

# Metsitettyjen turvepeltojen ja viereisten suometsien ravinnemäärät

Nutrient amounts of afforested peat fields and neighbouring peatland forests

Jyrki Hytönen & Antti Wall

*Jyrki Hytönen & Antti Wall, The Finnish Forest Research Institute, Kannus Research Station, P. O. Box 44, FIN-69101 Kannus, Finland (e-mail: Jyrki.Hytonen@metla.fi)*

Chemical and physical characteristics of afforested peat fields were compared with those of neighbouring peatland forests, i.e. naturally forested peatland sites drained to improve forest growth. Six study sites were selected with such sites located alongside an afforested peat field. On three of the fields, mineral soil had been added during cultivation as a soil amelioration agent. Most of the fields had been uncultivated for 15–20 years before afforestation. Volumetric soil samples were taken and analysed for their total and ammonium acetate extractable nutrient concentrations (P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn). Kjeldahl N and B in  $H_3PO_4-H_2SO_4$  were also analysed. The soil layers 0–20 cm (the field cultivation depth) and 20–40 cm were compared. The physical and chemical characteristics of the top soil in peat fields and neighbouring forests differed in many respects even after 25 years had passed since their afforestation. Bulk density, ash content and pH of the peat were higher in peat field soils than in peatland forest soils. Also, the total amounts of N, P and Ca were higher in the cultivation layer of the fields than in the corresponding layer in peatland forests. In cases where mineral soil had been added to the peat fields, the amounts of P, K, Ca, Mg, Mn and Zn were higher in the 0–20-cm soil layer whereas the amounts of N and B did not significantly differ from those in the soils of peatland forests. The differences in the amounts of extractable nutrients between the field soils and forest soils were smaller; Ca and (when mineral soil had been added) also Fe and Zn concentrations were higher in the peat field soils than in the soils of peatland forests.

Key words: afforestation, agriculture, mires, nutrients

## JOHDANTO

Suomen peltoalasta (2,2 milj. ha) viidennes on eloperäisiä maita (turpeet, multamaat, liejut) (Urvas 1995). Niiden osuus on vuosien mittaan vähentynyt humuksen hajoamisen johdosta. Multapeltoja oli koko maan peltopinta-alasta 1980-luvulla 13%

ja turvepeltoja 7%. Suuri osa multamaista on syntynyt ohutturpeisista turvepelloista turvekerroksen sekoituessa kivennäismaan kanssa tai kun turvepelloille on ajettu maanparannusaineksi kivennäismaata. Osalla multamaapelloista on siten muokkauskerroksen alapuolella paksu turvekerros. Runsaasti orgaanista ainetta sisältävistä

pelloista yli puolet sijaitsee Pohjanmaalla ja Lapissa.

Peltoviljelyssä muokkaus, toistuvat lannoitukset, kalkitus ja muut maanparannustoimenpiteet sekä koneiden aiheuttama tiivistyminen ovat muuttaneet soista raivattujen peltojen muokkaukskerroksen kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia. Viimeisten vuosikymmenien aikana peltojen pH on noussut, ja erityisesti fosfori-, mutta myös kalium-, magnesium- ja kalsiumpitoisuudet ovat nousseet (Urvas 1995). Turvepeltojen viljelyssä suositeltiin aiemmin painomaaksi kutsutun kivennäismaan lisäystä (Isotalo 1952), ja sen käyttö oli varsin yleistä Suomessa (Pessi 1953, 1962, Valmari 1983). Painomaan vaikutus peltomaan muokkaukskerroksen ravinnevaroihin ja fysikaaliseen koostumukseen on hyvin pitkäaikainen (Anttinen 1957, Pessi 1960, 1961a, b, Wall & Hytönen 1996). Kivennäismaan määrän lisäksi sen koostumus vaikuttaa ravinteiden määrään (Pessi 1961b, c, Takala 1961, Wall & Hytönen 1996).

Pellonmetsitykset ovat onnistuneet multa- ja turvepelloilla kaikilla puulajeilla eri puolilla Suomea heikommin kuin kivennäismaapelloilla (Hytönen 1995a, Kinnunen 1995). Yksi huonon menestymisen syy voi olla puiden kannalta epätasapainoinen ravinnetalous. Puiden ravinneperäisiä kasvuhäiriöitä onkin havaittu yleisesti turvepelloilla (Valtananen 1991, Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993, Hytönen 1995b, Hytönen & Pietiläinen 1995).

Metsänkasvatuksen kannalta on oleellista tuntea maanviljelyn aikaansaamat muutokset maan ravinnetilassa ja niiden pysyvyys. Urvas (1985) on selvittänyt viljelyn vaikutusta turvepeltojen ravinnepitoisuuksiin käyttäen maatalouden viljavuusanalyysin menetelmiä. Turvemaiden metsäntutkimuksessa on viime aikoina yleisesti esitetty ravinteiden määriä rikkomattoman näytteen tilavuutta kohti (*in situ*) (esim. Kaunisto & Paavilainen 1988, Laiho & Laine 1994). Maan kokonais- ja uuttuvien ravinemäärien tietäminen on tarpeen ravinnevarojen riittävyden arvioimiseksi (Kaunisto 1991). Kemiallisen ravinneanalyysin lisäksi tarvittaisiin ravinnetilaa kuvaavia maastomenetelmiä. Turvepeltojen ravinnetilan arviointi maastossa on vaikeaa, sillä pintakasvillisuuteen perustuva metsätyyppiluokitus sopii metsitettyjen peltojen kasvillisuuteen varsin huonosti. Turvepeltojen ravinnetilan arvioimiseksi on ehdotettu metsittä-

