ja lannoitetuilla koelajoilla.

Figure 3. Annual basal area growth of the tree stand on sample plots with different ground water regulation depths (10...70 cm), and with and without fertilization. (Silfverberg 1984).

ta huolehditaan keinollisin lisäyksin. Tämä näkyy erityisesti tutkimusjakson loppupuolella, jolloin pitkään korkealla ollut pohjavesi on ilmeisesti yhä enemmän haitannut maan luontaisten ravinnevarojen mobilisoitumista ja juuriston toimintaa. Puuston reaktiot tehtyihin lannoituksiin osoittavat typen olleen selvimmän kasvua rajoittanut ravinne. Tyrelläkin saadut kasvunlisäykset ovat jääneet verraten lyhytaikaisiksi (kuva 3).

Selvästi suurimpaan kokonaistuotokseen on päästy olkipeitteellä käsitellyllä koesarjalla.

Teoreettisesti tulos on mielenkiintoinen. Pelkästään olkien ravinnesisällöllä ja pintakasvillisuuden eliminoimisella on saavutettu suuri ja pysyväisluonteinen kasvunlisäys. Aivan kuten NPK-lannoitetulla koesarjalla ravinteiden lisääntyneen saatavuuden on korvannut kuivatuksen vajavuudesta johtuvaa luontaisten ravinteiden heikentynyttä mobilisaatiota (Karsisto 1979).

Pohjavesihavaintojen jaksottaminen osoitti pohjaveden syvyyden ja puuston pp-alan kasvun yhteyden kiinteimmäksi loppukesästä. Mi-

Taulukko 2. Vuotuisen pohjapinta-alan kasvun ja eräiden ilmastollisten kasvunselittäjien väliset korrelaatiot.

Table 2. Correlations between annual basal area increment and some climatological variables.

Tekijä — Variable	Lannoittamaton Unfertilized				NPK				Olkipeite Straw cover			
	10	30	50	70	10	30	50	70	10	30	50	70
Ilman lämpösumma — Temperature sum of air d.d. $\geq 5^{\circ}\text{C}$	-.272	.523*	.474*	.502*	-.093	.231	.341	.270	.419	.376	.682**	.575*
Turpeen lämpösumma — Temperature sum of peat d.d. $\geq 5^{\circ}\text{C}$	-.102	.221	.030	.015	-.097	.056	.090	-.123	.207	.001	.332	.117
Sademäärä — Precipitation	.115	.197	.203	.190	-.281	-.263	-.256	.012	-.044	.092	-.074	.006

tä alempana pohjaveden pinta elokuussa on ollut sitä paremmaksi seuraavan vuoden kasvu on muodostunut. Ajankohta ajoittuu yhteen turpeen lämpötila- ja pieneliötoiminnan kanssa. Samansuuntaisiin tuloksiin ovat myös päätyneet Pelkonen (1975) ja Päivänen (1984) ja Jaakkoin suon ns. valunnansäännöstelykokeilla todetessaan puiden vaatimusten kuivatukseen suhteen vaihtelevan vuoden eri aikoina. Pohjavesitason vaikutus puuston kasvuun lieenee luotettavimmin arvioitavissa loppukesästä etenkin matalahkoilla säännöstelysyvyyksillä, missä juuristokerros saattaa olla suhteellisen alttiina pohjavesipinnan muutoksille. Kuivatustehon arviointi käytännön ojitusalueillakin saattaisi siten onnistua parhaiten loppukesästä.

Pyrittäessä selittämään pohjapinta-alan vuotuista kasvua saman vuoden ilmastollisilla tunnuksilla havaittiin ainoastaan ilman lämpösumman korreloineen positiivisesti kas-

vuun. Saadut tulokset kuivatustehon ja ilman lämpösumman osalta eivät poikkea aiemmasta tietämyksestä. Lannoitetuilla (NPK) koaloilla yhteydet kasvutekijöiden ja pp-alan kasvuun välillä olivat löyhemmät kuin lannoittamattomilla (Taulukko 2). Kasvutekijäin vaihtelut häviävät toistuvien lannoitusten aiheuttamiin kasvureaktioihin.

Jaakkoin suon lähes 20 vuotta kestäneet säännöstelysyvyyskokeet osoittavat kuitenkin erityisesti kuivatustehon ja ylläpidon merkityksen pyrittäessä menestykselliseen ja kestäväan ojitusvaikutukseen. Hydrologisten ja ilmastollisten tekijöiden tuntemus kuuluu lannoitustutkimuksenkin perusteisiin. Kuivatustehon vaikutus puuston ravinteiden käyttöön muodostaa avoimen ongelmakentän, jossa olisi sijaa vaikkapa ravinteidenkiertotutkimukselle. Mahdollisuudet lannoituksen korvaamiseen tehokkaalla ojituksella saattaisi olla tarpeellinen tutkimuksen aihe.

## KIRJALLISUUS

- Heikurainen, L. 1959: Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. (Referat: Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finnland.) — Acta Forestalia Fennica 69 (1): 1—279.
- Huikari, O. 1959 a: Kenttämittaustuloksia turpeiden vedenläpäisevyydestä. (Referat: Feldmessungsergebnisse über die Wasserdurchlässigkeit von Torfen.) — Commun. Inst. For. Fenn. 51 (1): 1—26.
- Huikari, O. 1959 b: Metsäojitetujen turvemaiden vesitaloudesta. (Referat: Über den Wasserhaushalt waldentwässerter Torfböden.) — Commun. Inst. For. Fenn. 51 (2): 1—45.
- Huikari, O. & Paarlahti, K. 1967: Results of field experiments on the ecology of pine, spruce and birch. — Commun. Inst. For. Fenn. 64 (1): 1—135.
- Karsisto, M. 1979: Maanparannustoimenpiteiden vaikutuksista orgaanista ainetta hajottavien mikrobin aktiivisuuteen suometsissä. Osa I. Pohjaveden etäisyyden ja NPK-lannoituksen vaikutus Vilppulan ja Kivalon rämeellä ja korvessa. (Summary: Effect of forest improvement measures on activity of organic-matter decomposing micro-organisms in forested peatlands. Part I. Effect of drainage and NPK fertilization in the spruce and pine swamps at Kivalo and Vilppula.) — Suo 30: 81—91.
- Lukkala, O. J. 1951: Kokemuksia Jaakkoin suon koeojitusalueelta. (Summary: Experiences from Jaakkoin suo experimental drainage area.) — Commun. Inst. For. Fenn. 39 (6): 1—53.
- Pelkonen, E. 1975: Vuoden eri aikoina korkealla olevan pohjaveden vaikutus männyn kasvuun. (Summary: Effects on Scots pine growth of ground water adjusted to the ground surface for periods of varying length during different seasons of the year. — Suo 26 (2): 25—32.
- Päivänen, J. 1984: The effect of runoff regulation on tree growth on a forest drainage area. — Proc. 7th Int. Peat Congr. 3: 476—488.
- Silfverberg, K. 1984: Suometsäekologiset tutkimukset. — Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 156: 52—55.