

**S U O**

Vol. 30

1979, N:o 3

10. 11. 1979

Julkaisija — Publisher:  
SUOSEURA — FINNISH PEATLAND SOCIETY  
Toimituskunta — Editorial board:  
Kimmo Tolonen (puh.joht. — chairman), Erkki Ahti,  
Hannu Mannerkoski, Eino Lappalainen,  
Jukka Laine (päätoimittaja — editor)

Toimitus — Office:  
Unionink. 40 B  
00170 Helsinki  
Finland

Tilaushinta, 32 mk  
Subscription price  
32 Finnish marks

Kirjoituksia lainattaessa pyydetään mainitsemaan lehden nimi

Marjut Karsisto

*Suo 30, 1979 (3): 49—58*

**MAANPARANNUSTOIMENPITEIDEN VAIKUTUKSISTA ORGAANISTA AINETTA  
HAJOTTAVIEN MIKROBIEN AKTIIVISUUTEEN SUOMETSISSÄ**

**OSA I**

**POHJAVEDEN ETÄISYYDEN JA NPK-LANNOITUKSEN VAIKUTUS  
VILPPULAN JA KIVALON RÄMEELLÄ JA KORVESSA\***

**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**

**I. JOHDANTO**

Mikrobit hajottavat maaperässä olevaa kasviainesta. Hajotustoiminnan tuloksena vapautuu epäorgaanisia kasveille käyttökelpoisia yhdisteitä. Luonnontilaisilla soilla hajoaminen on hyvin hidasta, koska korkeasta pohjavedestä johtuvan hapettomuuden lisäksi rajoittaa mikrobien toimintaa kasvualustan happamuus ja ravinteiden puute.

Näissä olosuhteissa kerääntyy maaperään tyypellisiä orgaanisia yhdisteitä. Turvemaille on ominaista korkea typpipitoisuus, mutta kasveille käyttökelpoisten typpiyhdisteiden määrä on vain muutama prosentti kokonaistypen määrästä.

Sekä mikrobien elintoimintoja että puiden kasvua rajoittavat osittain samat tekijät. Ensisijaisesti turvemaille on poistettava liiallisesta märkydestä johtuva hapettomuus. Käytännössä tämä tapahtuu laskeamalla pohjaveden pintaa ja saattamalla vedet liikkeelle ojituksen avulla. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten orgaanisen aineen hajoaminen ja erilaisten mikrobiryhmien aktiivisuus on muuttunut, kun pohjavesi on ollut säännösteltynä pitkän aikaa eri syvyyksille.

\*Tulevissa tutkimuslaskelmissa on tarkoitus käsitellä mm. eri typpilannoitelajien ja tuhkalannoituksen vaikutuksia.

Ojituksen ja lannoituksen vaikutuksia turpeen orgaanista ainetta hajottavien mikrobien aktiivisuuteen on tutkittu melko vähän. Paarlahti ja Vartiovaara (1958) ovat todenneet, että turpeen pintakerroksen bakteerien lukumäärä on ojitetulla alueella suurempi kuin ojittamattomalla alueella. Paavilaisen ja Norlamon (nyk. Karsisto, M.) (1975) tutkimuksessa vaikutti pohjaveden syvyyden säännöstely bakteerien kokonaisuutensa saaneissa purkeissa. Säännöstelysyvyyden ollessa 50 cm turpeen pinnasta lisääntyi bakteerien määrä enemmän kuin 10 cm:n säännöstelysyvytydessä. Myös käytetyllä lannoitelajilla oli merkitystä bakteerien määriin. Urea-lannoitus aiheutti suurimmat bakteerien lukumäärien lisäykset.

Kaunisto ja Norlamo (nyk. Karsisto, M.) (1976) ovat selvittäneet kalkituksen, NPK-lannoituksen ja muokkauksen vaikutusta mikrobien lukumääriin erilaisissa haudutuslämpötiloissa. Tutkimuksessa todettiin, että lannoitus ja erityisesti kalkitus selvästi lisäsi bakteerien kokonaisuutensa saaneita, tarkkelystä hajottavien sekä proteolyttisten ja nitrifikaatiobakteerien määriä. Myös lämpötilan kohottaminen edisti mikrobitoimintaa. Lannoitus, jyräminen ja lämpötilan kohottaminen lisäsivät myös mineraalityypen määrää, ts. mainitut toimenpiteet aktivoivat orgaanisia typpiyhdisteitä hajottavia mikrobeja. Tutkimus suoritettiin astiakokeena, jolloin voitiin eliminoida kasvillisuuden aiheuttama liukoisten ravinteiden kulutus.

Kuprevich ja Shcherbakova (1971) ovat tutkineet erityyppisten turvemaiden entsyymejä. Suurin osa entsyymeistä on aktiivisia turpeen pintakerroksessa. Entsyymiaktiiviteetti oli erikoisen suuri kuivatulla turvemaidella. Tutkijat olettavat ojituksen ja turvemaiden viljelyn muuttavan olosuhteet suotuisiksi lisääntyvälle entsyymitoiminnalle. Korkeat ureaasi-, proteaasi- ja fosfaasi-aktiivisuudet osoittivat, että tyypellisten orgaanisten yhdisteiden hajotus on lisääntynyt ojituksen vaikutuksesta. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten orgaanisen aineen hajoaminen ja erilaisten mikrobiryhmien aktiivisuus on muuttunut, kun pohjavesi on ollut säännösteltyä pitkän aikaa eri syvyyksille.

Kun yritetään selvittää erilaisten maaperään kohdistuvien käsittelyjen aiheuttamia

muutoksia mikrobistossa, on vaikeutena se, ettei ole olemassa mitään yksiselitteistä aktiivisuuden indikaattoria, jonka avulla voitaisiin selittää ravinteiden vapautumista kasvien käyttöön. Koska tämä tutkimus on suoritettu koalueilla, joilla puiden kasvua on seurattu pitkänä ajanjaksona, on mahdollista tarkastella eri bakteerien määrien ja puiden kasvun välillä olevaa yhteyttä.