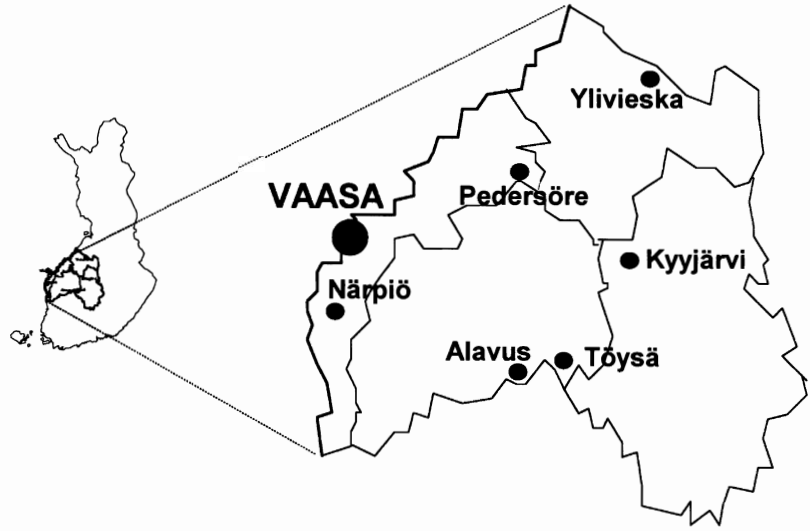
vää peltoa ympäröivien suometsien ravinnetilan tarkastelua (Hynönen 1992). Metsitetyiltä pelloilta arvioitujen kasvupaikkatyypin, etenkin karuimpien (Vatkg) ja rehevimpien (Rhtkg, Mtkg), välillä on havaittu olevan selviä eroja useiden ravinteiden määrissä (Hynönen 1992). Urvaksen (1985) tutkimuksessa suon alkuperäinen trofia oli tunnistettavissa viljellyistä turvemaista useiden ravinteiden osalta, vaikka viljely oli kohottanut ravinteiden pitoisuuksia. Viereisten suometsien informaatioarvo metsitetyn pellon ravinnetilan kuvastajana kuitenkin heikkenee, jos maanviljelytoimenpiteet (esim. painomaan käyttö) ovat voimakkaasti muuttaneet maan ominaisuuksia (Wall & Hytönen 1996).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia metsitettyjen turvepeltojen ja alkuaan mahdollisimman samantyyppisen suon ravinemääriä. Tavoitteena oli selvittää, voidaanko suon trofiatasosta päätellä metsitetyn pellon ravinnetilaa, ja arvioida, miten maanviljely on vaikuttanut suon ravinemääriin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin.

## AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuskohteiksi valittiin Pohjanmaalla sijaitsevien Metsäntutkimuslaitoksen perustamien pellonmetsityskokeiden (Ferm ym. 1993) ja inventoitujen pellonmetsitysalojen (Hytönen & Ekola 1993) joukosta metsitettyjä peltoja ja niiden viereisiä suometsiä (Kuva 1, Taulukko 1). Kohteen valinnan pääkriteeri oli se, että metsitetyn pellon voitiin olettaa raivatun siihen rajoittuvasta puustoisesta suosta. Lisäksi valituilla kuudella kohteella turvekerroksen paksuuden sekä pellolla että suolla piti olla vähintään 40 cm. Tutkituista pelloista kolmella (Töysä, Ylivieska ja Alavus) oli maastohavaintojen mukaan maanparannusaineena käytetty kivennäismaata. Kivennäismaan esiintyminen turpeessa varmistettiin laboratoriossa (mm. tuhkapitoisuuden määrittäminen).

Maanäytteet otettiin näytealoilta, jotka sijoitettiin kohtisuoraan linjaan metsitetyn pellon ja metsän välissä kulkevaan ojaan nähden siten, että kaksi näytealaa sijaitsi metsitetyllä pellolla ja kaksi metsän puolella 10 ja 30 m:n etäisyydellä metsän ja pellon välisestä ojasta. Alavudella linjoja oli kolme. Siten koaloja oli yhteensä 32 kpl. Maanäytteet koostettiin kolmesta määrätilavuudesta



Kuva 1. Tutkimuskohteiden sijainti.

Fig. 1. Location of the study sites.

(292 cm<sup>3</sup>) osanäytteestä, jotka otettiin kerroksista 0–5, 5–10, 10–20, 20–30 ja 30–40 cm. Näytteet säilytettiin pakastettuina. Ennen analysointia ne sulatettiin huoneenlämmössä ja niitä kuivattiin vuorokausi 70°C:ssa. Näytteet homogenoitiin hiertämällä 2 mm seulan läpi.

