

# FOLIA FORESTALIA 625

ETSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1985

---

---

SEPPÖ KAUNISTO & JUHANI PÄIVÄNEN

METSÄNUUDISTAMINEN JA METSITTÄMINEN  
OJITETUIILLA TURVEMAILLA

Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu

FOREST REGENERATION AND  
AFFORESTATION ON DRAINED PEATLANDS

A literature review



FOLIA FORESTALIA 625

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1985

Seppo Kaunisto & Juhani Päivänen

METSÄNUUDISTAMINEN JA METSITTÄMINEN  
OJITETUILLA TURVEMAILLA

KIRJALLISUUTEEN PERUSTUVA TARKASTELU

Forest regeneration and afforestation on  
drained peatlands

A literature review

*Approved on 30. 5. 1985*

KAUNISTO, S. & PÄIVÄNEN, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemaidella. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review. *Folia For.* 625:1—75.

Tutkimuksessa tarkastellaan lähinnä suomalaisten ja pohjoismaisten tutkimuksien pohjalta toisaalta suometsien uudistamisen ja toisaalta puuttomien turvemaiden metsittämisen vaihtoehtojen valintaa. Päähuomio kohdistetaan ojitettuihin turvemaihin, joiden erityispiirteitä selvitetään uudistamisen ja metsittämisen onnistumiseen vaikuttavien tekijöiden kannalta.

Koska uudistamisvaiheessa olleita ojitettujen turvemaiden metsiköitä on tähän mennessä ollut vähän, myös suopuustojen uudistamista koskeva tutkimustieto on suhteellisen vähäistä ja hajanaista. Käytännön tarpeet ovat kuitenkin nopeasti muuttumassa: suometsien uudistamistarve vanhoilla ojitusalueilla lisääntyy ja puuttomilla turvemaidella metsitykset siirtyvät erityisolosuhteisiin — suonpohjille ja entisille suopelloille.

Ojitettujen turvemaiden metsänuudistamisen ja metsittämisen osavaiheita ja menetelmiä koskeva tutkimustieto kootaan nykytiedolle pohjautuviksi päätelmiksi. Eräänä tavoitteena on myös tietämyksen aukkojen kartoittaminen ja lähiajan tutkimustarpeiden kirjaaminen.

Alternatives for the regeneration of peatland stands and the afforestation of treeless mires are discussed with special reference to Finnish and Scandinavian investigations. The focus of interest is on drained mires whose special features in relation to factors leading to successful regeneration and afforestation are studied.

As only few regeneration-mature peatland stands on old drainage areas have existed so far, relevant research data has also been relatively scarce and scattered. Practical requirements are, however, rapidly changing: the need for regenerating peatland stands on (old) drainage areas is growing and the emphasis in afforestation is shifting from treeless mires to peat cutover areas and, to a lesser extent, to abandoned agricultural peats.

Data on the phases and methods of the regeneration and afforestation of drained mires is analyzed and presented as conclusions based on present-day knowledge. One of the goals is to find the gaps in present knowledge and record the central needs for research.

ODC 2--114.444:23+233:114.444+237  
ISBN 951-40-0705-0  
ISSN 0015-5543

Helsinki 1985. Valtion painatuskeskus

# SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	5
2. KASVUALUSTAN ERITYISPIIRTEET TURVEMAILLA .....	6
21. Yleistä .....	6
22. Vesitalous .....	6
23. Lämpötalous .....	10
24. Ravinnetalous .....	11
25. Uudistumisherkyys .....	15
26. Muut erityispiirteet .....	16
3. SUOMETSIEN UUDISTAMINEN .....	17
31. Uudistamistarve ojitusten yhteydessä .....	17
32. Uudistamistarve ojitusalueilla .....	17
321. Vajaatuottoiset puustot .....	17
322. Uudistuskypsät metsiköt ja varttuneet kasvatusmetsiköt .....	19
33. Uudistamiseen vaikuttavat tekijät .....	19
331. Kasvupaikka ja puulaji .....	19
332. Puuston metsänhoidollinen tila .....	21
34. Uudistamistavat .....	21
341. Luontainen uudistaminen .....	21
3411. Yleistä .....	21
3412. Raivaus ja maanpinnan käsittely .....	22
3413. Taimiaineksen vapauttaminen .....	23
3414. Kaistalehaku .....	23
3415. Siemenpuuhaku .....	25
3416. Suojuspuuhaku .....	26
342. Viljely .....	27
3421. Yleistä .....	27
3422. Raivaus ja maanpinnan käsittely .....	27
3423. Kylvö .....	29
3424. Istutus .....	31
4. PUUTTOMIEN TURVEMAI DEN METSITTÄMINEN .....	33
41. Metsittämistarve .....	33
411. Avosuot .....	33
412. Suonpohjat .....	34
413. Suopellot .....	34
42. Kasvupaikka ja puulaji .....	35
43. Metsittämistavat .....	35
431. Metsittyminen luontaisesti .....	35
432. Viljely .....	36
4321. Raivaus ja maanpinnan käsittely .....	36
4322. Kylvö .....	37
4323. Istutus .....	38
5. TAIMIKON KÄSITTELY JA HOITO .....	42
51. Uudistusalojen seuranta ja täydennysviljely .....	42
52. Pintakasvillisuuden kehitys ja sen torjunta .....	43
53. Perkaus ja harvennus .....	44
54. Lannoitus .....	46
6. TUHOT JA NIIDEN TORJUNTA .....	48
61. Abioottiset tuhot .....	48
611. Kasvuhäiriöt .....	48
612. Tuulituhot .....	48
613. Hallatuhot .....	49
62. Bioottiset tuhot .....	50
621. Nisäkästuhot .....	50
622. Hyönteistuhot .....	52
623. Sienituhot .....	52
7. LÄHIAJAN TUTKIMUSTARPEET .....	54
KIRJALLISUUS — REFERENCES .....	56
SUMMARY .....	67



# 1. JOHDANTO

Järjestelmällinen metsäojitustoiminta käynnistyi Suomessa valtion mailla vuonna 1908, jolloin metsähallitus otti palvelukseensa ensimmäiset kaksi suonkuivausmetsänhoitajaa. Yksityismailla metsäojitustoiminta alkoi vuonna 1928 ensimmäisen metsänparannuslain säätämisen myötä. Tosin jo näitä ajankohtia ennenkin soita oli ojitettu, mutta perusteena 1800-luvun ojituksissa oli lähinnä kangasmaiden suojele soistumiselta ja halantorjunta (Tirkkonen 1952).

Vuoteen 1950 mennessä metsäojitettu pinta-ala oli noin 700 000 ha ja 1980-luvun alkuun mennessä noin 5,3 milj. ha. Viimeksi mainittuun lukuun sisältyy myös soistuneiden kangasmaiden ojituksia (Heikurainen 1983).

Koska metsäojitettu pinta-ala on jo lähes neljännes metsiemme koko pinta-alasta, on ojitusalueiden jälkihoitoon kiinnitettävä lisääntyvässä määrin huomiota. Alunperin puustoisilla metsäojitusalueilla toimenpiteet ovat tähän mennessä paljolti keskittyneet puulajikehityksen ohjailuun ja vesi- ja ravintetalouden kunnossapitoon. Metsänviljelykysymyksiä on selvitetty lähinnä avosoiden ojitusalueilla ja luontaista uudistamista ojitusten yhteydessä. Käytännön tarpeet ovat kuitenkin nopeasti muuttumassa. Vanhimmissa ojitusalueilla metsiköt ovat saavuttamassa uudistuskypsyden. Uudistamiseen liittyy oleellisena osana puunkorjuu, jossa on myös omat kangasmetsistä poikkeavat erityispiirteensä (ks. esim. Saarilahti 1982; Backlund ym. 1984). Metsänuudistamistapahtumaan ojitetuilla soilla ja metsikön perustamiseen ennestään puuttomille turvealustoille liittyy tekijöitä, jotka poikkeavat kangasmaiden olosuhteista.

Metsänuudistamisvaihtoehtojen tarkastelu on tähän mennessä rajattu ainoastaan kangasmaita koskeviksi (Räsänen ym. 1979a; Karjula ym. 1982; Kotisaari 1982; Parviainen ja Lappi 1983). Käsillä olevan tutkimuksen tavoitteena on kerätä yhteen tutkimustietoa ennen kaikkea ojitettujen turvemaiden metsänuudistamisesta ja metsittämisestä. Osavaiheita ja menetelmiä koskeva tutkimustieto analysoidaan ja kootaan kunkin asiakokonaisuuden lopuksi "sisäänvetoina" päätelmiksi. Kerättyä tietoa on myöhemmin tarkoitus käyttää perusaineistona Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla suunnitteilla olevan vanhojen metsäojitusalueiden hoito-oppaan laatimisessa. Olemassa olevan tiedon analysoinnin eräänä tavoitteena on myös nykytietämyksen aukkokohtien paljastaminen. Tältä osin selvitystä on pidettävä välttämättömänä vaiheena alan jatkotutkimusohjelmien laatimisessa.

Samanaikaisesti käsillä olevan työn valmistelun kanssa turvemaiden metsänuudistamisen erityispiirteitä on käsitelty alustavasti Metsäntutkimuslaitoksessa tehdyssä selvitysprojektissa "Metsänuudistamisen ja taimitonhoidon periaatteet" (ks. Virtanen ym. 1984) ja eräissä koulutus- ja tiedotustilaisuuksissa (esim. Päivänen 1983b; Kaunisto 1982e).

Tutkimuksen alustavan kirjallisuushaun suoritti FK Pirjo Puustjärvi, joka myös osin luonnosteli käsikirjoitusta. Viime vaiheen jäsentelystä ja käsikirjoituksesta ovat vastanneet Seppo Kaunisto ja Juhani Päivänen. Konekirjoitustyön ovat tehneet Liisa Poutanen, Maija Tuuri ja Riitta Henritius. Kuvat on piirtänyt Anja Ripatti. Englanninkielisen tiivistelmän on kääntänyt FK Leena Kaunisto. Käsikirjoituksen ovat lukeneet professorit Matti Leikola ja Eero Paavilainen sekä MMT Olavi Laiho.

## 2. KASVUALUSTAN ERITYISPIIRTEET TURVEMAILLA

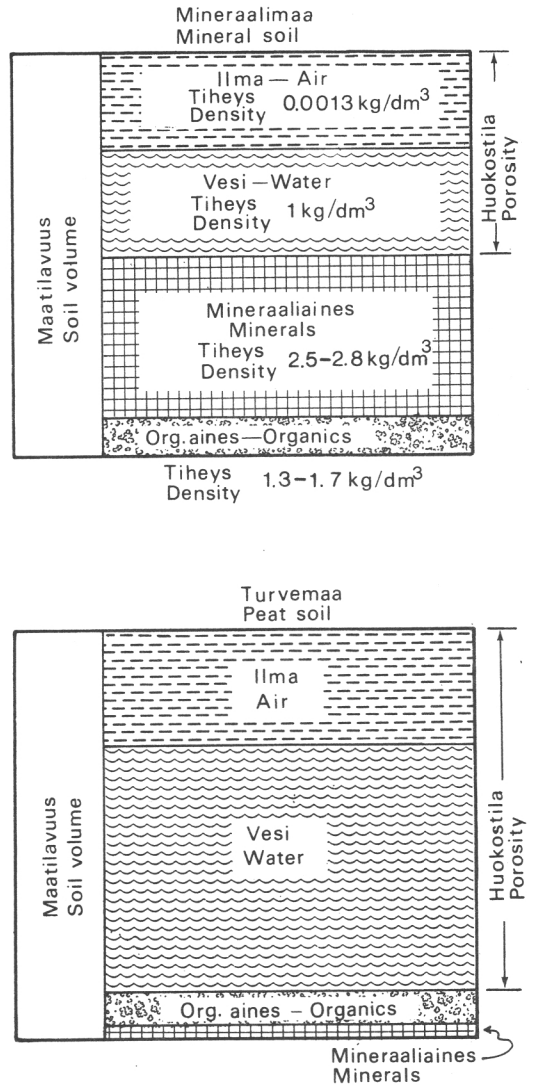
### 21. Yleistä

Turvemaat poikkeavat sekä fysikaalisilta, kemiallisilta että biologisilta ominaisuuksiltaan kangasmaista siinä määrin, että myös uudistamisen yhteydessä suoritettavia toimenpiteitä valittaessa kasvupaikkojen väliset erot on otettava huomioon. Suomalaisen biologisen suokäsitteen mukaisesti luonnontilainen kasvupaikka luetaan suoksi, mikäli se on turvetta muodostavien kasvilajien vallitsema. Pohjakerroksessa valtalajeina ovat tällöin rahkasammalet (> 75 %). Suon turvesyvyys voi sitä vastoin vaihdella. Jos taas rahkasammalpeitto on vähäisempi kuin 75 %, on kyseessä soistunut kangas. Ojituksen myötä suokasvupaikkojen pintakasvillisuuden rakenteessa tapahtuu huomattavia muutoksia (Sarasto 1957). Pääasiassa pintakasvillisuuden muuttumisasteen perusteella erotetaan ojitettujen soiden kuivatusasteet: ojikut, muuttumat ja turvekankaat.

Ohutturpeisilla soilla on yhtymäkohtia soistuneiden kankaiden lisäksi Pohjois-Suomen paksusammalkuusikoihin, joiden pohjakerroksessa kuitenkin kerrossammalet ovat vallitsevia. Mitä syväturpeisemmasta suosta on kyse, sitä enemmän kasvualustan ominaisuudet poikkeavat kangasmaiden vastaavista. Fysikaalisessa rakenteessa erot ovat suurimmat kiinteän aineksen ja kokonaishuokostilan suhteissa sekä kemiallisissa ominaisuuksissa orgaanisen aineksen ja mineraaliaineksen suhteissa ja näihin sitoutuneissa ravinnemäärissä.

### 22. Vesitalous

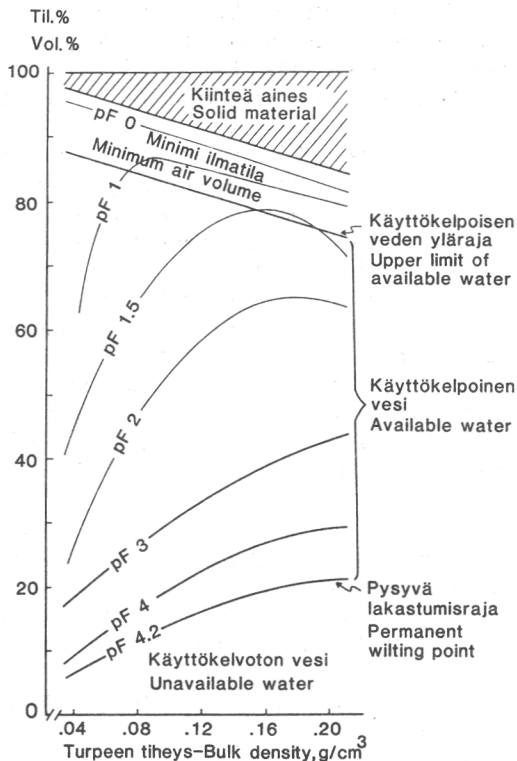
Kivennäismaihin verrattuna turvemaat ovat keveitä; turpeen tiheys (aiemmin on käytetty nimitystä tilavuuspaino) vaihtelee tavallisimmin välillä 0,04...0,20 g/cm<sup>3</sup> (Päivänen 1973, 1982b). Vertailun vuoksi mainittakoon, että kivennäismaiden tiheys on 0,8...1,95 g/cm<sup>3</sup> (Mälkönen 1980). Alhainen tiheys



Kuva 1. Kaavamainen esitys ilman, veden ja kiinteän aineksen tilavuussuhteista kivennäis- ja turvemaassa teoreettisen tasapainotilan vallitessa (Njøs 1978).

Figure 1. Schematic presentation showing volumes of air, water and solids in mineral soil and peat, both at drainage equilibrium (Njøs 1978).





Kuva 2. Kiinteän aineksen tilavuus, minimi-ilmatila sekä kasveille käyttökelpoisen ja käyttökeltottoman veden määrä tiheydeltään erilaisissa turpeissa (Päivänen 1973).

Figure 2. Volumes of solid material, minimum air space and water available and unavailable to plants with different bulk density (Päivänen 1973).

merkitsee myös sitä, että kiinteän aineksen tilavuus on turpeessa pieni (3...18 %) suhteessa koko maatilavuuteen (ks. myös kuva 1). Turvemaan suhteellisen suuri kokonaishuokostila (85...97 %) on vaihtelevassa määrin ilman (ja muiden kaasujen) ja veden täyttämää (Päivänen 1976b). Turpeen tiheys selittää suhteellisen hyvin sen vedenpidätyskykyä (ks. kuva 2). Ojituksella poistuva vesimäärä pienenee turpeen tiheyden kasvaessa siten, että hyvin maatuneessa turpeessa (tiheys 0,20 g/cm<sup>3</sup>) se on vajaa kolmannes siitä, mitä se on heikosti maatuneessa (tiheys 0,05 g/cm<sup>3</sup>) turpeessa (Päivänen 1973). Turpeen alhainen tiheys heijastuu myös heikkona kantavuutena (Saarilahti 1982; Rummukainen 1984), suonpinnan ojituksenjälkeisenä painumisena (Lukkala 1949) jne.

Puustoinen metsäojitettu suo on vesitaloutensa kannalta labiili metsäekosysteemi

(Heikurainen 1980). Kaikissa vaiheissa vesi on puille, kuten muillekin kasveille välttämätön kasvutekijä. Toisaalta veden puute, toisaalta liiallinen märkyys seurausilmiöineen asettavat rajat puiden elintoiminnoille. Sekä aerobisuusraja (esim. Lähde 1974) että puiden juuriston syvyyssulottuvuus (Heikurainen 1955; Paavilainen 1966a, b, 1967) ovat yhteydessä kuivatuksen tehokkuuteen. Metsäojitusalueen kuivatustilaan vaikuttavat oijen kunto, kaltevuus, sarkaleveys ja puusto. Toisaalta myös metsänhoidollisilla toimenpiteillä on vaikutusta sekä maahan pääsevään vesimäärään, pohjavesipinnan etäisyyteen maanpinnasta, että epäsuorasti myös alueelta tapahtuvaan valuntaan ja haihduntaan (Päivänen 1980). Myös maanpinnan muokkaus vaikuttaa haihduntaan tuhoamalla pintakasvillisuutta ja vaikeuttamalla veden kapillaarista nousua (Juusela ym. 1969). Edelleen on korostettu sitä, että kasvalustan vesitalouden vaikutus puuston kehitysvaiheesta eli siitä tarkastellaanko vesioloja esim. itävän siemenen, viljelytaimen, taimikon vai uudistuskypsytyden saavuttaneen metsikön kannalta (Päivänen 1983a).

Päätähakkuun vaikutuksesta pohjavesipinnan taso nousee siitä huolimatta, että pohjavesipinnan nousun myötä myös valunta alueelta ilmeisesti kasvaa (Heikurainen ja Päivänen 1970; Päivänen 1974a, 1982a). Ojiin jäävät hakkuutähteet ja oijen vaurioituminen puunkorjuun yhteydessä ovat omiaan lisäämään alueen vettymisvaaraa. Hakkuun suorituksesta kuluvan ajan myötä hydrologisten vaikutusten voimakkuus ilmeisesti vähenee. Avohakkuualalla rehevöityvä pintakasvillisuus ja vesakko haihduttavat enemmän kuin vast'ikään puustosta vapautunut pohjakerrosrajasto. Ellei kuitenkaan uudistamisen yhteydessä huolehdita heikkokuntoisten oijen perkauksesta, täydennys- tai uudelleenojituksesta, voi soistumisprosessi käynnistyä uudelleen eli ojituksella aikaansaatu metsäekosysteemi lähteeikin kehittymään takaisin kohti suoekosysteemiä (Heikurainen 1980).

Puulajit ovat erilaisia kyvyllään sietää vedellä kyllästettyjä olosuhteita maassa. Tunnetusti kestäviä puulajeja ovat mm. *Picea mariana* (Kozłowski 1982) ja *Pinus contorta* (Kozłowski 1982; Miller 1984). Eräissä kokeissa on todettu, että kuusen taimet sietävät juuriston veteen upottamista huomattavasti huonommin kuin männyn taimet (Pelkonen 1979). Norjassa on niinkään todettu, että is-

tutut kuusentaimet vaativat tehokkaamman kuivatuksen (kuivatusnormi 40 cm) kuin mänty (32 cm) (Braecke 1974). Metsätaloudellisesti tärkeistä puulajeistamme hieskoivun on todettu sietävän parhaiten anaerobisia olosuhteita (Huikari 1959). Säänösteltyjen järvioltaiden rantametsiä tutkittaessa on todettu puulajien tulvankestävyyden vähenevän järjestyksessä paju, hies- ja rauduskoivu, mänty ja kuusi (Österlund 1979).

Puiden herkkyys korkealla olevalle pohjavedelle vaihtelee myös vuodenajan mukaan. Havupuiden taimet kestävät suhteellisen hyvin korkeallakin olevaa pohjavettä keväällä ja alkusyksystä, mutta varsinkin syyskesällä saattaa jo lyhytaikainenkin tulva olla juuristoille haitallinen (Pelkonen 1979). Turvemaan varttuneessa männikössä on todettu sama asia (Pelkonen 1975; Päivänen 1984). Liikkuva, happipitoinen suovesi ei ole yhtä haitallinen puiden kasvuun kuin seisova (Huikari 1953).

Turvemaiden metsien uudistushakkuut kohottavat pohjavesipinnan tasoa. Kun lisäksi ojaotus tässä vaiheessa jo saattavat olla huonokuntoisia ja puunkorjuu alueelta vielä usein vaurioittaa ojaotus, on metsäojitus katsottava perusparannukseksi, jonka tehollinen vaikutusaika on rajallinen.

Uudistushakkuiden vaikutuksesta nouseva pohjavesipinta saattaa edistää siementen itämistä. Luontaisen uudistamisen aloilla muutaman vuoden viive hakkuun ja ojien kunnostamisen välillä saattaa näin edesauttaa uudistumista. Rationaalisinta olisi ainakin siemenpuuasennon kautta tapahtuvassa uudistamisessa suorittaa vesitalouden kunnostukseen tähtäävät toimenpiteet vasta ylispuiden poiston yhteydessä.

Avohakkuualoilla ojien kunnostus tai uusintaojitus on käytännöllisintä suorittaa aina heti päätehakkuun jälkeen ennen metsänviljelyä. Vesitalouden kunnostukseen voidaan tarpeen vaatiessa yhdistää maanpinnan valmistaminen esim. mätätämällä.

Metsäojien perkaukseen soveltuva konekalusto on vasta kehitteillä. Lupaavia tuloksia on saatu erityisesti tähän tarkoitukseen suunnitellulla kaivuriratkaisulla (Vuollekoski 1983). Kuivatustilan kannalta on viime aikoina korostettu erityisesti ojien syventämisen tärkeyttä (Heikurainen 1980).

Avosoiden metsätaloudellinen käyttöön-

to edellyttää ojitusta. Avosoiden ojituksissa on käytetty tavanomaisimmin avo-ojitusta, mutta myös muitakin kuivatusojaratkaisuja on kokeiltu. Muoviputkisalaoitus näyttää johtavan heikompaan kuivatukseseen (Päivänen 1976a) ja sitä kautta mitä ilmeisimmin myös huonompaan metsänviljelytulokseen (Mannerkoski ja Päivänen 1974) kuin avo-ojitus. Salaoitustekniikkaa kehitettäessä tulisi kiinnittää huomiota salaojien toimimattomuuden syihin. Suuriläpimittainen putki, oikea suodatinmateriaali ja kaltevuuksien oikea huomioinnottaminen saattaisi muuttaa salaoituksesta tähän mennessä saatua kuvaa. Materiaalittomat salaojat ovat turpeenkorjuukentillä osoittautuneet putkisalaojia heikompitehoisiksi (Menonen ja Päivänen 1979).

Erityisesti avosoilla on selvitetty niitä ojausvyöhyiden ja sarkaleveyden yhdistelmiä, joilla saavutetaan ennalta määrätty kuivatusnormitavoite. Ensimmäisenä tällaisen diagrammin laati Meshechok (1969) Etelä-Norjan rannikon ja sisämaan olosuhteisiin ja myöhemmin Braecke (1983b) laajensi tätä tietämystä Pohjois-Norjan rannikon avosoille. Viimeksi mainitussa tutkimuksessa riittävä kuivatusnormi saavutettiin käytettäessä 80 cm syviä oja sarkaleveyksillä 9—25 m riippuen suotyypistä, pintaturvekerrosten vedenläpäisevyydestä ja alueen sademäärästä. Länsi-Norjassa, Bergenin alueella tulisi sarkaleveyden olla maatuneessa turpeessa alle 8 m ja heikosti maatuneessakin turpeessa 10—12 m (Arnoy 1981). Keski-Norjassa olevalla sarkaleveyskokeella (10, 20 ja 30 m) olivat kaikkien tutkittujen havupuiden (*Pinus contorta*, *Pinus sylvestris*, *Picea mariana*, *Picea abies*, *Picea engelmannii*, *Picea sitchensis*) istutustaimet merkittävästi pidempiä kapeimmalla saralla 15 vuoden kuluttua istutuksesta (Braecke 1984). Erityisesti heikosti vettäläpäisevien turvemaiden ojituksissa tulisi lisäksi käyttää 30—35 cm syviä pintavesivakoja (Braecke 1983b).

Skotlannissa on kokeellisesti tutkittu kontortamännyn istutustaimien kasvua turvemaan koekentällä, jossa koeruutuja ympäröivissä ojissa vesipinta säädeltiin 0, 10, 20, 30 ja 50 cm:n etäisyydelle maanpinnasta. Olosuhteissa, jossa vesi oli säädelty pintaan, lähes kaikki taimet kuolivat. Muilla koejäsenillä taimien kasvu kahden ensimmäisen kasvukauden aikana oli sitä parempi, mitä syvemmälle vesipinnan taso oli säädetty (Boggie 1972). Kehittyvän puuston tilavuus (11

kasvukautta istutuksesta) kasvoi eksponentiaalisesti keskimääräisen pohjavesipinnan etäisyyden kasvaessa koejäsenillä 0:sta 34 cm:iin (Boggie ja Miller 1976). Ojituksen fyysikaalisten vaikutusten lisäksi on ilmeistä, että seurannaisvaikutuksena mikrobiologisen aktiviteetin lisääntyminen ja tästä aiheutuvan ravinteiden, erityisesti typen, nopeampi mineralisoituminen ovat osaltaan lisäämässä ojituksen positiivista vaikutusta puuston kasvuun (Williams 1974). Samassa kokeessa voitiin osoittaa, että kontortamännyn taimikossa latvuksen sulkeutuessa pintaturpeen vesipitoisuus alenee huomattavasti. Taimikon latvuspäätä ja haihdunta on siten huomattavasti suurempaa kuin suon luontaisen kasvillisuuden (Boggie ja Miller 1976).

Seikkaperäisimmän ja peruseräisimmän vieläkin ajan tasalla olevan ojitusoppaan Brittein saarten olosuhteisiin on laatinut Henman (1963).

Metsäojituksen vesitaloudellisten vaikutusten selvittämiseksi on perustettu useita sarkaleveyskokeita avosoille myös Suomessa (ks. esim. Huikari ym. 1966). Metsityskokeissa on voitu osoittaa sarkaleveyden vaikuttavan istutettujen männyntaimien alkukehitykseen (Paavilainen 1965; Päivänen ja Seppälä 1971; Kaunisto 1977) ja taimien pituuskehitykseen ainakin noin viidentoista istutuksesta kuluneen vuoden ajan (Kaunisto 1977; Heikurainen ym. 1983). Sarkaleveyskokeissa kapeille saroille nostetuilla ojamailla on ilmeisesti myös vaikutuksensa taimien hyvään kehitykseen, vaikkakin tätä on vaikea erottaa kuivatuksen intensiivisyyden vaikutuksesta (Kaunisto 1977). Myös vaotuksella voidaan lyhentää sitä aikaa, jonka pohjavesipinta on lähellä maanpintaa ja siten osin kompensoida suurehköstä sarkaleveydestä johtuvaa mahdollista vajaakuivatusta (Päivänen 1974b). Toisaalta laajassa (92 ha) tupasvillanevalle perustetussa kokeessa, jossa sarkaleveys oli 50, 100, 150, 200 tai 300 m, aura- tai jyrsinvaotuksella (2, 4, 6, 8 tai 10 m) oli lähinnä vain muokkausvaikutus taimien kasvun kannalta. Tosin vaot olivat verrattain matalia (10—30 cm, Kaunisto 1977).

Avosoiden metsittämiskokeissa on käytetty erilaisia sarkaleveyksiä. Esimerkiksi Kauniston (1977) mukaan saatiin karulla avosuolla paras kasvutulos käyttämällä 5 ja 10 m:n sarkaleveyksiä ja noin 80 cm:n tehollista ojasyvyyttä. Ferda (1972) on todennut, ettei alhaisella pohjaveden tasolla ole negatiivista vaikutusta puiden kasvuun, sillä normaaleilla

ojitustoimenpiteillä avosoilla tuskin saadaan aikaan tilannetta, jossa esiintyisi ylikuivatusta. Myös turpeen vedenpidätysmääritysten perusteella on päädytty siihen, ettei Suomen ilmasto-olosuhteissa ole ylikuivatuksen vaaraa (Päivänen 1973; Ahti 1978). Käytännössä alle 20 m:n sarkaleveydet tuskin kuitenkaan tulevat taloudellisesti kannattaviksi edes ilmastollisesti edullisissa olosuhteissa.

Metsäojien mittavaatimukset täyttävät avo-ojat soveltuvat parhaiten myös avosoiden ojituksiin. Maanmuokkausmenetelmillä, joilla aikaansaadaan vesivako, on myös viljelypaikan paikalliskuivatusta tehostava vaikutus. Suomessa eniten käytetyillä muokkauslaitteilla, joilla vaon syvyys jää alle 30 cm:n, näyttää kuitenkin olevan lähinnä vain muokkausvaikutus. Erityisesti on korostettava, että tiheälläkään vesivaotuksella ei voida korvata normaalia kuivatusojaverkostoa. Ojituksella ei myöskään voitane aiheuttaa ylikuivatusta Suomen ilmasto-olosuhteissa.

Suonpohjien turvepinnat ovat yleensä korjuun päättyessä suhteellisen tasaisia kenttiä. Turpeen alla oleva kivennäismaa sen sijaan saattaa olla epätasainen. Myös kivennäismaan lajitekoostumus saattaa vaihdella varsin paljon (Kaunisto 1982a). Turvekentällä sarkaojat ovat turpeennoston aikana yleensä 100—150 cm syviä ja sijaitsevat 20 m:n välein. Jyrsinurpeen korjuuteknikka edellyttää, että turvesuon kuivatuksesta huolehditaan hyvin. Turpeennoston loppuvaiheessa ojien kunnosta kuitenkin usein tingitään, koska ei haluta ojista nousevan kivennäismaan sekoittuvan polttoturpeeseen. Tällöin turpeennosto pyritään toteuttamaan mahdollisimman kuivana aikajaksona ojia kunnostamatta. Usein turpeen noston loputtua sarkaojitus onkin verrattain huonokuntoinen. Syvät valta- ja laskuojat mahdollistavat kuitenkin tehokkaan sarkaojaverkoston tekemisen suonpohja-alueille puunkasvatusta varten.

Suonpohjien ojittamisesta metsätalouden harjoittamiseksi käytännön mittakaavassa on toistaiseksi vähän kokemuksia. Ainakin joissakin tapauksissa turpeen alla olevan kivennäismaan kaltevuussuhteet poikkeavat luonnontilaisen suon pinnan kaltevuussuhteista. Tästä syystä alunperin turpeennostoon tarkoitettu sarkaojaverkosto ei aina välttämättä sovi alueen metsätalou-

delliseen hyödyntämiseen. Kun lisäksi lajitekoostumuksesta riippuen kivennäismaan vedenläpäisevyys voi vaihdella hyvinkin paljon, joudutaan suonpohjien lisäkuivaustarve arvioimaan tapaus kerrallaan.

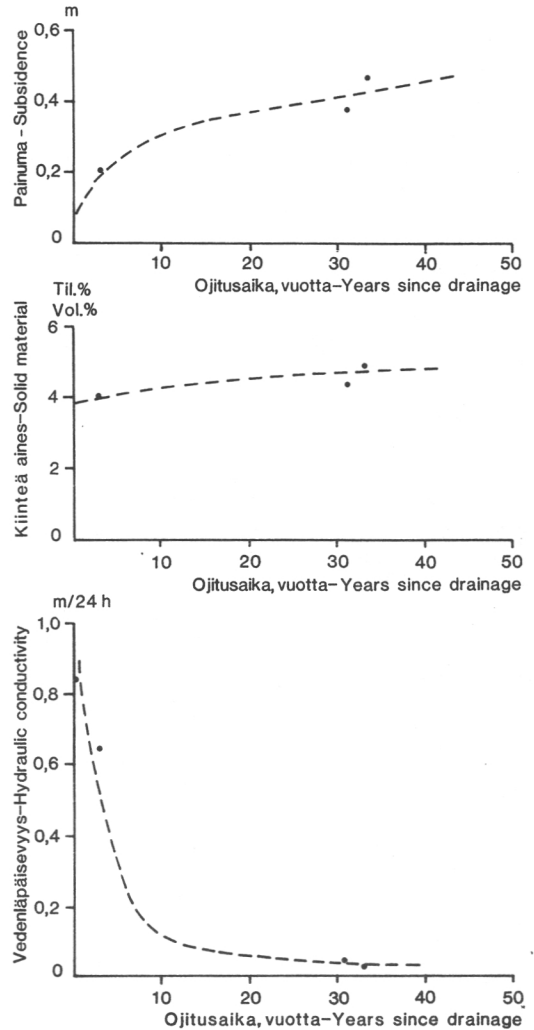
Suopelloille on ominaista tehokkaan kuivatuksen, maanparannuksen ja viljelytoimenpiteiden aiheuttama turpeen tiivistyminen, mikä heijastuu myös turpeen vedenläpäisevyys pienentymisenä (kuva 3; Eggelsmann ja Mäkelä 1964). Vanhojen suopeltojen metsityskokeissa paras tulos taimien kasvun kannalta on saatu silloin, kun pohjavesi on ollut peräti 70 cm:n syvyydellä (Paaivilainen 1970b).