Tutkimuksessa on verrattu Pohjois- ja Etelä-Suomen koalueiden mikrobien määriä. Lisäksi on haluttu selvittää, ovatko mikrobien aktiivisuudet erilaiset korvessa ja rämeellä.

Esitettävät käsitykset ovat esituloksia ko. alueiden laajemmasta mikrobiologisesta tutkimuksesta.

## 2. AINEISTO

### 21. Koekenttien esittely

Vilppulan koekenttä sijaitsee Etelä-Suomessa (63°3' pohjoista leveyttä ja 24°34' itäistä pituutta) ja Kivalon tutkimusalue Pohjois-Suomessa lähellä napapiiriä (66°27' pohjoista leveyttä ja 26°50' itäistä pituutta). Koalueet oli ojitettu jo ennen tämän kokeen perustamista, Vilppulan alue vuonna 1909 ja Kivalon alue vuonna 1933. Tarkemmat tiedot mm. sijainnista ja ilmastosta ilmenevät Huikarin ja Paarlahaan (1967) julkaisusta.

Kummallakin tutkimusalueella on sekä korven että rämeen koekentät. Kivalon koalueet sijaitsevat ruohokorvessa ja ruohorämeellä ja Vilppulan mustikkakorvessa ja tupasvillärämeellä. (Tyyppinimet Huikarin 1952 luokituksen mukaiset.) Vuonna 1960—61 säännösteltiin pohjaveden syvyys keinollisesti koeruutuja ympäröivissä ojissa eri tasoille. Tässä tutkimuksessa on käytetty koaloja, joissa ojien veden pinta on pyritty pitämään ympäri vuoden 10, 30 tai 70 cm:n syvytydessä maan pinnasta 60-luvun alusta lähtien. Pohjaveden pinta ei kuitenkaan todellisuudessa pysy vuoden eri aikoina toivotuissa säännöstelysyvytyksissä. Huikari ja Paarlahti (1967) ovat esittäneet em. julkaisussaan, miten pohjaveden syvytydet todellisuudessa ovat vaihdelleet.

Kummallekin rämeelle ja Kivalon korvelle perustettiin vastaaville pohjaveden säännöstelyruuduille lannoituskokeet. PK-lannoitus suoritettiin syksyllä 1961 ja typpi-lannoitus keväällä 1962. Vilppulassa on jatkolannoitus PK:lla suoritettu 1967 ja tyypel-

lä 1969. Kivalossa jatkolannoitus NPK:lla tehtiin vuonna 1965. Viimeisestä lannoituksesta on kulunut kummallakin alueella toistakymmentä vuotta. Nykyisen tiedon mukaan N-lannoituksen kesto aika ei yleensä ole yli kymmentä vuotta, joten tutkimusalueiden lannoituksen vaikutus lienee jo heikentynyt huomattavasti.

## 22. Puuston kasvu

Orgaanisen aineen hajotessa maaperässä hyötyvät vapautuneista epäorgaanisista yhdisteistä pintakasvillisuus, puut ja mikrobisto. Hyvin kasvavissa metsissä tapahtuu orgaanisen aineen hajoamista enemmän kuin huonosti kasvavissa metsissä. Tässä tutkimuksessa pyritäänkin vertaamaan puiden kasvua maaperässä tapahtuvaan mikrobien aikaansaamaan hajotustoimintaan.

Tutkimuksessa käytetyiltä Vilppulan ja Kivalon ekologisilta kentiltä ovat niiden perustajat Huikari ja Paarlahti julkaisseet puiden kasvutuloksia (Huikari ja Paarlahti 1967). Koealoilla on jatkettu vielä vuoden 1967 jälkeenkin puuston mittauksia.

Puuston pohjapinta-alan vuotuinen kasvu on säännönmukaisesti kaikilla tässä tutkimuksessa mukana olevilla lannoittamattomilla ruuduilla suurin pohjaveden säännöstelysyvyyden ollessa 70 cm ja pienin säännöstelysyvyyden ollessa 10 cm. Korprien koeruuduilla on pohjaveden säännöstely vaikuttanut enemmän puuston kasvuun kuin rämeiden koeruuduilla.

Kummallakin rämeellä lannoitus on vaikuttanut puuston kasvuun voimakkaasti. Lannoitus on pienentänyt eri ruutujen välisiä eroja, eikä eroa 30 cm:n ja 70 cm:n säännöstelyruuduilla lannoituksen jälkeen juuri ole.

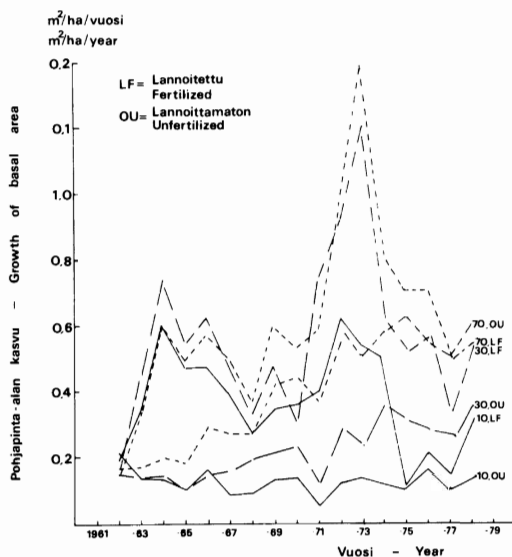
Paarlahden (1979) julkaisemat puuston vuotuiset pohjapinta-alan kasvut on esitetty Vilppulan rämeeltä kuvassa 1.

Kivalon korvella lannoitus on vaikuttanut vain vähän puuston pohjapinta-alan kasvuun. 10 cm:n pohjaveden säännöstelyruuduilla lannoituksen positiivinen vaikutus näkyy ehkä selvimmin.

## 23. Tutkimusmenetelmät

Vilppulan ja Kivalon pohjaveden säännöstelyruuduilta otettiin turvenäytteitä analyysijä varten kasvukauden eri vaiheissa vuosina 1975—1977.