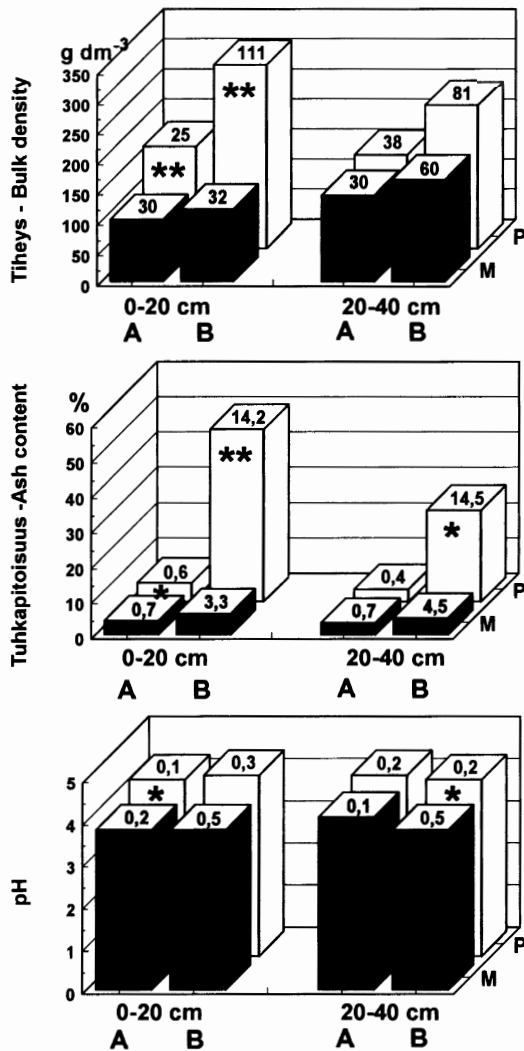
Näytteen tuhkapitoisuus määritettiin hehkutus-häviönä (550°C, 8 h). Maanäytteen tiheys laskettiin kuivamassan (70°C) ja tuoretilavuuden suhdelukuna. Kuivattujen maanäytteiden pH määritettiin tilavuussuhteessa 1:2,5 valmistetusta maa-

vesilietoksesta. Näytteistä määritettiin fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, mangaanin, raudan, ja sinkin kokonaispitoisuudet (tuhkan HCl-uutto) ja ammoniumasetaatilla (pH 4,65) uutuvat pitoisuudet (Halonen ym. 1983). Kokonaisytyppi määritettiin Kjeldahlin menetelmällä ja boori H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>–H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-uutoksesta (Halonen ym. 1983). Ravinteiden määrät esitetään kokonaismäärinä (kg ha<sup>-1</sup>) 20 cm:n paksuisissa maakerroksissa. Ylin kerros pelloilla kuuluu siten muokkauskerrokseen.

Taulukko 1. Tutkimuskohteiden yleistiedot.

Table 1. General information of the study sites.

Tutkimuskohde	Keskimääräinen turvepaksuus, cm	Istutusvuosi	Peltokäyttö	Viereisen metsän turvekangastyypin
Study site	Average peat thickness, cm	Year of afforestation	Former agricultural use	Site type of the nearby peatland forest
Alavus	50	1990	Pakettipeltona yli 20 vuotta – As abandoned field for over 20 years	Ptkg – Vaccinium vitis-idaea type
Kyyjärvi	40	1990	Peltoheittona yli 20 vuotta – As abandoned field for over 20 years	Ptkg – Vaccinium vitis-idaea type
Närpiö	40	1990	Heinäpelto v. 1988 asti, kalkittu 1975 – As hay field until 1988, limed 1975	Mtkg – Vaccinium myrtillus type
Pedersöre	40	1990	Pakettipeltona 15 vuotta – As abandoned field for 15 years	Mtkg – Vaccinium myrtillus type
Töysä	80	1990	Kaurapeltona vuoteen 1988 asti – As oats field until 1988	Ptkg – Vaccinium vitis-idaea type
Ylivieska	40	1972	Heinäpeltona metsitykseen asti – As hay field until afforestation	Ptkg – Vaccinium vitis-idaea type



Kuva 2. Turvepeltojen (P) ja suometsien (M) maan tiheys, tuhkapitoisuus ja pH maan pintakerroksessa (0–20 cm) ja sen alapuolella (20–40 cm) kohteissa, joissa pelloilla ei ollut painomaata (A) tai painomaata oli käytetty (B). Tähdet pylväissä osoittavat tilastollisesti merkitsevän eron (\* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$ ) suometsän ja pellon välillä ja numerot pylväiden päällä keskihajonnan.

Fig. 2. Soil bulk density ( $\text{g dm}^{-3}$ ), ash content (%) and pH in the layers of 0–20 cm and 20–40 cm in fields (P) and forests (M) divided into groups on the basis of utilization of mineral soil as soil improvement agent in field cultivation (A = no mineral soil, B = mineral soil addition). Statistically significant (\* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$ ) differences between peatland forest and field marked with asterisks and standard deviation with numbers above the bars.

Pellot jaettiin painomaan käytön perusteella kahteen ryhmään. Kummankin ryhmän metsitetty-

jen turvepeltojen ja viereisten turvemaiden ravinnemäärien erojen testaamiseen käytettiin toisistaan riippuvien otosten t-testiä.