### 23. Lämpötalous

Kasvualustana turve on kylmä mineraalimaan verrattuna (Pessi 1966). Turvemaalämpenee keväällä hitaammin kuin kivennäismaa ja siten myös routa säilyy turvemaassa pitkään (Lukkala 1946; Huikari ja Paarlahti 1967). Maan lämmönjohtokyky riippuu lähinnä maan huokostilan ilma- ja vesisuhteista. Turvemaassa, jonka tiheys on pieni (suuri kokonaishuokostila), lämmönjohtokyky on sitä pienempi, mitä kuivempaa maa on. Tämä johtuu ilman heikosta lämmönjohtavuudesta. Siten myös ojitus heikentää maan lämmönjohtokykyä. Tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että kuivatuksesta aiheutuva turpeen lämpöolojen heikkeneminen ei ole niin vaikuttava tekijä, että kuivatuksen tehokkuutta tarvitsisi tämän takia rajoittaa (Heikurainen ja Seppälä 1963).

Käytännön metsätaloudessa turvemaan lämpöoloja ei ole taloudellista parantaa mineraalimaan lisäyksellä kuten suoviljelyksillä (esim. Pessi 1966) on tehty. Sitä vastoin maanpinnan käsittelyllä voidaan jossain määrin vaikuttaa viljelykohdan lämpötalouteen. Esimerkiksi Braecke (1972, 1978) on Norjassa todennut, että kasvipeitteetön turvepinta johtaa sekä vesivaoissa että palteissa paremmin lämpöenergiaa kuin luonnontilainen suonpinta. Siten myös voimakkaan ulossäteilytyypin hallaöinä mitattiin palteeseen istutetuissa taimissa 3°C korkeampia lämpötiloja kuin koskemattomaan suonpintaan istutetuissa taimissa.

Myös Suomessa avosoiden muokkauskokeissa on todettu, että jyrksityssä turvepalteessa sekä maksimi- että minimilämpötilat ovat



Kuva 3. Suonpinnan painuman, turpeen kuiva-ainetilavuuden ja vedenläpäisevyys riippuvuus ojituksesta kuluneesta ajasta rahkasuon suoviljelyksellä (Eggelsmann ja Mäkelä 1964).

Figure 3. The dependence of peat surface subsidence, substance volume and hydraulic conductivity on the drainage time on a raised bog under agricultural utilization (Eggelsmann and Mäkelä 1964).

korkeampia kuin käsittelemättömässä turvemaassa. Minimilämpötilojen kohoaminen on ollut jonkin verran vähäisempää, mikä osoittanee lämpöolojen jonkinasteista äärevoitymistä muokkauksen seurauksena. Muokattu turve on kuitenkin ollut koko kasvukauden ajan useita asteita lämpimämpi kuin muokkaamaton turvema (Kaunisto 1976c). Maanpinnan käsittelyn yhdistäminen vesivaoitukseen parantaa siten turvemaan lämpötaloutta verrattuna pelkkään kuivatuksen te-

hostamiseen, minkä on vuorostaan todettu heikentävän pintaturpeen lämpöaloutta (Heikurainen ja Seppälä 1963). Näin siis myös turvemaassa tehokkaalla muokkauksella voidaan nostaa maan pintaosan kasvukaudenaikaista lämpösomua, kuten on osoitettu tapahtuvan kangasmaan muokkauksikoissa (esim. Mälkönen 1972; Leikola 1974; Lähde 1978). Myös ruotsalaisissa kivennäismailla suoritetuissa tutkimuksissa on todettu kohoumia muodostava muokkauksen jälki erityisesti lämpöalouden kannalta edulliseksi (ks. Söderström ym. 1978). Muokkauksen merkitys kasvualustan lämpöalouden parantajana lisääntynee pohjoiseen päin siirryttäessä.

Maanmuokausmenetelmät, joilla aikaansaadaan paikalliskuivatusta tehostava vesivako ja kasvipeitteiden palle tai mätäs, ovat turvemaan lämpöalouden kannalta edullisia.

Routaantumisella ymmärretään maaveden jäätymistä ja routa on siten maan sisään muodostunutta jäätä. Ojitetun suon routaantuminen alkaa ilmeisesti aikaisemmin kuin luonnontilaisen. Toisaalta routaantumisen alettua roudan syveneminen saattaa olla luonnontilaisessa suossa nopeampaa kuin ojitetussa. Roudalla on tärkeä merkitys ojitetujen turvemaiden puunkorjuulle (ks. Hannelius 1975).

Ojitetulla suolla routa viipyy turpeessa suhteellisen pitkään. Istutusajankohtakokeiden perusteella on varoitettu istuttamasta routaantuneeseen turvemaan, koska taimet saattavat kärsiä veden puutteesta (Päivänen 1975). Eräitä epäsuoria päätelmiä on tehty myös käännettyille turvekasoille suoritetujen istutusten epäonnistumisten syistä. Ensimmäisenä viljelyn jälkeisenä keväänä kuolleisuus oli erityisen suuri juuri näillä koejäsenillä. Syyksi arveltiin, etteivät taimet saaneet jäätyneestä turpeesta vettä tilanteessa, jossa sääolosuhteet olivat haihdunnalle edulliset (Heikurainen ym. 1966).

Erytyisesti pitkälle maatumineessa turvemaassa maanmuokkaus saattaa lisätä viljelykohdassa maan eroosiota ja maanpinnan kuivumishalkeilua. Multämäki (1939) on kiinnittänyt huomiota haitalliseen rousteen muodostumiseen kasvipeitteettömiin ruutukylvölaikkuihin. Roustevauriot saattavat maatumineessa turvemaassa olla erityisen tuntuvia, jos pieniä paakkutaimia istutetaan syksyllä.

Turvemaat ovat mineraalimaita kylmempiä kasvualustoja ja routa säilyy niissä yleensä pitempään. Vaikka viljelyajankohta siirtyykin myöhemmäksi kuin kangasmaille, tulisi istutus suorittaa vasta roudan sulamisen jälkeen. Turpeen kuivatus (ojitus) huonontaa lämpöaloutta vielä entisestäänkin. Turpeen lämpöaloutta voidaan parantaa muokkaamalla. Samalla aiheutetaan myös eräitä muita seurausilmiöitä, joiden vaikutus voi olla joko positiivinen (+) tai negatiivinen (—):

lämpöalous	paranee	+
ilmavuus	paranee	+
pintakasvillisuuden		
kilpailu	vähenee	+
hyönteistuhot	vähenevät	+
ravinteiden kierto	nopeutuu	+
paikalliskuivatus	paranee	+
veden saatavuus	huononee	—
erosio	lisääntyy	—
kuivumishalkeilu	lisääntyy	—
maan takertuminen	lisääntyy	—
rouste	voi lisääntyä	—
	tai vähentyä	+

On kuitenkin ilmeistä, että pitkävaikutteiset positiiviset tekijät ovat yleensä negatiivisia tärkeämpiä arvioitaessa muokkauksen merkitystä taimien kasvun kannalta, kuten toisaalla lähemmin esitellään (luvut 3412, 3422, 4321).

## 24. Ravinnetalous

Puustoisilla soilla puuntuotoskyvyn taso riippuu vesitalouden ja ilmastoalueen lisäksi turpeen ravinteisuudesta. Turvemaiden ravinnetaloudelle on ominaista hyvin laaja vaihtelu turpeen tyypipitoisuuden suhteen (Vahtera 1955; Westman 1981; Kaunisto 1982b). Typeä voi 10 cm:n turvekerroksessa olla muutamista sadoista kiloista aina useaan tuhanteen kiloon saakka hehtaarilla (Kaunisto 1980; Paavilainen 1980; Westman 1981). Suursaraisilla ja sitä paremmilla suotyypeillä tullaan toimeen turpeen luontaisen tyyppityn varassa (Huikari ja Paavilainen 1968, 1972; Paavilainen 1979b). Sen sijaan fosforia (Kaila 1956; Holmen 1964; Westman 1981) ja erityisesti kaliumia turpeessa on vähän (Kaila ja Kivekäs 1956; Paavilainen 1980; Westman 1981) verrattuna puustoon sitoutuneeseen määrään (Mälkönen 1974, 1977; Paavilainen 1980).

Osa puustoon sitoutuneista ravinteista kulkeutuu pois puusadon korjuun yhteydessä. Korjuumenetelmä (runkopuun korjuu/kokopuukorjuu) vaikuttaa ratkaisevasti alueelta poistuvien ravinteiden määrään (Mälkönen 1976; Paavilainen 1980; Mälkönen ja Saarsalmi 1982). Erityisesti turvemailla, joilla kivennäisravinteita on muutoinkin vähän, voidaan puunkorjuumenetelmän valinnalla huomattavasti vaikuttaa kasvualustan ravinnetalouteen. Karuilla ja karuhkoilla turvekankailla turpeen päälle syntyy raakahumuskerros, joka ainakin joissakin tapauksissa näyttää huonontavan taimien kasvuedellytyksiä (Kaunisto 1984b, ks. myös luku 3424).

Vaikka ravinteita puunkorjuussa aina joutuukin pois alueelta, tultaneen puustoilla soilla uudistusvaiheessa toimeen ilman lannoitusta. Kokopuukorjuu kuitenkin huonontaa kasvualustan kivennäisravinnetilaa varsinkin paksaturpeisilla rämeillä. Ei myöskään vielä riittävässä määrin tiedetä, mitä taimien ravitsemukseen vaikuttaa ainakin karuille ja karuhkoille turvekankaille syntyvä vaihtelevan paksuinen raakahumuskerros.

Puuttomien soiden metsätaloudellisen käytön vaikeutena ovat niiden ravinnetaloudelliset erikoispiirteet, jotka näiden soiden eri ryhmillä — avosoilla, suonpohjilla ja suopelloilla — ovat varsin erilaisia.

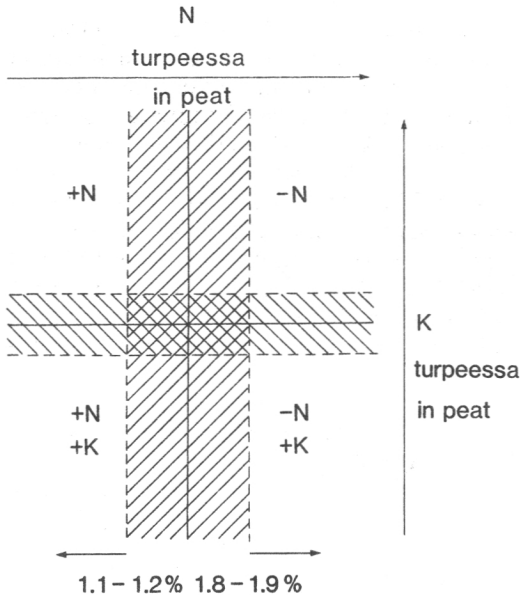
Avosoilla tärkein puuttuva ravinne metsitysvaiheessa on fosfori (Malmström 1935; Zehetmayr 1954; Huikari ja Paavilainen 1968, 1972; Meshechok 1967, 1971; Mannerkoski ja Seppälä 1970; Hauge 1971; Kaunisto 1972b; Paavilainen 1976; Kaunisto ja Paavilainen 1977; Laine ja Mannerkoski 1980). Taimikon kehityksen alkuvaiheessa on eräissä tapauksissa ainoastaan fosforilannoitus lisännyt taimien kasvua typpi- ja kalilannoituksen jäädessä ilman vaikutusta (Mannerkoski ja Seppälä 1970; Laine ja Mannerkoski 1980). Useissa tapauksissa kuitenkin myös kalilannoitus fosforin ohella annettuna on lisännyt taimien kasvua (Huikari ja Paarlahti 1966, 1973; Meshechok 1967). On todettu myös tilanteita, joissa kasvu on parantunut ainoastaan kali- ja fosforikalilannoituksella ja joissa pelkkä fosforilannoitus on jopa heikentänyt puuston kuntoa (Tamm 1956, 1962). Kaliumin riittävyyteen alkuvaiheessa on syynä se, että se on turpeessa pääasiassa vaihtuvassa tai liukoisessa muodossa (Kaila

ja Kivekäs 1956) ja näin ollen helposti puiden käytettävissä. Kun toisaalta kalium on heikosti sitoutunut kationinvaihtokompleksiin (Kaila ja Kivekäs 1956), on se altis huuhtoutumiselle (Kivinen 1948; Ødelien ja Jerven 1971; Ahti 1983; Malcolm ja Cuttle 1983; Kaunisto ja Tukeva 1984). Kaliumin vesiliukoisuudesta johtuu, että kasvit voivat käyttää sen varsin tarkoin hyväksi (esim. Kivinen 1948; Holmen 1964), jolloin kaliumin puutos saattaa ilmetä hyvinkin äkillisenä (Tamm 1956; Kaunisto ja Tukeva 1984). Kaliumia näyttää olevan selvästi vähemmän rimpin kuin jänneturpeessa sekä ruohoisilla soilla vähemmän kuin saraisilla (Puustjärvi 1961).

Typpitalouden vaihtelut ovat avosoilla yhtäsuuria tai jopa suurempia kuin puustoilla soilla. Typpitalouden vaihtelua kuvaa trofiasarja rahkanevoista ruohoisiin saranevoihin ja lettoihin (Cajander 1909, 1913; Lukkala ja Kotilainen 1945; Heikurainen 1960; Huikari ym. 1963). Samoin kuin puustoilla soilla tullaan saraisilla ja sitä paremmilla avosoilakin toimeen ilman typpilannoitusta (Kaunisto 1971, 1975a ja b, 1982b).

Avosuoturpeella kasvihuoneessa tehdyissä kokeissa NPK-lannoitus *Sphagnum fuscum* -turpeessa lisäsi männyn kylvötaimien kasvua enemmän kuin PK-lannoitus (Kaunisto 1971, 1975a ja b). Lyhytkortiselta nevalta otetulla sararakaturpeella ravinneyhdistelmien välillä ei ollut eroa tai NPK-lannoitus oli lievästi PK-lannoitusta parempi. Sen sijaan rahkasaraturpeella taimet kasvoivat huomommin NPK- kuin PK-lannoitetuissa koeastioissa. Samoin eräissä kenttäkokeissa typpilannoitus oli tarpeeton lyhytkortisella ja rahkaisella lyhytkortisella nevalta 12 vuoden kuluessa istutuksesta, joskin viiden vuoden kuluttua tehdyssä jatkolannoituksessa NPK-käsittely oli selvästi muita parempi (Laine ja Mannerkoski 1980). Useissa tapauksissa rahkaisilla tai lyhytkortisilla nevoilla typpilannoitus fosforikalilannoituksen ohella on viljelyvaiheessa kuitenkin lisännyt taimien kasvua (Kaunisto 1972b, 1982b). Toisaalta typpilannoitus huonontaa taimien verso/juuri -suhdetta ja lisää pintakasvillisuuden kilpailua (Paavilainen 1970a; Päivänen 1970; Paavilainen ja Norlamo 1975; Kaunisto 1975b; Raitio 1976).

Suotyyppin lisäksi typpilannoituksen tarvetta voidaan arvioida myös turpeen kokonaistyppipitoisuuden ja maatuneisuuden perusteella (Kaunisto 1982b ja c, 1983c, 1984a). Kun 5—10 cm:n syvyydeltä otetun turvekerroksen kokonaistyppipitoisuus oli pienempi



Kuva 4. Kaavio mänyntaimikoiden typpi- ja kalilannoituksen tarpeen riippuvuudesta turpeen typpi- ja kaliumpitoisuuksiin (Kaunisto 1984c).

Figure 4. Fertilization need of pine sapling stands as affected by potassium and total nitrogen content in peat (Kaunisto 1984c).

kuin 1,15—1,20 % ja maatumisuus pienempi kuin maatumisaste 2,7 (von Post 1922) kasvoivat taimet paremmin NPK-kuin PK-lannoitetuilla koelaloilla. Tyypeä ei siis ollut mineralisoitunut riittävästi. Toisaalta turpeen typpipitoisuuden ollessa yli 1,90 % ja maatumisasteen suurempi kuin 6 typpilannoitus fosforin ja kaliumin ohella annettuna huononsi taimien kasvua. Ilmeisesti näiden lukujen välille jää melko laaja vaihtumisvyöhyke, jossa typpilannoituksella ei saada aikaan sen paremmin positiivista kuin negatiivista vaikutusta. On kuitenkin todettava, että edellä esitetyt tulokset olivat Etelä-Suomesta lämpösumma-alueelta n. 1100 d.d. Pohjois-Suomessa tilanne saattaa olla erilainen.

Turpeen typpi- ja kaliumtalouden sekä puiden kasvun välistä yhteyttä voidaan kuvata ristikolla, jossa turpeen kaliumpitoisuus muuttuu yhteen suuntaan ja turpeen typpipitoisuus tätä vastaan kohtisuoraan (kuva 4, Kaunisto 1984c). Matalilla kokonaistypen arvoilla typpilannoituksella (+N) saadaan aikaan kasvun lisäystä. Turpeen kokonaistypipitoisuuden kohotessa tullaan vaihtumisvyöhykkeelle, jossa puiden reaktio typ-

pilannoitukseen on vähäinen ja siirryttäessä edelleen korkeampiin turpeen kokonaistypipitoisuuksiin muuttuu negatiiviseksi (—N). Vaihtumisvyöhyke on ilmeisesti verrattain laaja, mikä aiheutuu lähinnä siitä, että tyyppi on turpeessa pääasiassa orgaanisesti sitoutuneena.

Samoin turpeen kaliumpitoisuuden ollessa alhainen — mistä ääriesimerkkinä ovat avosuot — voidaan kalilannoituksella parantaa puiden kasvua. Koska kalium on turpeessa pääasiassa vaihtuvassa tai vesiliukoisessa muodossa on vaihtumisvyöhyke kapeampi kuin tyvellä. Erona tyypeen on vielä se, että ainakaan Suomen oloissa kalilannoituksesta ei normaalimääriä käytettäessä ole havaittu olevan haittaa puiden kasvulle. Siten myöskään samanlaista korkeasta pitoisuudesta johtuvaa negatiivista vaikutusta, mikä tyvellä on havaittu, ei esiinny kaliumin kohdalla.

Metsänkasvatuksen kannalta sekä tyyppi että kalium ovat tärkeitä. Turpeen kaliumtilanne ratkaisee, voidaanko alueella kasvattaa puuta ilman vähintäänkin kalilannoitusta. Turpeen typpipitoisuus puolestaan määrittää rajan, jonka alapuolella puuston kasvatus ei ole lainkaan taloudellisesti kannattavaa, koska typen lisäksi joudutaan lisäämään myös fosforia ja kaliumia ja ilmeisesti useammin kuin runsastyppisissä olosuhteissa (ks. myös luku 54). Tyyppi yksinään muodostaa 35—45 % NPK-lannoituksen kustannuksista (Kaunisto 1982c).

Karuilla soilla, joissa typen mineralisoituminen ei luontaisesti ole riittävä, voidaan mineralisoitumiseen vaikuttaa kalkituksella. Näyttää kuitenkin siltä, että kalkituksen aiheuttama voimakas mikrobiston lisääntyminen vähentää alkuvaiheessa samalla mineraalityypen määrää, koska mineraalityyppiä sitoutuu mikrobimassaan (Gardiner 1975; Kaunisto ja Norlamo 1976). Ilmeisesti ainakin osittain tästä syystä puuston kasvun on todettu kalkituksen jälkeen yleensä huonontuvan (Meshechok 1967), joskin päinvastaisiakin tuloksia on esitetty (Huikari 1973). Myöhemmin kasvu on kuitenkin parantunut, mikäli samanaikaisesti on annettu myös muita pääravinteita (Meshechok 1971; Braecke 1977; Dickson 1984). Toisaalta Huikari (1973) on todennut kalkituksen heikentävän puiden kasvua fosfori-kalilannoituksen yhteydessä. Yhtenä syynä kalkin negatiiviseen alkuaikutukseen saattaa olla myös se, että useimpien hivenravinteiden liukoisuus alenee pH:n kohotessa (Black 1968). Kalkitus alen-

taa esimerkiksi neulasten booripitoisuuksia (Kaunisto 1982a, 1983a). Samoissa tutkimuksissa todettiin myös neulasten typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuksien olevan alempia kalkituilla kuin kalkitsemattomilla koealoilla.

Avosoilla on metsitysvaiheessa tärkein puuttuva ravinne fosfori, mutta taimikon myöhemmän kehityksen kannalta muodostuu vielä tärkeämmäksi kalium (ks. myös luku 54). Avosoiden typpitalouden riittävyyttä voidaan arvioida suotyypin, turpeen typpipitoisuuden ja maatuneisuuden avulla. Lyhytkortisella ja sitä paremmilla ravinteosuustasoilla taimien kasvu lisääntyy jo PK-lannoituksen avulla. Vaikka karuhkoilla, esim. lyhytkortisilla ja tupasvillaisilla suotyypeillä typpilannoitus yleensä vielä lisää taimien kasvu, olisi sitä ehkä metsitysvaiheessa syytä välttää, koska se lisää kuolleisuutta, huonontaa verso/juuri -suhdetta ja rehevöittää pintakasvillisuutta (ks. myös luvut 52 ja 621).

Suonpohjien ravinnetalous poikkeaa muista turvemaista. Suonpohjien turve on yleensä runsastyyppistä (Kaunisto 1982a) eikä mäntyä kasvatettaessa typen lisäystä ainakaan alkuvaiheessa tarvita (Kaunisto 1979). Sen sijaan koivu näyttää hyötyvän typpilannoituksesta vähätyppisimmillä rakkaisilla suonpohjan turpeilla (Kaunisto 1981). Pajun typpentarve on vielä tätäkin suurempi (Hytönen 1983; Kaunisto 1983b).

Toisaalta turvekerroksen alla oleva kivennäismaa tarjoaa mahdollisuuden kivennäisravinteiden saamiseen. Kivennäismaan päälle jäävän turvekerroksen paksuus vaihtelee eri syistä kuitenkin hyvinkin huomattavasti (Kaunisto 1979). Jo 40 cm:n paksuisen turvekerroksen on todettu eristävän männyn taimet kivennäismaasta (Kaunisto 1979). Myös turpeen alla olevan kivennäismaan laatu vaihtelee laajoissa rajoissa (Kaunisto 1982a). Suonpohjan metsitystulos vaihtelee näin ollen erittäin paljon riippuen siitä, miten paksu turvekerros on ja miten runsaasti sen alla oleva kivennäismaa sisältää ravinteita. Koska pohjaturpeessa ei ole riittävästi fosforia ja kaliumia, kun taas tuestä saattaa olla ylitarjontaa (Kaunisto 1979, 1982a), on seurauksena mosaiikkimainen metsikkökuvio, jossa ohutturpeisissa kohdissa puusto kasvaa ilman lannoitusta, mutta paksuturpeisilla ei.

Jos turvekerros jää riittävän ohueksi, on suonpohja-alueella kuitenkin mahdollista kasvattaa puuta ilman lannoitusta (Ferm ja Kaunisto 1983). Toisaalta tuotettaessa puuta energian raaka-aineeksi erityisesti runsas typpentarve on ilmeinen (Hytönen 1983; Kaunisto 1983b). Tällöin saattaisi olla järkevää jättää suonpohjalle paksuhko turvekerros typpivarastoksi. Kummassakin tapauksessa tulisi kivennäismaan päälle jäävän turvekerroksen olla mahdollisimman tasapaksu, jotta puuston ravinnetarve tulisi tyydytetyksi taiseesti.

Suonpohjan turpeet ovat riittävän runsastyyppisiä ainakin männyn kasvatuksen alkuvaiheessa, mutta vähätyppisimmillä alueilla koivu saattaa hyötyä typpilannoituksesta. Mineraaliravinteiden saanti riippuu turvekerroksen paksuudesta ja alla olevan kivennäismaan laadusta. Männyn ja koivun runkopuun tuotantoon tähtäävää kasvatusta varten turvekerros ei saisi olla 10—25 cm paksumpi, mikäli halutaan varmistaa kivennäisravinteiden saanti turpeen alla olevasta kivennäismaasta. Toistaiseksi ei kuitenkaan ole tiedossa, missä määrin kuivatustehoa lisäämällä voidaan eliminoida turvekerroksen paksuuden vaikutusta. Turvekerroksen paksuusvaihtelu aiheuttaa laikuittaista lannoitustarvetta normaalissa runkopuuntuotannossa. Toisaalta tehokkaassa biomassan tuotannossa (energiapuun) tarvitaan runsaasti typpeä ja joudutaan joko tapauksessa antamaan mineraaliravinteita. Tällöin turvekerros voisi olla jopa 40—50 cm.

Suopellot ovat sekä kemiallisilta että fyysikaalisilta ominaisuuksiltaan erilaisia kuin avosuot tai suonpohjat. Pitkäaikaiseen suoviljelyyn liittyy maaperän voimakas kalkittaminen, tehokas kuivatus, mahdollinen kivennäismaan lisäys sekä tehokas muokkaus (Valmari 1983). Noin 80 % suopelloista kasvaa joko nurmea, kauraa tai ohraa, joiden kasvattaminen edellyttää jatkuvasti normaaleja viljelytoimenpiteitä (Pessi 1966; Valmari 1983). Suurin ongelma entisillä suopelloilla on ravinnesuhteiden sopimattomuus metsäpuille ja tästä aiheutuvat kasvuhäiriöt. Aina-kin osittain tilanne johtuu siitä, että heinä- ja viljakasvien muutoinkin hivenaineista köyhdyttämässä maassa runsas kalkitus sitoo hivenaineita käyttökeltottomaan muotoon (Raitio 1979).



Lannoitus fosforilla ja kaliumilla ei ole lisännyt taimien kasvua suopellolla ensimmäisten 11 vuoden aikana ja lannoitus työllä yksinään sekä myös fosforin ja kaliumin kanssa annettuna on jopa vähentänyt taimien kasvua (Paavilainen 1970b, 1977b).

Suopeltojen metsityksissä fosfori-kalilannoitus on useissa tapauksissa tarpeeton. Tässä suhteessa saattaa kuitenkin olla peltoviljelyn intensiteetin samoin kuin viljelyjen kasvilajienkin aiheuttamia eroja, joten jokainen tapaus vaatii erillisen arvioinnin. Typpilannoitus fosforin ja kaliuminkin kanssa annettuna on suopeltojen metsityksissä männylle tarpeeton ja useimmissa tapauksissa jopa haitallinen. Suoviljelyksille perustetut taimikot kärsivät usein hivenainetuotoksista.

## 25. Uudistumisherkkyyks

Siemenen itämiseen ja taimien alkukehitykseen vaikuttavat useat tekijät, jotka voidaan ryhmitellä aluetekijöihin, siemenlähteeseen, siementymisalustaan ja ympäristöön (ks. kuva 5). Siemenlähteeseen liittyviä seikkoja tarkastellaan luvussa 33. Erityisesti kahteen viimeksi mainittuun tekijäryhmään sisältyy olosuhteita, jotka poikkeavat huomattavasti mineraalimaiden vastaavista. Eräitä näistä on käsitelty jo edellisissä luvuissa.

Luonnontilaisille soille sekä ojikko- ja muuttumavaiheen turvemaille on ominaista kasvualustan uudistumisherkkyyks (Lukkala 1946; Heikurainen 1954). Näillä pohjakerroksen valtalajeina ovat rahkasammalet, joiden on todettu tarjoavan metsäpuiden siemenille hyvän itämisalustan (Borg 1936;

### LAATU - TYPE

Kariker - Litter  
Humus - Humus  
Lahoava puu - Decayed wood  
Mineraalimaa - Mineral soil  
Palanut pinta - Burned

### MIKROYMPÄRISTÖ - MICROENVIRONMENT

Varjostus - Shade  
Org. kerr. paksuus - Depth of organic matter  
Pintakasvill. - Ground vegetation  
Maan rakenne - Soil texture  
Eläin tuhot - Animal damage  
Taudit - Disease  
Eroosio ja liettyminen - Erosion and deposition

### SÄTEILY - INSOLATION

Valon voimakkuus - Light intensity  
Valon laatu - Light quality  
Lämpö - Heat

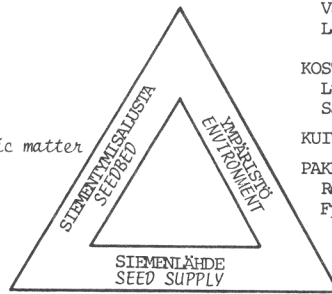
### KOSTEUS - MOISTURE

Lumipeite - Snow pattern  
Sade - Summer storms

### KUIVUUS - DROUGHT

### PAKKANEN - FROST

Rouste - Heaving  
Fysiol. vauriot - Physiological damage



### ALKUPERÄ - SOURCE

Siemenpuut - Seed trees  
Suojuspuut - Shelterwood  
Reunametsät - Uncut timber edge

### PUULAJIT - SPECIES

### TUOTANTO - PRODUCTION

### LAATU - QUALITY

### ELINKELPOISUUS - VIABILITY

### LEVIÄMINEN - DISSEMINATION

### VAURIOT - DAMAGE

Hyönteiset - Insects

Jyrsijät - Rodents

### ALUETEKIJÄT - PHYSIOGRAPHIC SITE

Sijainti - Aspect  
Kork. asema - Elevation  
Kaltevuus - Slope

Kuva 5. Kaavio siemenen itämiseen ja taimien alkukehitykseen vaikuttavista tekijöistä (Roe ym:n 1970 mukaan).  
Figure 5. Schematic presentation showing factors involved in seed germination and seedling survival (after Roe et al. 1970).

Lukkala 1938; Sarasto ja Seppälä 1964; Mannerkoski 1971; Arnott 1973; Heikurainen 1975, 1978). Ojituksen ikääntyessä rahkasammalten osuus pohjakerroksessa vähenee ja seinäsammalten lisääntyy. Seinäsammalkasvusto on rahkasammal pintaa huonompi itämisalusta (Sarasto ja Seppälä 1964), joten jo ilmeisesti tästäkin syystä suon taimettumisherkkyys vähentyy sen muuttuessa ojikosta turvekankaaksi. Karuilla ja karuhkoilla turvekankailla on usein havaittavissa vaihtelevan paksuinen kivennäismaan humuskerroksen F-osaa muistuttava raakahumuskerros (Kaunisto 1984b). Tämän merkitystä siemenen itämisen kannalta ei vielä varmuudella tiedetä, mutta luontainen uudistuminen on tällaisilla mailla ilman muokkausta onnistunut huonosti (Kaunisto 1984b, ks. myös luku 3412).

Myös kanadalaisissa tutkimuksissa on todettu rahkasammalpinnan uudistumisherkkyys (Arnott 1973; Fraser ym. 1976). Siementaimien (*Picea mariana*) pituuskehityksen on kuitenkin voitu todeta kasvihuonekokeissa heikkenevän seuraavassa sammal pintajärjestyksessä: *Pleurozium schreberi*, *Sphagnum magellanicum*, *S. angustifolium* ja *S. fuscum*, kun kastelusta kaikilla koejäsenillä huolehdittiin samalla tavalla 5,5 kk:n ajan (Jeglum 1981). Tuloksen selitettiin johtuvan sammal pintojen erilaisesta ravinteisuudesta ja rahkasammalten suuresta kasvunopeudesta, mikä on omiaan tukahduttamaan havupuuntaimien kehitystä (ks. myös Saarinen 1933; Roe 1949).

Turvemaat ovat herkkiä koivuttumaan. Koivuntaimia voi syntyä satojatuhansia hehtaarille muutaman vuoden aikana (Heikurainen 1959b; Kaunisto 1973, 1981). Turvemaiden koivuttumisherkkyys saattaa aiheuttaa ongelmia, vaikka nykyisin hieskoivu hyväksytäänkin pääpuulajiksi tietyin edellytyksin (ks. luku 331, Etelä-Suomen metsien... 1981).

Soiden uudistumisherkkyys huononee niiden muuttuessa ojikoista turvekankaak-

si. Uudistumisherkkyyttä voidaan arvioida taimiaineksen (myös ns. vaihtuvan taimiaineksen) määrän avulla ja jossain määrin myös rahkasammalten ja seinäsammalten peittämien pinta-alojen perusteella.

Turvekankailla rahkasammalpinna — vaikkakin herkkiä taimettumaan — eivät kuitenkaan ehkä ole alavan mikrotopografiansa ja heikon ravinteisuutensa vuoksi taimien jatkokehityksen kannalta parhaita suonpinnan pienmuotoja. Usein rahkasammal pinta turvekankaalla saattaa olla merkki kuivatustehon alenemisesta aiheutuvasta taantuvasta kehityksestä, jolloin paikalla saattaa olla päällekkäin sekä raakahumuskerros että rahkakerros. Tällöin ravinnetilanne saattaa muodostua erityisen huonoksi (ks. myös luku 3422).