Näyteistä määritettiin  $\text{NH}_4^+$  -typen,



Kuva 1. Mäntypuuston pohjapinta-alan kasvu Vilppulan rämeen koekentällä. (Paarlahti 1979).

Fig. 1. Basal-area growth of Scots pine stand in the experimental field at Vilppula. (Paarlahti 1979).

$\text{NO}_3^-$  -typen ja totaalitypen määrät. Yhdeltä näytteenotokerralta määritettiin myös muiden liukoisten pääravinteiden ja totaaliravinteiden määrät turpeesta sekä pH.

Kaikki turpeen mikrobimääritykset tehtiin aina näytteiden ottopäivänä, koska säilytyksessä mikrobien määrät muuttuvat. Tutkitut syvyyskerrokset vuonna 1975 olivat 0—10 cm ja 10—20 cm. Vuosina 1976—77 analysoitiin vain aktiivisin turvekerros eli 0—10 cm:n pintakerros.

Sienirihmastojen pituus mitattiin mikroskoopin avulla membraanisuolettamelle suodatetuista laimennetuista näytteistä (Hanssen 1974).

Bakteerien kokonaismäärä määritettiin maljalaimennusmenetelmällä käyttämällä Taylorin (1951) IM maauuteagarია. Proteolyttiset ja tärkkelystä hajottavat bakteerit määritettiin modifioidulta Taylorin alustalta, johon oli lisätty tärkkelystä ja kaseiinia.

Ammonifikaatiobakteerien, tyyppiä sitovien *Clostridium*-bakteerien ja glukoosia fermentoivien bakteerien määrittäminen MPN (most probable number) menetelmällä käyttäen selektiivisiä kasvualustoja.

Selluloosan ja neulasten hajotusta seurattiin "in situ" -menetelmällä. Nailonverkkopusseihin suljettiin punnittuja selluloosan palasia ja karikepusseihin männyn neulasia. Selluloosaliskat sijoitettiin pystysuoraan

asentoon 0—50 cm:n syvyyteen ja neulaspuusit joko turpeen pinnalle tai 5 cm:n syvyyteen. Kun selluloosaliuskat ja neulaspuusit olivat olleet tietyn ajan turpeessa (1 kk—1 v), määritettiin kuivapainojen häviöprosentit.

### 3. TURPEIDEN ANALYYSITULOKSET

Kaikkien koalueiden turve on varsin hapanta, pH vaihtelee 3,3 ja 4,4 välillä. Molemmat korvet ovat vähemmän happamia kuin rämeet.

Ojitus parantaa turpeen happitaloutta ja täten luo mikrobeille edullisemmat olosuhteet. On odotettavissa, että ojitus lisää tyyppeä sisältävän orgaanisen aineen hajoessa syntyvien epäorgaanisten typpiyhdisteiden määrää turpeessa. Taulukossa 1 on esitetty Kivalon pohjaveden säännöstelykokeilta turpeen pintakerroksen (0—10 cm) totaalitypen, ammonium-typen, nitraattitypen, C:N suhteen ja pH:n arvot kesäkuulta 1976.

Typiprosentti on korkein Kivalon korvella (keskiarvo 2,25 %), seuraavina Kivalon räme (keskiarvo 1,82 %), Vilppulan korpi (keskiarvo 1,74 %) ja Vilppulan räme (keskiarvo 0,94 %). Ojituksen ja lannoituksen vaikutus ei kuvastu sanottavasti totaalitypen määrissä.

Ammonium- ja nitraattitypen määrät vaihtelevat hyvin vähän kuivatussyvyyden mukaan. Epäorgaanisten typpiyhdisteiden määrä kuten totaalitypenkin on suurin Ki-

valon korvella ja pienin Vilppulan rämeellä.

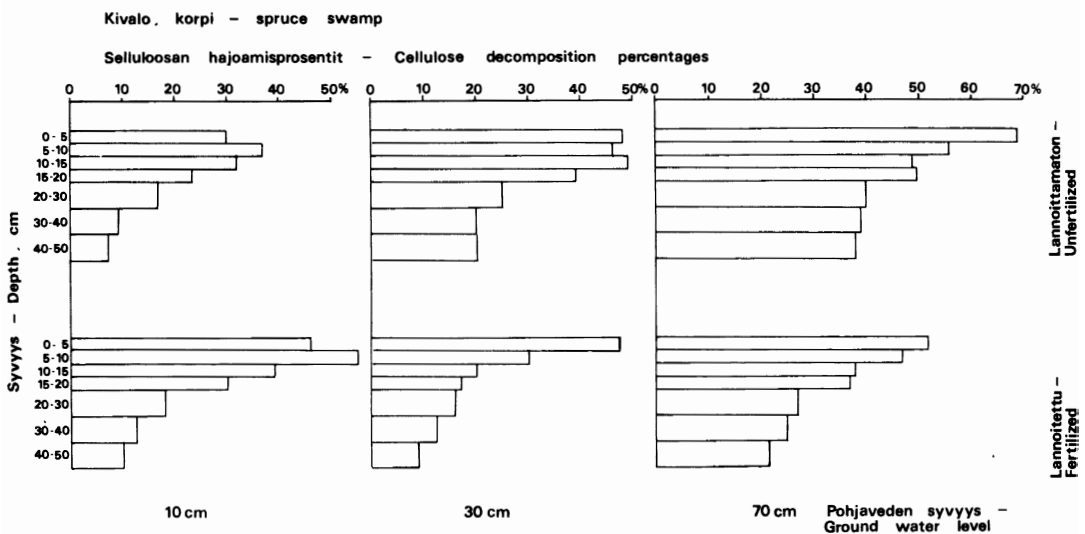
Kemiallisista typpi-analyysistä voidaan nähdä eri koalueiden välisiä karkeampia eroja ravinteiden määrissä, mutta yksinomaan niiden perusteella ei voida päätellä ojituksen ja lannoituksen vaikutuksia orgaanisen aineen hajoamiseen.