## TULOKSET

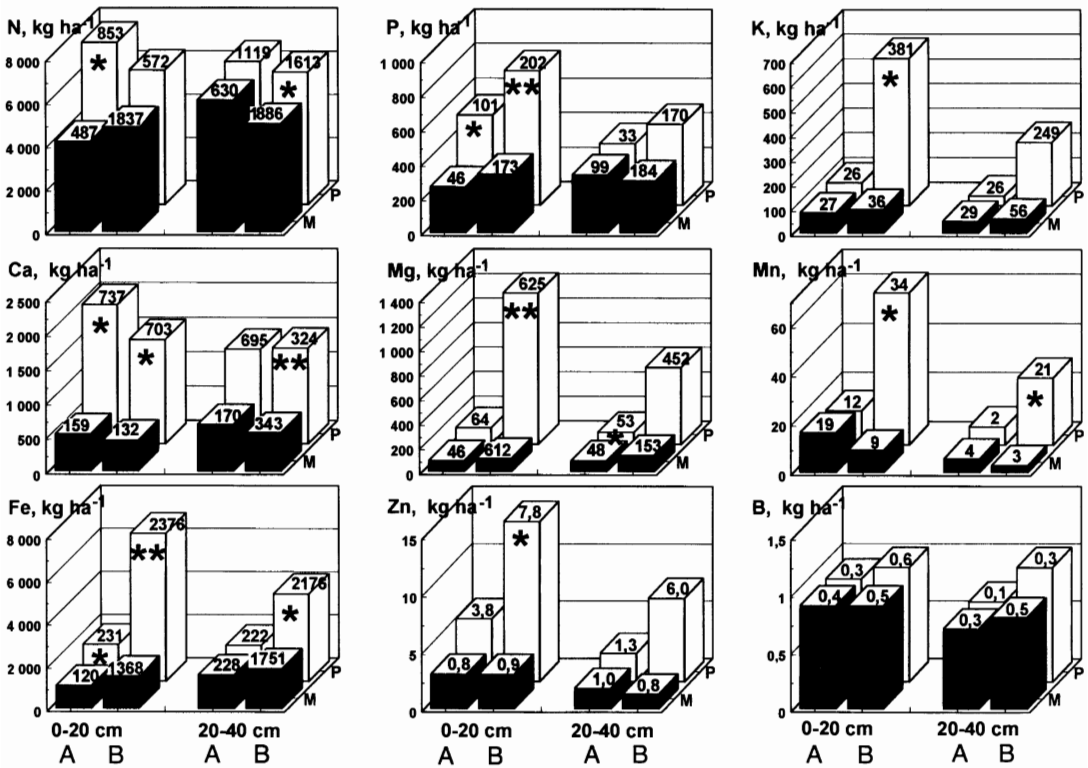
Metsitettyjen peltomaiden muokkauskerroksen (0–20 cm) tiheys oli viereisten suometsien vastaavaan maakerrokseen verrattuna keskimäärin puolitoistakertainen, jos painomaata ei oltu käytetty ja kolminkertainen mikäli maanparannusaineena oli käytetty kivennäismaata (Kuva 2). Muokkauskerroksen alapuolella (20–40 cm) peltomaan tiheys oli edelleen hieman, mutta ei tilastollisesti merkitsevästi korkeampi kuin metsämaan. Kahdella pellolla tiheys oli lisääntynyt vielä 20–40 cm:n syvyydessä.

Painomaapeltojen muokkauskerroksen tuhkapitoisuus (49%) oli moninkertainen verrattuna peltoihin, joissa ei painomaata oltu käytetty (tuhkapitoisuus 8%). Ero suometsiin (tuhkapitoisuus 3–13%) oli tilastollisesti merkitsevä molemmissa peltoryhmissä. Painomaapeltojen tuhkapitoisuus 20–40 cm:n syvyydellä oli keskimäärin 26% ja muiden peltojen 4%. Vain painomaapeltojen tuhkapitoisuus erosi suometsien (4%) tuhkapitoisuudesta tilastollisesti merkitsevästi.

Metsitettyjen peltojen pH oli keskimäärin 4,3 ja soiden pH oli 0,5 pH-yksikköä alhaisempi.

Peltojen muokkauskerroksen kokonaisravinnemäärät, erityisesti kun pelloilla oli käytetty painomaata, olivat korkeammat kuin suometsissä (Kuva 3). Jos painomaata ei oltu käytetty, olivat pellon muokkauskerroksen typpi-, fosfori- ja rautamäärät puolitoistakertaiset ja kalsiummäärät nelinkertaiset viereisiin suometsiin verrattuna. Erot olivat tilastollisesti merkitseviä. Mikäli painomaata ei viljelyssä oltu käytetty eivät pellon ja suometsän kaliumin, magnesiumin, mangaanin, sinkin ja boorin kokonaismäärät poikenneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

Painomaan käyttö maanparannusaineena lisäsi edelleen jonkin verran maan fosforin määrää, mutta huomattavasti kaliumin, magnesiumin, mangaanin, raudan ja sinkin kokonaismäärää. Erot vastaaviin suometsiin olivat tilastollisesti merkitsevät. Suometsiin verrattuna painomaapeltoilla muokkauskerroksessa oli fosforia 2-, kaliumia 6-, magnesiumia 11-, mangaania 7-, rautaa ja sinkkiä lähes 5-kertaisesti.



Kuva 3. Turvepeltojen (P) ja suometsien (M) maan typen, fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, mangaanin, raudan, sinkin ja boorin kokonaismäärät turpeen pintakerroksessa (0–20 cm) ja sen alapuolella (20–40 cm) kohteissa, joissa pelloilla ei ollut painomaata (A) tai painomaata oli käytetty (B). Tähdet pylväissä osoittavat merkitsevän eron (\* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$ ) suometsän ja pellon välillä ja numerot pylväiden päällä keskiahjonnan.