## 26. Muut erityispiirteet

Turvemaiden kantavuus on huono. Tämä johtuu turpeen pienestä tiheydestä. Heikko kantavuus vaikeuttaa puutavaran korjuuta ja kuljetusta sulanmaan aikana tavallisella korjuukalustolla (Silvennoinen 1980). Ongelma on erityisen suuri kasvatushakkuiden ja luontaisen uudistamisen yhteydessä, jolloin jäljelle jäävän puuston juuriston vaurioitumista tulisi välttää. Tällöin korjuumenetelmän valintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota (Peltonen ja Vesikallio 1979). Toisaalta korjuutyötä helpottavat turvemaiden vähäiset kaltevuudet ja kivettömyys (Silvennoinen 1980).

Turvemaiden heikon kantavuuden vuoksi suometsien hoitoa ja korjuuta varten tulisi kehittää mahdollisimman kevytrakenteisia koneita ja ajoittaa raskaiden koneiden käyttöä edellyttävät toimenpiteet roudan aikaan.

### 3. SUOMETSIIEN UUDISTAMINEN

#### 31. Uudistamistarve ojitusten yhteydessä

Kasvualustan viljavuuden ja ojitusalueen maantieteellisen aseman lisäksi elpymiskykyisen puuston määrä vaikuttaa ratkaisevasti ojituksen edullisuuteen (Heikurainen 1973). Metsikkö joudutaan ojituksen yhteydessä uudistamaan, mikäli se on liian harva kasvatettavaksi, kasvupaikalle väärän puulajin muodostama tai puusto arvioidaan elpymiskyvyttömäksi. Puuston riittävyttä arviolta on otettava huomioon erityisesti pienikokoisissa puustoissa kasvutilan täyttymisen ojituksen jälkeen. Metsikön tasaisuuteen ei ole syytä kiinnittää liian suurta huomiota. Normaalitilanteessa kasvupaikan viljavuuteen sopivat puulajit ovat jo valmiina luonnontilaisella suolla. Puun kykyyn reagoida ojituksella parannettuihin kasvuolosuhteisiin eli elpymiskykyyn tulee kiinnittää erityistä huomiota (Heikurainen ja Kuusela 1962). Puun elpymiskykyä heijastelee sen elinvoimaisuus, jota puolestaan kuvastavat

- selvän latvakasvaimen olemassaolo
- latvuksen koko
- neulasten/lehtien koko ja väri
- puiden koko.

Uudisojituksen vähenemisen myötä myös metsänuudistamistarpeet ojituksen yhteydessä ovat pienenevässä. Todellisten uudistamistarvepinta-alojen laskeminen käytettävissä olevan tiedon perusteella on vaikeaa. Paavilaisen ja Tiihosen (1984) tutkimuksen perusteella kahdessatoista eteläisimmässä piirimetsälautakunnassa Ahvenanmaata, Helsingin ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakuntia lukuunottamatta oli luonnontilaisilla soilla VMI 7:n suorituksen ajankohtana uudistuskypsiä metsiköitä noin 10 % (44 000 ha), vajaatuottoisia noin 6 % (29 000 ha) ja varttuneita kasvatusmetsiä noin 24 % (105 000 ha) metsämaan luonnontilaisten korprien ja rämeiden kokonaispinta-alasta. Uudistamis- tai metsittämistarvetta lisännevät kuitenkin jonkin verran kitumaille tulevat metsäojitukset.

Ojituksen yhteydessä uudistamisen tarpeessa olevien metsien pinta-alat ovat nykyään suhteellisen vähäiset. Sitä vastoin laiminlyöntejä edellisiltä vuosikymmeniltä on vielä paikattava, esim. tapauksissa, joissa puuston ojituksen jälkeinen elpymiskyky on arvioitu väärin.

#### 32. Uudistamistarve ojitusalueilla

##### 32.1. Vajaatuottoiset puustot

Eri ajankohtina suoritetuissa valtakunnan metsien inventoinneissa vajaatuottoisuuden käsite on muuttunut. VMI 7:ssä vajaatuottoisuus ei ole enää oma kehitysluokkansa. Nimensä mukaisesti kehitysluokka kuvaa ainoastaan metsikön kehitysvaihetta aukeasta uudistusalasta uudistuskypsään metsikköön ja metsikön laatu arvioidaan erikseen kunkin kehitysluokan sisällä. Sekä kehitysluokka että metsikön laatu arvioidaan vain metsämaalla. Laadun perusteella tapahtuva pääryhmittely jakaa metsiköt kehityskelpoisiin (hyvä, tyydyttävä, vajaapuustoinen, hoitamaton) ja vajaatuottoisiin (väärä puulaji, ylikäinen, jätemetsä, muu uusittava) (ks. esim. Kuusela ja Salminen 1980).

Puulajin vaikutus vajaatuottoisuuteen poikkeaa viimeisimmässä inventoinnissa aiemmista. Esimerkiksi hieskoivu on hyväksytty kehityskelpoisen metsikön pääpuulajiksi soilla turvekankaita lukuunottamatta (Kuusela ja Salminen 1980). Ojitetuilla soilla tehdyissä tuotostutkimuksissa onkin voitu osoittaa, että viljavuudeltaan keskinkertaisilla tai sitä paremmilla ojitetuilla soilla hieskoivun kehitys ei näyttäisi jäävän jälkeen vastaavien kasvupaikkojen männiköiden kehityksestä (Keltikangas ja Seppälä 1977), joskin koivun mäntyä huonompi hinta alentaa taloustulosta. Saramäki (1977) suosittaa riukuasteelle ehtineen hieskoivikon kasvattamista avohakkuun ja männyn viljelyn sijasta. Keltikangas ja Seppälä (1977) pitävät

”likimain täystiheän” koivutaimikon kasvatamista järkevämpanä kuin avohakkuuta ja viljelyä männylle.

Vuokila (1980b) on esittänyt koivua kasvatettavaksi soilla ns. puolipitkän kiertojen periaatteella silloin, kun on kysymys hieskoivuvaltaisista puustoista. Tällöin tyydyttäisiin vain kuitu- ja energiapuun kasvatukseen. On kuitenkin painotettava, että koivua voidaan soilla kasvattaa myös vaneripuuksi, joskin hieskoivun laatu on huonompi kuin rauduskoivun ja ainakin ennen ojitusta syntyneiden koivikoiden laatu on soilla heikempi kuin kivennäismailla (Heiskanen 1957). Turvekangasvaiheessa hieskoivikon luokittelu vajaatuottoiseksi osoittaa, että seuraavaksi puusukupolveksi olisi pyrittävä saamaan havupuuvaltainen metsikkö (ks. myös luku 331).

Koivuongelman lisäksi myös kuusen tunkeutuminen liian karulle kasvualustalle tulee eteen turvepohjaisilla kasvupaikoilla. Puolukkaturvekankaat ja muuttumat, jotka ovat kehittyneissä puolukkaturvekankaiksi, tulisi pyrkiä säilyttämään männyn hallussa (ks. myös luku 331).

Yli-ikäiseksi katsotaan metsikkö, joka on niin vanha, että pienen kasvun tai lisääntyvän lahovikaisuuden ja puiden luontaisen kuoleamisen vuoksi se olisi uudistettava välittömästi. VMI 7:n ohjeiden ikäraajat, jolloin metsikkö tulkitaan yli-ikäiseksi, eivät kuitenkaan sovellu ojitetuille soille (ks. Kuusela ja Salminen 1980). Uudistuskypsyys -käsitteen palataan seuraavassa luvussa.

Vajaatuottoisuuden alaryhmiä ”jätemetsä” ja ”muu uusittava” esiintyy sekä kankailla että soilla. Näistä ensinmainittu on tavanomaisimmin aikaansaatu liian voimakkailla hakkuilla. Hakkuun syynä on saattanut olla myös metsikköä kohdannut tuho. Ryhmään ”muu uusittava” kuuluvat esim. avosoiden ojitusten seurauksena mahdollisesti syntyneet metsittymättömät aukeat alat.

Valtakunnan metsien inventointien aineistoista on äskettäin valmistunut kahtatoista eteläistä piirimetsälautakuntaa koskeva suomenselvitys (Paavilainen ja Tiihonen 1984). Tämän alueen metsämaan soista oli VMI 6:n mukaan vajaatuottoisia 13 % eli noin 270 000 ha ja VMI 7:n mukaan 6 % eli noin 135 000 ha. Edellä mainitun vajaatuottoisuuden käsitteessä tapahtuneen muutoksen vuoksi ei voida varmasti sanoa, onko vajaatuottoisuudessa tapahtunut selvää pienentymistä. Edelleen voidaan laskea, että ko. tut-

kimusalueella VMI 7:n mukaan metsämaan rämeiden ja korpjen muuttumilla ja turvekankailla esiintyy 6 %:lla (96 000 ha) vajaatuottoisuutta. Huomattavan yleisenä vajaatuottoisuutta esiintyi korpjen turvekankailla (14 % pinta-alasta). Saman alaryhmän lehtipuuvaltaisuus (27 % pinta-alasta) olisi saatanut merkitä suurempaakin vajaatuottoisuuden suhteellista esiintymistä, kun pidetään mielessä, että inventointiohjeen mukaan hieskoivun muodostama metsikkö ei ole kehityskelpoinen turvekankailla (Kuusela ja Salminen 1980). Edelleen on syytä mainita, että vajaatuottoisuuden suhteellinen esiintyminen soilla ja kankailla on edellä referoidun tutkimuksen (Paavilainen ja Tiihonen 1984) mukaan samaa suuruusluokkaa.

Viimeisimmän inventoinnin (VMI 7) aineistosta olisi myös mahdollista selvittää, missä suopuustojen kehitysluokissa vajaatuottoisuutta esiintyy eniten. Tällaisia laskelmia ei kuitenkaan ole vielä suoritettu. Koska vajaatuottoisuus selvitys koskee vain metsämaata, ei myöskään ole tietoa siitä miten runsaasti kitu- ja joutomaiden soita on ojitettu siten, ettei siirtymistä metsämaaksi ole tapahtunut. VMI 7:n kenttätyöohjeiden mukaan toimenpide-ehdotusta tehtäessä on kuitenkin myös arvioitava onko jo ojitetun suon metsäojituskelpoisuus niin alhainen, ettei ojituksen kunnostus- tai täydennysojitus-toimenpiteitä kuviolle ehdoteta (Valtakunnan metsien ... 1977). Näiden tapausten yleisyyttä koskevia tietoja ei ole vielä toistaiseksi käytettävissä.

Kahdentoista eteläisen piirimetsälautakunnan alueella vajaatuottoisia suopuustoja on noin 135 000 ha (6 %). Vajaatuottoisuuden esiintyminen kyseisen alueen metsämaan soilla ei ole sen yleisempää kuin kankailla. Puulajeista myös hieskoivu voidaan hyväksyä kehityskelpoisen metsikön pääpuulajiksi. Erityisesti mikäli alueella jo on täystiheä ja hyvälaatuinen riukuasteen hieskoivikko, on taloudellisesti kannattavampaa jatkaa sen kasvattamista kuin uudistaa välittömästi männylle. Hieskoivikko voidaan kasvattaa joko lyhyen kiertojen periaatetta noudattaen energia- tai paperipuuksi tai joissakin tapauksissa normaali-kiertoajalla myös vaneripuuksi. Lehtipuuvaltaisilla turvekankailla olisi kuitenkin toiseksi ojituksenjälkeiseksi puusukupolveksi pyrittävä saamaan taloudellisesti arvokkaampi puulaji.

### 322. Uudistuskypsät metsiköt ja varttuneet kasvatusmetsiköt

Uudistuskypsyydellä tarkoitetaan sitä iänkohtaa tai muulla tavoin määräytyvää kehitysvaihetta, jolloin metsikkö voidaan uudistaa. Luontaisesti syntyneen metsikön uudistuskypsyys määritetään kangasmailla yleensä puuston iän ja keskiläpimitan perusteella.

Kangasmaille laaditut uudistuskypsyysohjeet eivät kuitenkaan sellaisenaan sovellu metsäojitusalueille. Keskusmetsälautakunta Tapion ohjeissa tämä periaate todetaankin seuraavasti: ”Turvemaille sovelletaan kangasmaiden vastaavien kasvupaikkaluokkien ohjeita. Ikälisäystaulukon vuosimäärät saattavat kuitenkin olla turvemaiilla liian alhaiset ja siksi niillä uudistuskypsyttä harkittaessa on otettava korostetusti huomioon metsikön kasvu.” (Etelä-Suomen metsien... 1981). Valtakunnan metsien inventoinnin ohjeet eivät sisällä yksilöityjä ohjeita ojitusaluemetsien uudistuskypsyyden määrittämiselle. Iän käytökelpoisuutta uudistuskypsyyden kriteerinä rajoittaa näillä metsikön eri-ikäisrakenne ojitushetkellä ja ojituksesta kuluneen ajan huomioon ottamisen vaikeus.

Paavilaisen ja Tiihosen (1984) mukaan kahdessatoista eteläisessä piirimetsälautakunnassa uudistuskypsien metsien osuus oli 6 % (134 000 ha) ja varttuneiden kasvatusmetsien osuus 21 % (470 000 ha) metsämaan korprien ja rämeiden kokonaispinta-alasta (2 246 000 ha). Soilla ja kankailla yhteensä näiden kehitysluokkien pinta-alaosuudet olivat suuremmat. Rämeiden ja korprien muuttumilla ja turvekankailla varttuneiden harvennusemetsiköiden pinta-ala oli 72 % metsämaan turvemaiden kaikkien varttuneiden harvennusemetsiköiden pinta-alasta.

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla on käynnissä turvemaiden korjuuolosuhteita selvitelevä tutkimus. Eräs tutkimuksen osa perustuu yksityismetsien alueellisiin metsätaloussuunnitelmiin, jotka syksyllä 1983 kattoivat 3,6 milj. ha eli 27 % yksityismetsien metsämaan alasta. Seuraava ko. tutkimusta koskeva ennakkotieto on Eeronheimon (1984a ja b) antama. Aluesuunnitelmien hakkuuehdotukset on tutkimuksessa yleistetty kaikkien yksityismetsien vuotuisiksi hakkuusuunnitteiksi. Erilaisin hakkuuin ehdotetaan yksityismetsiä vuosittain käsiteltävän seuraavasti:

Hakkuutapa	Koko metsämaan alasta (13,4 milj. ha) %	Muuttumien ja turvekankaiden alasta (0,8 milj. ha) %
Harvennus	1,4	2,4
Avohakkuu	1,3	0,3
Ylispuiden poisto	0,8	0,5
Muu hakkuu	1,0	0,5
Yht. keskim.	4,5	3,7

Muuttumien ja turvekankaiden hakkuuehdotuksista on pinta-alasta 65 % harvennushakkuuta, 8 % avohakkuuta, 13 % ylispuiden poistoa ja 14 % muita hakkuutapoja (väljennys-, siemenpuu-, suojuspuu-, verhopuu-, kaistale- ja erikoishakkuu). Siten tämänkin selvityksen perusteella muuttumien ja turvekankaiden hakkuut näyttäisivät vielä lähitulevaisuudessa olevan harvennuspainotteisia.

Koska metsikön ikä ei sovellu ennen ojitusta syntyneiden ojitusaluemetsien uudistuskypsyyden määrittämissä kriteereiksi, tulee uudistamisajankohta määrittää ensisijaisesti keskiläpimitan ja puuston kasvutunnusten perusteella.

Metsien uudistamistarvetta on suhteellisesti enemmän kankailla kuin turvemaiilla sekä uudistuskypsien että varttuneiden kasvatusmetsien perusteella arvioiden. Uudistuskypsien suopuustojen pinta-ala 12 eteläisen piirimetsälautakunnan alueella on noin 134 000 ha (6 %) ja varttuneiden kasvatusmetsien noin 470 000 ha (21 %). Kun metsämaan turvemaiden varttuneista kasvatusmetsistä valtaosa (72 %) on muuttumilla ja turvekankailla, voidaan olettaa uudistuskypsien metsien pinta-alan vanhoilla ojitusalueilla varsin nopeasti kasvavan.

### 33. Uudistamiseen vaikuttavat tekijät

#### 331. Kasvupaikka ja puulaji

Suometsissä puulaji on yleensä jo luontaisesti valikoitunut kasvupaikalle sopivaksi. Alkuperältään rämeiset suotyypit uudistetaan edelleenkin mieluummin männylle. Poikkeuksen muodostavat viljavat, ruohoisten rämeiden ojitusaluet, joilla männyn sijasta voidaan suosia koivu—kuusisekoitusta. Erikoistapauksena on syytä mainita korpri-rameet, joille ojituksen yhteydessä usein on

jätetty sekä kuusta että mäntyä. Nämä ovat kuitenkin kuuselle liian karuja kasvupaikkoja (Heikurainen 1959b, 1978).

Korvet uudistetaan pääasiassa kuuselle. Poikkeuksena ovat karut korvet kuten räaseikkö-, puolukka- ja pallosarakorvet, jotka sopivat paremmin männyn kasvupaikoiksi (Heikurainen 1978).

Turvemaat ovat luontaisesti herkkiä koiuttumaan. Puumaisista koivulajeista hieskoivu on rauduskoivua monin verroin yleisempi (Heikurainen 1959b). Rauduskoivun vähäinen esiintyminen soilla johtuu ainakin osaksi sen toisenlaisista kasvupaikkavaatimuksista. Hieskoivun on todettu tulevan rauduskoivua paremmin toimeen anaerobisissa olosuhteissa (Huikari 1954, 1959), mikä osaltaan selittänee sen esiintymisen turvealustalla. Myös Österlund (1979) on tulvalueita tutkiessaan todennut rauduskoivun olevan hieskoivua herkemman vesikatteelle. Hieskoivun juuristo tunkeutuu havupuiden juuristoa syvemmälle (Heikurainen 1959a; Paavilainen 1966b). Koivusekapuustossa on todettu sekä männyn että kuusen mykoritsojen lukumäärän turveprofiilissa pysyneen muuttumattomana aina 20 cm:n syvyyteen saakka (Heikurainen 1959a). Puhtaassa mäntymetsikössä juuriston mykoritsatiheys sen sijaan alenee voimakkaasti turpeen pinnasta syvemmälle siirryttäessä (Heikurainen 1955).

Koivun lehtikarikkeen pH (Mikola 1954, 1959) samoin kuin tuhka- ja typpipitoisuus (Mikola 1959) ovat huomattavasti havupuiden neulaskarikkeiden arvoja korkeampia. Paavilainen (1984) on osoittanut, että samalla kasvualustalla koivun karikkeen sekä makro- että mikroravinnepitoisuudetkin ovat korkeammat kuin männyn karikkeeseen. Mikola (1973) totesi kahdella vierekkäisellä korpikeoalalla maan pH:n olevan huomattavasti korkeampi koivu- kuin kuusikoalalla. Ko- keessa, jossa männyn taimia kasvatettiin eri puulajien karikkeilla, taimien kasvu oli yleensä selvästi parempi koivun kuin männyn karikkeella (Mikola 1959).

Useat tutkijat ovat suosittaneet jonkinasteista koivusekoitusta turvemaille (Huikari 1954, 1959; Heikurainen 1959b; Mikola 1973). Kivennäismailla tehdyissä selvityksissä on todettu, että 80 vuoden kiertoaikaa käytettäessä pieni määrä rauduskoivua (alle 20 % puuston tilavuudesta) joko ei vaikuta lainkaan männyn kasvuun tai hieman parantaa sitä (Mielikäinen 1980). Tätä suurempi koivun osuus heikentää männyn kasvua.

Toisaalta hieskoivikoiden ja männiköiden tuotosvertailut osoittavat, että puhtaidenkin, luontaisesti syntyneiden täystiheyden hieskoivikoiden kasvatus soilla voi olla perusteltua (ks. luku 321).

Turvemailla on todettu, että kuusi—koivusekataimikoissa kuusen kasvu oli koko maassa aina parempi tapauksissa, joissa koivua oli alle 20 % verrattuna tapauksiin, joissa koivua oli yli 20 % puiden lukumäärästä (Heikurainen 1982). Samanlainen oli tilanne myös mänty—koivusekataimikoissa maan etelä- ja keskiosissa (Heikurainen 1982). Sen sijaan Pohjois-Suomessa runsaskaan koivusekoitus ei soilla ole haitannut männyn kasvua.

Puulajin valintaan vaikuttaa myös puuntuotannon tavoite. Tuotettaessa puuta metsäteollisuuden raaka-aineeksi valinta tehdään enimmäkseen havupuiden hyväksi, koska tavoitteena on tuottaa ensisijaisesti tukkipuuta ja pitkäkuituista paperipuuta. Toisaalta riittävä vanerikoivun tuotanto edellyttäne myös tietoista koivuvältaisten metsien kasvatusta. Tuotettaessa puuta energian lähteeksi tavoitteena on maksimoida saatavan kuivamassan määrä aika- ja pinta-alayksikköä kohden. Tärkeimpiä kriteerejä ovat puulajin kasvunopeus ja puuaineksen tiheys. Tällöin valinta tapahtuu lehtipuiden, erityisesti koivun hyväksi. Kasvatettaessa koivua energian raaka-aineeksi saadaan paras tuotos varsin tiheitä kasvatusasentoja käyttämällä. Esim. eräällä luontaisesti metsittyneellä turpeennostoalueella oli keski-ikältään 14-vuotiaiden koivikoiden tuotos korkein, kun metsikön tiheys oli 6 000—10 000 puuta/ha (Ferm ja Kaunisto 1983).

Puustoiset suotyypit uudistetaan pääasiassa alalla luontaisesti esiintyvälle puulajille. Poikkeuksena ovat karut korvet: räaseikkö-, puolukka- ja pallosarakorvet, jotka tulee uudistaa männylle.

Kuusen uudistamisaloilla koivu on välttämätön verhopuuston aikaansaamiseksi, vaikka koivusekoitus voi aiheuttaakin jonkin verran kasvutappioita. Mäntytaimikoissa koivua voidaan sallia aina 20 %:iin saakka ja aukkoisissa taimikoissa enemmänkin. Tarvittavan raakapuun käyttötarkoitus vaikuttaa puulajivalintaan. Energian lähteeksi voidaan kasvattaa harventamattomia koivutiheiköitä.

Puuston metsänhoidollisen tilan merkitystä arvioitaessa on otettava huomioon myös kuivatusaste. Luonnontilaisten soiden ja ojikkovaiheen puustot saattavat olla ikä- ja kokorakenteeltaan hyvin heterogeenisiä (Lukkala 1952; Heikurainen 1954, 1959b). Tällöin kuitenkin varsin iäkäs puusto kelpaa siemenpuustoksi, mikäli se muutoin on terve ja kasvupaikalle sopivaa puulajia (Lukkala 1951, 1952; Heikurainen 1954, 1959b). Esim. lyhyt, heikkokasvuinen ja huonomuotoinen rämemänty on vain ulkoisten kasvuolosuhteiden tulos, eikä perinnöllinen aines estä sen käyttöä siemenpuuna (Lukkala 1952). Lukkalan vv. 1934—35 puolukkatyyppin kankaalle perustamat rämealkuperää olevat istutsmänniköt on mitattu uudelleen 1981 Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston toimesta. Puiden valtapituuden keskiarvo oli yli 17 m. Tämä arvo ylittää samanikäisten (50-vuotiaiden) viljelymänniköiden valtapituuden vaihtelurajat VT:llä (Vuokila ja Väliaho 1980).

Turvekankailla siemenpuiden tulee täyttää samat laatuvaatimukset kuin kangasmaillaikin. Lähinnä puunkorjuun teknis-taloudellisten syiden vuoksi turvemaiden puustoja kasvatetaan nykyään varsin tiheässä asennossa. Tällaiset metsät ovat alttiita tuulenkadoille uudistamishakkuiden yhteydessä (Lukkala 1946). Lisäksi ylitiehinä kasvatettujen metsiköiden puusto on usein kituvaa ja/tai sairasta ja puiden kyky tuottaa siementä on alentunut.

Luontaisesti vajaapuustoiset tai hakkuin vajaapuustoisiksi saatetut alat tulisi uudistaa mahdollisimman nopeasti. Siemenpuuston tulee aina olla tervettä. Rämeillä voidaan ojikkovaiheessa siemenpuiksi hyväksyä hyvinkin huonomuotoisia ja iäkkäitä mäntyjä ja uudistaminen voidaan yleensä toteuttaa luontaisesti, mutta turvekankailla puuston täytyy täyttää samat vaatimukset kuin kangasmaillaikin. Päätehakkuuseen saakka täystiheinä kasvatetut puustot joudutaan uudistamaan viljelemällä.

### 34. Uudistamistavat

#### 341. *Luontainen uudistaminen*

##### 3411. Yleistä

Luontaisessa uudistamisessa käytetään hyväksi jo olemassa olevaa tai uudistushakkuun jälkeen syntyvää taimiainesta uuden puusukupolven aikaansaamiseksi. Suomessa luontaiseen uudistamiseen tähtävien hakkuiden osuus metsänuudistamisen kokonaismäärästä on vähentynyt 1950-luvulta alkaen. Erityisen voimakasta väheneminen on ollut 1970-luvulla. Siemen- ja suojuspuuhakkuiden osuus uudistamiseen tähtävien hakkuiden kokonaispinta-alasta oli vuonna 1971 yli 40 %, mutta vuonna 1980 enää noin 19 % (Uusitalo 1982).

Aktiivisen luontaisen uudistamisen lisäksi tapahtuu luontaista uudistumista myös vähittäisesti ilman varsinaisia uudistushakkuuta. Räsänen ym. (1979b) ovat kivennäismaiden luontaisesti syntyneitä havupuutaimikoita tutkiessaan todenneet, että männyn taimikoista noin kolmannes ja kuusen taimikoista noin  $\frac{3}{4}$  oli syntynyt jo ennen uudistushakkuuta. Lukkala (1946) totesi, että 50—80 % kuusen taimista oli korpien uudistusaloilla syntynyt ennen uudistushakkuuta. Myös valtakunnan metsien inventointitulosten vertailu osoittaa, että aktiivisen luontaisen uudistamisen lisäksi metsissämme tapahtuu luontaista uudistumista ilman uudistushakkuuta (Laiho 1983). Osaksi tämä johtunee kasvatusemetsien harvuudesta (ks. Hänninen 1974) ja vanhojen ojitusalueiden metsissä ehkä myös puuston aukkoisuudesta, joka saattaa olla perua luonnontilaisen suon puustosta.

Lannoituksen vaikutusta luontaiseen uudistumiseen metsäojitusalueilla koskevat tulokset ovat jossain määrin ristiriitaisia. Lannoitus näyttää lisäävän koivuntaimien määrää (Moilanen ja Issakainen 1981, 1984). Sen sijaan männyntaimien määrään lannoitus vaikuttaa vain vähän (Moilanen ja Issakainen 1984) ja vaikutus saattaa olla jopa negatiivinenkin (Kaunisto 1975c) varsinkin, jos käytetään suuria lannoitemääriä (Heikurainen ym. 1983). Joissakin tapauksissa on todettu lannoituksen lisäävän luonnontaimien pituuskasvua (Kaunisto 1975c; Heikurainen ja Laine 1976; Moilanen ja Issakainen 1981, 1984), mutta toisissa tapauksissa ei ole havaittu mitään vaikutusta (Moilanen ja Issa-

kainen 1981, 1984). Heikurainen ym. (1983) ovat todenneet, että lannoitus NPK:lla lisäsi männyn taimien kasvua karuilla rämeillä erittäin voimakkaasti Etelä-Suomessa (> 1200 d.d.°C), vain vähän Keski-Suomessa (1000—1200 d.d.°C) eikä lainkaan Pohjois-Suomessa (< 1000 d.d.°C).

Metsien luontainen uudistaminen on vähentynyt 1970-luvulla. Osa luontaisesta uudistumisesta ei kuitenkaan näy hakkuutilastoissa, koska sitä tapahtuu varsinkin kuuselle myös ilman varsinaisia uudistushakkuuita. Lannoitus lisää koivuntaimien määrää, mutta toisaalta vaikuttaa vain vähän männyn taimien määrään. Luontaisen uudistamisen yhteydessä ei ainakaan alkuvaiheessa kannattaneen käyttää lannoitusta.

### 3412. Raivaus ja maanpinnan käsittely

Mikäli uudistusaloilla suoritetaan muokkausta, kannattaa muokkauksen vaikutus raivaustarpeen vähentäjänä ottaa huomioon. Kivennäismaiden metsien uudistamisen yhteydessä tarvitaan yleensä vesakon ennakkotorjuntaa haapaa kasvavilla männyn uudistusaloilla. Turvemailloja haapa ei kuitenkaan ole samassa määrin ongelma. Kuitenkin siementävät lehtipuut tulisi poistaa, mikäli lehtipuu-ta ei haluta säästää verhopuustoksi kuuselle. Uudistusalan raivaus voidaan siirtää taimikonhoitovaiheeseen, mikäli jätetuotetta on niin vähän, että valtaosa siitä tuhoutuu hakkuun ja muokkauksen yhteydessä (Laiho 1978). Yhdistettäessä raivaus ja taimikonhoito saatetaan päästä harvempiin vesakontorjuntakertoihin.

Mikäli uudistusala muokataan, on huomattava, että muokkausjälki on otollinen alusta luontaisesti syntyville koivun taimille sekä kivennäis- (Raulo ja Mälkönen 1976) että turvemailloja (Moilanen ja Issakainen 1981). Tämäkin seikka saattaa puoltaa raivausajankohdan siirtämistä vasta taimikonhoidon yhteyteen.

Räsänen ym. (1979b) ovat kivennäismailtojen todenneet, että männyn luontaisen uudistamisen yhteydessä raivaus oli suoritettu keskimäärin 42 %:lla uudistusaloista. Vastaavasti kuusen luontaisen uudistamisen aloilla oli raivaus tehty vain 21 %:lla kohteista. Vähäisiin raivausmääriin saattaa vaikuttaa se, että suuri osa luontaisista taimikoista syntyy ilman tietoista uudistamispyrkimystä (ks. luku

3411).

Maan heikon kantavuuden ja haitallisten vesipainanteiden muodostumisen vuoksi on maanmuokkausta turvemaiden luontaisen uudistamisen yhteydessä vaikea koneellistaa. Etenkin siemen- ja suojuospuuhakkuuin toteutettavassa uudistamisessa koneellisten muokausmenetelmien käyttö on vaikeaa, koska samalla saatetaan vaurioittaa puustoa ja lisätä tuulikaatojen riskiä. Toistaiseksi on kokeiltu siemenpuualoilla suonpinnan jyrskintää (Kaunisto 1975c, 1984b) sekä kaistalahakkuualoilla auruusta (Moilanen ja Issakainen 1981) ja mätästystä (Moilanen ja Issakainen 1981, 1984). Kanadassa on mustakuusikoiden uudistamisessa kaistalahakkuun avulla hyväksikäsitteeksi maanmuokausmenetelmäksi todettu pusku-traktorilla talvella suoritettava "shear-blade"-käsittely, jossa ainoastaan hakkuutähteet, kenttäkerros ja elävä sammalpinna poistetaan (esim. Haavisto 1979; Fleming ja Groot 1984).

Maanmuokkauksen tavoitteena on nopeuttaa luontaista uudistamista. Kuten edellä (luku 25) on todettu, ojikko- ja muuttumavaiheessa uudistuminen tapahtuu yleensä herkästi ilman maanmuokkaustoimenpiteitä. Muokkauksella voidaan kuitenkin vielä lisätä uudistumisherkkyttä. Eräällä rämeojikolla oli muokkaamattomalla pinnalla männyn-taimia 40 000 kpl/ha ja jyrskintämuokatulla palteella 180 000 kpl/ha (Kaunisto 1975c). Tällaisissa tapauksissa muokkaustoimenpide on turha, jos pyritään pelkäästään taimettumisherkkyden lisäämiseen. Toisaalta puolukkorvessa oli kuuden kasvukauden kulluttua muokkauksesta ja ojituksesta kuusentaimia vain n. 1 000 kpl/ha muokkaamattomalla alalla mutta auratulla tai mätästetyllä maalla 2 000—3 000 kpl/ha (Moilanen ja Issakainen 1981).

Vanhoilla ojitusalueilla on muokkauksella todettu olevan vielä suurempi positiivinen vaikutus. Varputurvekankaalla löytyi männyn taimia koskemattomalta pinnalta vain 0,2—0,3 kpl/m<sup>2</sup>, kun taas jyrskintämuokatulla palteella taimia oli lähes 2 kpl/m<sup>2</sup> (Kaunisto 1984b). Samoin 1930-luvulla ojitetulta ja 1976 mätästetyltä TR-PsR -muuttumalta löytyi avohakatuilta kaistaleilta männyn-taimia muokkaamattomalta pinnalta vain muutamia satoja, kun taas mätästetyllä pinnalla taimia oli viiden kasvukauden kulluttua n. 40 000 kpl/ha (Moilanen ja Issakainen 1984). Vaikka kyseisellä alalla maan kuivatus oli ollut jossain määrin puutteellinen, olivat kan-



kaan sammalet jo vallitsevia.

Erityisesti männyn uudistamisen yhteydessä on uudistusalan raivaus välttämätön toimenpide, mutta se kannattanee tehdä vasta mahdollisten muokkaustoimenpiteiden jälkeen. Kuusen uudistamisen yhteydessä liian vanhat ja elpymiskyvyttömät kuusentaimet tulisi poistaa. Sen sijaan koivua tulee säästää verhopuustoksi.

Maanpinnan rikkominen edistää taimettumista. Tällä ei ole sanottavaa merkitystä ojikoilla, jotka muutoinkin ovat taimettumisherkkiä. Sen sijaan turvekankailla maanpinnan rikkomisella saattaa olla ratkaiseva vaikutus uudistumiselle etenkin, jos turpeen päälle on ehtinyt muodostua yhtenäinen raakahumuskeros ja seinäsammalkasvusto (ks. myös luku 25). Ongelmana on tarkoitukseen sopivan muokkauskaluston puuttuminen.