Hiili-typpisuhde on korkein Vilppulan rämeellä (41,3) ja alhaisempi korvella (23,6). Kivalon rämeellä C/N-suhde (23,7) on korkeampi kuin korvella (17,4). Mikrobin suorittama hajotustoiminta on tai ainakin on ollut hidasta hiili-typpisuhteen ollessa suuri. C:N suhteen pieneneminen ilmentää orgaanisen aineen hajoamisen nopeutumista. Raja-arvona esitetään suhteeksi 10 (Heikurainen 1973), jonka alapuolella turvemaassa on hajotustoiminta niin vilkasta, että puiden kasvu on siitä hyötynyt.

### 4. HAJOTUSAKTIVITEETIN MITTAUS

#### 4.1. Selluloosan hajoaminen

Orgaanisen aineen hajoamisnopeutta maassa on vaikea seurata, koska maassa esiintyy monenlaisia yhdisteitä. Hajotusaktiiviteettia voidaan kuitenkin mitata välillisesti käyttämällä jotain puhdasta komponenttia, jonka hajoaminen selvitetään. Eräänä menetelmänä on käytetty punnittuja selluloosapalasia, joiden painon väheneminen määritetään tietyn maassaoloajan jälkeen. Tämän menetelmän on Suomessa käyttöön ottanut ja soveltanut suomaille



Kuva 2. Selluloosan hajoamisprosentit turpeen eri syvyyskerroksissa Kivalon korvella kesällä 1977.

Fig. 2. Cellulose decomposition percentages at different depths in the peat in the spruce swamp at Kivalo. Summer 1977.

Taulukko 1. Turpeen pintakerroksen (0—10 cm) ravinnepitoisuudet Kivalon korvella ja rämeellä kesäkuussa 1976.

Table 1. Nutrient contents in the surface layer (0—10 cm) of the peat in the spruce and pine swamps at Kivalo. June 1976.

	KIVALO, RÄME KIVALO, PINE SWAMP						KIVALO, KORPI KIVALO, SPRUCE SWAMP					
	Lannoittamaton Unfertilized			Lannoitettu Fertilized			Lannoittamaton Unfertilized			Lannoitettu Fertilized		
	Pohjaveden syvyys, cm Ground water level, cm						Pohjaveden syvyys, cm Ground water level, cm					
	10	30	70	10	30	70	10	30	70	10	30	70
tot N, %	2,23	2,29	2,23	1,76	2,29	2,08	1,91	1,66	1,89	1,75	1,87	2,04
NH <sub>4</sub> -N, %	0,034	0,041	0,043	0,028	0,034	0,033	0,032	0,032	0,030	0,021	0,024	0,023
NO <sub>3</sub> -N, %	0,0015	0,0014	0,0020	0,0014	0,0016	0,0014	0,0012	0,0012	0,0014	0,0013	0,0013	0,0015
C:N	17,60	17,47	17,16	—	—	—	22,39	26,06	22,62	—	—	—
pH	4,1	3,95	3,6	—	—	—	3,45	3,3	3,25	—	—	—

Paarlahti tutkimuksellaan pohjaveden syvyyden vaikutuksesta selluloosan hajoamiseen (Paarlahti 1964).

Molemmille tutkimusalueille upotettiin maahan vuosina 1975—77 kaikki selluloosaliuskat keväällä. Kasvukauden kuluessa otettiin maasta selluloosaliuskoja kuukauden välein. Kauan maassa olleet liuskat edustavat koko ajanjakson kokonaishajotusta. Tämän takia niissä näkyvät ojituksen ja lannoituksen aiheuttamat erot selvimmin.

Kuvasta 2 ilmenevät tässä tutkimuksessa havaitut selluloosan hajoamisprosentit Kivalon pohjaveden säännöstelykokeella kesällä 1977. Molemmilla korpikoekentillä pohjaveden säännöstely syvälle (30 ja 70 cm:iin) on muuttanut ratkaisevasti selluloosan hajoamisnopeutta. Mitä syvemmälle ojavesi on säännöstelty, sitä tehokkaampaa on selluloosan hajotus. Selluloosan hajoamista ei ole kuitenkaan tutkittu 50 cm syvemmältä.

Molemmilla rämeillä oli selluloosan hajotus kesällä 1977 hitaampaa kuin vastaavilla korven ruuduilla. Myös rämeillä kuivatussyvyyden kasvaessa selluloosan hajotus tehostui.

Kummallakin rämeellä lannoittaminen on edistänyt selluloosan hajotusta 0—20 cm:n pintakerroksessa ainoastaan niillä ruuduilla, joissa pohjaveden syvyys on ollut säännösteltynä 30 cm:iin turpeen pinnasta. Kivalon korvella ei lannoitus nopeuttanut selluloosan hajotusta 70 cm:n säännöstelyruudulla. Ainoastaan 10 cm:n säännöstelyruuduilla on lannoittaminen vaikuttanut selvästi positiivisesti selluloosan hajotukseen.