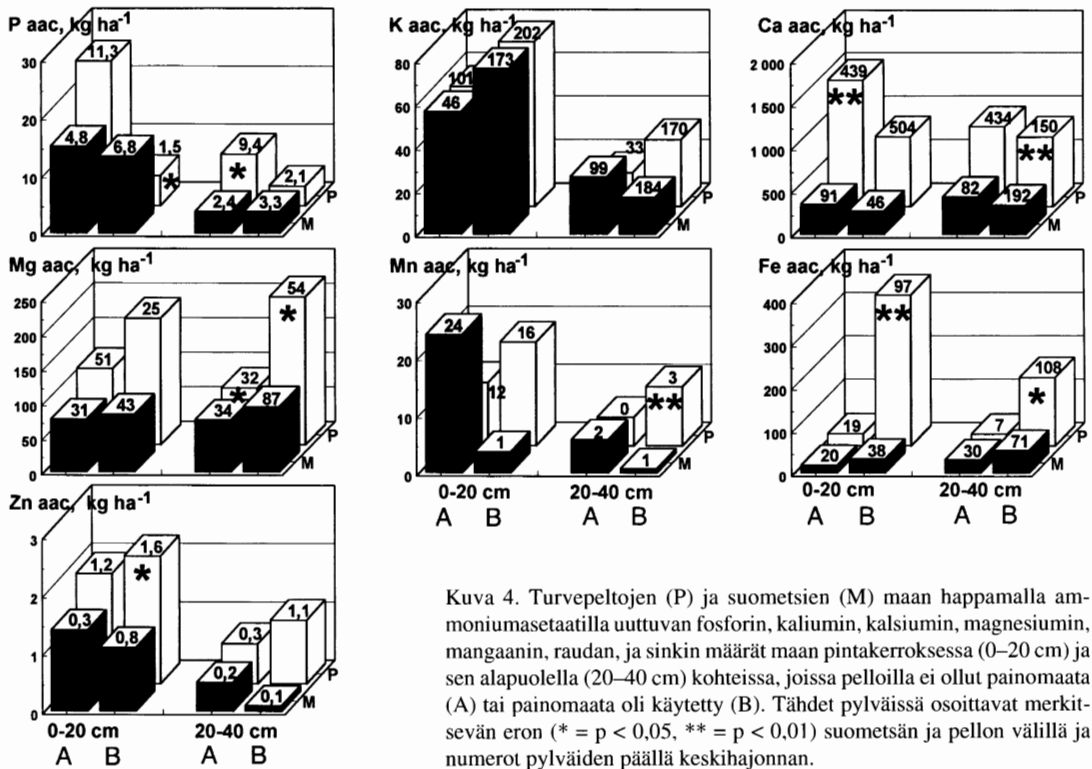
Fig. 3. Total nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, manganese, iron, zinc and boron amounts in the layers of 0–20 cm and 20–40 cm in fields (P) and forests (M) divided into groups on the basis of utilization of mineral soil as soil improvement agent in field cultivation (A = no mineral soil, B = mineral soil addition). Statistically significant (\* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$ ) differences between peatland forest and field marked with asterisks and standard deviation with numbers above the bars.

Peltojen ja viereisten suometsien kokonaismäärissä oli syvemmällä (20–40 cm) vähemmän eroja kuin muokkauskerroksessa. Kuitenkin syvemmälläkin kalsiumin ja painomaapelloilla lisäksi typen, kaliumin, magnesiumin, raudan, mangaanin ja sinkin määrät olivat suuremmat kuin suometsissä. Erot suometsiin olivat tilastollisesti merkitseviä raudan ja mangaanin osalta (Kuva 3).

Pelloilla (ei painomaata) oli muokkauskerroksen happamaan ammoniumasetaattiin uuttuvan fosforin, kalsiumin ja magnesiumin määrä suurempi kuin suometsissä (Kuva 4), mutta ainoastaan kalsiumin kohdalla ero oli tilastollisesti merkitsevä. Pelloilla muokkauskerroksen vaihtuvan kalsiumin määrä oli kaksin–kolminkertainen

suometsiin verrattuna. Painomaapelloilla uuttuvaa fosforia oli tilastollisesti merkitsevästi vähemmän kuin suometsissä. Kivennäismaalisäyksen vaikutus näkyi myös muokkauskerroksen nousseina liukoisen magnesiumin, raudan, mangaanin ja sinkin määrinä. Uuttuvaa rautaa ja sinkkiä painomaapelloilla oli tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuin suometsissä.

Muokkauskerroksen alapuolella erot metsän ja pellon välillä olivat pienempiä. Metsitetyillä pelloilla uuttuvaa kalsiumia oli enemmän kuin suometsissä. Ero oli tilastollisesti merkitsevä painomaapelloilla. Niillä olivat myös magnesiumin, raudan ja mangaanin määrät tilastollisesti merkitsevästi korkeammat kuin suometsissä.



Kuva 4. Turvepeltojen (P) ja suometsien (M) maan happamalla ammoniumasetaatilla uutuvan fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, mangaanin, raudan, ja sinkin määrät maan pintakerroksessa (0–20 cm) ja sen alapuolella (20–40 cm) kohteissa, joissa pelloilla ei ollut painomaata (A) tai painomaata oli käytetty (B). Tähdet pylväissä osoittavat merkitsevän eron (\* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$ ) suometsän ja pellon välillä ja numerot pylväiden päällä keskiahjonnan.

Fig. 4. Acid ammonium acetate extractable phosphorus, potassium, calcium, magnesium, manganese, iron and zinc amounts in the layers of 0–20 cm and 20–40 cm in fields (P) and forests (M) divided into groups on the basis of utilization of mineral soil as soil improvement agent in field cultivation (A = no mineral soil, B = mineral soil addition). Statistically significant (\* =  $p < 0.05$ , \*\* =  $p < 0.01$ ) differences between peatland forest and field marked with asterisks and standard deviation with numbers above the bars.

## TARKASTELU

Metsitettyjen turvepeltojen ja viereisten suometsien pintaturpeen ominaisuudet poikkesivat huomattavasti toisistaan. Suurin osa eroista lienee johtunut nimenomaan maanviljelytoimenpiteiden turpeen pintakerrosta muuttavasta vaikutuksesta, vaikkakin myös metsitys on voinut vaikuttaa peltojen ravinnetilaan. Toisaalta pelloilta on voinut muokkausten yhteydessä kulkeutua ravinteita myös viereiseen metsään. Pintaturpeen tiheyden kohoaminen maanviljelyn johdosta (ks. myös Urvas 1985) aiheutuu osittain turpeen mekaanisesta tiivistymisestä, osittain lisääntyneestä maatumisesta. Kuten aiemmissakin tutkimuksissa on havaittu, turvepelloilla käytetty painomaata lisää turpeen tiheyttä erityisen selvästi (Wall & Hytönen 1996). Suometsien turpeiden tuhkapitoisuudet olivat samantasoiset kuin Westmanin (1981) tutki-