### 3413. Taimiaineksen vapauttaminen

Taimiaineksen vapauttamisella tarkoitetaan ylispuuhakkuuta, jolloin uudistuminen on hakkuuhetkellä olemassa olevan taimiaineen varassa. Taimiaineeksella tarkoitetaan seuraavassa sekä ns. vaihtuvaa taimiainesta että alikasvostaimia. Vaihtuvaan taimiaineeseen on yleensä luokiteltu alle 10 cm:n mitaiset taimet (Kotisaari 1982).

Luonnontilaisilla rämeillä vaihtuvaa taimiainesta on erittäin runsaasti (Heikurainen 1954). Useimmissa tapauksissa saattaisi riittää vain taimiaineen vapauttaminen, joskin hakkuun ja ojituksen aiheuttamat ekologiset muutokset vähentävät huomattavasti vaihtuvan taimiaineen määrää (Heikurainen 1959b). Viljavilla kasvupaikoilla vaihtuvan taimiaineen vapauttaminen saattaa johtaa pintakasvillisuuden liialliseen rehevöitymiseen. Varsinkin vadelma ja maitohorsma saattavat olla ongelmallisia (Lukkala 1946). Rehevöityminen on lähinnä varsinaista korpea viljavampien korpityypin ongelma.

Alikasvoksen hyväksikäyttö tulee kysymykseen lähinnä kuusen luontaisessa uudistamisessa. Pohjanmaan 20—40 vuotta vanhojen ojitusalueiden hieskoivikoiden kuusialikasvoksia koskevat tutkimukset ovat osoittaneet, että Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla kahdella kolmanneksella alueista kuusialikasvos oli kehityskelpoinen (Seppälä ja Keltikangas 1978). Vanhemmilla ojitusalueilla

oli Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla kehityskelpoisia taimia keskimäärin 1500 kpl/ha ja nuoremmilla 900—2300 kpl/ha. Sen sijaan Pohjois-Pohjanmaalla vain kolmanneksella alueista kuusialikasvos oli kehityskelpoinen.

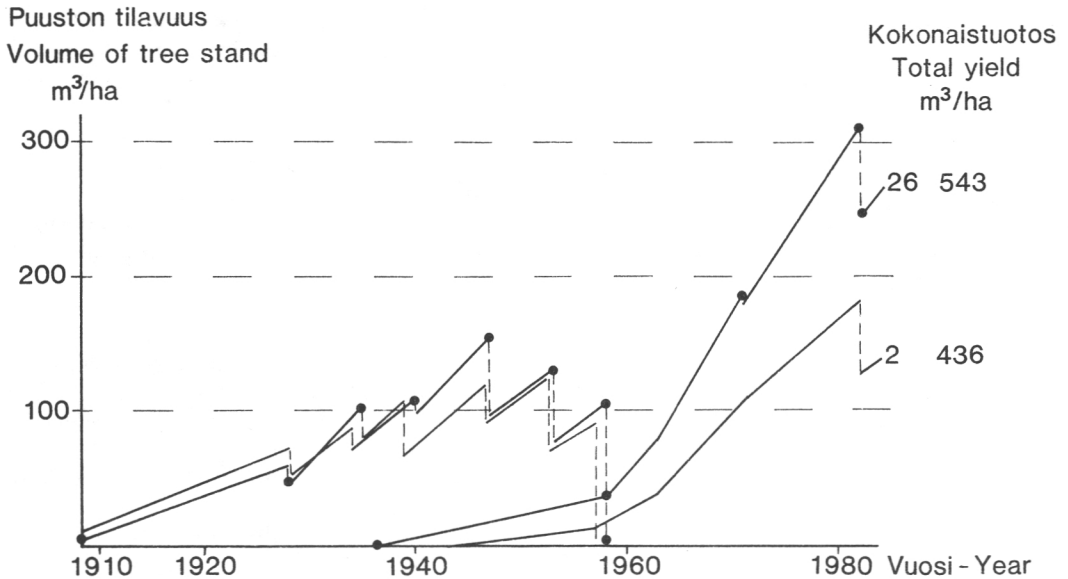
Eräillä Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston kestokoaloilla on jo 50-vuotiaita toisen ojituksen jälkeisen puusukupolven metsiköitä, jotka ovat hieskoivikon alla luontaisesti syntyneitä ja vähittäisesti vapauttettuja kuusikoita. Erityisesti viljavissa korvissa kuusialikasvoksen käyttöön tukeutuminen on osoittautunut onnistuneeksi (kuva 6). Vastaavia tuloksia, joskin vähän nuoremasta kehitysvaiheesta, on esitetty Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen opetus-tarkoituksia varten perustetuilta näytealoilta (Heikurainen 1985).

Tiheän kuusikon alta vapautetut alikasvotaimet kärsivät auringon paahteesta, jonka vuoksi taimikonhoitotoimenpiteet tulisivat tehdä vasta joitakin vuosia vapauttamisen jälkeen, jolloin tilanne nähdään paremmin (Laiho 1983). Kuusen taimien elpymisen hakkuun jälkeen vie joka tapauksessa useita vuosia (Lukkala 1946).

Uudistamishakkuutapaa valittaessa tulee ensin arvioida uudistusosalalla jo mahdollisesti olevan taimiaineen määrä, tasaisuus ja laatu. Mikäli taimiainesta on riittävästi, saatetaan keskinkertaisilla ja tätä huomommilla rämeillä tulla toimeen pelkällä taimiaineen vapauttamisella. Varsinaista korpea viljavammassa korvissa pintakasvillisuuden rehevöityminen haittaa taimiaineen kehittymistä. Etenkin korvissa hakkuutähdettä saattaa kertyä niin runsaasti, että taimiaines tuhoutuu. Vaihtuvan taimiaineen vapauttamisessa korvissa tulee lisäksi varmistaa riittävä verhopuuston synty.

### 3414. Kaistalehakkuu

Kaistalehakkuuseen perustuvassa uudistamisessa metsikköön hakataan kaistaleita, joiden leveys vaihtelee mm. uudistettavan metsikön koon ja maantieteellisen sijainnin mukaan. Kaistaleveys voi olla 20—100 m (Multamäki 1937; Lukkala 1938, 1946). Kaistalehakkuu soveltuu laaja-alaisten korpiuuttumien ja mustikkaturvekankaiden uudistamiseen edellyttäen, että kaistaleisiin muodostuu myös riittävä verhopuusto (Luk-



Kuva 6. Puuston tilavuuden kehitys ja kokonaistuotos kahdella Jaakkoin suon koelallalla (26 = Rhtkg, 2 = Mtkg), joilla ojituksen jälkeen syntyneen hieskoivikon alle tullut kuusialikasvos muodostaa toisen puusukupolven (Paarlahti ja Takamaa 1984).

Figure 6. Development of the volume of tree stand and the total yield after drainage on two sample plots (26 = Herb-rich type, 2 = *Vaccinium myrtillus* type) at Jaakkoin suo Experimental Drainage Area, where spruce (*Picea abies*), generated under birch stand (*Betula pubescens*) is forming the second tree generation (Paarlahti and Takamaa 1984).

kala 1946). Kaistalehakkuuta voidaan soveltaa vain metsiköissä, joita on käsitelty toistuvain harvennuksin (Lukkala 1946, ks. myös luku 612).

Useissa tapauksissa huomattava osa kuusentaimista syntyy jo ennen hakkuuta (Lukkala 1946), joten kaistalehakkuussa on kysymys vain taimiaineksen täydentämisestä. Uudistumisen onnistuminen riippuu tällöinkin välimetsikön puuston siemennyksestä. Maahan tulevien siementen määrä riippuu mm. siementävien puiden etäisyydestä. Lukkalan (1946) mukaan siemeniä tuli kaistaleen reunassa yli nelinkertainen ( $4,0 \text{ kpl/m}^2$ ) ja välimetsikössä yli kymmenkertainen ( $9,5 \text{ kpl/m}^2$ ) määrä kaistaleen keskustaasta ( $0,9 \text{ kpl/m}^2$ ) verrattuna. Heikinheimon (1932) mukaan tyhjiin kuusen siementen osuus lisääntyy reunametsästä etäännyttäessä. Näin ei kuitenkaan tapahtunut vielä 25 m:n etäisyydellä reunametsästä, ja 50 m:n etäisyydelläkin muutos oli vähäinen, joten normaalin kaistalehakkuun yhteydessä tällä seikalla ei liene merkitystä. Lukkalan (1946) mukaan kuusentaimet ovat vähemmän alttiita hallavaurioille kaistaleen reunassa kuin keskellä. Lisäksi hän totesi leveiden kaistaleiden olevan

kapeita myrskyalttiimpia. Edellä mainituista syistä Lukkala päätyi suosittamaan verrattain kapeita (40–50 m) kaistaleita korpien uudistamiseen. Myös Multamäen (1937) mukaan kuusen uudistamisessa saatiin parhaita tuloksia käyttämällä kapeita, enintään 40 m:n levyisiä kaistaleita. Käytännön suosituksessa kaistaleiden ja välimetsiköiden leveys sekä männiköiden että kuusikoiden kaistalehakkuiden yhteydessä Etelä-Suomessa on nykyisin 50 m (Etelä-Suomen metsien ... 1981).

Tavallisesti kaistale metsittyä 5–6 vuoden kuluessa (Kalela 1946; Lukkala 1938, 1946). Siemensadon määrä vaikuttaa kuitenkin metsittymisen etenemiseen. Siemensadon määrän vaihtelut samalla puulajilla eri vuosina voivat olla tuhatkertaisia (Koski ja Tallqvist 1978). Kuusella on tyhjiin siementen osuuden todettu vaihtelevan suhteellisen paljon. Yleensä tyhjiä siemeniä on 20–50 %. Männyllä tyhjiin siementen osuus on 10–20 % (Leikola ym. 1982). Männyllä runsaat siemensadot ovat pohjoisessa harvinaisempia kuin etelässä. Ero ei kuitenkaan ole niin suuri kuin kuusella, jolla on hyviä siemenvuosia pohjoisessa vain hyvin harvoin (Koski ja Tallqvist 1978).

Välímetsiköt uudistetaan kun kaistaleelle luontaisesti syntynyt koivutaimikko on 3—4 m:n korkuista, eli yleensä n. 15 vuoden kulluttua hakkuusta. Yleensä välímetsiköihin on tänä aikana syntynyt jo riittävästi kuusentaimia, joten emopuusto voidaan poistaa (Lukkala 1946). Toisaalta taimikon suojaamiseksi hallalta välittömästi hakkuun jälkeen ja verhopuuston aikaansaamiseksi Lukkala suosittaa koivu/mänty-verhopuuston jättämistä mahdollisuuksien mukaan.

Kaistaleen suunnaksi Lukkala (1946) suositaa korpimailla etelä—pohjoissuuntaa, koska länsi—itäsuuntaisella kaistalla sekä lumi että routa säilyvät kaistaleen eteläreunassa pitempään kuin muissa osissa. Myös varjoisuus länsi—itäsuuntaisen kaistaleen eteläreunassa on suurempaa kuin muualla kaistaleessa. Kaistaleiden suuntaa määrittäessä on kuitenkin otettava huomioon em. lähtökohtien lisäksi mm. puutavaran kuljetukseen vaikuttavat tekijät, joihin jo Lukkala (1946) kiinnitti huomiota.

Mikäli välímetsikköjä halutaan käsitellä, tulisi harvennus tehdä viisi—kymmenen vuotta ennen kaistalahakkuuta. Tässä ns. väljennyshakkuussa poistetaan sairaat ja huonokuntoiset puut ja luodaan edellytykset vaihtuvan taimiaineksen syntymiselle. Välímetsikön harventaminen vasta kaistalahakkuun yhteydessä lisää tuulivaurioiden todennäköisyyttä (Lukkala 1946). Kaistojen reunauiden on todettu lisäävän kasvuaan kaistalahakkuun jälkeen (Lukkala 1946).

Mainittakoon, että Ontariossa on mustakuusikoiden uudistamisessa menestyksekkäästi käytetty kaistalahakkuuta, jotka turvemaidilla ovat yleensä aina onnistuneet paremmin kuin kangasmailla (Fraser ym. 1976).

Kaistalahakkuu soveltuu toistuvien harvennuksien käsiteltyjen laajojen korpimuutunien ja mustikkaturvekankaiden uudistamiseen edellyttäen, että kaistaleisiin muodostuu myös riittävä verhopuusto. Kaistalahakkuun erikoistapauksena voidaan pitää kapeiden korpijuottien avohakkuuta, mikäli niihin rajoituvilla kankailla on riittävästi sementtävää kuusta. Pääosa taimiaineksesta syntyy kaistaleelle jo kaistalahakkuuta edeltävien hakkuiden jälkeen ja välímetsiköt vain täydentävät taimiainesta. Välímetsiköt uudistetaan, kun kaistaleelle syntynyt koivutaimikko on 3—4 m kor-

keata. Kaistaleiden leveys tulisi olla 40—50 m ja suunta etelä—pohjoinen.

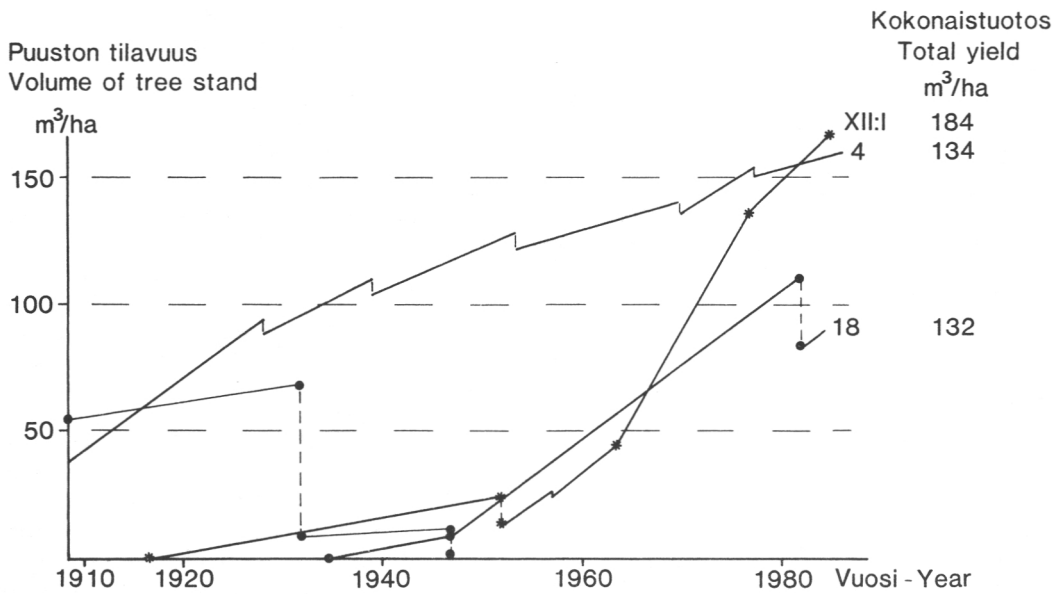
### 3415. Siemenpuuhakkuu

Siemenpuuhakkuuta voidaan käyttää lähinnä männyn uudistamiseen. Alttius myrskytuhoille estää harvan siemenpuuasennon käytön kuusta uudistettaessa. Turvemaidilla männyn siemenpuiden määräksi riittää 30—50 kpl/ha (Heikurainen 1978; Bergman 1980). Toisaalta on todettu, että harvassa siemenpuuasennossa itsepölytyksen osuus on huomattavasti korkeampi kuin täystiheässä puustossa (Rudin ym. 1977). Lisäksi tiedetään, että itsesiitoksesta syntyneet siemenet itävät hitaammin ja että itsesiitoksesta syntyneet taimet kasvavat hitaammin kuin ristisiitoksesta syntyneet (esim. Koski 1973). Itsepölytyksen määrä riippuu uudistusalan koosta ja sitä ympäröivästä puustosta. Toiseksi ei Suomessa kuitenkaan ole esitetty siemenpuiden lukumäärää koskevia suosituksia tässä suhteessa. Siemenpuuston tulee olla tervettä ja hyvämuotoista. Ainoastaan rämeojikoilla ja -muuttumilla voidaan sallia jätettäväksi huonomuotoisia puita siemenpuiksi, koska näillä huonomuotoisuus ei välttämättä johdu perintötekijöistä (Lukkala 1952, ks. myös luku 332).

Kuva 7 esittää kolmen erilaisen käsittelyvaihtoehdon jälkeen seurannutta puuston tilavuuden kehitystä isovarpuisella rämeellä ojituksesta kuluneen ajan funktiona. Parhaan tuloksen oli antanut avohakkuu ja hajakylvö, joskin hyvään tulokseen tällä koealalla vaikutti myös muita kapeampi sarka. Kasvunsa jo lähes pysäyttäneen vanhan rämemännikön uudistaminen siemenpuuasennon avulla vaikuttaa niinikään järkevältä vaihtoehdolta.

Siemenpuiden on todettu haittaavan männyntaimien jatkokehitystä (Kalela 1946), joten niiden poisto tulisi tehdä heti, kun ala on riittävästi taimettunut ja viimeistään silloin, kun taimikko on 50—80 cm:n pituista. Turvemaidilla paras siemenpuiden korjuuajankohda on talvi, jolloin aiheutetaan vähiten juuristovaurioita taimikolle. Siemenpuuhakkuiden käyttöä uudistusmenetelmänä vaikeuttaa nykyisen korjuuteknologian huono soveltuvuus (Peltonen ja Vesikallio 1979).

Siemenpuuhakkuu soveltuu parhaiten karujen ja karuhkojen rämeiden, räme-  
muuttumien ja turvekankaiden uudistami-



Kuva 7. Puuston tilavuuden kehitys ja kokonaistuotos eri tavoin käsitellyillä (4 = vanhan puuston kasvatus, 18 = siemenpuuhakkuu, XII:1 = avohakkuu ja hajakylvö) isovarpuisen rämeen koealoilla Jaakkoinosuolla (Paarlahti ja Takamaa 1984).

Figure 7. Development of the volume of tree stand and the total yield after different stand treatments (4 = growing original pine stand, 18 = stand tree method, XII:1 = clear cutting and showing) and dwarf-shrub pine mire at Jaakkoinso Experimental Drainage Area (Paarlahti and Takamaa 1984).

seen. Turvekankailla kasvualustan uudistumisherkkyyden huonontuminen (ks. luvut 25 ja 3412) saattaa kuitenkin aiheuttaa ongelmia. Tästä syystä onkin tarpeen aina varmistautua, että uudistuslallalla on olemassa vaihtuvaa taimiainesta taimettumisherkkyyttä osoittamassa.

#### 3416. Suojuspuuhakkuu

Myös suojuspuuhakkuussa on kyse siementävän puuston jättämisestä uudistuslalle. Suojuspuuhakkuun edellytyksenä on, että alalla on ainakin aukkoikoissa jo runsaasti kehityskelpoisia taimia osoittamassa kasvualustan taimettumisherkkyyttä. Erityisiä suojuspuuhakkuun soveltamisohjeita turvemaita varten ei toistaiseksi ole. Keskusmetsälautakunta Tapion ohjeiden mukaan sitä voidaan käyttää tuoreilla kankailla ja niitä parempiin kasvupaikkoihin rinnastettavilla alueilla (Etelä-Suomen metsien... 1981). Ohjeessa suositetaan suojuspuita jätettäväksi 80—150 kpl/ha, joista ainakin neljänneksen tulisi olla mäntyä ja/tai koivua. Tähän on mm. seura-

via syitä: Kuusi varjostaa koivua ja mäntyä voimakkaammin ja hidastaa näin taimien kehitystä antamatta kuitenkaan enempää hallansuojaa kuin koivut ja männytkään. Usein kuusen hakkuutahteet ovat niin runsaat, että ne tuhoavat huomattavan osan taimiaineksesta. Koivun esiintyminen alueella suojuspuuvaiheessa varmistaa lisäksi verhopuuston nopean kehittymisen. Toisaalta on todettava, että varsinaisesti tutkimuksiin perustuvaa tietoa suojuspuuhakkuista turvemaita ei ole. Myrskytuhovaaran vuoksi suojuspuuhakkuu edellyttää, että metsikköä on aikaisemmin harvennettu (ks. luku 612).

Puunkorjuu turvemaita on ongelmallista erityisesti suojuspuuhakkuun yhteydessä, koska raskaan korjuukaluston aiheuttamat vauriot (erityisesti sulanmaan aikana) ovat luonnollisesti vielä suuremmat suojus- kuin siemenpuustolle.

Suojuspuuhakkuu soveltuu lähinnä korprien, korpimuuttumien sekä ruoho- ja mustikkaturvekankaiden uudistamiseen kuuselle. Suojuspuustoon tulisi jättää myös koivua ja/tai mäntyä. Samoin suojuspuu-

hakkuu tulee ehkä kyseeseen viljavien rämemuuttumien ja mustikkaturvekankaiden uudistamisessa männylle ja kuuselle sekä muidenkin turvemaiden uudistamiseen männylle, mikäli suojuspuusto poistetaan taimiaineksen ollessa vielä pientä (10–30 cm), jolloin se ei vahingoitu hakkuussa.

### 342. *Viljely*

#### 3421. Yleistä

Valtaosa metsien tietoisesta uudistamisesta tapahtuu nykyisin viljellen. Vuonna 1982 viljellystä uudistuspinta-alasta (151 000 ha) istutettiin noin 82,5 % lopun ollessa kylvöä (Metsätilastollinen vuosikirja 1983). Vuoden 1983 tietojen mukaan kylvön osuus oli hiukan noussut. Kylväen uudistettiin lähes 20 % viljelyalasta (Metsätilastotiedote 24/1984).

Viljelymenetelmän valinta on oleellinen metsänviljelyketjun osavaihe. Valinta voidaan jakaa kolmeen eri osaan: viljeltävän puulajin valinta, valinta istutuksen ja kylvön välillä sekä taimilajin valinta (esim. Parviainen ja Lappi 1983). Puulajin ja viljelytavan valinta tapahtuu käytännössä kasvupaikan viljavuuden perusteella. Joskus samat alueet voivat soveltua sekä luontaiseen uudistamiseen, kylvöön että istutukseen. Mahdollisessa valintatilanteessa metsänomistajien asenteilla ja totumuksilla voi olla merkitystä (Karjula ym. 1982). Esimerkiksi Järveläisen (1977) mukaan vain joka viides metsänomistaja katsoi, että metsänviljelyä suositaan liikaa. Tutkimuksessa ei tehty eroa eri viljelymenetelmien välillä.

Nykyisin käytännössä yleensä vain männyn viljelyn yhteydessä harkitaan, tehdäänkö viljely istuttaen vai kylväen, sillä kuusen ja rauduskoivun viljelyssä istutus on lähes ainoa käytetty menetelmä (Etelä-Suomen metsien ... 1981). Kuitenkin molempia em. puulajeja voidaan turvemaidella uudistaa myös kylväen (Lukkala 1938; Multamäki 1939).

#### 3422. Raivaus ja maanpinnan käsittely

Raivauksen ajoittamista suhteessa muihin uudistamistoimenpiteisiin, kuten hakkuuseen ja muokkaukseen, käsiteltiin luontaisen uudistamisen yhteydessä (ks. luku 3412). Mikäli päätehakkuun ja uudistamisen väli on josta-

kin syystä pidentynyt, on raivaus lehtipuiden kilpailun vuoksi syytä kuitenkin suorittaa aina ennen viljelyä. Turvemaiden huono kantavuus asettaa rajoituksia silloin, kun raivaus halutaan suorittaa kemiallisesti metsätraktoriin yhdistetyn ruiskun avulla. Muutoin turvemaille soveltuvat samat raivausmenetelmät kuin kivennäismaille.

Metsänviljelyn yhteydessä on usein tarpeen käyttää jonkinasteista maan muokkausta. Muokkauksen tavoitteena on viljelypaikan valmistaminen, pintakasvillisuuden kilpailun vähentäminen, maan ilmavuuden ja lämpö- ja ravinnetalouden parantaminen sekä veden liikkuvuuden nopeuttaminen (ks. luku 23). Turvemaidella suoritettuja muokkauksia ei ole tilastoitu erikseen, vaan ne sisältyvät maanmuokkauksen suoremääriä koskeviin kokonaispinta-aloihin (Metsätilastollinen ... 1983; Kaila ja Päivänen 1981).

Muokkauksen merkitys istutustyön teknillisen toteuttamisen kannalta on turvemaidella vähäisempi kuin kangasmailla, koska turve on helppo istutusala. Sen sijaan pintakasvillisuuden torjunnassa muokkauksesta on hyötyä (Kaunisto 1975b, c; Leikola 1976; Moilanen ja Issakainen 1981). Kaunisto (1975c) on todennut, että isovarpuisilla rämeillä kolmen kasvukauden kuluttua jyrsin-tämuokkauksesta ei muokkausjäljessä vielä esiintynyt rämevarpuja. Moilanen ja Issakainen (1981) ovat todenneet, että vaivaiskoivua, variksenmarjaa ja juolukkaa oli korven ja nevan koalueen mätästetyllä pinnalla vähemmän kuin luonnontilaisella tai auratulla vielä kuusi vuotta toimenpiteen jälkeen. Muokkauksen vaikutus muiden kasvilajien esiintymiseen sen sijaan on lyhytaikaisempi. Viiden (Raitio 1976) ja kuuden (Moilanen ja Issakainen 1981) vuoden kuluttua tupasvilla oli saavuttanut saman ja maitohorsma jopa suuremman kuivamassan tai peittävyuden muokatulla kuin muokkaamattomalla pinnalla. Mannerkoski (1975) on todennut, että avohakkuun vaikutuksesta rehevöityvä pintakasvillisuus saattaa heikentää istutettujenkin taimien kehitystä.

Sekä viljelytaimien versot että juuristot kehittyvät paremmin muokatulla kuin muokkaamattomalla alustalla (Kaunisto 1971, 1975c; Lähde ym. 1981; Moilanen ja Issakainen 1981). Muokkauksen on todettu lisäävän kuitenkin enemmän juuriston kuin verson kehitystä (Kaunisto 1971, 1975a, b; Kaunisto ja Metsänen 1979), mikä puolestaan johtaa parempaan verso/juuri -suhtee-

seen. Lähde ym. (1981) vertasivat eri puulajien suhtautumista muokkaukseen kivennäismailla. Paksuin juurenniska oli mättäällä ja aurasjäljessä kasvavilla taimilla.

Turvemailla voidaan viljelyn yhteydessä käyttää muokkausmenetelmänä aurausta, vaotusta, jyrshintä, laikutusta tai mätästystä. Näistä kuitenkin auraus voi turpeen huonon kantavuuden vuoksi tulla kysymykseen yleensä vain ohutturpeisilla turvemailla. Tällöinkin aurasjälki on huonoa, koska kokonaiset juurakot laajoine turvepatjoineen helposti kääntyvät pystyyn. Vaotuksesta ei puustoisilla turvemailla ole kokemuksia ja jyrshinnästäkin vain prototyyppeasteella olevan laitteen koekielusta. Myöskään laikutukseen soveltuvaa konekalustoa ei ole. Tällä hetkellä käytännössä käyttökelpoisin koneellinen muokkausmenetelmä puustoisilla turvemailla on kaivurimätästys. Kehitteillä on myös mätästävää laikkuri (Herranen 1983).

Vertaillen saan eri muokkausmenetelmien vaikutusta kivennäismailla Lähde ym. (1981) totesivat mättäiden olevan kuivimpia. Samanlaisia viitteitä on saatu myös eräistä muista kivennäismaiden mätästystutkimuksista (Kinnunen 1976; Laiho 1979). Mätästystä suositellaankin muokkausmenetelmäksi mm. veden vaivaamille kivennäismailla (Etelä-Suomen metsien... 1981). Myös ruotsalaisissa selvityksissä mätästystä on tarkasteltu lähinnä kivennäismailla (Berg ja Samuelsson 1982).

Roudan (rousteen) vaikutus on mättäissä pienempi kuin aurasjäljessä, koska vesi valuu mättäältä helpommin pois ja kapillaarinen vedennousu on vähäisempää (Lähde ym. 1981). Myös turvemailla mättäissä esiintyy roustevaurioita vain satunnaisesti (Mannerkoski 1975).

Turvemaiden metsien uudistamisen yhteydessä mätästystä on toistaiseksi kokeiltu verrattain vähän. Tähänastiset kokemukset ovat kuitenkin olleet positiivisia (Mannerkoski 1975; Kaunisto 1984b). Puolukka- ja varputurvekankaalle tehdyssä mätästyskokeessa istutustaimien pituus neljä vuotta viljelystä oli 20 m:n saran keskellä mättäessä lähes puoli-toistakertainen tasapintaan verrattuna (Kaunisto 1984b). Samanlainen oli ero verrattaessa taimien kasvua mätästetyillä 10 m:n saralla tilanteeseen, jossa ojaamat oli kokonaan poistettu saralta. Vertaillen saan männyntaimien kasvua mätästetyillä 8 m:n ja toisaalta normaalisti ojitetuilla 30 m:n saroilla puolukka- ja varputurvekankaalla Mannerkoski

(1975) on todennut, että kolmantena kasvukautena taimien kasvu mättäillä oli jo lähes kaksinkertainen tasapintaan verrattuna. Tässä tapauksessa ei kuitenkaan voitu erottaa muokkauksen ja tehokkaamman ojituksen vaikutusta toisistaan.

Mätästykseen vaikutuksesta maaperän ravinnetalouteen turvemaiden uudistusaloilla ei ole tutkimuksia. Edellä esitetty viittaa kuitenkin siihen, että turpeen nostaminen ja kääntäminen edistää ravinteiden mobilisaatiota taimien juuristotilassa. Samoin on todennäköistä, että turvemailla, joilla on mätästykellä mahdollisuus nostaa turpeen alla olevaa kivennäismaata taimien kasvualustaksi, voidaan tällä toimenpiteellä edistää taimien kehitystä. Suonpohjien metsityskokeissa on todettu, että jo 40 cm:n paksuinen turvekerros estää männyntaimien ravinteiden saannin alla olevasta kivennäismaasta (Kaunisto 1979; ks. myös luku 412).

Kulotusta on käytetty jonkin verran maanpinnan käsittelyyn myös turvemailla, mutta kaikkiaan kokemukset turvemaiden kulotuksesta ovat vähäisiä. Turvemaiden kulotuksia on suoritettu lähinnä muuttumilla ja ojikoilla, joiden turvekerros on ollut ohut (0,3—0,6 m) ja turve hyvin maatonutun rahaturvetta (Borg 1936; Yli-Vakkuri 1958a, b). Käytännön toteutuksessa on kulotusalueiden rajaaminen ojitetuilla alueilla helpompaa kuin kivennäismailla, sillä ojaverkostosta saadaan selviä rajoja. Samoin sammutusvesien saanti on helppoa (Yli-Vakkuri 1958a, b). Turvemaiden kulotuksen yhteydessä on todettu ojamaiden syttyvän herkästi ja tämä saattaa lisätä turvepalon vaaraa. Tosin on olemassa ainakin yksi näyttö jopa paksuturpeisen isovarpuisen rämeen onnistuneesta kulotuksesta (Yli-Vakkuri 1958a, b).

Kulotus vaikuttaa etenkin rahkasammalten kasvuun, sillä *Sphagnum*-lajit kärsivät kulotuksesta. Varvut sekä monivuotiset ruohot ja heinät menettävät vain maanpäälliset osansa ja niiden juurakot säilyvät (Yli-Vakkuri 1958a, b). Metsämaiden moninaiskäytön kannalta lienee huomattavaa se, että Yli-Vakkurin (1958a, b) mukaan suomurain hyötyi kulotuksesta. Kulotetuilla turvemailla siementen itäminen on tavallista parempaa ja samoin koivu tulee kulotetuille maille herkemmin kuin kulottamattomille (Yli-Vakkuri 1958a, b). Borg (1936) suosittaa männyn kylvöä heti kulotuksen jälkeen, jotta taimet pääsisivät kasvun alkuun ennen koivua.

Kulotustoimikunta (1980) ei mietinnössään

mainitse lainkaan turvemaiden kulotusta. Toimikunta suosittaa kuitenkin kuivatuksen tarpeessa oleville soistuville/soistuneille kivennäismaille kulotusta ja aurausta. Myös Borg (1936) suosittaa soistuneiden kankaiden kulotusta. Varsinkin Pohjois-Suomen paksusammalkuusikoiden uudistamisessa kulotus soveltuu maanpinnan valmistusmenetelmäksi (Kulustoimikunnan ... 1980). Kulotus saattaa edistää kuitenkin maan vettymistä, joten sen käyttö ojitusalueilla voi tästä syystä olla haitallista, ellei samalla huolehdita ojien kuivatustehon säilymisestä.

Männyn viljelyaloilla tulee kaikki siementävä lehtipuusto raivata ennen uudistamistoimenpiteitä. Mikäli alue muokataan, saattaa lehtipuuston raivaus olla järkevää suorittaa vasta taimikonhoidon yhteydessä. Näin menetellen voitaneen vähentää työpanosta ja mahdollisesti parantaa puun laatua.

Maanmuokkaus parantaa taimien verso/juuri -suhdetta ja edistää taimien kasvua vähentämällä pintakasvillisuuden kilpailua ja parantamalla kasvualustan biologisia ja fysikaalisia ominaisuuksia. Erityisen suuri näyttää maanmuokkauksen positiivinen vaikutus olevan karuilla ja karuhkoilla turvekankailla. Turvemaidella kasvualustan mekaanista muokkausta vaikeuttaa ensisijaisesti huono kantavuus. Näin on laita puustoisillakin turvemaidella, vaikka pintaturpeeseen levittäytynyt juuristo jonkin verran parantaa kantavuutta, koska toisaalta kantojen ja liekojen aiheuttama vetovastus on huomattava. Tästä syystä kivennäismaille suunniteltuja raskaita maanmuokkauslaitteita ei voida yleensä käyttää turvemaidella. Tällä hetkellä ainoa puustoisille turvemaidella laajassa mitassa soveltuva muokkausmenetelmä on kustannuksiltaan kallis kaivuri-mätästys. Huolimatta mätästyksen ilmeisistä eduista taimien kasvun kannalta tarvitaan runsaasti tutkimustyötä biologisesti ja taloudellisesti parhaan vaihtoehdon löytämiseksi. Nähtäväksi jää, missä määrin kehittyneillä olevaa mätästävää laikkuria voidaan käyttää puustoisten soiden muokkauksessa.