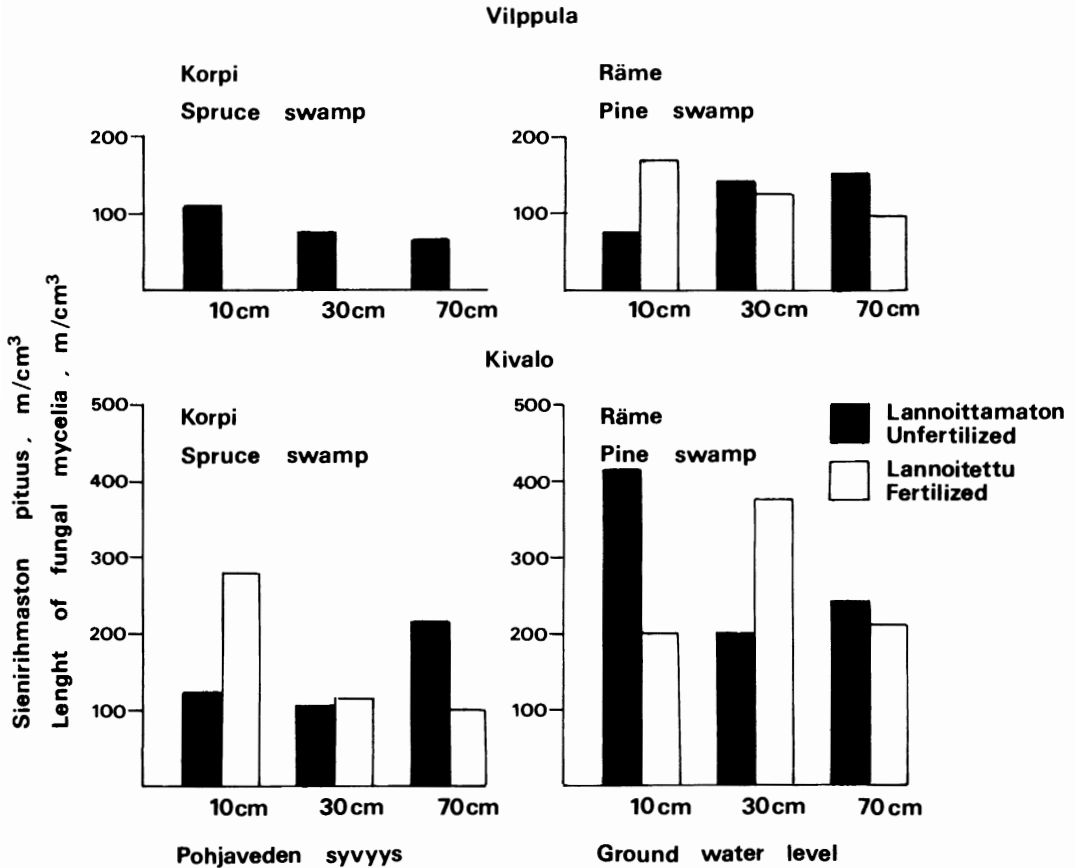
#### 42. Neulasten hajoaminen

Karikkeen hajotustesti kuvaa sitä materiaalia, mitä vuosittain todella maan pinnalle tulee hajotettavaksi. Tässä tutkimuksessa käytettiin karikepusseissa männyn neulasia, jotka erotettiin muusta karikkeesta. Pussien oltua vuoden maassa, määritettiin niistä neulasten hajoamisprosentit. Arvot vaihtelivat turpeen pinnassa 18—27 % välillä ja 5 cm:n syvyydessä 19—23 %:n välillä. Näin ollen neulaset hajosivat suunnilleen samalla lailla turpeen pinnassa (neulaspussit olivat kuitenkin peitettynä ohuella kerroksella luontaista kariketta paikalla pysymisen varmistamiseksi) kuin 5 cm:n syvyydessä. Ojituksen ja lannoituksen vaikutukset eivät näkyneet neulasten hajoamistuloksissa. Eräänä mahdollisena syynä on se, että eroja ei vielä ollut syntynyt, koska neulasten hajoaminen kestää useita vuosia.

Neulaspusseihin jouduttiin käyttämään tiiviimpää kangasta kuin selluloosatestissä. Tämä on saattanut estää maaperäeläinten liikkumista ja kosteuden ja ravinteiden vapaata tasoittumista ympäristön tasolle, jolloin myös kariketta hajottavien mikrobien toiminta vaikeutuu.

#### 43. Sienirihmaston pituus

Turpeessa olevien elävien sienirihmojen määrää on vaikea määrittää luotettavasti. Koska sienet muodostavat itiöitä, ei maljaviljelmämenetelmillä saada hyviä tuloksia. Tässä tutkimuksessa on käytetty menetelmää, jolla membraanisuodatetusta laimennetusta maanäytteestä mikroskoopin avulla mitataan sienirihmojen yhteispituus, m/cm<sup>3</sup>



Kuva 3. Sienirihmaston pituus (m/cm<sup>3</sup>) turpeen pintakerroksessa (0–10 cm) Vilppulan ja Kivalon korvella ja rämeellä heinäkuussa 1977.

Fig. 3. Length of fungal mycelia (m/cm<sup>3</sup>) in the surface layer (0–10 cm) of the peat in spruce and pine swamps at Kivalo and Vilppula July 1977.

turvetta.

Kuvassa 3 on esitetty sienirihmaston pituudet 0–10 cm:n pintakerroksessa Kivalon ja Vilppulan koealueilta heinäkuulta 1977.

Yleisesti ottaen voidaan todeta, että sienirihmastojen määrän vuodenaikainen vaihtelu on suuri jopa saman käsittelyn saaneilla rinnakkaisruuduilla.

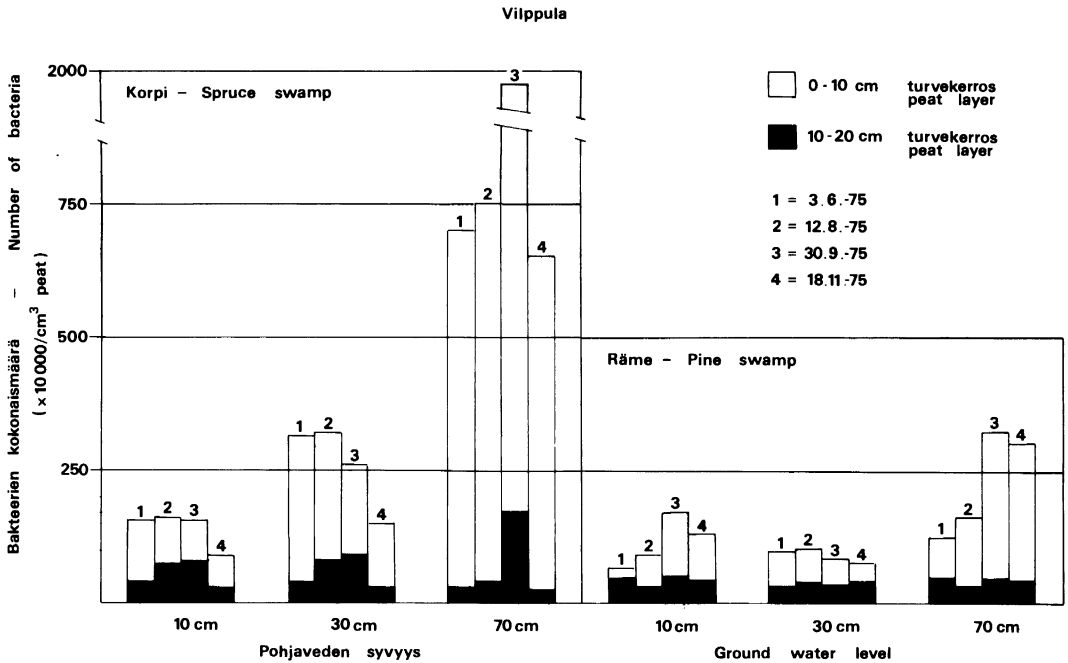
Yleisenä piirteenä kaikilla näytteenotto-kerroilla on ollut se, että sekä lannoittamattomilla että lannoitetuilla koealueilla on sienirihmaston pituus ollut suurin märillä alueilla, ts. kuivatussyvyyden ollessa 10 cm. Asia ei ole näin selväpiirteinen, koska poikkeuksiakin esiintyy. Tässä yhteydessä esitetyt tulokset ovat vain yhdeltä näytteenotokerralta.