mien luonnontilaisten soiden. Pelloilla tuhkapitoisuus oli vain hivenen korkeampi ellei painomaata oltu käytetty. Painomaalisäys, riippuen käyttömäärästä (Pessi 1961a, Wall & Hytönen 1996) moninkertaistaa turpeen tuhkapitoisuuden. Tuhkapitoisuuden perusteella arvioituna painomaata oli kulkeutunut jonkin verran myös 20 cm:n kerroksen alapuolelle. Maanviljelyn suon pH:ta kohottava vaikutus johtuu kalkituksista. Tässä tutkimuksessa peltojen ja viereisten suometsien välinen pH ero oli samansuuruinen kuin Urvaksen (1985) tutkimuksessa. Tutkittujen peltojen keskimääräistä huonompaa viljelyn tasoa saattaa osoittaa se, että niiden pH oli keskimäärin 4,3 kun keskimääräinen pH Urvaksen (1985) tutkimilla pelloilla sekä Etelä-Pohjanmaan ja Oulun maatalouskeskusten alueella 1980-luvun alkupuolella oli yli 5 (Kähäri ym. 1987).

Vertailukohteina käytettyjen suometsien turpeen tiheys sekä typen, mangesiumin, sinkin ja mangaanin kokonaismäärät olivat samantasoiset, mutta fosforin ja -boorin kokonaismäärät hieman korkeammat ja kaliumin kokonaismäärä yhdessä metsässä selvästi korkeampi ( $160 \text{ kg ha}^{-1}$ ) kuin Kauniston ja Paavilaisen (1988) ja Laihon ja Laineen (1994) tutkimilla vanhoilla ojitusalueilla. Kalsiumin kokonaismäärä metsissä oli puolestaan Kauniston ja Paavilaisen (1988) esittämän vaihteluvälin ( $500\text{--}1\,800 \text{ kg ha}^{-1}$ ) alarajoilla ja osin sitäkin alhaisempi ( $330\text{--}620 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Typen kokonaismäärän lisääntyminen peltojen muokkauskerroksessa lienee aiheutunut turpeen tiheyden ja maatuneisuuden lisääntymisestä. Syvemmällä turpeessa peltojen ja metsien turpeen typen määrässä ei ollut suuria eroja. Peltojen suometsiä korkeampiin fosforin kokonaismääriin lienee vaikuttanut turpeen tiheyden kasvun lisäksi lannoitefosforin käyttö. Painomaan on aiemminkin havaittu lisäävän jonkin verran myös kokonaisfosforin määrää, mutta samalla laskevan helpoliukoisesta fosforin osuutta (Wall & Hytönen 1996). Uuttuvan fosforin osuus kokonaisfosforin määrästä oli painomaapeltoilla  $0,4\text{--}1,1\%$ , kun se muilla pelloilla ja metsissä oli moninkertainen.

Jos peltoon ei oltu lisätty kivennäismaata turpeen muokkauskerroksen kokonaiskaliumin määrä oli vain vähän ( $5\text{--}19 \text{ kg ha}^{-1}$ ) korkeampi kuin suometsissä. Painomaan käyttö lisäsi kaliumin määrää pelloilla erittäin selvästi (lisäys  $189\text{--}988 \text{ kg ha}^{-1}$ ) kuten aiemmissakin tutkimuksessa (Kaunisto 1991, Wall & Hytönen 1996). Lannoitekaliumista osa on voinut huuhtoutua syvempiin kerroksiin, sillä kalium pidättyy huonosti turpeeseen (esim. Kaunisto & Paavilainen 1988, Kaunisto 1992). Painomaan käytön seurauksena uuttuvan kaliumin osuus kokonaiskaliumista pieneni.

Tulokset korostavat kivennäismaalisäyksen merkitystä ja sen huomioonottamisen tärkeyttä turvepeltojen metsityksessä ja vahvistavat käsitystä siitä, että ympäröiviä suometsiä tarkastelemalla ei voida tehdä päätelmiä painomaapeltojen ravinnetaloudesta typen tasoa lukuunottamatta. Ilman painomaan käyttöäkin viljely on muuttanut maan ravinnetaloutta selvästi. Koska pelkkä viljely ei kuitenkaan näytä lisäävän kaliumin määrää, sen riittävyys on tarkkailtava, sillä osalla turvepelloista on tavattu kaliumin puutosta (esim. Hytönen & Ekola 1993, Hytönen 1995b, Hytönen & Pietiläinen 1995).

On huomattava ettei viljely tai painomaan lisäyskään näytä juuri vaikuttavan boorin määrään (myös Wall & Hytönen 1996). Painomaan vähäiseen vaikutukseen viittaa myös se, että maan tiheys tai orgaanisen aineen määrä selittävät maan boorin määrän vaihtelusta vain  $1\text{--}4\%$  (Kaunisto 1991). Turvepelloilla riski ravinneperäisten kasvuhäiriöiden esiintymiseen näyttäisi olevan huomattavasti suurempi kuin suometsissä, sillä kalkitus on voinut heikentää puiden boorin saantia (Lipas 1990, Lehto & Mälkönen 1994) ja pelloilla on runsaasti typpeä muihin ravinteisiin nähden (esim. Raitio & Rantala 1977, Raitio 1979, Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993, Hytönen & Pietiläinen 1995). Peltojen metsitysalueilla onkin tavattu yleisesti ravinneperäisiä kasvuhäiriöitä (Hytönen 1991, Valtanen 1991, Hynönen 1992, Hytönen & Ekola 1993).