Kulottamalla saattaisi olla mahdollista hävittää erälle turvekankaille syntyvä raakahumuskerros ainakin osittain. Ongelmana on toisaalta suopalon vaara.

### 3423. Kylvä

Turvemaidella uudistetaan kylvämällä pääasiassa vain mäntyä. Seuraavassa tulokset koskevatkin vain tätä puulajia, mikäli ei toisin mainita.

Uudistamismenetelmänä kylvä on istutukseen verrattuna edullisempi silloin, kun molemmilla menetelmillä voidaan katsoa olevan samanlaiset onnistumisen edellytykset (Keltikangas ja Seppälä 1966). Kylvää voidaan menestyksellä käyttää lähinnä karuilla, tupasvilla-, isovarpu- ja puolukkatason kasvualustoilla, joilla pintakasvillisuuden kilpailu ei muodostu liian suureksi. Mikäli kylvä edellyttää muokkaustoimenpiteitä, ero kylvön ja istutuksen suhteellisen edullisuuden välillä pienenee. Toisaalta taas suhde kylvön hyväksi paranee siirryttäessä etelästä pohjoiseen päin (Keltikangas ja Seppälä 1966).

Vanhimmat turvemaiden metsien uudistamiseen liittyvät kylvökokeet Suomessa ovat 1930-luvulta (Multamäki 1939; Lukkala 1951). Multamäki (1939) kokeili kuusen kylvää ruohoisen sarakorven ojikolla sekä koskemattomalle suonpinnalle että paikalleen käännettyyn turpeeseen. Ensimmäisenä kesänä taimet kehittyivät jonkin verran paremmin käännetyllä turpeella kuin luonnon-tilaisella pinnalla, mutta seuraavana keväänä rouste ja takertuma tuhosi suuren osan käännetylle turvepinnalle syntyneistä taimista. Viisi vuotta kylvön jälkeen olivat taimet selvästi kookkaampia käsittelemättömällä suonpinnalla kuin käännetyssä turpeessa. Multamäki totesi, että suonpintaa ei tulisi missään tapauksessa rikkoa mikäli turve on hyvin maaton. Lukkala (1951) vertaili kuusen hajakylvöä ruutukylvöön, jossa kylvä kuivimmilla kohdilla tehtiin ruudun kohdalle ylösalaisin käännettyyn turvepaakkuun. Kumpikaan menetelmästä ei johtanut tyydyttävään tulokseen. Useimmissa tapauksissa kylvöruutuihin kehittyi jo parissa vuodessa tuuhea karhunsammalikko.

Varpu- ja puolukkaturvekankaille perusteissa kylvökokeissa on muokkaus kuitenkin ratkaisevasti edistänyt taimimista (Kaunisto 1984b). Vertailtaessa taimien syntymistä koskemattomalla ja toisaalta kevyesti laikutetulla pinnalla oli taimien lukumäärä kahden vuoden kuluttua kylvöstä ensinmainitulla noin 0,4 kpl/laikku ja viimeainitulla noin 2 kpl/laikku. Taimellisten laikkujen osuus oli vastaavasti 25 % ja 70 %. Eräässä toisessa kokeessa kylvä suoritettiin koske-

mattomaan, jalalla polkaisten rikottuun tai mätätettyyn pintaan kylvöraudalla. Ensimmäisen kasvukauden syksyllä olivat taimien lukumäärät laikkua kohden 15 m:n saralla n. 1,3, 4,2 ja 6,8 kpl ja taimellisten laikkujen osuus n. 25, 75 ja 80 % vastaavasti erilaisilla pinnoilla. Tässä kokeessa ei kuitenkaan vielä ole tietoa ensimmäisen talven vaikutuksesta (ks. Multamäki 1939).

Kylvö suoritetaan nykyisin lähes yksinomaan ruutu-, vako- tai pistekylvönä, jolloin siemenmenekki on hajakylvöä pienempi. Hajakylvössä siemenmenekki on n. 1 kg/ha, mutta ruutu- tai vakokylvöä käytettäessä vain 0,3—0,4 kg/ha (Finne ja Herranen 1981). Saman tutkimuksen mukaan suojakylvöä käytettäessä on siemenmenekki vain 0,1 kg/ha.

Siementen itäminen edellyttää sopivaa kosteutta ja lämpöä. Itämisen ensimmäisessä vaiheessa, turpoamisvaiheessa, siemen imee vettä voimakkaasti. Veden siirtyminen maasta siemeneen turpoamisvaiheessa voi tapahtua vielä hyvin korkeankin maaveden jännityksen vallitessa (esim. Satoo ja Goo 1954; Mannerkoski 1971), ja siemen voi tässä vaiheessa vielä kuivua ilman vahinkoja. Sen sijaan myöhemmässä vaiheessa, jolloin sirkkajuuri on jo tunkeutunut esiin, siemenet ovat hyvin arkoja kuivuudelle (Yli-Vakkuri 1961). Toisaalta liiallinenkin kosteus saattaa haitata itämistä (Mork 1938). Seppälä (1968a) totesi taimettomien kylvökohtien osuuden lisääntyvän sarkaleveyden kasvaessa. Samoin Kaunisto (1974a) totesi männyn syyskylvöissä, että kylvöä seuraavana kasvukautena sirkkataimia löytyi sitä vähemmän, mitä syvempiin koloihin ne muokkauskaistalla oli sijoitettu ja oletti sen johtuvan liiasta kosteudesta. Liiallinen kosteus saattaa aiheuttaa myös jo syntyneiden sirkkataimien kuolemista (Yli-Vakkuri 1961). Suon luontaisista pienmuodoista tasapinta on paras kasvualusta taimien ensikehitystä ajatellen (Multamäki 1939). Vaikka pohjavesipinta on mättäillä syvemmällä, niin mm. pintakasvillisuuden, tuulen ja sateen vaikutus on niillä kuitenkin suurempi kuin tasapinnoilla. Tasapinnalla taimiin kohdistuvat rousteauriot muodostuvat kuitenkin suuriksi, mikäli kuivatus on vaillinaista (Lukkala 1934).

Lämpötila vaikuttaa veden imeytymiseen samoin kuin erilaisten biologisten reaktioiden nopeuteen. Useiden tutkimusten mukaan männyn siemen tarvitsee itääkseen vähintään 5—6 °C:n ja kuusen siemen vähän tätä kor-

keamman lämpötilan (Haack 1912; Mork 1933, 1938; Aaltonen 1942). Nopeinta itäminen on 20—25 °C:n lämpötilassa (Haack 1912; Mork 1933, 1938; Aaltonen 1942). Morkin (1938) aineistosta lasketuna männyn ja kuusen siementen itämiseen tarvittava lämpösusma on n. 200 d.d. -yksikköä. Tällöin 50 % itämiskykyisistä siemenistä oli itänyt (Kaunisto 1974a).

Luonnonoloissa, jossa kylvön onnistumiseksi siemenistä täytyy kehittyä talvenkestäviä sirkkataimia, tilanne on erilainen. Luonnonoloissa kylvön onnistuminen näyttää vaativan huomattavasti em. suuremman kasvukauden lämpösusman (500—600 d.d. -yksikköä, Kaunisto 1974a; Lähde ja Mutka 1974). Riittävän lämpösusman kertyminen riippuu alueen maantieteellisestä sijainnista ja sääoloista. Kauniston (1974a) tutkimuksessa riittävä lämpösusma saavutettiin keskimäärin Etelä-Suomessa (Karvia) ennen 1.7.—15.7. ja Lapissa (Kolari) ennen 15.6.—31.6. tehdyille kylvöksille. Kylvöajankohta ei vaikuttanut taimien myöhempään pituuskehitykseen (Hahl 1976). Näissä, avosuolla toteutetuissa kylvökokeissa tosin myös syyskylvöt muokattuun turpeeseen onnistuivat hyvin. Tällöin siemenet itivät vasta seuraavana keväänä (Kaunisto 1974a). Tarpeellisen lämpösusman kertymistä Pohjois-Suomessa voidaan edistää käyttämällä kylvösuojia. Kylvösuojan sisällä itämisolosuhteet ovat paremmat, koska sekä lämpötila että suhteellinen kosteus pysyvät korkeampana (Lähde ja Mutka 1974).

Myös hies- ja rauduskoivun uudistamisesta ojitetuilla turvemaidella kylväen on esitetty tutkimustuloksia (Sarasto 1963, 1964a). Rauduskoivun kylvöt onnistuivat tasavertaisesti hieksen kylvön kanssa mustikka- ja ruohoturvekankaalla, mikäli seinäsammal-pinta rikottiin. Saranevamuuttamalla kylvökset onnistuivat myös rahkasammal-pinnalla. Viimeiset inventoinnit tehtiin toisen kasvukauden syksyllä (Sarasto 1964a), joten ne edustavat vain kylvösten alkuvaiheen kehitystä.

Kylvöä voidaan käyttää lähinnä karuilla ja karuhkoilla, tupasvilla-, isovarpu- ja puolukkatason kasvualustoilla. Turvekan-kailla vähäininkin suonpinnan rikkominen (esim. vain jalalla potkaisten tai kevyesti laikuttaen) edistää taimettumista. Toisaalta hyvin maatuneilla turpeilla saattaa esiintyä maantakertumaa ja rousteaurioita. Sirk-



kataimien kehittyminen talvenkestäviksi edellyttää riittävän korkeata lämpösomua kylvön jälkeen. Riittävän lämpösomun varmistamiseksi olisi kylvöt Etelä- ja Keski-Suomessa tehtävä viimeistään kesäkuun loppuun ja Pohjois-Suomessa kesäkuun puoliväliin mennessä, jolloin yleensä myös kosteutta on riittävästi. Suositeltavinta olisi ajoittaa kylvö toukokuun loppupuolelle tai kesäkuun alkuun. Lämpösommakertymää samoin kuin kosteusolojakin voidaan parantaa kylvösuojilla.

#### 3424. Istutus

Vaikka vanhimmat turvemaiden metsien uudistamiseen liittyvät istutuskokeet ovatkin jo 1930-luvulta (Multamäki 1939), ovat tutkimukseen perustuvat tiedot istutuksesta varsin vähäisiä. Tämä johtuu siitä, että soiden metsänviljelyn tutkimus keskittyi 1950—1960-luvuilla lähes yksinomaan avosoille. Suopuustojen uudistamiseen liittyvää tutkimustoimintaa jatkettiin vasta 1960—1970-luvulla (Heikurainen ja Veijola 1971; Mannerkoski 1975; Heikurainen ja Laine 1976; Heikurainen ym. 1983; Kaunisto 1984b). Istutuksissa on käytetty pääasiassa mäntyä, mutta jonkin verran on kokeiltu myös kuusta (Multamäki 1939) ja rauduskoivua (Lehtiniemi ja Sarasto 1973). Seuraavassa tarkastellaan lähinnä metsänuudistamiseen liittyviä istutustuloksia ja vain soveltuvien osien avosoilta saatuja tuloksia.

Kuusen istutus turvemaidella edellyttää verhopuustoa, joksi parhaiten sopii koivu (Multamäki 1939, 1942). Multamäki kuitenkin suosittelee mieluummin kuusen kylvöä kuin istutusta, koska hallavauriot ovat vähäisempiä kylvö- kuin istutustaimilla (Multamäki 1942).

Männyn istutusten onnistuminen riippuu kiinteästi lämpösommasta (Heikurainen ja Laine 1976; Heikurainen ym. 1983). Tutkimus käsitti karuja rämeitä lämpösomalueella 850—1350 d.d.°C. Yhdeksän kasvukauden kuluttua istutuksesta taimien elossaolo prosentti vaihteli Pohjois-Suomen n. 20 %:sta Etelä-Suomen n. 70 %:iin, josta tilanne Pohjois-Suomessa kärjistyi vielä seuraavaan inventointiin (16 v.) mennessä (Heikurainen ym. 1983). Tällöin Pohjois-Suomessa osaa taimikoista voitiin pitää täysin tuhoutuneina, joskin hyviäkin taimikoita löytyi.

Lämpösomun lisääntyminen vaikuttaa

positiivisesti myös taimien kasvuun (Heikurainen ja Laine 1976; Heikurainen ym. 1983). Etelä-Suomessa taimet olivat 16 v:n kuluttua istutuksesta keskimäärin n. 1,3 m pitempiä kuin Pohjois-Suomessa (kokopituudet n. 1,8 m ja 3,1 m vastaavasti). Ainakin taimien kehityksen alkuvaiheen lämpöoloja voidaan parantaa muokkaamalla (ks. luku 23).

Lannoitus liukoilla lannoitteilla lisää taimien kuolleisuutta (ks. myös luku 4323). Heikuraisen ja Veijolan (1971) aineistossa lannoitus lisäsi taimien kuolleisuutta karuilla rämeillä sitä enemmän (4,2 %, 8,2 %, 15,3 %, 20,3 %) mitä enemmän lannoitetta annettiin (0, 500, 1000, 1500 kg/ha Y-lannosta, (N 14 %, P 7,9 %, K 8,3 %). Viljelyn jälkeisen syksyn tilanteeseen verrattuna taimien kuolleisuus lisääntyi 10 seuraavan kasvukauden kuluessa kuitenkin enemmän lannoittamattomilla kuin lannoitetuilla koealoilla (Heikurainen ja Laine 1976). Tällöin kuolleisuusprosentti lisääntyi lannoitemäärän lisääntyessä seuraavasti: 22,6 %, 26,8 %, 32,8 % ja 32,2 %.

Karhunsammalmuuttumalla tehdyissä tutkimuksissa laikkulannoitus (30 g NPK/laikku) ei vaikuttanut taimien kuolleisuuteen, mikäli lannoite annettiin laikkuun istutetuille taimille (Lähde 1965). Sen sijaan suoraan karhunsammaleeseen istutetuille taimille lannoitus oli haitallista. Osasyiksi Lähde esittää karhunsammalkasvuston rehevöitymisen.

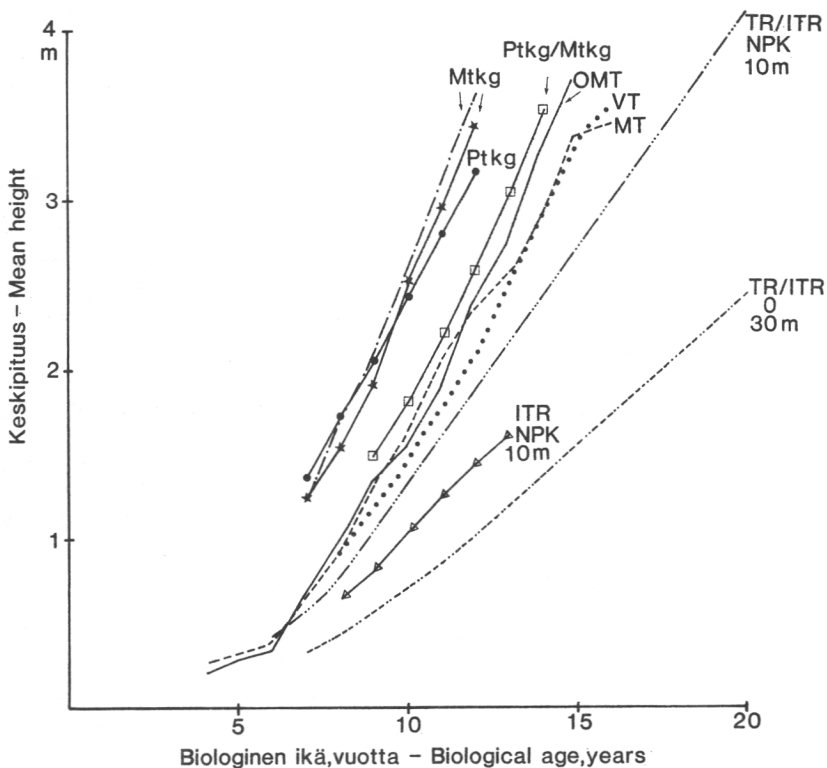
Muun muassa astiakokein on tutkittu turvekasvualustan (suotyypin) lannoitustarvetta istutuksen yhteydessä (Erjala ja Saramäki 1972). Lannoituksella voitiin vähentää kasvualustasta johtuvia pituuskehityksen eroja sekä männynllä että kuusella ainakin taimien alkukehityksen aikana.

Lannoitus lisää istutustaimien kasvua karuilla rämeillä. Lannoitusvaikutuksen voimakkuus ja kesto näyttävät kuitenkin riippuvan lämpösommasta (Heikurainen ja Veijola 1971; Heikurainen ja Laine 1976; Heikurainen ym. 1983). Kyseisessä koesarjassa lannoitus edisti taimien kasvua ensimmäisen viiden istutuksen jälkeisen kasvukauden aikana kaikilla tutkituilla koealueilla sitä enemmän mitä enemmän ravinteita annettiin, eikä selviä ilmastosta johtuvia eroja voitu havaita (Heikurainen ja Veijola 1971). Seuraavan viisivuotiskauden aikana pituuskasvu oli Pohjois-Suomen (< 1000 d.d.°C) lannoitetuilla koealoilla vielä jonkin verran korkeampi kuin lannoittamattomilla, mutta Etelä-Suomen (> 1200 d.d.°C) koealoilla lannoitus li-

säsi kasvua huomattavasti enemmän (Heikurainen ja Laine 1976). Tämän jälkeen (10—16 v) lannoitus ei vaikuttanut taimien kasvuun Pohjois- eikä Keski-Suomessa (1000—1200 d.d.°C). Sen sijaan Etelä-Suomessa taimien kasvu oli vielä selvästi parempi lannoitetuilla kuin lannoittamattomilla koelohjoilla, mutta lannoitemäärien välillä ei ollut eroja. Taimien pituussissakin ainoastaan Etelä-Suomen aineistossa lannoituksen vaikutus oli kiistaton. Sen sijaan lannoitetasojen välillä ei havaittu eroja. Pohjois-Suomessa taimien pituus lisääntyi vain vähän lannoitustason kohotessa.

Varpu- ja puolukkaturvekankaalle perustetussa istutuskokeessa Kaunisto (1984b) ei todennut P-, PK- tai NPK-laikkulannoituksella olevan mitään vaikutusta männyn istutus- taimien kasvuun, vaan taimet olivat muok- kaamattomalla pinnalla kaikissa tapauksissa kitukasvuisia ja mätästetyllä pinnalla hyvä- kasvuisia lannoituskäsittelystä riippumatta (ks. luku 3422).

Avosoilta saatujen kokemusten perusteella istutuksessa voidaan käyttää sekä paljasjuu- risia että paakkutaimia. Maatuneissa turpeis- sa saattaa rouse varsinkin muokkauksen yh- teydessä kuitenkin nostella paakkuja. Erityi-



Kuva 8. Männyn istutustaimien kehitys eräissä Etelä-Suomen H-kulttuurikokeissa (Mtkg, Ptkg, ITR) sekä Etelä-Suomen karuilla lannoittamattomilla (TR/ITR O) ja lannoite- tuilla (TR/ITR NPK) 10 tai 30 m:n sarkaan ojitetuilla rämeillä (Heikurainen ym. 1983) ja Etelä-Suomen OMT-, MT- ja VT-taimikoissa (Räsänen ym. 1985). Oletettu, että ki- vennäismaiden viljelyt on suoritettu 2 + 1 -vuotiailla taimilla.

Figure 8. Height development of artificially regenerated pine sapling stands in Southern Finland in so called H-culture experiments (Mtkg, Ptkg, ITR; Mtkg and Ptkg = trans- formed myrtillus and vitis-idaea mires respectively. ITR = dwarf shrub cotton-grass pine mire), which involve high efficiency soil preparation, drainage and fertilization treat- ments (Kaunisto 1985), on oligotrophic unfertilized (TR/ITR O, ditch spacing 30 m) and fertilized (TR/ITR NPK, ditch spacing 10 m) pine mires (Heikurainen et al. 1983), and on Oxalis-myrtillus (OMT), myrtillus (MT) and vitis-idaea (VT) mineral sites (Räsänen et al. 1985). Assumed that 2+1 transplants used on mineral sites.

sesti tällainen tilanne saattaa syntyä turvekankailla. Tähän viittaavat tulokset hienojakoisten maalajien muokkauksen jälkeen tehdyistä pienten paakkutaimien istutuksista. Erityisesti paperikennotaimia rouste nostaa maasta (Söderström ym. 1978). Ontariossa saatujen käytännön kokemusten perusteella ei pieniä paakkutaimia suositella turvemaiden istutuksiin. Erääksi syyksi mainitaan niiden alttius rousteen nostolle erityisesti paljastetussa, pitkälle maatuoneessa turpeessa (Virgo 1975). Toistaiseksi asiasta ei kuitenkaan ole Suomessa suoritettuja selvityksiä.

Kivennäismaiden ja puustoisten turvemaiden istutustaimikoiden kehityksestä on vain vähän vertailuja. Heikuraisen ym. (1983) aineistossa tehokkaasti ojitettujen ja lannoitettujen karujen rämeiden istutustaimikoiden kasvu Etelä-Suomessa asettui puolukkatyyppin ja kanervatyyppin kankaan välille ja normaalisti ojitettujen lannoittamattomien rämetaimikoiden kasvu kanervatyyppin kankaan tasolle. Myös Kaunisto (1985) totesi karujen rämeiden istutustaimikoiden pituuskasvun jäävän jälkeen puolukkatyyppin kankaalle perustettujen istutustaimikoiden kasvusta vertaillaessaan tehokkaasti muokattujen, ojitettujen ja lannoitettujen ns. H-kulttuurikokeiden mäntytaimikoiden kasvua

Räsänen ym. (1985) kivennäismailta keräämään aineistoon. Sen sijaan puolukka- ja mustikkaturvekankaiden taimikoiden pituuskasvu ylitti jopa käenkaalimustikkatyyppin kankaalle perustettujen taimikoiden kehityksen (kuva 8).

Tiedot istuttamalla tapahtuvasta metsänuudistamisesta puustoisilla soilla perustuvat toistaiseksi vain muutamain tutkimuksiin, joten kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei ole mahdollista tehdä. Etelä- ja Keski-Suomessa kuusen istutus tulisi turvemaila tehdä verhopuuston alle. Kylvötaimet kestävät kuitenkin hallaa istutustaimia paremmin. Taimien lannoituksesta karuilla rämeillä viljelyn yhteydessä on Keski- ja Pohjois-Suomessa saatu heikohkoja tuloksia. Sen sijaan Etelä-Suomessa lannoitus näyttää edistävän taimien kasvua pitkäaikaisesti. Myöskään varpu- ja puolukkaturvekankailla ei lannoituksesta ole ollut hyötyä, joskin selvitykset ovat erittäin suppeita. Sekä maanmuokkauksen (luku 3422) että kapean saran edullinen vaikutus taimien kasvuun viittaa siihen, että täydennysojittukseen liitetty mätätys sopii biologisesti hyvin uudistusalan valmistusmenetelmäksi.

## 4. PUUTTOMIEN TURVEMAI DEN METSITTÄMINEN

### 41. Metsittämistarve

#### 411. Avosuot

Avosoita oli VMI 3:n mukaan n. 2,5 milj. ha (Ilvessalo 1956), VMI 5:n mukaan n. 2 milj. ha (Kuusela 1967; Kuusela ja Salovaara 1968, 1969, 1971) sekä VMI 6:n mukaan n. 1,7 milj. ha eli n. 18 % koko suoalasta (Kuusela 1978). Inventointien välinen ero johtuu osaksi siitä, että metsitetyt avosuot, joita eri omistajaryhmien ilmoituksen mukaan v. 1979 oli 235 000 ha (Kaunisto ja Tuveva 1984) on VMI 6:ssa luettu puustoisiin soihin, osaksi ehkä luontaisesta metsittymisestä ja osaksi inventoinnin luokittelussa tapahtuneista muutoksista. VMI 7:stä ei ole vielä julkaistu koko maata koskevia tietoja, mutta

kitumaihin ja joutomaihin luettujen soiden pinta-ala on edelleen pienentynyt VMI 6:n ja VMI 7:n välisenä aikana ainakin 12 eteläisen piirimetsälautakunnan alueella (Paavilainen ja Tiihonen 1984).

Avosoiden ojittaminen ja metsittäminen oli suhteellisen runsasta 1960-luvulla ja 1970-luvun alussa. Ravinnetalousohjelmien vuoksi puuston häiriötön kehitys useimmiten edellyttää kuitenkin toistuvia lannoituksia (ks. luku 24). Tämän vuoksi avosuot jätetäänkin nykyisin lähes poikkeuksetta metsäojitustoiminnan ulkopuolelle. Kun suurin osa avosoista, VMI 6:n mukaan lähes 80 %, sijaitsee Pohjois-Suomessa (neljä pohjoisinta piirimetsälautakuntaa, Kuusela 1978), asettaa myös ilmasto rajoituksensa metsätalouden harjoittamiselle näillä kohteilla. Lisäksi luonnon-suojelulliset ja soiden moninaiskäyttöön liit-

tyvät näkökohdat usein puoltavat avosoiden jättämistä metsätaloudellisen käytön ulkopuolelle.

Nykyisellään avosuon metsittäminen tulee kysymykseen lähinnä vain silloin, kun se liittyy laajempaan ojitushankkeeseen ja suon ojitamatta jättäminen aiheuttaisi teknisiä vaikeuksia.

#### 412. Suonpohjat

Vuonna 1982 turvetta korjattiin 38 000 suohehtaarilla. Vuosittain kunnostettava lisäpinta-ala on 3000—5000 ha (Suoninen 1983). Polttoturpeen korjuuseen soveltuvia soita arvioidaan nykykriteerein olevan n. 0,5 milj. ha, josta kuitenkin n. 0,1 milj. ha sijaitsee ilmastollisesti sellaisilla alueilla, ettei niitä ainakaan lähiaikoina voida käyttää (Turvekomitean ... 1983).

Tähän mennessä kasvu- ja polttoturpeen korjuusta on vapautunut suonpohjia n. 500 ha. Nykyisillä menetelmillä turpeen korjuu suolla kestää keskimäärin n. 15 vuotta. Mikäli turpeen käyttöarvot toteutuvat, on vuoden 2000 mennessä suonpohja-alueita noin 50 000 ha.

Vaikka suonpohjia voitaisiinkin menestyksellisesti käyttää esim. rehuviljan ja heinän kasvattamiseen sekä laidunmaaksi alueilla, joilla kivennäismaan peltoja voidaan nykyisellä teknologialla heikosti hyödyntää (Heikkilä 1982), tulee suonpohjien pääkäyttömuoto vastakin olemaan puuntuotanto.

Ensimmäiset suonpohjien metsätaloudelliseen hyödyntämiseen tähtäävät kokeet perustettiin jo 1950-luvulla (Mikola ja Mikola 1958; Mikola 1974, 1975). Koetoiminta pysyi kuitenkin varsin vähäisenä aina 1970-luvun loppuun saakka, jonka jälkeen on perustettu verrattain laajoja metsänviljelykokeita eri puolille Suomea. Vanhempi koetoiminta on keskittynyt lähinnä runkopuun tuottamiseen männnyllä. Viime aikoina on kuitenkin tullut tärkeänä vaihtoehtona esille myös energia-puun kasvattaminen. Viitteitä tällaiseen mahdollisuuteen antavat suonpohjille luontaisesti syntyneissä hoitamattomissa koivutiheiköissä todetut varsin korkeat tuotosluvut (Ferm ja Kaunisto 1983). Em. tutkimuksessa mitattiin keski-ikältään 14-vuotiaan koivutiheikön tuotos 19 koealalla. Koko kiertoajan kuluessa kuorellisen runkopuun tuotos kuivamassana oli keskimäärin 3,5 t/ha, par-

haimmillaan 5,1 t/ha, sekä kuorettoman runkopuun tuotos kuivamassana 5 viimeisen vuoden aikana keskimäärin 4,9 t/ha ja parhaimmillaan 7,7 t/ha. Suonpohjilla on koekeltu myös pajun kasvatusta energiapuuksi (esim. Hytönen 1983).

Turpeen korjuun piiristä vapautuneet suonpohja-alueita vuoteen 2000 mennessä noin 50 000 ha. Niiden pääkäyttömuoto tulee olemaan puuntuotanto. Runkopuun tuottamisen ohella suonpohjat soveltuvat myös luontaisesti syntyvien tai viljellen perustettavien energiametsien kasvatuspaikaksi.

#### 413. Suopellot

Suoviljelyksiä on Suomessa enimmillään ollut n. 1 milj. ha (Valmari 1983). Nykyisten arvioiden mukaan suopelloja on 500 000—700 000 ha (Turvekomitean ... 1983). Muokauskerroksen koostumuksen perusteella luokitellen on Suomessa eloperäisiä viljelymaita, joista valtaosa on juuri turvemaita, n. 30 % koko peltoalasta (Kurki 1972, 1983). Suhteellisesti eniten suoviljelyksiä on Lapin ja Oulun lääneissä. Suoviljelyn yleisin turvelaji on Etelä-Suomessa metsäsaraturve ja Pohjois-Suomessa saraturve (Kurki 1983). Ilmeisesti huomattava osa vuosina 1969—73 metsänparannuslain (1967, 1969) ja pellonvarauslain (1969) nojalla metsitetystä 37 000:sta peltohehtaarista on ollut suoviljelyksiä. Intensiivisintä metsittämistoiminta oli Itä- ja Pohjois-Suomessa (Selby 1975). Nykyisellään peltojen metsittäminen lienee vähäistä. Eräessä mielipidetiedustelussa 40 % metsänomistajista katsoi, ettei peltoja tulisi metsittää (Järveläinen 1977). Onpa esitetty arveluja, että ”tästä eteenpäin hylätyt pellot enimmäkseen vesottuvat metsäksi” (Hari ym. 1984).

Suopeltojen metsittämiskokeita on perustettu 1960-luvulta lähtien (Paavilainen 1970b, 1977b). Suurimmaksi ongelmaksi ovat osoittautuneet pintaturpeen tiivistyminen (ks. luku 22), heinittyminen (ks. luku 52) sekä ravinnetalous (ks. luku 24).

Suopeltojen metsittäminen lienee nykyään vähäistä. Tärkeimpänä tehtävänä onkin näille jo perustettujen taimikoiden ravinnetaloudesta huolehtiminen.

## 42. Kasvupaikka ja puulaji

Puuttomien turvemaiden eli avosoiden, suopeltojen ja turpeennostosta vapautuneiden suonpohjien metsittämisessä lähtötilanne on puulajin valinnan kannalta erilainen kuin puustoisten turvemaiden uudistamisessa. Yleensä metsitys tehdään viljelemällä, joskin luontainenkin metsittäminen on mahdollista.

Puuttomien turvemaiden metsittämisessä on kotimaisista puulajeista käytetty pääasiassa mäntyä, mutta myös kuusta (Kaunisto 1976a) sekä raudus- (Lehtiniemi ja Sarasto 1973; Kaunisto 1973, 1976a; Mannerkoski ja Päivänen 1974) ja hieskoivua (Kaunisto 1973, 1976a) on kokeiltu. Parhaiten ovat yleensä menestyneet mänty ja hieskoivu, joskin varsinaisia kokeita viimeisimmillä on tehty verrattain vähän. Vaikka kuusi kasvualustan ravinteisuuden puolesta tulisikin kysymyksen, kärsii se ainakin Etelä- ja Keski-Suomessa siinä määrin hallavaurioista (Multamäki 1939, 1942), että sen viljely puuttomilla turvemaidella on kyseenalaista. Kalilannoituksella voidaan tosin vähentää jossakin määrin halla- ja pakkaskuivumisvaurioita (Koskela 1970).

Rauduskoivu on luontaisesti ennen kaikkea kangasmaiden puulaji (ks. myös luku 331). Sen menestyminen turvemaidella onkin epävarmaa (Raulo 1981). Eräissä soille tehdyissä viljelykokeissa se on kuollut lähes täydellisesti muutaman vuoden kuluessa (Lehtiniemi ja Sarasto 1973; Mannerkoski ja Päivänen 1974). Toisissa tapauksissa avosoille luontaisesti syntyneen tai viljellyn rauduskoivun alkumenestys on ollut kohtalainen (Mannerkoski 1972; Kaunisto 1973). Kauniston (1973) esittelemistä kokeista kuitenkin yksi oli jo muutamaa vuotta myöhemmin pahoin vaurioitunut (Kaunisto 1976a). Eräissä suopeltoille perustetussa kokeessa rauduskoivut ovat tuhoutuneet lähes täydellisesti (Kaunisto 1976a). Rauduskoivu tarvitsee hieskoivua tehokkaampaa kuivatusta (Huikari 1954, 1959) ja on ravinnetaloudeltaan vaativampi (Paavilainen 1970a). Rauduskoivu kärsii myös nähtävästi varsinkin pahoin *Godronia multispora* -tuhosienestä (Kurkela 1973). Suonpohjat rauduskoivun kasvualustana näyttävät poikkeavan ainakin jossain määrin suopelloista ja avosoista. Fermin ja Kauniston (1983) tutkimat korkeatuottoiset koivutiheiköt muodostuivat pääosin rauduksesta. Todennäköisenä syynä rauduksen menestymiseen oli niiden juuriston ulottuminen

turpeen alla olevaan kivennäismaahan.