Käytetty sienirihmaston mittausmenetelmä ei erottele kuolleita rihmastoja elävistä. Turpeessa saattaa suuri osa rihmoista olla kuolleita, eikä sienirihmaston pituus tällöin

kuvasta sienirihmaston aktiivisuutta hajotajana. Tätä käsitystä tukee se, että vain harvat sienirihmat pystyvät toimimaan anaerobisissa olosuhteissa, eikä näin ole odotettavissa, että huonoimmin ojitetuilla alueilla olisi eniten sienirihmoja. On tietenkin mahdollista, että sienirihmasto pysyy kasvamaan kuivina ajanjaksoina, kun vedenpinta on väliaikaisesti alempana ja olosuhteet aerobiset.

Eräs tärkeä tekijä, joka selittää sienirihmaston suurta määrää turpeessa, on turpeen suuri happamuus. Sienirihmasto kestää happamuutta paremmin kuin suurin osa bakteereista.

Koska sienirihmastojen kasvu turpeessa näyttää olevan hyvin herkkä ulkoisten tekijöiden vaihteluille, kuten sateille, lämpötilan muutoksille ym., on ojituksen ja lannoituksen vaikutuksia vaikea arvioida, jollei mm. sääolosuhteita ole otettu huomioon. Tulosten jatkokäsittelyssä pyritään tähän.



Kuva 4. Bakteerien kokonaismäärä ( $\times 10\,000/\text{cm}^3$  turvetta) 0–10 cm:n ja 10–20 cm:n turvekerroksissa Vilppulan korvella ja rämeellä 1975.

Fig. 4. Total number of bacteria ( $\times 10\,000/\text{cm}^3$  peat) at depths of 0–10 cm and 10–20 cm in the peat in the spruce and pine swamps at Vilppula, 1975.

#### 44. Bakteerien määrä

Aerobisten bakteerien kokonaismäärä on suurin turpeen pintakerroksessa (ks. kuva 4). Kosteuden, lämpötilan ja happitalouden muutokset kuvastavat nopeasti mikrobien määrissä. Eri vuodenaikoina vaihtelee organismien lukumäärä paljon.

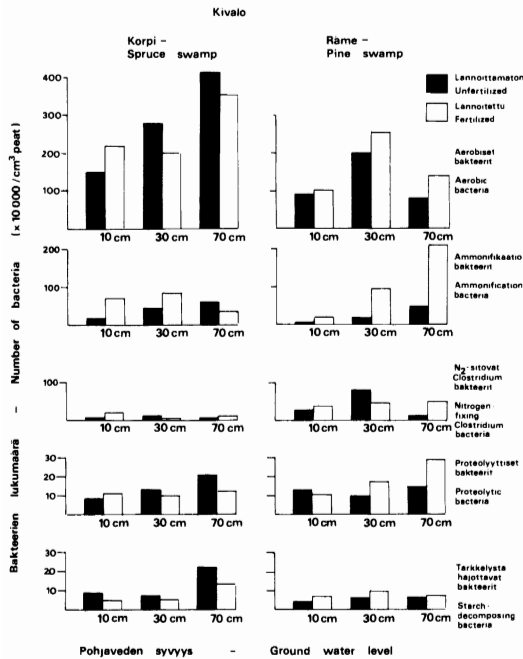
Kun pohjaveden etäisyys on säännöstelty 70 cm:n syvyydelle, esiintyy aerobisia bakteereja runsaammin kuin kuivatuksen ollessa tehottomampi. Kuvassa 4 on esitetty aerobisten bakteerien kokonaismäärät 0–10 cm:n ja 10–20 cm:n turvekerroksissa Vilppulan korvella ja rämeellä eri ajan kohtina vuonna 1975.

Koska bakteeritoiminta on vilkkainta samassa 0–10 cm:n pintakerroksessa, missä suurin osa puiden juuriakin on, on vuosina 1976–1977 tutkimuksissa keskitytty vain tähän pintakerrokseen. Kuvassa 5 on esitetty aerobisten bakteerien kokonaismäärät, ammonifikaatiobakteerien, valkuaisaineita hajottavien, tärkkelystä hajottavien ja tyyppeä sitovien *Clostridium*-bakteerien määrät turpeen pintakerroksessa. On muistettava, että kasvukauden eri vaiheissa bakteerien määrät vaihtelevat suuresti. Kuvasta ilme-

nee vain heinäkuun 1977 tilanne Kivalossa.

Kuivatussyvyyden kasvaessa lisääntyvät bakteerien lukumäärät etenkin Kivalon korvella lähes kaikissa ryhmissä. Tämä merkitsee sitä, että ojitus lisää bakteeritoimintaa ja tätä kautta orgaanisen aineen hajoamista ja kasveille käyttökelpoisten ravinteiden määrää. Erikoisen selvästi näkyvät ojituksen vaikutukset ammonifikaatiobakteerien määrissä sekä korvella että rämeellä. Toisin sanoen ojituksen tehostaminen lisäsi eniten niiden bakteerien lukumääriä, joilla on kyky hajottaa orgaanisia typpiyhdisteitä ammoniumtypeksi.