Tuloksia arvioitaessa on muistettava, että tutkitut pellot olivat sijainniltaan syrjäisiä, joten niiden viljely on saattanut myös olla vähemmän intensiivistä kuin muiden peltojen. Tämä on voinut pienentää eroa suometsän ja pellon välillä. Lisäksi osa peltokohteista oli ollut viljelystä poissa jo pitkään ennen metsitystä. Nykyisin metsitettävien peltojen osalta tilanne voi olla toisenlainen, sillä peltojen pH on noussut ja ravinnepitoisuudet ovat kasvaneet huomattavasti viime vuosikymmenen aikana (Urvas 1995). Siten nykyisin suoraan viljelystä metsitykseen tulevat pellot luultavasti eroaisivat vielä selkeämmin suometsistä kuin tämän tutkimuksen pellot. Maatalouskäytön aiheuttamat muutokset turpeen fysikaalisissa ja kemiallisissa ominaisuuksissa näyttävät olevan niin suuria, ettei kasvupaikan alkuperäinen kasvupaikkatyypipi palautune pitkänkään ajan kuluessa.

## KIITOKSET

MMM Elina Ekola suunnitteli tutkimuksen ja keräsi maanäytteet. Ravinneanalyytit tekivät Kaisa Jaakola, Riitta Miettinen ja Arja Sarpola Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusasemalla. Aineiston laskennassa avusti Mäopiskelija Marko Leppävuori ja kuvien laatimisessa Keijo Polet. Erkki Pekkinen tarkasti englannin kielen. Käsikirjoituksen lukivat prof. Seppo Kaunisto ja kaksi toimituksen valitsemaa tarkastajaa tehden monia huomioonotettuja parannusehdotuksia. Kiitämme kaikkia tutkimuksen toteutamisessa avustaneita henkilöitä.

## KIRJALLISUUS

- Anttinen, O. 1957. Rahkasuon lannoitus- ja maanparannuskokeen tuloksia (Referat: Ergebnissen eines Düngungs- und Bodenverbesserungsversuches auf *Sphagnum*-Moor). Valtion maatalouskoetoiminnan julkaisuja 155: 1–30.
- Ferm, A., Hytönen, J., Koski, K., Vihanta, S. & Kohal, O. 1993. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 463. 127 s.
- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121. 28 s.
- Hynönen, T. 1992. Maan ominaisuuksien vaikutus turve- maapeltojen metsittämiseen. Helsingin yliopisto, Maatalous–metsätieteellinen tiedekunta. Tutkielma maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatin tutkintoa varten. 181 s.
- Hytönen, J. 1991. Pellonmetsityksen onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. Julkaisussa: Ferm, A. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 391: 22–28.
- Hytönen, J. 1995a. Taimien alkukehitys pellonmetsitysalueilla. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 12–23.
- Hytönen, J. 1995b. Turvepeltojen mäntytaimikoiden lannoituskokeiden tuloksia Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalta. Julkaisussa: Nurmi, J. & Heino, E. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kalajoella 1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 570: 46–53.
- Hytönen, J. & Ekola, E. 1993. Maan ja puuston ravinnetila Keski-Pohjanmaan metsitytyillä pelloilla (Summary: Soil nutrient regime and tree nutrition on afforested fields in central Ostrobothnia, western Finland). Folia Forestalia 822. 32 s.
- Hytönen, J. & Pietiläinen, P. 1995. Turvepeltojen lannoitus ravinne-epätasapainon korjaamiseksi. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 149–164.
- Isotalo, A. 1952. Rahkasoiden viljelystä (Summary: Cultivation of *Sphagnum* peat). Suo 2: 13–16.
- Kaunisto, S. 1991. Maa-analyysin käyttö kasvupaikan ravinnetilan arvioimiseksi eräillä Alkkian metsitytyillä suopelloilla (Summary: Soil analysis as a means of determining the nutrient regime on some afforested peatland fields of Alkkia). Folia Forestalia 778. 32 s.
- Kaunisto, S. 1992. Effect of potassium fertilization on the growth and nutrition of Scots pine (Tiivistelmä: Kalilannoituksen vaikutus männyn kasvuun ja ravinnetilaan). Suo 43: 45–62.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands (Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusaluilla ja puuston kasvu). Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 145. 39 s.
- Kähäri, J., Mäntylahti, V. & Rannikko, M. 1987. Suomen peltojen viljavuus 1981–1984. Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki. 105 s.
- Kinnunen, K. 1995. Käytännön pellonmetsitysten onnistuminen ja tuotos. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.) Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 53–62.
- Laiho, R. & Laine, J. 1994. Nitrogen and phosphorus stores in peatlands drained for forestry in Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 9: 251–260.
- Lehto, T. & Mälkönen, E. 1994. Effects of timing and boron fertilization on boron uptake of *Picea abies*. Plant and Soil 163: 55–64.
- Lipas, E. 1990. Kalkituksen aiheuttama boorinpuute kangasmaan kuusikoissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 352. 22 s.
- Pessi, Y. 1953. Kivennäismaan vaikutuksesta suoviljelyksen lämpöoloihin (Summary: On the influence of mineral soil upon the temperature on the cultivated peat area). Suo 4: 67–60.
- Pessi, Y. 1960. Kivennäismaan merkityksestä mutasuon maanparannusaineena Leteensuon koegasman pitkäaikaisten kenttäkokeiden perusteella (Summary: On the significance of mineral soil as a soil improving agent on fens on the basis of prolonged tests at Leteensuo Experimental Station). Suomen maataloustieteellisen seuran julkaisuja 95(3): 1–26.
- Pessi, Y. 1961a. The ash content of the plough layer of peat lands cultivated by different methods. Maataloustieteellinen aikakauskirja 33: 215–222.
- Pessi, Y. 1961b. Results from a soil improvement and fertilizing test on fen land at Leteensuo (Selostus: Mutasuon maanparannus- ja lannoituskokeen tuloksia Leteensuolta). Maataloustieteellinen aikakauskirja 33: 223–228.
- Pessi, Y. 1961c. Suoviljelyksen niitonurmen perustamisesta ja hoidosta (Summary: Observations at Leteensuo on the laying down to grass of peat lands and on the tending of the grass leys). Suomen maataloustieteellisen seuran julkaisuja 97(2): 1–28.
- Pessi, Y. 1962. Rahkasoiden viljelystä (Summary: On plant cultivation on *Sphagnum* bog). Suoviljely-yhdistyksen vuosikirja 67: 21–26.
- Raitio, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopelloilla. Oireiden kuvaus ja tulkinta (Summary: Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms). Folia Forestalia 412. 16 s.
- Raitio, H. & Rantala, E.-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita (Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine). Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 91(1). 30 s.
- Takala, M. 1961. Erilaisten maanparannusaineiden vaikutuksesta mutasuolla (Summary: On the effects of the various kinds of soil improving agents of fen). Suoviljely-yhdistyksen vuosikirja 65:23–27.