Edellä mainittujen lisäksi on kokeiltu myös ulkolaisia puulajeja. Näistä mainittakoon mm. kontortamänty (*Pinus contorta*), Siperian lehtikuusi (*Larix sibirica*), hybridihaapa (*Populus tremula x tremuloides*) (Kaunisto 1976a; Laine 1979; Mannerkoski ja Päivänen 1974;) ja mustakuusi (*Picea mariana*) (Kaunisto 1976a; Numminen 1983; Päivänen 1983c). Siperian lehtikuusen ja hybridihaavan kuolleisuus on ollut korkea (Laine 1979; Mannerkoski ja Päivänen 1974). Mustakuusen kuolleisuus on eräissä ojitetun avosuon metsityskokeessa todettu huomattavasti pienemmäksi, mutta kasvu toisaalta hitaammaksi kuin männyn (Päivänen 1983c). Nummisen (1983) mukaan musta- ja valko-kuusta (*Picea glauca*) voidaan suosittelulla tiettyissä tapauksissa runsaravinteisille turvemaille Pohjois-Suomessa. Ulkolaisista puulajeista parhaiten on toistaiseksi menestynyt kontortamänty (Laine 1979).

Muualla Euroopassa, lähinnä Brittein saarilla ja Saksassa on turvemaiden puulajikokeissa ollut mukana myös monia muita puulajeja esim. *Alnus rubra*, *Larix decidua*, *L. leptolepis*, *Picea sitchensis*, *Pseudotsuga taxifolia*, *Thuja occidentalis* (Zehetmayr 1954; Tarrant ja Trappe 1971; Ødelien ja Jerven 1971; Wandt ja Oppermann 1972; Wandt ja Kuntze 1972; Dickson ja Savill 1974; Boggie ja Miller 1976; Pyatt ja Graven 1978; Richardson 1979).

Avosoiden ja suopeltojen metsityksessä parhaiten ovat menestyneet mänty ja hieskoivu. Rauduskoivun kehitys on muutamaa poikkeusta lukuunottamatta ollut huono. Metsittäminen kuuselle tulee kysymykseen vain viljavilla kasvualustoilla ja keväthaloista kärsivillä alueilla vain, jos alueelle ensin on saatu sopiva verhopuusto. Turpeennostosta vapautuneilla suonpohjilla männyn ja hieskoivun lisäksi myös rauduskoivu menestyy hyvin, mikäli kuivatus on hyvä ja koivun juuristo yltää kivennäismaahan. Ulkomaisista puulajeista kilpailukykyisin on kontortamänty.

## 43. Metsittämistavat

### 431. Metsittyminen luontaisesti

Puuttomat turvemaat on yleensä metsitettävä viljelemällä. Kapeita avosuojuotteja

voidaan kuitenkin metsittää reunametsän siemennyksen avulla (ks. esim. Mannerkoski 1976). Ojitetulla avosuolla saattaa männyn taimia olla riittävästi 80 m:n (Saarinen 1946) ja jopa 200 m:n (Kaunisto 1972b) päässä siementävästä puustosta. Viimemainitussa tapauksessa alue oli lannoitettu. Vielä runsaammin syntyy lannoitetuille avosoille raudus- ja hieskoivun taimia (Kaunisto 1972b; Mannerkoski 1972). Erityisen herkkiä koivuttumaan näyttävät olevan turvetuotannosta vapautuneet suonpohjat, joilla taimia saattaa lyhyessä ajassa syntyä jopa useita satoja tuhansia hehtaarille (Kaunisto 1981), ja jotka jopa ilman lannoitusta saattavat kehittyä erittäin tuottoisiksi puustoiksi (Ferm ja Kaunisto 1983). Kauniston (1981) aineistossa koivuntaimia oli vielä 100 m:n päässä siementävästä koivurivistä toisen kasvukauden keväällä keskimäärin lähes 60 000 kpl/ha. Ravinteista erityisesti fosfori näyttää lisäävän koivun taimien määrää (Kaunisto 1972b, 1981; Mannerkoski 1972).

Pohjanmaan hieskoivikoita koskevassa tutkimuksessa, joka korpjen ja rämeiden lisäksi sisälsi myös saraisia ja ruohoisia nevoja, Seppälä ja Keltikangas (1978) totesivat, että täystiheän koivupuuston lisäksi metsikössä oli tyydyttävästi myös havupuun taimia. Tutkimuksen perusteella ei tosin ollut mahdollista tarkastella tilannetta nimenomaan nevoilla, koska tulokset oli käsitelty suotyyppejä erottelematta.

Lannoitetut avosuot ja suonpohjat metsittyvät herkästi männylle ja koivulle verrattain kaukanakin sijaitsevista siemenpuustoista. Avosoilla taimien kehittyminen edellyttää kuitenkin yleensä lannoitusta. Sama on tilanne suonpohjilla, mikäli turvekerros on paksu. Taimien syntymisen ja alkukehityksen kannalta tärkein ravinne on fosfori.

#### 432. Viljely

##### 4321. Raivaus ja maanpinnan käsittely

Varsinaista raivausta puuttomien turvemaiden metsittämisen yhteydessä tarvitaan lähinnä vain suopeltojen metsittämisessä, mikäli pelto on jo jonkin aikaa ollut poissa maatalouskäytöstä. Tällöin niille saattaa syntyä varsin runsaskin hieskoivutaimikko eri-

tyisesti ojien varsiin. Ojitettujen avosoiden metsittämisen yhteydessä joudutaan poistamaan lähinnä vain yksittäisiä puita, jolloin kyseessä ei ole tavanomainen raivaus. Vanhoilla turvekentillä raivaustarvetta esiintyy vain, jos metsittäminen viivästy.

Muokkauksen vaikutusta maan fysikaaliin ja biologisiin ominaisuuksiin on tarkasteltu yleisemmin jo luvuissa 23 ja 3422, joten tässä yhteydessä pyritään selvittämään muokkauksen merkitystä lähinnä puuttomien turvemaiden erityispiirteiden kannalta. Aihetta on käsitelty myös eräissä yleiskatsauksissa (esim. Päivänen 1979).

Puuttomia turvemaita metsitettäessä on muokkausmenetelmän valinnassa enemmän mahdollisuuksia kuin suometsiä uudistettaessa. Avosoilta ja suopelloilta puuttuvat kannot ja liekojakini on vain satunnaisesti. Suonpohjilla niitä saattaa olla runsaastikin, mutta toisaalta maan kantavuus on hyvä. Koneellisista muokkausmenetelmistä on käytännössä eniten käytetty vaotusta ja mätästystä. Koetoiminnassa on ehkä näitä enemmän tutkittu jyrsinän vaikutusta taimien kehitykseen. Eri muokkausmenetelmien vaikutuksia vertailtaessa tulisi ottaa huomioon vaotuksen vaikutus taimikon myöhempään tuulenkestävyyteen (ks. luku 612).

Avosoilla jo varsin kevytkin maanpinnan käsittely (kevyt laikutus) lisää taimimista (Seppälä 1968b). Käännetty turve edistää taas kylvö- ja istutustaimien kasvua (Zehetmayr 1954; Heikurainen ym. 1966; Seppälä 1968b). Viljelytaimet kasvavat paremmin myös auranpalteella (Kaunisto 1972a; Mannerkoski 1978) ja kaivurimättäällä (Mannerkoski 1975; Kaunisto 1976b) kuin tasapinnalla. Jyrsinämuokkauksen vaikutusta on tutkittu sekä kasvihuoneessa (Kaunisto 1971, 1975a, b) että kentällä (Kaunisto 1972a, 1976b, 1982b). Kaikissa tapauksissa on jyrsinä ja kenttäkokeissa myös sen yhteydessä tehty vaotus lisännyt puuntaimien kasvua käsittelemättömään pintaan verrattuna.

Suopeltojen metsittämisessä muokkaus on erityisen tärkeätä. Taimien kuolleisuus on muokkaamattomalla pinnalla erittäin suuri (Paavilainen 1970b) ja lisäksi kasvu huonempi kuin auranpalteeseen istutetuilla taimilla (Paavilainen 1970b, 1977b). Sen sijaan kylvöt ovat onnistuneet auratuillakin suopelloilla huonosti (Kaunisto 1976a).

Suonpohjilla voidaan sopivalla muokkausmenetelmällä saada aikaan turpeen ja kivennäismaan sekoittuminen. Lähinnä tule-

vat kysymykseen mätästys ja syväkyntö. Ko-  
keissa, joissa ojamaat ja niissä oleva kiven-  
näismaa muokkaamattomissakin tapauksissa  
levitettiin saralle, mätästys lisäsi kuitenkin  
vain vähän taimien kasvua (Kaunisto 1982a).  
Toisaalta koekentällä pelkästään turpeessa  
kasvavat taimet kärsivät selvästi fosforin ja  
kaliumin puutoksesta ja osa oli jo kuollut  
neljän vuoden kuluttua viljelystä.

Intensiivisimmällä muokkausmenetelmäl-  
lä, syväkyntöllä ei Suomessa ole saavutettu  
toistaiseksi mitään merkittävää etua muihin  
muokkausmenetelmiin verrattuna (Kaunisto  
1982b), mutta Keski-Euroopassa tulokset  
ovat olleet varsin positiivisia (Wandt ja  
Kuntze 1972; Wandt ja Oppermann 1972).  
Saksassa parhaat tulokset on saatu käyttä-  
mällä muokkauksen lisäksi fosfori- ja kali-  
lannoitusta (Wandt ja Kuntze 1972). Tsek-  
koslovakiassa vanhojen turpeennostoalueiden  
metsittämisen yhteydessä on kevyt  
muokkaus yleensä kuitenkin ollut riittävä  
(Ferda 1972).

Brittein saarilla on puuttomia turvemaita  
muokattu verrattain järeillä auroilla, joilla  
syntyy 60—70 cm syviä ojia. Nykyään näitä  
tehdään n. 5 m:n välein kaksisiipisillä auroil-  
la, mutta aikaisemmin aurattiin 2—3 m:n vä-  
lein yksisiipisillä auroilla (Everard 1972).  
Muokkausaloilla on todettu puiden juuriston  
puutteellista kehitystä (Goodwin 1968) ja alti-  
tutta tuulenskaadoille (Fraser 1969; Savill  
1976; Pyatt ja Graven 1978; Päivänen 1978;  
O'Carroll 1984). Puiden latvukset kasvavat  
suhteellisesti enemmän kuin juuristo ja tuuli-  
vaurioita alkaa esiintyä puiden tullessa 10—  
12 metrin pituisiksi (Fraser 1969; Savill  
1976). Symmetrisen juuriston aikaansaami-  
seksi on Irlannissa ryhdytty kokeilemaan ma-  
teriaalittomia salaajia (ns. myyräsalaajia; ks.  
esim. O'Carroll ym. 1981) ja maanpinnan  
valmistusmenetelmiä, joissa istutus voidaan  
suorittaa epäjatkuviin kohoumiin (Hendrick  
1984). Suomessa on todettu jo matalankin  
auravaotuksen seurauksena epäsymmetriaa  
taimien juuriston kehityksessä (Kaunisto ja  
Metsänen 1979).

Puuttomat suot ovat teknisesti helppoja  
muokata. Kaikki kokeillut muokkausmene-  
telmät (käännetty turve, auravaotus, mätäs-  
tys, jyräntä) edistävät taimien alkukehitys-  
tä avosoilla ja jo vähäininkin suonpinnan  
rikkominen edistää taimimista. Suopelloilla  
viljelyn onnistuminen edellyttää aina  
muokkausta. Kysymykseen tulevat lähinnä

vaotus ja mätästys. Suonpohjia muokat-  
taessa tulisi pyrkiä muokkausmenettelyyn,  
jossa voitaisiin hyödyntää alla olevan ki-  
vennäismaan ravinteita. Perustettavan met-  
sikön myöhemmän pystyssä pysyvyyden  
kannalta kaikki maankäsittelymenetelmät,  
jotka edistävät juuriston symmetristä kehi-  
tystä ja syvyysulottuvuutta, ovat suositelta-  
via.

#### 4322. Kylvö

Kylvömenetelmiä ja kylvön onnistumisen  
yleisiä edellytyksiä on käsitelty jo aiemmin  
(ks. luku 3423). Erityisongelmana ojitetuilla  
avosoilla saattaa olla kuivatuksen jälkeen  
entisille rimpipinnoille muodostuvat laajat *Po-  
lytrichum*-kasvustot (Huikari 1951). Suopel-  
loilla kylvö onnistuu huonosti (Kaunisto  
1976a). Suonpohjat ovat turpeennoston lo-  
puttua täysin kasvittomia ja saavat kasvipeit-  
teen ilmeisesti vasta verrattain hitaasti (Mi-  
kola ja Mikola 1958). Kivisuon laaja rahkai-  
nen turpeen kuivatuskenttä säilyi seitsemän  
vuotta toiminnan päättymisestä lähes kasvi-  
peitteettömänä (Reinikainen 1964). Sekä  
tuhkalannoitus (Mikola ja Mikola 1958) että  
lannoitteina annetut ravinneisäykset (erityi-  
sesti fosfori; Reinikainen 1964) edistävät kas-  
villisuuden tuloa paljaalle turvepinnalle.  
Vaikka istutus lieneekin kylvöä varmempi  
metsittämistapa suonpohjilla (Mikola ja Mi-  
kola 1958), voitaneen kylvölläkin päästä hy-  
vään tulokseen.

Käsin tai käsityövälinein tehdyn kylvön li-  
säksi sopii puuttomilla soilla kylvömenetel-  
mäksi myös koneellinen kylvö. Tätä varten  
onkin kehitetty prototyyppeasteelle yhdistel-  
mäkone (Lamu), joka lannoittaa, muokkaa  
(jyrä ja tekee vaon) ja kylvää samanaikaisesti  
(Kaunisto 1974b; Appelroth 1976). Koska  
avosoiden metsittäminen on lähes täysin lo-  
petettu, ei konetta ole alettu valmistaa sarja-  
tuotantona.

Kuten jo aikaisemmin (luku 24) on todet-  
tu, puunkasvatus avosoilla edellyttää yleensä  
lannoitusta. Koska kylvö- ja istutustaimet ei-  
vät ravinnevaatimuksiltaan oleellisesti eroa  
toisistaan, tarkastellaan lannoituksen vaikut-  
usta kylvö- ja istutustaimien kasvuun yhteis-  
esti luvussa 4323.

Kylvämällä tapahtuvassa metsittämisessä  
on taimien kasvun lisäksi otettava huomioon  
lannoituksen vaikutus siementen itämiseen ja  
sirkkataimien syntyyn. Siemen tarvitsee itääk-

seen alkuvaiheessa lähinnä vain kosteutta ja lämpöä (ks. luku 3423). Kehittyminen sirkkaimiksi tapahtuu siemeneen varastoituneilla ravinteilla. Ulkopuolista ravinteiden lisäystä ei siis tarvita. Metsitettäessä avosoita kylvämällä suoritetaan lannoitus kuitenkin yleensä kylvön kanssa samanaikaisesti, koska näin voidaan suorittaa työ yhtäjaksoisesti loppuun, ja turvata sirkkaimien ravinteiden saanti heti siemenen vararavinnon loputtua.

Siemenen vedenimemiskyky perustuu sen sisältämiin kolloidiaineisiin, erityisesti proteiineihin ja tärkkelykseen. Itämisen myöhemmässä vaiheessa, jolloin solujen erilaisuus on alkanut, itävän siemenen vedenotto perustuu elävien solujen osmoottiseen imuun (esim. Stone 1957). Tällöin veden sitoutuneisuus maassa muodostuu tärkeäksi itämiseen vaikuttavaksi tekijäksi. Veden sitoutuneisuuteen vaikuttavat lähinnä turpeen fysikaaliset ominaisuudet, mutta lannoitettaessa muutetaan myös maanesteen väkevyyttä.

Useissa eri tutkimuksissa onkin todettu, että lannoitus vahingoittaa itäviä siemeniä ja että taimisaanto on sitä pienempi, mitä enemmän lannoitteita annetaan (Heikurainen ym. 1966; Paavilainen 1970a; Kaunisto 1971; Mannerkoski 1971). Erityisen haitallisiksi ovat tässä suhteessa osoittautuneet vesiliukoiset typpi- ja kaliumlannoitteet (Paavilainen 1970a; Kaunisto 1971; Mannerkoski 1971). Sen sijaan esim. raakafosfaattia, joka on veteen liukenematonta, voidaan käyttää erittäin suuriakin määriä, jopa katteena, siementen itämisen häiriytymättä (Kaunisto 1968). Lannoituksen negatiivinen vaikutus siementen itämiseen on sitä suurempi, mitä kuivempaa pintaturve on (Kaunisto 1971). Lannoituksen vaikutuksessa onkin lähinnä kysymys maaveden liiallisesta väkevoitymisestä, jolloin sirkkaimet eivät kykene ottamaan maasta vettä (Kaunisto 1971; Mannerkoski 1971), joskin osittain saattaa olla kysymys myös toksisista vaikutuksista (Hood ja Ensminger 1964). Maanesteen liiallista väkevoitymistä sirkkajuuren välittömässä läheisyydessä osoittaa myös se, että annettaessa saman suuruinen ravinnemäärä pintaan tai sekoitettaessa se eri paksuisiin turvekerroksiin oli taimisaanto eräässä kasvihuonetutkimuksessa huonoin pintalannoituksen yhteydessä ja sitä parempi, mitä paksumpaan turvekerrokseen ravinteet oli sekoitettu (Kaunisto 1971).

Puuttomia turvemaita metsitettäessä kylvö soveltuu viljelymenetelmäksi lähinnä keskinkertaisilla ja sitä karummilla avosoilla ja mahdollisesti myös suonpohjilla. Suopeltojen metsittäminen kylvö ei sovellu. Kylvö voidaan suorittaa ruutu-, vakorautatai viirukylvönä. Vesiliukoiset lannoitteet huonontavat taimimista, joten niitä ei tulisi sijoittaa siementen välittömään läheisyyteen. Sen sijaan raakafosfaattia voi käyttää itämistuloksen heikkenemättä.

#### 4323. Istutus

Istutus tehdään valtaosaltaan käsityövälineillä, joista männyn paljasjuurisia taimia istutettaessa tavanomaisiin on kourukuokka. Avosoilla olosuhteet ovat siksi helpot, että jopa istutuspihdeillä suoritettu istutus on onnistunut yhtä hyvin kuin kuokkaistutus (Seppälä 1968b). Erityisesti kivennäismaalle istutetaan paakkutaimia kullekin paakkutyypille suunnitellulla istutusputkella.

Puuttomien soiden istutuksen koneellistamiseksi on kehitetty kaksi istutuskoneen prototyyppiä (Antola 1967), joista kuitenkin vain toinen (Mara) pääsi aikanaan sarjatuotantoon (Appelroth 1971). Laite tekee KOPO-jyrsimellä vesivaon ja avaa kaksirivisesti istutusraot, joihin laitteesta istuva istutaja asettaa taimet käsin. Kumpaakin riviä varten on kaksi lannoitesäiliötä, joista annostetaan polkimilla toista lannoitetta taimien juurille ja toista suonpintaan (Appelroth 1971). Normaalien, lepotilassa olevien taimien elossapysyminen ja kehitys oli yhtä hyvä koneellisessa kuin käsinistutuksessa, mutta kasvunsa jo aloittaneiden taimien kuolleisuus oli koneellisessa istutuksessa käsinistutusta suurempi (Paavilainen ja Kaunisto 1972). Koska avosoita ei nykyään sanottavasti metsitetä, ei konetta enää valmisteta.

Istutuksen koneellistamista ajatellen olosuhteet ovat turvemaita helpommat kuin kivennäismailla. Tämä selittäneeikin sen, että edellä mainitut ensimmäiset suomalaiset viljelyn koneellistamisyritykset käynnistyivät nimenomaan turvemaita ja vasta myöhemmin kivennäismailla (esim. Kohonen 1981). Myöhemmin koneelliseen istutukseen mahdollisesti siirryttäessä joudutaan istutustiheyden lisäksi pohtimaan myös taimien tilajärjestystä käsinistutuksesta poikkeavista lähtökohdista (Päivänen 1981).

Keväällä istutus voidaan aloittaa heti rou-



dan sulamisen jälkeen. Routaantuneeseen maahan istuttaminen vaarantaa taimien veden saannin (Päivänen 1968). Istutusajan kohtaa voidaan ohjertuilla turvemailla siirtää myöhemmäksi kuin kivennäismailla, koska turvemailla veden saanti ei yleensä kasvukauden aikana muodostu ongelmaksi ainaakaan, jos istutus suoritetaan tasapintaan (Päivänen 1971, 1975).

Kuten jo aikaisemmin (luku 24) on todettu, edellyttää puuston kasvatus avosoilla yleensä lannoitusta. Metsitysvaiheessa tärkein puuttuva ravinne on fosfori (Huikari ja Paarlahti 1966; Meshechok 1967; Mannerkoski ja Seppälä 1970; Hauge 1971; Kaunisto 1972b; Laine ja Mannerkoski 1980). Fosforilannoitelajeista käytetään metsityksen yhteydessä yleisimmin raakafosfaattia, koska se on veteenliukenematon eikä tämän vuoksi aiheuta maaveden liiallista väkevytymistä. Raakafosfaattia voidaan tämän vuoksi sekoittaa suoraan taimien juurikerrokseen suuriakin määriä ilman kuolleisuuden lisääntymistä (Paavilainen ja Koskela 1972; Kaunisto ja Paavilainen 1977). Toisaalta sijoitettaessa raakafosfaattia kiilaistutuksessa istutusraukoon on taimien kuolleisuus eräissä tapauksissa lisääntynyt (Paavilainen 1970b, 1977b). Syynä on saattanut olla juuriston kuivuminen.

Liukoisten lannoitteiden sijoittaminen taimien juurikerrokseen lisää kuolleisuutta (Paavilainen ja Koskela 1972; Kaunisto ja Paavilainen 1977). Sekoitettaessa 15 cm:n paksuiseen kerrokseen 0,25 m<sup>2</sup>:n alalle eri suuria määriä NPK-lannoitetta (0, 25, 50, 100, 200 g; N 14 g, P 7,9 g, K 8,3 g 100 g:n tasolla) pieninkin annettu lannoitemäärä lisäsi kuolleisuutta. Sen sijaan levitettäessä vastaavasti lannoitteet suon pinnalle taimien ympärille ei lannoituksella ollut vaikutusta taimien kuolleisuuteen. Suopellolle perustetussa kokeessa pelkkä typpilannoitus pintaankin annettuna lisäsi kuolleisuutta, mutta tilastollisesti merkitsevästi vasta käytettäessä suurinta määrää 80 g/0,25 m<sup>2</sup> oulunsalpietaria (20 g N) (Paavilainen 1977b).

Heikurainen ym. (1966) ja Seppälä (1968b, 1971) ovat sen sijaan todenneet kuolleisuuden lisääntyneen selvästi jo edellä mainittuja pienemmilläkin lannoitemäärillä. Käytettäessä 20, 40 tai 80 g/taimi NPK-lannosta (N 2,8 g, P 1,5 g, K 1,7 g 20 g:n lannoitetasolla) ei pienin lannoitemäärä sanottavasti vaikuttanut kuolleisuuteen, mutta suurin määrä lisäsi sitä jo selvästi. Lannoitus lisäsi taimien kuolleisuutta enemmän, kun se levitettiin tasais-

ti taimien ympärille kuin jos se levitettiin kehään 10 tai 20 cm:n päähän taimesta (Seppälä 1971, ks. myös Huikari ja Paarlahti 1973). Kasvuun levitystapa ei vaikuttanut.

Vaikka taimien kuolleisuus kohoakin liukoisia ravinteita kasvualustaan lisättäessä, on kasvun turvaamiseksi jonkin verran ravinteita saatava varsin nopeasti taimien juuriston ulottuville. Koska taimet alkuvaiheessa tarvitsevat ensisijassa fosforia, ja koska sitä voidaan antaa veteenliukenemattomassa muodossa, raakafosfaattina, on sen sijoittamista taimien juurikerrokseen kokeiltu jo varsin kauan (Zehetmayr 1954).

Alkuvaiheessa raakafosfaattia lisättiin suoraan istutuskuoppaan (Zehetmayr 1954). Norjassa Hauge (1971) kuitenkin totesi, että istutuskuoppaan annettu raakafosfaatti lisäsi kuusen kasvua vain parin ensimmäisen vuoden ajan, jonka jälkeen tilanne muuttui päinvastaiseksi. Useissa muissa tutkimuksissa on havaittu, että sijoitettaessa lannoite istutuskuoppaan taimien kasvu on ollut huonompi kuin levitettäessä lannoite auranpalteen alle (esim. Zehetmayr 1954; McConaghy 1962). Vertaillessaan raakafosfaatin, superfosfaatin ja tuomaskuonan lisäämistä istutuskuoppaan, auranpalteen alle tai auranpalteen päälle, Dickson (1971) havaitsi, että lannoitteen sijoittaminen auranpalteen alle oli kaikissa tapauksissa johtanut Sitkan kuusen huonompaan menestymiseen kuin lannoitteen levittäminen auranpalteen pintaan. Kun lannoite oli lisätty istutuskuoppaan oli taimien kasvu n. 40 % huonompi kuin viime-mainitussa tapauksessa. Toisaalta kylvötai- mia koskevassa tutkimuksessaan Kaunisto (1972a) totesi, että taimet kasvoivat paremmin levitettäessä lannoitteet auranpalteen alle kuin pintaan (ks. myös Kaunisto 1974b; Kaunisto ja Metsänen 1979).

Muokkauslannoituksen yhteydessä, jolla tässä tarkoitetaan turpeen muokkaamista jyrsimällä ja lannoitteen perusteellista sekoittamista turvemurkaan, ovat sekä kylvö- että istutustaimet poikkeuksetta kasvaneet paremmin kuin pintalannoitetulla, jyrstetyllä turpeella (Kaunisto 1971, 1972a, 1974b, 1982b; Kaunisto ja Metsänen 1979).

Metsitysvaiheessa on tärkeätä, että kustannukset voidaan pitää mahdollisimman alhaisina, koska kiertoajan alkuun sijoittuvat kustannukset vaikuttavat suuresti hankkeen taloudellisuuteen. Tällöin kaikkien lisätoimenpiteiden antama hyöty ja toisaalta niiden aiheuttamat kustannukset on tarkoin punnit-

tava. Metsänkasvatus avosoilla ilman lannoitusta on mahdollista vain erikoistapauksissa. Koska taimet istutusta seuraavina lähivuosi- na kykenevät käyttämään ravinteita kuitenkin vain hyvin suppeasta ympäristöstään, on arveltu, että antamalla ravinteita vain pienialaisesti laikkuun taimen ympärille, niiden alkukehitys voitaisiin turvata aiheuttamatta mainittavia kasvutappioita. Kivisuon koekentällä toisiaan lähekkäin sijaitsevilla laikku- ja hajalannoituskokeilla havaittiin taimien kasvun kuuden vuoden kavuttua lannoituksesta olevan laikkulannoitetussa kokeessa n. 80 % taimien kasvusta hajalannoitetussa kokeessa (Huikari ja Paarlahti 1966, 1973). Tupasvillanevalle perustetussa kokeessa, jossa laikku- ja hajalannoitus oli toteutettu kaistoina siten, että hajalannoitus jäi kahden eri suuret määrät lannoitetta saaneen laikkulannoituskaistan väliin, oli laikkulannoitettujen taimien kasvu n. 86 % ja 90 % hajalannoituksen saaneiden taimien kasvusta (Kaunisto 1977), kun lannoitemäärät olivat vastaavasti 25 ja 50 g/taimi ja 1000 kg/ha suo PK-lannosta (0—10,3—12,5).

Rivi- ja hajalannoitusta on voitu vertailla keskenään neljässä avosoille perustetussa viljelykokeessa (Kaunisto 1982b). Kuusi vuotta istutuksen ja lannoituksen jälkeen taimien kasvu oli PK-kaistalannoituksen saaneilla koealoilla 79 % ja NPK-kaistalannoituksen saaneilla koealoilla 95 % hajalannoitettujen koealojen taimien kasvusta.

Avosoille perustettujen ja kivennäismaiden mäntytaimikoiden kehityksestä on tehty vain vähän vertailuja. Lannoitetulle tupasvillanevalle perustetussa laajassa sarkaleveys- ja maanmuokkauksokokeessa Paavilainen (1976) totesi männyntaimien kehittyneen 11 viljelyjälkeisen vuoden aikana keskimäärin nopeammin kuin kanervatyypin ja hitaammin kuin puolukkatyypin kankailla. Parhaissa käsittely-yksiköissä kasvu ylitti mustikkatyypin kankaalle istutettujen männyntaimien kasvun.

Taulukkoon 1 on esimerkin omaisesti kerätty tietoja taimikoiden pituuksista sekä eräistä julkaistuista että toistaiseksi julkaisemattomista aineistoista ja vertailtu näitä Räsänen ym. (1985) Etelä-Suomen puolukka-

tyypin taimikoista keräämään materiaaliin. Avosoiden taimikoista mukaan on otettu tuloksia vain lannoitetuista käsittelyistä, koska lannoitus yleensä on, kuten aikaisemmin on todettu, taimikoiden kehittymisen edellytyksenä avosoilla. Lannoituksen ravinneyhdistelmistä on pyritty valitsemaan nykytietämyksen mukaan sopivimmat kullekin suotyypille. Milloin PK- ja NPK-lannoitetuilla ei ole ollut eroa, on otettu näiden keskiarvo. Yleisenä piirteenä voidaan todeta, että suurisaraisilla avosuotyypeillä taimikoiden kehitys (lannoitettuna) on verrattain suurillakin sarkaleveysillä ollut samaa suuruusluokkaa kuin puolukkatyypin kankailla. Sen sijaan tehokkaankin ojituksen yhteydessä taimien kasvu rahkanevoilla on jäänyt selvästi heikommaksi.

Metsitysmenetelmänä istutus tulee kyseeseen lähinnä runsastyyppisillä rehevillä avosoilla ja suopelloilla, joilla pintakasvillisuuden kilpailu vaikeuttaa kylvötaimien kehitystä. Suopelloilla istutuksenkin onnistuminen edellyttää kuitenkin muokkauksen lisäksi yleensä heinän torjuntaa jopa useitakin kertoja. Suonpohjillakin istutus on kylvöä varmempi.

Avosoilla lannoitus on tarpeen heti viljelyvaiheessa. Taimien alkukehityksen kannalta tärkeintä alkuainetta, fosforia, voidaan raaka- tai hienofosfaattina antaa taimien välittömään läheisyyteen tai jopa juurikerrokseen. Istutuskuoppaan sijoitettuna sekin saattaa lisätä kuolleisuutta. Vesiliukoiset lannoitteet lisäävät taimien kuolleisuutta erityisesti, jos ne joutuvat kosketuksiin juuriston kanssa. Pieninä määrinä niitä voidaan kuitenkin käyttää joko hyvin maahan sekoitettuna tai pintalannoituksena taimien ympärille. Pintalannoituksessa tulisi liukoiset lannoitteet levittää 20—30 cm:n etäisyydelle taimesta.

Vaikka hajalannoitus lisää taimien kasvua jonkin verran enemmän kuin laikku- tai rivilannoitus, niin kustannussyistä samoin kuin koivuttumisen vuoksi on laikku- tai rivilannoitus hajalannoitusta parempi vaihtoehto.

Taulukko 1. Mänyntaimien pituuskehitys eräissä avosoiden istutuskokeissa ja Etelä-Suomen istutustaimikoissa VT:llä.  
 Table 1. Height development of pine seedlings in some planting experiments on treeless mires and in plantations on Vaccinium site types in South Finland.

Lähde Reference	Paikka Place	Taimi- laji Seedling type	Suo- tyyppi Peatland site type	Lannoit- us Fertiliz- ation	Sarka- leveys, m Strip width	Biologinen ikä Biological age											
						10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Kaunisto 1982d	Alkkia 3, Karvia	2+0	RN	NPK	10	0.6	0.8	1.0	1.3	1.7	2.0	2.5	2.9	3.3	3.6	4.0	4.4
"	"	2+0	RN	NPK	20	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.4	2.8	3.1	3.4	3.7
"	"	2+1	RN	NPK	10	1.1	1.4	1.6	2.0	2.5	2.9	3.3	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2
"	"	2+1	RN	NPK	20	0.7	0.9	1.0	1.3	1.7	2.0	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.1
Kaunisto & Tukeva 1985	Kaunisvesi, Kälviä	2+1	RN	NPK	40+vaotus +furrowing												
Kaunisto 1985, ennakkot. prelim. res.	Parkano	2+0	RN/TN	PK/NPK	10	1.4	1.6	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8				
"	"	2+1	RN/TN	NPK	40 <sup>4)</sup>												5.1
Laine & Mannerkoski 1980	Laine & Nuijaneva, Ruovesi	2+1	LkN	NPK	30 <sup>5)</sup>	1.1	1.4	1.7	2.0	2.2							
Silver 1983	"	2+1	LkN	NPK	30 <sup>5)</sup>												
Laine & Mannerkoski 1980	Haukivaho, Tammela	2+1	LkN	NPK	25	0.7	1.0	1.5	1.7	2.0	2.3						
Miyazawa 1984	Vihertäisenneva, Ruovesi	2+1	LkN	NPK	10—40	1.1	1.3	1.5	1.7	2.0	2.3						
Päivänen 1983	Ruovesi Nuijaneva, Ruovesi	2+1	LkN	NPK	35												
Kaunisto 1985, ennakkot. prelim. res.	Parkano	2+0	LkN/VSN	PK/NPK	68	1.5	1.7	1.9	2.1	2.5	2.8	3.1	3.4				
"	"	2+0	VSN/LkN	PK/NPK	53	1.8	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.7	4.1				
"	"	2+0	VSN	PK/NPK	56	1.7	2.0	2.2	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1				5.5
Kaunisto & Tukeva 1985	Alkkia 30, Karvia	2+1	Suopelto Agric. peat	PK	20												
"	Alkkia 36, Karvia	2+1	"	PK	20												5.9
Kaunisto 1979	Aitoneva 3B-H, Kihniö	2+0	Suonp. <sup>3)</sup>	PK/NPK	20												
Kaunisto & Tukeva 1985	"	2+0	"	PK/NPK	20												6.4
Räsänen ym. 1985 käsi- kirj. — manuscr.	E-Suomi Southern Finland	2+1 <sup>2)</sup>	VT	—	—	1.3	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	3.5					

1) Hirvituhoilta säästyneet taimet - Seedlings with no moose damage  
 2) Oletettu taimilaji keskimäärin - Assumed seedling type on average  
 3) Turvetuotannosta vapautunut suonpohja - Peat cutover area  
 4) Alkuperäinen, täydennysojitus taimien ollessa 11 ja 16 v - Original, supplementary drainage when seedlings 11 and 16 v.  
 5) Salaojitettu - Subsurface drainage

## 5. TAIMIKON KÄSITTELY JA HOITO

### 51. Uudistusalojen seuranta ja täydennysviljely

Seuraavassa taimikon käsittelyä ja hoitoa tarkastellaan suometsien uudistamisen osana. Siihen kuuluu sarja toimenpiteitä, joilla varmistetaan luontaisen uudistamisen tai metsänviljelyn onnistuminen. Erityisesti turvemaiden taimikoiden hoitoon keskittyneitä tutkimuksia ei juurikaan ole tehty. Siten tässä luvussa joudutaan tukeutumaan soveltuvin osin taimikon käsittelyä ja hoitoa yleisesti käsitteleviin selvityksiin.