Mielenkiintoista tuloksissa on se, että anaerobisten bakteerien (tyypeä sitovat *Clostridiumit* ja glukoosia anaerobisesti fermentoivat bakteerit) määrät eivät välttämättä vähenny ojituksen tehostuessa, vaan päinvastoin niiden lukumäärä saattaa lisääntyä. Säännöstelysyvyyden ollessa 30 cm olivat sekä *Clostridium*-bakteerien että glukoosia fermentoivien bakteerien lukumäärät suurimmat. Glukoosia fermentoivien bakteerien määrät 70 cm:n säännöstelyruuduilla olivat suuremmat kuin 10 cm:n säännöstelyruuduilla. Tämä merkitsee sitä, että turpeen pinnassa esiintyy silti anaerobisia



Kuva 5. Bakteerien määrät ( $\times 10\,000/\text{cm}^3$  peat) turpeen pintakerroksessa (0–10 cm) Kivalon korvella ja rämeellä heinäkuussa 1977.

Fig. 5. Number of bacteria ( $\times 10\,000/\text{cm}^3$  peat) in the surface layer (0–10 cm) of the peat in the spruce and pine swamps at Kivalo, July 1977.

”pienympäristöjä”. Koska kuivatus vaikuttaa myös bakteerien omaan ravinteiden saantiin hajotustoiminnan vilkastumisen seurauksena, saattaa ojitus lisätä myös anaerobisten bakteerien toimintamahdollisuuksia.

Lannoitus on vaikuttanut hyvin eri tavoin eri kohteilla bakteerien lukumääriin.

Rämeen lannoitetuilla ruuduilla oli aerobisten bakteerien, ammonifikaatiobakteerien, proteolyyttisten ja tärkkelystä hajottavien bakteerien määrät suuremmat kuin vastaavilla lannoittamattomilla ruuduilla. Korvella lannoitus ei lisännyt lainkaan bakteerien määriä 70 cm:n pohjaveden säännöstelyruuduilla. Rämeellä ovat bakteerit nähtävästi kärsineet käyttökelpoisten ravinteiden puutteesta enemmän kuin luontaisesta ravinnerikkaammalla korvella.

## 5. TULOSTEN TARKASTELUA

Kemiallisista analyysituloksista havaittiin, ettei totaalitypen, nitraattitypen ja ammoniakkitypen määrittäminen tiettyä ajankohtana kerro paljon orgaanisen aineen ha-

joamisesta eikä käyttökelpoisten typpiyhdisteiden määrästä. Nitraatti- ja ammoniumtypen hetkittäiset arvot eivät kuvaa maan typpitasetta, koska sekä kasvit että bakteerit käyttävät liukoiset typpiyhdisteet hyvin nopeasti. Lisäksi tapahtuu huuhtoutumista.

Molemmilla korven koalueilla on ojituksen tehostaminen aiheuttanut huomattavia lisäyksiä puuston kasvussa. Samalla on selluloosan hajotus turpeessa lisääntynyt. Tehokkaasti kuivatuilla lannoittamattomilla ruuduilla (70 cm) on selluloosan hajotus vielä 40–50 cm:n syvyydellä maassa tehokkaampaa kuin heikosti ojitettujen ruutujen pinta-osassa (0–5 cm). Kivalon korvella lannoitus vaikutti puuston kasvua lisäävästi selvästi vain ruuduilla, joissa pohjaveden pinta oli säännöstelty 10 cm:n etäisyydelle pinnasta. Samoin selluloosan hajotus tehostui lannoituksen vaikutuksesta ainoastaan ruuduilla, joissa pohjaveden pinta oli 10 cm pinnasta. Nähtävästi tehokkaasti ojitetuilla ruuduilla maaperän omat ravinneravat ovat olleet ilman lannoitustakin riittävät.

Kivalon rämeellä puuston vuotuinen pohjapinta-alan kasvu on suurempi kuin Vilppulan rämeellä johtuen Kivalon rämeen paremmasta ravinnetaloudesta. Vaikka Kivalo sijaitsee pohjoisessa ja siellä on lyhyempi kasvukausi kuin Vilppulassa, on tehokkaammilla pohjaveden säännöstelyruuduilla ollut selluloosan hajotus pintakerroksessa nopeampaa kuin Vilppulassa. Molemmilla rämeillä lannoitus vaikutti puuston kasvuun voimakkaasti ja samalla tasoiitti 30 cm:n ja 70 cm:n kuivatussyvyyksien aiheuttamia eroja. Sekä Kivalossa että Vilppulassa lannoitus on lisännyt rämeellä selluloosan hajotusta eniten 30 cm:n pohjaveden säännöstelyruuduilla. Tämä selittää sitä, miksi puiden kasvut 30 cm:n säännöstelyruuduilla ovat nousseet lähes samalle tasolle kuin 70 cm:n säännöstelyruuduilla.

Aerobisten bakteerien, ammonifikaatiobakteerien sekä proteolyyttisten bakteerien lukumäärät turpeen pintakerroksessa ovat olleet lannoittamattomilla ruuduilla yleensä sitä suuremmat mitä syvemmällä pohjavesi on ollut. Eniten ojitus lisäsi lukumäärää ammonifikaatiobakteerien kohdalla, jotka muuttavat turpeen orgaanisia typpiyhdisteitä puille käyttökelpoiseen epäorgaaniseen ammoniumtyppiin. Mainittujen bakteerien lukumäärät olivat yleensä myös lannoitetuilla koaloilla huomattavasti suuremmat kuin lannoittamattomilla. Toisin sa-



noen ammonifikaatiobakteerien toimintaa on osittain rajoittanut ravinteiden puute.

Eräs mahdollinen syy siihen, miksi orgaanisten typpiyhdisteiden hajoaminen epäorgaaniseksi typeksi ei kuvastu totaalitypen määrissä, saattaa olla, että samanaikaisesti hajotustoiminnan kanssa tapahtuu vapaan typen sidontaa ilmakehästä.