- Urvas, L. 1985. Viljelyn vaikutus turpeen ravinnepitouksiin (Summary: Effect of cultivation on the nutrient status of peat soils). *Suo* 36: 61–64.
- Urvas, L. 1995. Suomen peltojen maalajit, ravinnetaso ja maaluokitus. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). *Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 581: 123–132.
- Valmari, A. 1983. Suon viljely. Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry. IPS:n Suomen kansallinen komitea. Helsinki. s. 42–48.
- Valtanen, J. 1991. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 381. 52 s.
- Wall, A. & Hytönen, J. 1996. Painomaan vaikutus metsitetyn turvepellon ravinne-määriin (Summary: Effect of mineral soil admixture on the nutrient amounts of afforested peat fields). *Suo* 47: 78–83.
- Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth (Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin). *Acta Forestalia Fennica* 172. 77 s.

## SUMMARY:

### Nutrient amounts of afforested peat fields and neighbouring peatland forests

Afforestation of fields in Finland, aimed at reducing the area of arable land in the country, began in the late 1960s. Over 200 000 hectares of fields have been afforested to date. The success of afforestation has been poorer in the case of fields with organic soils, these fields accounting for 20% of the total field area (2.2 million ha) than in the case of fields with mineral soils. Nutrient-based growth disturbances and potassium deficiencies have been found to occur commonly in the tree stands carried by fields with organic soils.

The cultivation of agricultural crops, use of machinery, fertilization and liming all have changed the physical and chemical properties of the peat during the decades of cultivation. A common practice has been to mix mineral soil as a soil ameliorating agent into the soil of peat fields. Mineral soil addition has long term effects on the amounts of certain nutrients and on the physical properties of the peat. The estimation of soil fertility of peat fields has been proposed to be done according to the site type of the adjacent uncultivated peatland. This can be done provided that the original nutrient status of the peat has remained relatively unchanged despite cultivation. The purpose of this study was to examine the effect of cultivation on the nutrient amounts of peat fields.

The study sites were selected from among those used in earlier investigations looking into the methods and outcomes of field afforestation. Six study sites were selected where uncultivated peatland was found adjacent to the afforested peat field (Fig. 1, Table 1). The peat layer on the study

sites was 40–80 cm thick and most of the fields had been uncultivated for 15–20 years. Volumetric soil samples were taken from four sample plots situated at distances of 10 m and 30 m from either side of the ditch separating the field and the uncultivated peatland site. Soil samples were taken from 0–5-cm, 5–10-cm, 10–20-cm, 20–30-cm and 30–40-cm soil layers. These soil samples were analysed for their total (HCl extraction of ignition residue) and acid ammonium acetate (pH 4.65) extractable nutrient concentrations (P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn). Kjeldahl nitrogen and boron in  $\text{H}_3\text{PO}_4\text{--H}_2\text{SO}_4$  were also analysed. Soil acidity was measured from dry samples in a soil–water 1:2.5 (v/v) suspension.

In the case of the fields, the bulk density was 1.5–3 fold, ash content 1.3–8 fold and pH 0.5 pH units higher in the 0–20-cm peat layer than in the soil of the forest sites (Fig. 2). Cultivation also increased the amounts of nitrogen, phosphorus, calcium and iron in the cultivation layer, but had only a minor effect on the amounts of potassium, magnesium and boron (Fig. 3). Where mineral soil had been added as a soil ameliorant into the top soil, the average total nitrogen increased by a factor of 1.3, that of phosphorus by a factor of 2.3, potassium by 6.1, calcium by 3.4, magnesium by 11.3, manganese by 6.9, iron by 4.5, and zinc by 4.7 fold. Cultivation decreased the amount of acid ammonium–acetate-soluble P by a factor of 2.5, but increased the amounts of Ca by a factor of 3, Mg by 2.2, Mn by 4.9, Fe by 10.5, and Zn by 2 (Fig. 4).

The nutritional status of the soil is essential information required when afforesting peat fields. The results obtained in the present study emphasise the importance of examining the use of adding mineral soil to peat fields and they show that adjacent peatland forests possess a low indicative value in the assessment of the nutrient status of

peat fields. The changes in the physical and chemical properties of peat due to cultivation seem to be significant and long lasting to such a degree that the original nutritional state of the former peat fields is very unlikely to be regained even with a long period of time.

*Received 22.1.1997, accepted 3.7.1997*