Sekä luontaisesti että viljellen suoritettuun uudistamiseen kuuluu oleellisena osana uudistamisen onnistuneisuuden seuranta. Männyn siemenpuualojen tarkastus ja päätös siemenpuiden poistamisesta ja mahdollisesta täydennysviljelytarpeesta tulisi tehdä viiden vuoden kuluttua uudistushakkuun suorittamisesta. Kuusen suojuspuualoilla saattaisi olla eduksi poistaa suojuspuut kahdessa vaiheessa, jotta taimikon valaistus- ja mikroilmasto-olosuhteet muuttuisivat vaiheittain. Sama koskee kuusitaimikon päällä olevaa verhopuustoa (Multamäki 1937). Sekä suojus- että verhopuuston poiston jälkeen on suoritettava hakkuualan raivaus, joka varmistaa kasvatettavalle taimikolle tasaiset kasvuedellytykset. Hakkuualan raivauksessa on tarkistettava ojastojen kunto ja poistettava hakkuutähteet ojista.

Täydennysviljelyn tarve arvioidaan yleensä 1—3 vuoden kuluttua viljelystä. Ohjeiden mukaisesti täydennysviljely tulisi istutustaimikossa suorittaa 1—2 vuoden ja kylvötaimikossa 2—3 vuoden kuluttua metsänviljelystä (Etelä-Suomen metsien ... 1981; Karjula ym. 1982; Rissanen 1983). Erityisohjeita täydennystarpeen rajaksi ei turvemaille ole toistaiseksi asetettu. Kangasmaiden ohjeiden mukaan täydennysviljelyä ei tarvita, mikäli kasvatuskelpoisia taimia on tasaisesti jakautuneena seuraavasti:

viljavilla kasvupaikoilla	> 1600 kpl/ha
karuhkoilla kasvupaikoilla	> 1400 "
karuilla kasvupaikoilla	> 1200 "

Mainittakoon, että myös Heikurainen ym. (1983) ovat äskeisessä tutkimuksessa tukeutuneet näihin raja-arvoihin.

Kivennäismaiden metsänviljelyalojen inventoinnit ovat osoittaneet, että luontaisesti syntyneillä taimilla on tärkeä merkitys viljelytaimikoiden täydentäjinä (esim. Leikola ym. 1977; Räsänen ym. 1979b; Rautiainen ja Räsänen 1980; Kinnunen ja Nerg 1982, 1983). Eräät turvemaille suoritettut metsänuudistamiskokeet ovat epäsuorasti osoittaneet samaa (Heikurainen ym. 1983; Moilanen ja Issakainen 1984).

Viljelytaimikkoa täydentäväksi kehityskelpoiseksi, luontaisesti syntyneeksi taimeksi katsotaan vähintään tyydyttävän muodon ja kunnan omaava terve taimi. Taimikon keskipituutta huomattavasti pitempiä taimia ei hyväksytä ja lehtipuun taimien tulee havupuutaimikossa olla selvästi viljelytaimia pienempiä. On ilmeistä, että sekä kivennäismaille (esim. Räsänen ym. 1979b) että turvemaille (Mannerkoski 1972; Moilanen ja Issakainen 1981; Heikurainen 1982) viljelytaimikoista kehittyä luontaisen, täydentävän taimiaineksen vuoksi usean puulajin muodostamia sekataimikoita. Turvealustan suhteellisen hyvää taimettumiskykyä (ks. luku 25) aiheuttaa sen, että luontaista täydennystä voidaan olettaa syntyvän viljelytaimikkoon runsaastikin. Kuten jo useassa yhteydessä on mainittu, vanhojen ojitusalueiden taimettumiskyvystä on kuitenkin toistaiseksi hyvin vähän julkaisua tietoa.

Täydentäminen suoritetaan istutustaimikossa aina istuttamalla. Kylvötaimikossakin istutus on yleisin täydentämistapa. Männyn kylvöä voidaan täydennysviljelyssä käyttää vain karuilla kasvupaikoilla aukon ollessa niin laaja, että viljely joudutaan suorittamaan kokonaan uudelleen. Rauduskoivua ei voida suositella turvemaiden täydennysviljelyyn (Raulo 1981), koska turvemaille istutetut rauduskoivut ovat usein menestyneet huonosti. Taimikon harvuuden vuoksi joudutaan joissakin tapauksissa harkitsemaan sen perustamista kokonaan uudelleen. Täl-

lön on keskimääräisen taimitiheyden lisäksi merkitystä myös taimien sijainnin tasaisuudella uudistusosalalla (Etelä-Suomen metsien... 1981).

VMI 7:n koealaverkkoon tukeutuva metsänuudistamisen inventointitutkimus osoitti, että Lounais-Suomen, Satakunnan ja Uusimaa—Hämeen piirimetsälautakuntien kangasmailla männyn viljelytaimikoissa täydennysviljelyä oli tehty keskimäärin 7 %:lla ja kuusen viljelytaimikoissa vain 4 %:lla uudistuskohteista. Tarpeelliseksi täydennys arvioitiin lisäksi 11 %:lla männikkö- ja 15 %:lla kuusikkokoealoista. Tutkijaryhmä päätyi toteamukseen, että täydennysviljelyä tarvittaisiin enemmän kuin sitä tähän asti on tehty (Räsänen ym. 1979b). Otantaan sisältyi myös turvemaiden uudistusaloja, mutta näiltä osin tuloksia ei ole vielä julkaistu.

Täydennysviljely on kallis toimenpide (Räsänen 1973; Yrjönen 1982), joten sen tarve on aina tarkkaan harkittava. Varsinkin työ kustannukset nousevat suuriksi, sillä täydennysviljelyyn kuluu 1,0—1,5 työpäivää hehtaaria kohden (Finne ja Herranen 1981).

Täydennysviljely tehdään yleensä samalla puulajilla kuin viljelykin alkuperäiseen tiheyteen pyrkien. Puulajin vaihto saattaa olla paikallaan, mikäli tuhon aiheuttaja on saatu selvitettyksi. Hallatuhoista kärsinyt kuusentaimikko on parasta täydentää joko männyllä tai ohutturpeisissa korvissa koi-vulla. Hirvi- tai myyrätuhoista kärsineen taimikon täydennysviljely tehdään kuusella, mikäli kasvupaikan viljavuus sen sallii. Mänty on kuusta alttiimpi kasvuhäiriöille, joten männyn kasvuhäiriötäimikoissa saataisi puulajin vaihtamisesta olla apua. Nykyisen tietämyksen perusteella rauduskoi-vun istutusta ei voida suositella turvemaiden havupuutaimikoiden täydennysviljelyyn.

## 52. Pintakasvillisuuden kehitys ja sen torjunta

Taimien kehitykseen vaikuttavan pintakasvillisuuden haitallisuus riippuu suuresti sen lajistollisesta rakenteesta. Korvissa heinät ovat haitallisimpia, karuilla suotyypeillä puolestaan varvut (Lukkala 1951; Sarasto 1957, 1964b; Mannerkoski 1970). Pintakasvillisuus rehevöityy usein hakkuun jälkeen valaistusolosuhteissa ja juuristikilpailussa tapahtuneiden muutosten vuoksi ja saattaa muodos-

tua ongelmaksi viljavissa korvissa (Lukkala 1946). Rehevöitymisen ei kuitenkaan arvella turvemaiden olevan yhtä voimakasta kuin kivennäismailla (Seppälä 1966). Hakkuun jälkeen lisääntyy yleensä tyypillisten pioneeri-kasvien kuten heinien, maitohorsman ja vadelman peittävyys (Lukkala 1946; Sarasto 1964b; Mannerkoski 1970). Kokeellisissa tutkimuksissa on voitu todeta taimien verson kasvun olevan sitä vähäisempää, mitä runsaampaa pintakasvillisuus on ollut (Kaunisto 1975b).

Lannoitus aiheuttaa yleensä pintakasvillisuuden kenttäkerroksen rehevöitymisen ja vaatelioiden kasvilajien ilmestymisen kasvupaikalle (Mannerkoski 1970; Heikurainen ja Veijola 1971). Jo pelkän PK- ja K-lannoituksenkin on todettu rehevöittävän pintakasvillisuutta, mikäli kasvualustassa on riittävästi typpeä (Päivänen ja Seppälä 1968). PK-lannoituksen on todettu lisäävän erityisesti tupasvillan vitaliteettia (Päivänen ja Seppälä 1968). Moilanen ja Issakainen (1981) ovat todenneet lannoituksen (NPK/PK) lisäävän voimakkaasti mm. maitohorsman ja karhunsammalten peittävyttä, mutta varpukasvillisuuteen sillä ei ollut merkittävää vaikutusta. Mikäli lannoite annetaan istutuskuoppaan, ei pintakasvillisuuden rehevöityminen ole merkittävää (Braecke 1977), mutta toisaalta lannoitus saattaa tällöin lisätä kuolleisuutta (ks. luku 4323).

Lannoituksessa annetuista ravinteista huomattava osa menee pintakasvillisuuden käyttöön (Paavilainen 1980) ja esimerkiksi tupasvilla saattaa sitoa ravinteita sisäiseen kiertoonsa useiksi vuosiksi (Päivänen 1970). Siten pintakasvillisuuden rehevöityminen saattaa myös vähentää lannoitteiden huuhtoutumista. Pintakasvillisuuden rehevöitymistä voidaan rajoittaa käyttämällä laikkulannoitusta hajalannoituksen sijasta.

Maanmuokkauksella voidaan ainakin osaksi ennakolta torjua pintakasvillisuutta (ks. myös luvut 3412, 3422 ja 4321). Toisaalta sillä hidastetaan pintakasvillisuuden ja toisaalta nopeutetaan taimien kehitystä (Kaunisto 1975b; Moilanen ja Issakainen 1981). Maanmuokkauksen merkitys pintakasvillisuuden ennakotorjunnassa on sitä suurempi, mitä tehokkaammasta muokkaustavasta ja mitä paremmasta kasvualustasta on kysymys.

Pintakasvillisuuden torjunta voidaan taimettuneella uudistusosalalla toteuttaa joko mekaanisesti tai kemiallisesti. Mekaaninen

torjunta tehdään niittämällä tai polkemalla kasvillisuus taimien ympäriltä. Mekaaninen torjunta on syytä suorittaa 1—2 kertaa kasvukauden aikana. Rehevillä mailla mekaaninen torjunta joudutaan tekemään useampana vuonna. Kemiallista torjuntaa käytettäessä selvittäään yleensä yhdellä käsittelykerralla. On huomattava, että eräät torjunta-aineet saattavat vahingoittaa myös havupuiden taimia, mikäli niitä ei ruiskutuksen ajaksi suojata (Salonen ja Päivinen 1976). Kemiallisen torjunnan etuna mekaaniseen torjuntaan verrattuna on myös, että sen avulla pystytään vähentämään pintakasvillisuuden aiheuttamaa juuristikilpailua. Tähän ei mekaanisilla menetelmillä päästä (Päivinen 1978). Jakkilan ja Pohtilan (1978) kangasmailla suorittamassa tutkimuksessa heinätorjunnan vaikutus taimikoiden kehitykseen jäi epäselväksi, joskin heinätorjunta eräissä tapauksissa aiheutti taimien keskikoon ja taimikon hehtaarikohtaisen tilavuuden lievää nousua.

Skotlannissa on kanerva todettu haitalliseksi turvemaiden metsityksissä ja sen torjuntaan on jouduttu käyttämään herbisidejä. *Pinus contorta* näyttää kestävän kanervan aiheuttaman kilpailun, mutta *Picea sitchensis*-viljelmillä on kanervan todettu ehkäisevän ektomykoritsojen muodostumista taimissa (Malcolm 1975).

Isovarpuisen rämeen ojitusalueella on Suomessakin voitu todeta, että isojen varpujen (*Ledum palustre*, *Betula nana*, *Calluna vulgaris*) kemiallisella hävittämisellä on voitu ohjata kasvualustan tuotoskykyä puuston hyväksi; varttuneen rämemännikön kasvu 11 vuoden kuluessa käsittelystä oli herbisidi-käsittelyillä koejäsenillä jopa parempi kuin NPK-lannoitetuilla (Sarasto ja Seppälä 1977). Multamäen (1964) pienimuotoisessa kokeessa rämevarvut voitiin hävittää vesakontorjunta-aineella eivätkä männyn taimet alhaisia liuosväkevyksiä käytettäessä kärsineet.

Pintakasvillisuuden taimien kehitystä haittaava vaikutus ei liene turvemilla yhtä suuri kuin kivennäismaiden uudistusaloilla. Tämä ei kuitenkaan merkitse sitä, etteikö turvemaiden taimikoiden selviytymistä pintakasvillisuudesta tulisi seurata ja tarpeen vaatiessa ryhtyä pintakasvillisuuden torjuntatoimenpiteisiin. Varsinkin viljavat korvet saattavat olla ongelmallisia.

Maanmuokkauksen mahdollisuuksia pintakasvillisuuden ennakkotorjunnassa on käsitelty toisaalla (luku 3422). Toistaiseksi

ei ole käytettävissä riittävästi tutkimustietoa pintakasvillisuuden mekaanisten ja kemiallisten torjuntamenetelmien keskinäisen paremmuuden vertailemiseksi.

### 53. Perkaus ja harvennus

Taimikon perkauksella ymmärretään kasvatettavaan pääpuulajiin kuulumattomien puulajien haitallisten yksilöiden ja taimikon harvennuksella kasvatettavan puulajin liikahtien poistamista (esim. Kalela 1961). Suppeammassa mielessä taimikonhoidolla usein tarkoitetaan vain edellä mainittuja, luontaisesti tai viljellen perustetun metsikön puulajikehityksen ja kasvatusihteyden ohjaamiseksi suoritettavia toimenpiteitä, joissa ei yleensä vielä korjata käyttöpuuta. Jos havupuutaimikosta poistettavat puut ovat yksinomaan lehtipuita, puhutaan useimmiten vesakontorjunnasta riippumatta siitä ovatko lehtipuun taimet vesa- vai siemensyntyisiä (esim. Frölander-Ulf ym. 1978).

Turvemaiden koivuttumisherkeyys riippuu kasvualustan hyvydestä ja ilmastoalueesta (ks. myös luku 25). Esimerkiksi ojitusaluiden rämeiden koivuvallisuus näyttää vähentyvän etelästä pohjoiseen (Heikurainen 1959b). Haavasta seurausilmiöineen ei turvemilla ole samassa määrin haittaa kuin kivennäismilla.

Taimikon perkaus katsotaan mäntytaimikossa usein välttämättömäksi toimenpiteeksi, sillä lehtipuut haittaavat valoa vaativan männyn kehitystä. Ravinteisuudeltaan kohtalaisilla ja sitä heikomilla turvemilla ei koivua yleensä ole mäntytaimikoissa haitallisesa määrin (ks. Heikurainen 1982; Päivänen 1983c). Viljavilla kasvupaikoilla perkaus sitä vastoin on yleensä välttämätön. Uusimmat turvemaiden taimikoiden seuranta tutkimukset ovat kuitenkin antaneet viitteitä siitä, että koivusekoitus ei olisi Pohjois-Suomessa männyn kehitykselle yhtä haitallinen kuin Etelä-Suomessa (Heikurainen 1982).

Toisaalta Jakkila ja Pohtila (1978) ovat Pohjois-Suomen kivennäismaiden taimikoissa todenneet, ettei lehtipuustosta ole ollut männyn taimille mitään sellaista havaittavaa ja pysyvää hyötyä, jolla lehtipuuston negatiiviset vaikutukset olisivat kumoutuneet. Lehtipuuden määrä eri tutkimusaloilla vaihteli em. tutkimuksessa 13 000—26 000 kpl:een/ha valtaosan ollessa koivua. On kuitenkin mahdollista, että pieninkin tässä tutkimuksessa

esiintynyt lehtipuutiheys oli männyn kannalta jo liiallinen. Samassa tutkimuksessa on todettu perkauksen vaikuttaneen männyn taimien muotoon. Taimet kehittyivät sitä tyvekkäämmiksi, mitä voimakkaampaa perkausta käytettiin. Perkauksen todettiin vähentävän pahoja lumituhoja, myyrätuhoja sekä lehtipuuston männyn taimille aiheuttamia mekaanisia vaurioita. Jos lehtipuusto on jo tehnyt mäntytaimikon aukkoiseksi, täystiheän taimikon aikaansaaminen on mahdollista vain säästämällä aukkopaiikkojen lehtipuita. Toinen mahdollisuus on suorittaa uusintaviljely.

Taimikon perkaus voidaan tehdä joko mekaanisesti, mekaanis-kemiallisesti tai kemiallisesti. Mekaaninen perkaus saatetaan joutua tekemään useastikin, mutta kemiallista torjuntaa käytettäessä voidaan selvittää yhdellä käsittelykerralla. Mekaanisen perkauksen tehokkuutta rajoittaa lähinnä lehtipuiden vesomiskyky (Mikola 1942), joten mekaanis-kemiallinen käsittely on yleistynyt. Raivaus-sahaan liitetty kantokäsittelylaite mahdollistaa perkauksen ja taimikon harvennuksen samanaikaisen suorituksen. Kemiallinen vesakontorjunta voidaan suorittaa myös ilmas-ta käsin, mutta lentoruiskutusten vastustus on nykyään ympäristönsuojelullisten näkökohtien vuoksi lisääntynyt. Kuormatraktoriin sijoitettujen vesakoruiskujen käyttö on toistaiseksi ollut vähäistä turvemaiden taimikoissa maan heikon kantavuuden vuoksi. Perkauksen ajankohta suhteessa taimikon kehitykseen määräytyy lehtipuuvesakon haitallisuuden perusteella.

Keskusmetsälautakunta Tapion ohjeiden mukaan havupu- ja havupuuvaltaiset taimikot harvennetaan kaikilla kasvupaikoilla tiheyteen 2000 kpl/ha. Lehtipuutaimikoissa tavoite on 1600 kpl/ha. Harvennuksen ensisijaisia kohteita ovat 1—3 m:n pituiset taimikot. Hyönteistuhoja varttuneiden mäntytaimikoiden harvennusten yhteydessä voidaan välttää harvennuksen oikealla ajoittamisella. Etelä-Suomessa tässä suhteessa paras ajankohta on toukokuun puolivälistä heinäkuun loppuun. Pohjois-Suomessa vastaava ajankohta on kesäkuun alusta heinäkuun loppuun (Etelä-Suomen metsien... 1981). Varhain keväällä tehty taimikon perkaus ja harvennus on työsuorituksena joutuisampaa kuin kesällä ja syksyllä. Tämä johtunee ennen muuta paremmasta näkyvyydestä lehdetömissä olosuhteissa (Hämäläinen ja Kaila 1983).

Taimikon käsittelyn ajankohdan ja voimakkuuden vaikutusta puuntuotantoon on käsitelty tähän mennessä lähinnä kangasmailta saatujen tulosten pohjalta. Tällöin on todettu, että vielä 5—6 m:n valtapituusvaiheessakin tehty harvennus tiheyteen 2000—2400 kpl/ha antaa hyvän tuloksen (Parviainen 1978). Tällöin kaikki puut ylittävät ensiharvennusvaiheessa 7 cm:n rinnankorkeusläpimitan.

Eräissä yhteyksissä on esitetty käsityksiä, joiden mukaan suotaimikoille sopivat täysin samat taimikonkäsittelyohjeet kuin kangasmaillekin (Vuokila 1980a). Sopivimmaksi taimikon harvennuskooksi Vuokila esittää 2—3 m ja viimeisimmäksi taimikon harvennuksen ajankohdaksi tasaisissa taimikoissa 4—5 m ja epätasaisissa taimikoissa 5—6 m.

Turvemaiden taimikoiden käsittelyssä joudutaan kuitenkin ottamaan huomioon eräitä erityispiirteitä. Tiheä kasvusasento nopeuttaa latvuston sulkeutumista, millä on oma positiivinen merkityksensä latvuspidäntään (Päivänen 1966) ja haihduntaan ja siten välillisesti turvemaiden kuivatustilaan. Ojitettujen turvemaiden mäntytaimikoissa Pohjois-Suomessa viime aikoina runsaana esiintyneet myyrätuhot (Korhonen ym. 1983) saattaisivat myös antaa aiheen tarkistaa taimikoiden käsittelyohjeita nykyistä tiheämpien kasvatusasentojen suuntaan. Turvemaiden kylvötaimikot joudutaan kuitenkin harventamaan poikkeuksetta, sillä jokaisesta kylvötuppaasta kehittyy yleensä useita kehityskelpoisia taimia.

Männyn kasvatusaiheiskokeita on turvemaille perustettu viljelemällä Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston toimesta jo 1960-luvulla. Viljelytiheydet vaihtelevat kokeissa välillä 1 600—10 000 kpl/ha (Kainisto & Tukeva 1985). Taimikoiden keskipituus oli mittaushetkellä 3—6 m. Aineistossa elävien taimien lukumäärä korreloi negatiivisesti keskimääräisen oksien paksuuden, rinnankorkeusläpimitan ja elävän latvuksen pituuden kanssa. Keskimääräiseen pituuskasvuun viljelytiheys ei vaikuttanut. Vielä 6 m:n pituisissakin taimikoissa keskimääräinen elävän latvuksen osuus oli suurimmillakin viljelytiheyksillä (eläviä taimia jäljellä n. 6 000 kpl) yli 50 % ja keskiläpimita n. 7 cm. Laskettaessa 2 000 pisimmän puun vastaavat regressiot, todettiin että puiden pituus lisääntyi elävien taimien lukumäärän funktiona. Myös nämä tulokset puoltavat suhteellisen myöhäistä harvennusajankohtaa.

Siitä huolimatta, että taimikonkäsittelypinta-alat erityisesti 1970-luvun loppupuolella olivat suuret (Metsätalastollinen... 1983), on ainakin kangasmaiden metsänuudistamisventoinneissa todettu taimikoiden käsittelytarve huomattavasti toteutettua suuremmaksi (Räsänen ym. 1979b).

Taimikon harvennuksessa käytetään tavanomaisimmin ihmistyövaltaisia menetelmiä, joista raivaussahan käyttö on ohittanut yleisyydessä vesurin käytön. Raivaussahalla taimikon perkaus ja harvennus saattaa olla ojitetulla suolla työsuorituksena hitaampaa kuin kangasmaalla, koska sahaajan kuuluu yleensä pitää ojat vapaana kaadetuista puista. Taimikon perkauksen ja harvennuksen ajanmenekkiä selvittelemään tutkimukseen ei kuitenkaan kertynyt aineistoa tämän seikan todentamiseksi (Hämäläinen ja Kaila 1983).

Erityisesti runsastyyppisillä soilla joudutaan havupuutaimikoita perkaamaan puulajikehityksen ohjailemiseksi. Keskinkertaisilla ja sitä karummilla kasvualustoilla ei yleensä sitä vastoin ole akuuttia perkaustarvetta. Vesitaloudelliset seikat, kasvatettavan puuston laadun parantamispyrkimykset ja myös mahdollisten myyrätuhojen vaikutusten ennakoiminen puoltavat puhtaisten mäntytaimikoiden ja mäntyvaltaisten taimikoiden tiheitä kasvatusasentoja ojitetuilla turvemilla. Istuttaen perustetuissa ja todennäköisesti valtaosalla luontaisesti syntyneitä puhtaita mäntytaimikoita ei näyttäisi esiintyvän käsittelytarvetta ennen ensiharvennusvaihetta, koska valtaimien pituuskehitys näyttää olevan tiheissä taimikoissa (6 000—7 000 tainta/ha) jopa nopeampaa kuin harvoissa (1 500—2 500 tainta/ha) ainakin 5—6 m:n keskipituuteen saakka, mikäli ravinteita on riittävästi. Tosin järeyskehitys hidastuu elävien taimien lukumäärän lisääntyessä.

Sekä perkauksessa että harvennuksessa soveliaain työmenetelmä on mekaaninen käsittely raivaussahalla. Työajan menekki saattaa olla jonkin verran suurempi kuin kangasmailla, koska kaadettua puustoa ei saa jättää ojiin. Toisaalta turvemilla ei yleensä ole varottavia pintakiviä.

## 54. Lannoitus

Puustoisilla soilla lannoitus ei liity välttämättömänä taimikon hoitotoimiin, koska nykyhetkellä, jolloin pääasiassa kasvatetaan vasta ensimmäistä ojituksenjälkeistä puusukupolvea, voidaan olettaa kasvualustan luontaisten ravinteiden riittävän. Taimikon kasvua on yleensä mahdollista nopeuttaa lannoittamalla. Reaktion voimakkuus riippuu suon luontaisesta viljavuudesta. Koska suometsien lannoitusta on perusteellisesti selostettu lannoitusoppaissa (Huikari ja Paavilainen 1968; Paavilainen 1979a), ei tässä yhteydessä puututa lähemmin puustoisten soiden taimikoiden lannoitukseen.

Kuten aikaisemmin (luvuissa 4322 ja 4323) on todettu, täytyy avosoilla taimille antaa yleensä ainakin fosforia, mutta usein myös kaliumia jo viljelyn yhteydessä. Normaalisti ravinteet annetaan taimikohtaisesti laikkulannoituksena. Laikkulannoitetut taimet saattavat kasvaa lannoittamattomia paremmin vielä runsaan kymmenen vuoden kuluttakin metsityslannoituksesta (Huikari ja Paarlahti 1973; Kaunisto 1977; Laine ja Mannerkoski 1980).

Metsityslannoituksen vaikutusajan kestoa on kuitenkin vaikea tarkoin määrittää, koska taimikon kehityksen alkuvaiheelle on tyypillistä peräkkäisinä vuosina kohoava pituuskasvu. Lannoituksella voidaan nopeuttaa tätä kehitystä. Tällöin vertailtaessa samanikäisiä lannoittamattomia ja lannoitettuja taimikoita joudutaan vertailu tekemään pituuskasvun suhteen erilaisissa kehitysvaiheissa. Vaikka taimien kasvu jonkin määrätyn ajan kuluttua onkin vielä lannoitetuilla koaloilla suurempi kuin lannoittamattomilla, on lannoituksen aktiivinen vaikutus siitä huolimatta saattanut jo loppua, ja taimien kasvua voidaan lisätä jatkolannoituksella useita vuosia ennen lannoitettujen taimien kasvun alenemista lannoittamattomien tasolle (Huikari ja Paarlahti 1973; Kaunisto 1977, 1979; Laine ja Mannerkoski 1980).

Laikkulannoituksena annettujen ravinteiden määrä ei sanottavasti vaikuta taimien kehitykseen neljän—viiden istutusta seuraavan vuoden aikana, vaan jo 1—2 g fosforia ja kaliumia alkuaineina riittää varmistamaan yhtä hyvän kasvun kuin kolmin- tai nelinkertaisetkin määrät (Huikari ja Paarlahti 1966; Mannerkoski ja Seppälä 1970; Seppälä 1971; Paavilainen ja Koskela 1972). Sen sijaan lannoitusvaikutuksen kestoa voidaan lisätä



laikkulannoituksessa annettujen ravinteiden määrää lisäämällä (Huikari ja Paarlahti 1973; Kaunisto ja Paavilainen 1977; Kaunisto 1979; Laine ja Mannerkoski 1980).

Ensimmäisessä taimikon jatkolannoituksessa voidaan käyttää edelleen laikkulannoitusta, kaistalannoitusta tai hajalannoitusta. Kaista- ja laikkulannoituksella voidaan alentaa lannoitekustannuksia. Toisaalta eri vaihtoehtojen vaikutuksesta puuston kasvuun ei ole kiistattomia selvityksiä.

Puustoisilta soilta saatujen kokemusten perusteella tiedetään, että fosfori-kalihajalannoituksen vaikutusajaksi riippuu suotyypistä. Runsastyyppisillä rämeillä sen vaikutus saattaa kestää jopa 15—20 vuotta (Paavilainen ja Simpanen 1975; Paavilainen 1979a). Vähätyypisillä rämeillä PK-lannoitus saattaa olla vaikuttamatta tai vaikuttaa jopa negatiivisesti (Paavilainen 1977a) ja jopa NPK-lannoituksenkin vaikutus saattaa kestää alle kymmenen vuotta (Karsisto 1976; Paavilainen 1977a). Karuimmilla avosoilla saattaa NPK-lannoituksen vaikutus kestää vain viisi—kuusi vuotta (Kaunisto 1977). Puuston ravinnetilaa voidaan tarkastella neulasanalyysin avulla (esim. Paarlahti ym. 1971; Raitio 1976, 1978; Veijalainen 1977; Kaunisto ja Paavilainen 1977; Kaunisto 1982b; Paavilainen ja Pietiläinen 1983) ja tämän perusteella arvioida puuston lannoitustarvetta (Paarlahti ym. 1971; Raitio 1976). Valittaessa jatkolannoituksessa käytettäviä ravinneyhdistelmiä ovat peruseriaatteet samat kuin edellä on todettu metsityslannoituksen ja metsänuudistamiseen liittyvän viljelylannoituksen (luku 24) yhteydessä. Näyttää kuitenkin siltä, että taimikkovaiheessa puut ovat varsin alttiita erilaisille ravinnetaloudellisille tasapainohäiriöille (Kaunisto ja Paavilainen 1977; Kaunisto 1983a; Veijalainen ym. 1984).

Ojitetulla avosuolla, jossa suotyyppi vaihteli lyhytkortisesta varsinaiseen saranevaan ja *Molinia*-nevaan, aiheutti NPK-jatkolannoitus viljelytaimille latva- ja neulasvaurioita, joita kuitenkin samanaikaisesti tehty boorilannoitus vähensi (Kaunisto 1983a). Myös tupasvilanevalla yksipuolinen tyyppijatkolannoitus aiheutti männyn neulasten ruskettumista ja jopa taimien kuolemista (Kaunisto ja Paavilainen 1977). Vaurioiden määrä lisääntyi neulasten N/P-suhteen kohotessa.

Vaikka taimet avosoilla saattavatkin ensimmäiset viljelyn jälkeiset vuodet tulla toimeen pelkällä fosforilannoituksella on fosfori-kalijatkolannoitus yleensä välttämätöntä

puuston jatkuvan kehityksen varmistamiseksi. Kuten aikaisemmin (luku 24) on todettu, on avosoiden turpeessa erittäin vähän kaliumia. Riukumetsävaiheessa kärsivät avosoille syntyneet puustot usein akuutista kaliumin puutoksesta, joka johtaa nopeasti latvavaurioihin ja puuston kuolemiseen (Kaunisto ja Tukeyva 1984).

Suonpohjien jatkolannoitus fosforilla ja kaliumilla on tarpeen, mikäli puiden juuristot eivät yllä kivennäismaahan (Kaunisto 1979). Toisaalta hyvinkin korkeat tuotokset ovat mahdollisia, jos puusto pystyy käyttämään hyväkseen turpeen alla olevan kivennäismaan ravinteita (Ferm ja Kaunisto 1983).

Ojitetuilla avosoilla puuntuotanto yleensä perustuu toistuviin lannoituksiin kivennäisravinteilla. Vaikka metsityslannoituksessa saadaan täystehoinen vaikutus ensimmäisten neljän—viiden vuoden ajaksi hyvin pienillä fosforin ja kaliumin määrillä (1—2 g/taimi alkuaineena), mikäli tyyppiä on turpeessa riittävästi, lienee vaikutuksen keston pidentämiseksi parempi antaa viljelyvaiheessa ravinteita 3—5 g/taimi alkuaineena, mikä vastaa 30—40 g Suo PK-lannosta (0—8,6—16,6). Tällöinkin tulisi jatkolannoitus suorittaa jo kuuden—kymmenen vuoden kuluttua metsityslannoituksesta.

Lannoituskustannusten sekä koivuttumis- ja kasvuhäiriövaaran vuoksi ensimmäinen jatkolannoitus kannattaa suorittaa laikku- tai kaistalannoituksena. Erityistä huomiota tulee kiinnittää kaliumin riittävyyteen, koska sitä luontaisesti on avosoiden turpeessa vähän ja koska sen puutos aiheuttaa erittäin nopeasti latvakatoja ja puiden kuoleman. Kalijatkolannoitus näyttää olevan tarpeen 10—15 vuoden välein.