Hiili/typpisuhteen pieneneminen turve- mailla merkitsee orgaanisen aineen hajoamisen tehostumista. Myös tämä aineisto tukee käsitystä siitä, että mitä pienempi on hiili/typpisuhde, sitä parempi on puiden kasvu.

Heikuraisen (1973) mukaan puut hyötyvät mikrobien hajotustoiminnasta, kun C/N-suhde on alle 10. Tässä tutkimuksessa oli kaikilla koealueilla C/N-suhde huomattavasti korkeampi. Tutkimus osoittaa, että puut ovat hyötyneet mikrobien toiminnan seurauksena vapautuneista ravinteista, vaikka C/N-suhde on mainittua arvoa kor-

keampi.

Erilaisten bakteerien määrien selvittäminen tuo tietoa orgaanisen aineen hajoamisesta turpeessa. Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että mitä vilkkaampaa on bakteeritoiminta sitä paremmin puut kasvavat. Bakteerien lukumäärien analysoiminen yksinään ei kuitenkaan riitä selvittämään sitä, mitä maaperässä todella tapahtuu. Taustatueksi tarvitsee myös kemiallisia analyysejä. Esitetyt havainnot ovat esitulosia suuremmasta aineistosta, jossa on analysoitu lisäksi ureaasiaktiivisuutta, denitrifikaatiobakteerien määriä, nitrifikaatiobakteerien määriä ja humushappojen vaikutuksia proteiinien ammonifikaatioon. Koekentillä on seurattu myös sitä, miten mitatut abioottiset tekijät kuten maan lämpötila, maaveden jännitys, hapetus-pelkistysolosuhteet ja pohjaveden korkeus vaikuttavat kasvukauden aikana eri mikrobiryhmien bakteerien määriin.

#### KIRJALLISUUS

Hanssen, J. F., Thingstad, T. F. & Goksøyr, J. 1974. Evaluation of hyphal lengths and fungal biomass in soil by membrane filter technique. *Oikos* 25: 102—107.

Heikurainen, L. 1973. *Skogsdikning*. Stockholm.

Huikari, O. 1952. Suotyypin määritys maa- ja metsätaloudellista käyttöarvoa silmälläpitäen. *Silva Fenn.* 75.

Huikari, O. & Paarlahti, K. 1967. Results of field experiments on the ecology of pine, spruce and birch. *Comm.Inst.For.Fenn.* 64. 1.

Kaunisto, S. & Norlamo, M. 1976. On nitrogen mobilization in peat. I. Effect of liming and rotavation in different incubation temperatures. *Comm. Inst. For. Fenn.* 88.2.

Kuprevich, V. F. & Scherbakova, T. A. 1971. Comparative Enzymatic Activity in Diverse Types of Soil. *Soil Biochem.* 2:167—201.

Paarlahti, K. & Vartiovaara, U. 1958. Havainnoja luonnontilaisten ja metsäojitettujen soiden pieneliöstöistä (Summary: Observations concerning the microbial populations in virgin and drained bogs). *Comm.Inst.For. Fenn.* 50.4.

Paarlahti, K. 1964. Havainnoja pohjaveden korkeuden vaikutuksesta selluloosan hajaantumiseen rämeen ja korven turpeessa. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa.

Paarlahti, K. 1979. Excursion in the Jaakkoinsoo and Kaakkosuo experimental areas. Vilppula. The Finnish Forest Research Institute Department Of Peatland Forestry. Moniste.

Paavilainen, E. & Norlamo, M. 1975. Effect of various nitrogen fertilizers on the initial development of birch, spruce and pine. *Comm. Inst. For. Fenn.* 86.2.

Taylor, B.D. 1951. The nutritional requirements of the predominant bacterial flora of the soil. *Proc. Soc. Bact.* 14: 101—111.

## 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

The aim of the study is to determine whether the decomposition of organic matter and the activity of different groups of micro-organisms has changed in peatlands where the ground-water table has been maintained at different depths for a considerable length of time. The study has been carried out in sample plots situated on Scots pine and Norway spruce swamps where the groundwater table has been maintained at depths of 10, 30 and 70 cm since 1960. The annual growth of the trees has been followed since the time when the experiment was established. It has thus been possible to examine the connection between tree growth and the numbers of different types of bacteria and the rate of decomposition of the organic matter.

Experiments with NPK fertilizer were established in 1961—1962 on plots where corresponding ground-water table regulation had been carried out. The plots in North Finland were refertilized in 1965, and those further to the south in 1967—1969.

Intensification of drainage on the sample plots established on spruce swamps has produced a considerable increase in stand growth (Fig. 1). Decomposition of cellulose in the peat has also increased (Fig. 2). Cellulose decomposition on the plots which have been efficiently drained is effective down to a depth of at least 50 cm.

Fertilization increased stand growth most on those plots on the spruce swamp where the ground-water table had been maintained at a depth of 10 cm from the surface.

Cellulose decomposition also became more effective on these plots. The nutrient reserves in peat which has been efficiently drained, have possibly been sufficient without any fertilizer addition.

Fertilization has had a strong effect on stand growth on the pine swamps, the best results being obtained with a drainage depth of 30 cm. Fertilization has also had the strongest effect on cellulose decomposition in the plots on pine swamps where the ground-water table has been maintained at a depth of 30 cm.

The numbers of aerobic, ammonification and proteolytic bacteria in the surface layer of the unfertilized peat have been the greater, the deeper the ground-water table (Fig. 5). Intensifying drainage has had the strongest effect on the number of ammonification bacteria. Fertilization, similarly, had the strongest effect on the number of ammonification bacteria. In other words, the activity of both the trees and the bacteria has been limited by a lack of nutrients, which fertilization has alleviated.

Although drainage makes the conditions in the peat more aerobic, the number of anaerobic bacteria has not decreased as the efficiency of drainage increased.

Generally speaking, the higher the level of bacterial activity, the better the tree growth. Following changes in the number of different types of bacteria provides information about the decomposition of organic matter in the peat. However, this is not sufficient and chemical analyses are also required.