Avosuot tulisi säilyttää talouskirjoissa ja -kartoissa omana ryhmänään, koska ne kaliumin puutoksen vuoksi vaativat tarkempaa seurantaakin kuin puustoiset suot. Kaliumin lisäksi tärkeä on myös typpi, koska mikäli tyyppiä ei turpeesta mineralisoidu riittävästi, tarvitaan sinänsä jo kalliin typpi-lannoituksen lisäksi lannoituksen toistamista myös fosforilla ja kaliumilla useammin kuin runsastyyppisillä turvemaidilla. Turpeenostosta vapautuneilla suonpohjilla jatkolannoitus fosforilla ja kaliumilla on tarpeen, mikäli turvekerros on paksu.

## 6. TUHOT JA NIIDEN TORJUNTA

### 61. Abioottiset tuhot

#### 611. Kasvuhäiriöt

Kasvuhäiriöiden esiintymistä ja niiden torjuntaa on perusteellisesti esitelty mm. Veijalaisen ym. (1984) raportissa (ks. myös Kolari 1979; Braecke 1983a, b), joten tässä yhteydessä tarkastellaan kysymystä vain pääpiirteissään. Kasvuhäiriöille on tyypillistä päätesilmuvaltaisuuden heikkeneminen, jolloin latvakasvain jää sivuhaaroja lyhyemmäksi. Tätä vaikeampi kasvuhäiriön aste on latvakato, jolloin tavallisimmin 1—2 vuoden kasvaimet puun latvasta lukien kuolevat. Kasvuhäiriöön kuuluu myös muita kasvun poikkeavuuksia ja epämuodostumia, joista tavallisimpia ovat seuraavat (Veijalainen ym. 1984):

- ylimääräiset sivusilmut, jotka puhkeavat joskus normaalien sivusilmujen alapuolelta
- 2—4 -halkihaaraisia, joskus laakautuneita latvakasvaimia esiintyy joissakin puissa
- latvasilmujen vinous
- neulasten kierteisyys ym. epämuodostumat, usein epäsäännöllisen pituisia, lyhyitä, paksuja, sirpimäisiä tai muuten mutkaisia neulasia
- tupsukasvaimet
- ”rotanhäntäkasvaimet” (neulaset versonmyötäisiä, lyhyimpiä latvakasvaimen kärkiosassa).

Vuonna 1976 tehdyn inventoinnin mukaan kasvuhäiriöalueista 74 % oli turvemilla (Veijalainen 1984). Viimeksi tehtyjen laskelmien mukaan on kasvuhäiriöalueiden yhteiseksi pinta-alaksi arvioitu n. 100 000 ha (Veijalainen 1983). Eniten esiintyi kasvuhäiriöitä runsastyyppisillä soilla. Laineen ja Puttosen (1983) mukaan erityisen alttiita kasvuhäiriöille olivat entiset avosuot tai nevarämeet. Lannoitus ja erityisesti jatkolannoitus lisää alttiutta kasvuhäiriöille (Heikurainen 1982; Veijalainen ym. 1984). Lannoituksessa annettavista pääravinteista erityisesti typpi lisää kasvuhäiriöiden frekvenssiä (Veijalainen 1984).

Yleensä kasvuhäiriöisille puille on omi-

naista korkeat (> 1,7 %) typpi- ja alhaiset (< 7 ppm) booripitoisuudet neulasissa (Veijalainen ym. 1984). Usein neulasissa on voitu havaita myös korkeita fosfori- ja kaliumpitoisuuksia.

Metsäpuiden kasvuhäiriötutkimuksia käsiteltiin laajasti syksyllä 1982 Suomessa järjestetyssä kansainvälisessä tutkijakokouksessa (ks. Kolari 1983).

Jotta kasvuhäiriöitä voitaisiin ainakin osittain ehkäistä jo ennakolta, tulee kaikkien turvemilla käytettävien lannoitteiden sisältää booria.

Lieviissä tai alkuvaiheessa olevissa kasvuhäiriötapauksissa lannoitteiksi soveltuvat puun tai kuoren tuhka ja lannoiteboraatti. Vaikeimmissa kasvuhäiriökohteissa tulee harkita luopumista ainakin männyn kasvatuksesta, varsinkin jos toistetutkaan metsänviljely-yritykset eivät onnistu.

#### 612. Tuulituhot

Turvemilla kasvavien puiden juuristot ovat yleensä pinnallisia ja lisäksi turve on sangen huono kiinnittymisalusta juuristoille (Heikurainen 1955, 1959a; Paavilainen 1966a). Täten suopuustot ovat ehkä kangasmaiden puustoja herkempiä tuulenskaadoille (Goodwin 1968; Fraser 1969). Toisaalta kuitenkin turvemaiden alava sijainti saattaa suojata suopuustoja tuulenskaadoilta.

Puulajeistamme kuusi on alttein tuuli- ja myrskytuhoille. Myös kontortamännyn viljelyä turvemilla voi rajoittaa sen juuristoalan pienenus. Sundin (1982) on todennut kontortan juuriston olevan suppeampi kuin meikäläisen männyn juuristo.

Äkillinen harvennus tiheästi kasvatetussa metsikössä johtaa helposti tuulenskaatoihin (Helles 1983). Systemaattisia selvityksiä tuulenskaatojen esiintymisestä esim. suometsien kaistalehakkuiden yhteydessä ei Suomessa ole tehty. Lukkala (1946) tosin toteaa, että tuulituhojen vuoksi kaistalehakuut soveltu-

vat lähinnä toistuvien harvennuksien käsittelyihin metsiköihin ja että välimetsikköä ei enää kaistaleiden hakkuiden yhteydessä tulisi harventaa. Minnesotan ojitattomien soiden päätehakkuikeisissa mustakuusikoissa avohakaton kaistaleen reunan pituuden suhde pystyyn jätetyn kaistaleen pinta-alaan ja kasvupaikan puuntuotosindeksi selittivät varsin hyvin tuulenkaatojen määrää (Elling ja Verry 1978). Taimikoissa latvusmassat ovat niin vähäisiä, ettei tuulen aiheuttamia vaurioita niissä yleensä esiinny. Metsikön perustamistapa saattaa kuitenkin välillisesti vaikuttaa tuulituhojen myöhempään esiintymiseen (ks. luku 4321).

Suometsiköiden uudistamistapaa valittaessa on aina kiinnitettävä huomiota jäljelle jäävän puuston tuulenkestävyyteen. Luontainen uudistaminen suoju- ja siemenpuuhakkuuta käyttäen edellyttääkin kasvatushakkuun käsiteltäviä puustoja. Avon ja kaistalehakkuaalueiden rajauksessa myös maaston muodot tulee ottaa huomioon. Uudistamis- tai metsittämisvaiheessa mahdollisesti tehtävän muokkauksen vaikutus puuston myöhempään tuulenkestävyyteen tulisi ottaa huomioon.

### 613. Hallatuhot

Turvemaat ovat alavan sijaintinsa vuoksi hallanarkoja kasvupaikkoja. Tämä on otettava huomioon puulajin valinnassa. Suomessa kasvatettavista puulajeista koivu ja mänty kestävät hyvin hallaa, mutta kuusen lisäksi siperialaisen lehtikuusen on todettu olevan hyvin hallanarka (Koskela 1970). Hallan on voitu todeta vikuuttavan myös korpinoitelmiin istutettuja tervalepiköitä (Schalin ja Seppälä 1964). Hallan männyn taimille aiheuttamia varsin tuntuvia vaurioita kesäkuussa 1984 (Raitio 1985) voidaan pitää poikkeuksellisina.

Halloista nimenomaan kevähallat on todettu haitallisiksi. Hallavauriot ovat Etelä-Suomessa yleisempiä kuin Pohjois-Suomessa (Multamäki 1942; Leikola 1975). Soilla lämpötilat hallaöinä ovat lisäksi 1–2°C alempia kuin kivennäismailla (Valk 1970).

Kuusta ei voida uudistaa hallanaralle alueelle ilman riittävää verhopuustoa. Kuusen kasvaimet paleltuvat kevätkesällä, mikäli ilman lämpötila laskee –2,8°C...–4,3°C:een kasvaimien kehitysvaiheesta riippuen (Multamäki 1942). Hallavauriot hidastavat huo-

mattavasti kuusentaimien kehitystä (Heikurainen 1982) ja erittäin hallanaroilla alueilla uudistamisyritykset kuuselle voivat täysin epäonnistua (Multamäki 1942).

Kuusen hallavaurioita pystytään ainakin jossain määrin välttämään pitämällä taimikossa lehtipuustoa vallitsevana latvuskerroksena (Multamäki 1939, 1942; Heikurainen 1982). Verhopuusto suojaa taimia vähentämällä yönaikaista ulossäteilyä, jolloin ilman lämpötila latvuston alla pysyy korkeampana kuin aukealla. Verhopuustosta on hyötyä kuitenkin vasta sen ollessa riittävän tiheä. Latvuspeittävyiden tulisikin olla ainakin 60–70 %, jotta sen positiivinen vaikutus olisi merkittävä (Multamäki 1942; Leikola ja Pyökkö 1969; Leikola 1975). Verhopuuston on todettu nostavan latvuskerroksen alapuolisen ilman lämpötilaa jopa 2–5°C (Multamäki 1942). Tosin myös tätä pienempiäkin arvoja on esitetty. Leikolan ja Pykkön (1969) tutkimuksessa keskitiheet ja tiheet verhopuumetsiköt olivat 1–2°C lämpimämpiä hallaöinä kuin aukea ala tai harvaa verhopuustoa edustava ala.

Toisaalta tiheä verhopuusto haittaa myös alla kasvavan taimikon kehitystä (Multamäki 1942; Heikurainen ja Ouni 1970; Heikurainen 1982). Heikuraisen (1982, 1985) mukaan verhopuuston vaikutus kasvatettavan puuston sädekasvuun on selvä. Myös taimikon tilavuuskasvu verhopuuston alla jää pieneksi. Täten on tärkeää, että verhopuusto poistetaan ajoissa. Suositukset pituusvaiheesta, jossa kuusitaimikko tulisi vapauttaa koivuverhopuuston alta, vaihtelevat kuitenkin jonkin verran: 3–4 m (Multamäki 1942), 4 m (Heikurainen 1985) ja 4–6 m (Heikurainen 1982). Kangasmailta verhopuusto suositellaan poistettavaksi aikaisemmin kuin turvemailta.

Taimikon lannoitus saattaa myös vaikuttaa sen hallankestävyyteen. Lannoitetut puut kasvavat nopeammin ja näin ylittävät myös nopeammin paleltumisvyöhykkeen kuin lannoittamattomat taimet. Kookas taimi toipuu osittaisesta hallavauriosta paremmin kuin pieni taimi. Lisäksi lannoituksen vaikutuksesta verhopuuston latvuspeitto lisääntyy ja täten myös hallavaurioiden riski vähenee. Lannoitus saattaa edelleen nostaa taimien fysiologista hallankestävyyttä. Mm. boorin puute voi mahdollisesti altistaa taimia hallavaurioille (Silfverberg 1980). Kalilannoituksen on todettu vähentävän taimien kevähalla- ja pakkaskuivumisvaurioita (Koskela

1970). Toisaalta lannoitetut taimet jatkavat kasvuaan myöhemmälle syksyyn ja altistuvat täten sysshalloille (Koskela 1970; Malcolm ja Freezaillah 1975). Tämä koskee erityisesti tyypilannoitusta.

Skotlannissa on fosforilannoituksen todettu lisäävän kuusen ja Sitkan kuusen syksyisiä hallavaurioita. Sysshalla vaikuttaa myös seuraavan vuoden kasvuun siten, että kasvu on sitä heikompaa, mitä vaillinaisempi vuosikasvainten puutuminen on ollut ennen hallaa. Edellä mainittujen kuusilajien on todettu kyllä kestävän useita peräkkäisiä halloja, mutta hallavaurioiden vuoksi kasvun on todettu hidastuvan (Malcolm ja Freezaillah 1975).

Viljavien korpjen uudistusaloilla on jätettävä verhopuustoa tai odotettava, että vesasyntyinen lehtipuusto muodostaa riittävän suojan kuusentaimille. Verhopuusto hidastaa kuitenkin myös kuusen kehitystä ja siten se on syytä poistaa, kun taimikko on 4—6 -metrisenä ohittanut vaarallisimman paleltumisvyöhykkeen. Hallavaurioiden riskistä huolimatta tulisi kuusta suosia reheviä korpia uudistettaessa, mikäli uudistusalueelle voidaan kohtuudella saada verhopuusto. Männyn uudistaminen tällaisilla aloilla vaatii yleensä pintakasvillisuuden torjunnan tehokkaalla muokkauksella tai herbisideillä sekä myöhemmin todennäköisesti myös yhden tai useamman taimikon perkauksen. Lisäksi männystä saattaa rehevällä kasvupaikalla tulla huonolaatuisia.

## 62. Bioottiset tuhot

### 621. Nisäkästuhot

Taimikoissa esiintyvistä nisäkästuhosta haitallisimpia ovat hirven ja myyrien aiheuttamat vauriot. Talvisaikaan hirven suosituimmat ravintokasvit ovat kataja, raita, haapa, pihlaja, mänty ja koivu. Käsitykset hirven tärkeimmästä talviravinnosta ovat jonkin verran ristiriitaisia. Toisaalta on esitetty arvioita, että lehtipuiden osuus hirven talviravinnosta olisi n. 85 % (esim. Sainio 1956; Andersson ja Markkula 1974). Toisaalta on esitetty, että mänty olisi ravintoarvon, maistuvuuden ja pinta-alaa kohden saatavan ravinnon määrän vuoksi Suomen oloissa hir-

ven tärkein talviravintokasvi (esim. Salonen 1981).

Toistaiseksi ainoa valtakunnallinen selvitys hirven metsissämme aiheuttamista taimikkovahingoista perustuu VMI 3:n yhteydessä kerättyyn aineistoon. Tämän mukaan runsaimmin hirvivahinkoja esiintyi 1950-luvun alussa puolukka- ja mustikkatyyppin kangasmailla ja rämeillä (Löyttyniemi 1982). Kaiken kaikkiaan vahinkokoealojen määrä jäi tuolloin vähäiseksi; ainoastaan 0,7 %:lla koealoista havaittiin hirvivahinkoja. Talvehtiva hirvikanta oli myös tällöin pieni, 7000-9000 yksilöä (Sainio 1956). Kaikki vahinkokoealat olivat todennäköisesti luontaisesti syntyneissä mäntytaimikoissa (Löyttyniemi 1982).

Kyselytutkimuksen perusteella arvioiden keskittyivät vajaatuottoisuuteen johtavat hirvivahingot sekä vuonna 1976 että 1982 mäntyyn ja nimenomaan männyn viljelytaimikoihin (Löyttyniemi ja Repo 1983). Viljelytaimikoissa esiintyvien hirvituhojen lisääntyminen johtuu toisaalta hirvikannan voimakkaasta kasvusta — 1970-luvun lopulla lähes 100 000 talvehtivaa yksilöä (Nygren 1979) — toisaalta männyn viljelyalan lisääntymisestä, mikä on kasvattanut potentiaalisten tuhoalueiden määrää.

Hirvituhoon metsätaloudellinen merkitys riippuu taimikon tiheydestä ja tuhon voimakkuudesta. Tiheässä taimikossa tuho saattaa olla melko harmiton, kun saman suuruisen tuho harvassa taimikossa voi tehdä taimikosta kasvatuskelvottoman (Kangas 1949; Yli-Vakkuri 1956). Kankaan (1949) mukaan männyntaimet kestivät keskimäärin neljä tuhokertaa, mutta joukossa oli tapauksia, joissa vaurio oli toistunut seitsemän kertaa ja taimi oli edelleen hengissä. Kuitenkin jo kerrankin tapahtunut voimakas syöntivaurio saattaa tappaa taimen. Tutkittaessa istutus-taimikoiden tilaa Länsi-Suomen yksityismetsissä noin kymmenen vuoden kuluttua viljelystä on voitu todeta, että hirvituhoja esiintyi kaikkiaan 5 %:lla taimista. Tuhon seurauksena taimien kunto oli heikentynyt, mutta vain harvoin taimet olivat kuolleet hirvituhoon takia (Kinnunen 1976). Hirvi syö yleensä vain viimeisen vuosikasvaimen (Yli-Vakkuri 1956). Taimi joutuu vaihtamaan latvakasvaimen ja puuhun syntyä yleensä pysyvä laatuviika (ks. esim. Löyttyniemi 1983a). Taimien saavutettua noin 3 metrin pituuden keskittyvät tuhot pääasiassa sivuoksiin (Laine ja Mannerkoski 1980). Sivuksiin kohdis-

tuvat tuhot eivät ole taimien kehityksen kannalta yhtä ratkaisevia kuin latvakasvaintuhot. Uusvaara (1974) on arvellut, että lievä sivuoksien syönti saattaisi jopa olla eduksi puun laadulle viljelytaimikossa.

Typpilannoituksen on voitu todeta lisäneen kangasmaiden mäntytaimikoiden hirvituhoalttiutta siinä määrin selvästi, että taimikoiden lannoittamisesta on tämänkin vuoksi syytä luopua (Löyttyniemi 1981). Kangasmaiden taimikoita ei tosin taloudelliseen perusteisiin suosittelua lannoituskohdeiksi, joten käytännön ohjeita ei ole tarpeen tältä osin muuttaa.

Turvemaiden metsänviljelykokeissa ja taimikotutkimuksissa on myös tehty havaintoja hirvituhoista. Karujen ja karuhkojen avosoiden metsänviljelykokeiden jatkolannoituksissa on havaittu, että erityisesti typpilannoitus lisää hirvituhojen riskiä. Myös fosforilannoitus lisää hirvituhojen esiintymistä, mutta tämä liittyy fosforin taimien kasvua parantavaan vaikutukseen (Laine ja Mannerkoski 1980). Mainittujen kokeiden uudelleeninventoinnissa todettiin männyn taimien toipuneen hirvivahingoista melko hyvin (Silver 1983). Karun avosuon metsänviljelykokeissa, jossa vertailtiin mäntyä ja mustakuusta, hirven aiheuttamia syöntivaurioita oli vain männynsä ja tällöinkin tuhot keskityivät NPK- tai NP-lannoitetuille ruuduille (Päivänen 1983c). Seurantatutkimuksessa on voitu todeta, että koivusekoituksen lisääntymisellä samalla myös hirvituhojen määrä kasvaa turvemaiden mäntytaimikoissa (Heikurainen 1982). Myös viimeksi mainitun tutkimuksen aineistossa hirvituhoja esiintyi jonkin verran enemmän lannoitetuissa kuin lannoittamattomissa taimikoissa.

Pohjanmaalla Stormossenin koeojitusalueella on hirvituhoja esiintynyt jokaisella sellaisella kokeella, jolle oli levitetty hivenlannoitteita. Kuitenkaan ei voitu osoittaa, että hirvi olisi suosinut jotakin tiettyä hivenravinnetta. Pikemminkin näytti siltä, että lannoituksesta rehevöitynyt taimikko hirven suosimalla oleskelupaikalla joutui syönnin kohteeksi riippumatta siitä, mikä rehevöitymisen oli aiheuttanut (Veijalainen 1984).

Näyttää myös siltä, ettei kustannuksiltaan siedettävää mäntytaimikoiden suojausmenetelmiä, jotka soveltuisivat laaja-alaiseen käyttöön, ole toistaiseksi käytettävissä (Löyttyniemi 1983b ja c).

Hirvituhot ovat viime vuosikymmeninä lisääntyneet huomattavasti. Syynä on osaksi ilmeisesti talvehtivan hirvikannan, osaksi mäntytaimikoiden lisääntyminen. Lannoitus lisää yleensä hirvituhoariskia rehevöittämällä puustoa. Karuilla kasvualustoilla erityisesti typpilannoitus on lisännyt hirvituhoariskia. Myös hivenlannoituksen on todettu lisäävän hirvituhojen määrää, joskaan minkään yksityisen hivenaineen vaikutusta ei ole voitu osoittaa.

Suomessa elävistä kymmenestä varsinaisesta myyrälajista (*Microtidae*) seitsemää on pidettävä mahdollisina taimikontuholaisina. Eri myyrälajit suosivat eri osia taimista. Peltomyyrä jyräsi taimista kuorta; kenttämyyrä, lapinmyyrä ja vesimyyrä kuorivat yleensä taimien juurenniskaa ja juuristoa (Teivainen 1979; Teivainen ym. 1979). Kaikki meillä yleisesti viljeltävät puulajit ovat alttiita myyrätuholle, mutta pahimmat tuhot ovat yleensä kohdistuneet männyn ja koivun taimiin (Teivainen 1979). Myös Leikola (1976) on todennut myyrätuhojen riskin koivutaimikoissa. Tutkittaessa taimikon alkukehitystä Pohjois-Karjalassa havaittiin myyrätuhoja koivu- ja mäntytaimikossa. Koivutaimikossa yli 50 %:lla taimista oli pääverso kuollut (Kinnunen ja Linnimäki 1978).

Heikkilä (1979) on todennut vesimyyrän aiheuttamia tuhoja esiintyvän yleisesti taimikoissa, joiden lähistöllä on puro yms. Turvemaiden taimikoita voidaan tässä suhteessa siis pitää riskialueena. Teivaisen ym. (1979) mukaan lähes 99 % vesimyyrän aiheuttamista tuhoista tavattiin metsitetyltä pelloilta ja lähes puolet tuhoalueista oli ennen istutusta täysmuokattu. Teivainen (1979) on todennut, että koko maata käsittävänä keskiarvona myyrätuhojen riski on metsitetyillä pelloilla noin 25-kertainen hakkuualoihin verrattuna. Alueellisesti tarkasteltuna myyrätuhojen riski on Keski-, Itä- ja Pohjois-Suomessa suurempi kuin Etelä-Suomessa. Noin 70 % kaikista myyrätuhoista aiheuttavat *Microtus*-lajiryhmän lajit (pelto-, kenttä-, lapin- ja harmaakuvemyyrä).

Metsäntutkimuslaitoksen tuhotiedustelun mukaan myyrät viottivat talven 1977/78 myyrähuipun aikana Lapin ja Koillis-Suomen piirimetsälautakuntien alueilla 1,1 miljoonaa tainta, joista valtaosa oli istutustaimia (Teivainen 1979). Tärkein metsäpuita vahingoittava myyrälaji tällä alueella on lapinmyyrä (*Microtus oeconomus*). Myyrätuhoja ha-

vaittiin taimikoiden ohella myös riuku- ja kasvatusvaiheen metsiköissä. Lapinmyyrä jyräsi tavallisesti kuoren rungon tyveltä ja/tai juurista ja puut alkavat tämän vuoksi kellastua ja kuolla. Tuhoalueille oli tyypillistä runsas pintakasvillisuus ja tuhot olivat sitä voimakkaammat, mitä enemmän pintakasvillisuudessa oli saroja, heiniä ja ruohoja. Tuhot näyttivät keskittyvän ojitetuille turvemaille. Tämä saattaa tosin johtua myös otantatekniikasta, sillä vain 6 % näytealoista sijaitsi kangasmailla (Korhonen ym. 1983).

Myyrätuhojen torjuminen on hankalaa. Teivainen (1979, 1983) ehdottaa istutusten ajoittamista alueen myyräsyklin mukaan, jolloin istutus tehtäisiin heti kannan romahtamisen jälkeen. Täten ainakin osa tuhoista voitaisiin estää. Myyräkannan huippuvuosien on kuitenkin todettu ajoittuvan eri vuosille eri osissa maata.

Myyrätuhojen välttämiseksi tulisi kasvu- alustan laadun salliessa istutuksissa käyttää kuusta. Pohjois-Suomen entisillä suoviljelyksillä, jotka näyttävät olevan myyrätuhojen pahimpia riskialueita, pitäisi kokeilla kuusen kylvää luontaisen metsittymisen täydentäjänä. Myyrätuhoja voitaneen ennakolta ehkäistä tai ainakin vähentää myös ajoittamalla istutukset heti alueen myyräkannan romahduksen jälkeiseen kevääseen.

## 622. Hyönteistuhot

Hyönteistuoja turvemaiden taimikoissa aiheuttavat pääasiassa samat lajit kuin kivennäismaillakin. Hyönteistuhot ovat heinittymisen ohella pahimmat tuhonaiheuttajat Länsi-Suomen yksityismetsissä ja ne näyttävät ajoittuvan toisesta neljänteen kasvukauden viljelyn jälkeen (Kinnunen 1977). Tukkimiehentäin (*Hylobius abietis*) aiheuttamia tuhoja näyttäisi esiintyvän vähemmän turvemaiden kuin kivennäismaiden taimikoissa (Heikkilä 1979). Syynä tähän lienee kuitenkin lähinnä hakkuutahteiden ja kantojen vähäisempi määrä tutkituilla turvemaiden uudistusaloilla. Erityisesti männyn kantojenhan on voitu todeta houkuttelevan tukkimiehentäitä (Juutinen 1983). Mikäli ero tukkimiehentäin esiintymisessä perustuisi toisaalta esim. hyönteisen erilaiseen liikkuvuuteen erilaisilla kasvualustoilla, ero saattaisi säilyä. Kivennäismailla Kinnunen (1976) on havainnut, että tukkimiehentäin esiintyminen oli si-

tä runsaampaa, mitä kevyempää muokausmenetelmää oli käytetty. Juutinen (1962) on todennut siemenpuiden jättämisen ja niiden nopean poistamisen uudistamiseen tähtäävän hakkuun jälkeen lisäävän tukkimiehentäin aiheuttamia tuhoja taimikoissa. Paras aika poistaa siemenpuut olisi 6—7 vuotta uudistushakkuun jälkeen. Istutustaimikoissa tuhoja voitaisiin vähentää suorittamalla istutus kolme—neljä vuotta hakkuun jälkeen (ks. Juutinen 1983).

Viime vuosina ovat punalatkan (*Aradus cinnamomeus*) aiheuttamat tuhot yleistyneet varttuneissa mäntytaimikoissa. Runsaimmin sitä esiintyy kuivilla kankailla, kallioilla mutta myös soilla (Nuorteva 1982). Punalatkan aiheuttamia tuhoja voitaneen välttää kasvatamalla mäntytaimikoita suhteellisen tiheinä ja suosimalla koivua sekapuuna taimikkovaiheessa.

Uudistettaessa kuusikoita kaistalehakkuna välimetsiköiden reunapuut saattavat ympäristöolosuhteiden äkkinäisen muutoksen vuoksi fysiologisesti heikentyä ja joutua alttiiksi kirjanpainajien (*Ips*) aiheuttamille vaurioille (Nuorteva 1982). Tuhoja voitaneen lieventää kaistaleiden suuntauksella. Etelä—pohjoissuuntaiset kaistaleet voivat olla tässäkin suhteessa edullisia (ks. luku 3414). Välimetsiköiden reunapuut ovat tällöin keskimäärin vähemmän alttiina auringon paahteelle kuin itä—länsisuuntaisten kaistaleiden pohjoisreunassa olevat puut.

Hyönteistuoja voitaneen välttää turvemaiden taimikoissa luomalla kasvatettaville taimille mahdollisimman hyvät kasvuedellytykset. Sekapuutaimikot saattavat olla kestävämpiä eräitä tuhonaiheuttajia vastaan kuin puhtaat havupuutaimikot.

## 623. Sienituhot

Lumikariste (*Phacidium infestans*) on haitallinen tauti karuilla mailla ja paikoissa, joissa lumi kasaantuu ja viipyy kauan. Epätasapainoisen ravinnetilanteen on todettu mahdollisesti lisäävän taimien alttiutta saada lumikaristetartunta (Heikkilä 1979). Ilmeisesti kaikki toimenpiteet, joilla taimet saadaan nopeasti kasvamaan lumipeitettä korkeammaksi, vähentävät karistetuhon merkitystä. Tällainen toimenpide voi turvemaille olla esimerkiksi PK-lannoitus, joka parantaa

muutenkin taimien kestävyyttä (Kurkela 1983b).

Kurkelan (1983a) mukaan männynharmaakaristeen (*Lophodermella sulgigena*) sekä versosyövän (*Gremmeniella abietina*) ja kasvuhäiriöiden esiintymisen välillä on mahdollisesti yhteyttä, joskaan aivan varmaa näyttöä ei vielä ole. Juutinen (1962) mainitsee karistesienet pahimmiksi tuhonaiheuttajiksi kylvötaimikoissa.

Turvemaiden rauduskoivuja vaurioitava sieneni, *Godronia multispora* tuhoaa koivun taimien kuorta ja saattaa mahdollisesti olla eräs syy rauduskoivun huonoon menestymiseen turvemaidella. Altistumista taudille voidaan vähentää kalilannoituksella. Fosfori- ja typpilannoitus saattavat sitä vastoin heikentää koivujen taudinkestävyyttä (Kurkela 1973).

Versosyöpää (*Gremmeniella abietina*) esiintyy myös turvemaiden mäntytaimikoissa verrattain runsaasti. Sen aiheuttamat kasvainvauriot voivat muistuttaa ravinnepuutoksista aiheutuvia symptomeja. Versosyöväälle on tyypillistä korojen muodostuminen oksiin ja runkoon. Versosyövän tuhoamia kasvaimia esiintyy yleensä lisäksi latvuksen kaikissa osissa. Taudin oireet keskittyvät yleensä latvuksen ylempiin osiin. Mikäli saastunta on ollut voimakas, saattaa versosyöpä tappaa taimen yhden kasvukauden aikana. Taudin puhkeamista edistävät kylmät kasvukaudet ja epäsuotuisa mikroilmasto (Kurkela 1981). Koska ojitetut suot usein ovat muuta ympäristöä kylmempiä ja kosteampia kasvupaikkoja, versosyöpätartunnan riski saattaa olla suurempi turvemaiden kuin kivennäismaiden taimikoissa.

Versosyövän esiintymisrunsauden ja puuston ravinnetilanteen välinen yhteys on epäselvä. Kauniston ja Tukevan (1984) tutki-

muksessa voimakkaan kalinpuutoksen vai-vaamissa männiköissä PK-lannoitus näytti jonkin verran vähentävän versosyövän esiintymistä. Tässä tapauksessa PK-lannoitus tasapainotti puuston ravinnetilannetta ja kohotti puuston kuntoa ja näin mahdollisesti myös sen vastustuskykyä. Sen sijaan Pätilän (1984) tutkimuksessa lannoitus, varsinkin NPK:lla, lisäsi versosyövän määrää. Kuitenkaan lannoituksessa annetut eri ravinteet eivät selittäneet versosyövän esiintymistä, vaan lannoituksen aiheuttama kasvun lisäys.

Juurikäävän (*Heterobasidium annosum*) on todettu olevan haitallinen ennen kaikkea koivun ja tervalepän taimille (Kallio ja Häkkinen 1979). On todennäköistä, että juurikäävän esiintyminen haittaa pelloille perustettujen koivikoiden kehitystä Etelä-Suomessa alueilla, joilla juurikäöpää esiintyy runsaasti.

Kuusen suopursuruoste (*Chrysomyxa ledi*) kellastuttaa silloin tällöin kuusen viimeisten kasvainten neulasia. Sienen väli-isäntänä on suopursu, joten tauti on yleisintä turvemaidella tai turvemaiden läheisyydessä olevissa kuusikoissa. Tauti ei kuitenkaan ole kovin vaarallinen (Kurkela 1983b).

Lumikaristeen torjunnan kannalta on tärkeätä saada männynaimet kasvamaan nopeasti lumipeitettä korkeammaksi. Toisaalta versosyövän esiintymisrunsaus näyttää liittyvän nopeaan kasvuun. Sienituhot saattavat turvemaidella liittyä seurausilmiöinä ravinneperäisiin kasvuhäiriöihin, joten kasvualustan vesitaloudesta ja ravinnetasapainosta huolehtiminen on omiaan ehkäisemään myös sienituhojen esiintymistä. Turvemaiden mäntytaimikoissa runsaana havaitun versosyövän torjuntaan ei vielä pystytä antamaan ohjeita.

## 7. LÄHIAJAN TUTKIMUSTARPEET

Edellä olevassa tarkastelussa on kunkin asiakokonaisuuden jälkeen esitetty tiivistäen käytäntöä varten eräitä päätelmiä. Tavoitteena on tältä osin ollut koota ja tulkita tutkimustuloksia käytäntöä varten. Perimmäiseksi tavoitteeksi on kuitenkin asetettava biologisen ja teknis-taloudellisen tiedon kartuttaminen turvemaiden metsänuudistamiskysymyksistä sille tasolle, että se mahdollistaa laskentamallien ja -ohjelmien laatimisen samaan tapaan, kuin mitä kangasmaiden metsänviljelyvaihtoehtojen valintaperusteina on jo kokeiltu (ks. Parviainen ja Lappi 1983; Parviainen ym. 1984). Turvemaiden metsien uudistamisessa tiedon puute rajoittaa vielä näiden pyrkimysten toteuttamista. Seuraavassa keskitytäänkin kirjaamaan tämän työn yhteydessä oleellisimmiksi havaitut tutkimustarpeet.

Aihepiiriä sivuavia, mutta yleisemmällä tasolla liikkuvia, tutkimuksen tarvekartoituksia on viime vuosina tehty muissakin yhteyksissä. Kartoitettaessa muutama vuosi sitten puuntuottamistöiden edellyttämää tutkimus- ja kehittämistarvetta yleensä nousivat keskeisiksi ongelmakokonaisuuksiksi seuraavat (Puuntuottamistyöt ... 1978):

- 1) päätekorjuun ja uudistamisen koordinointi,
- 2) metsänviljelykysymykset,
- 3) kasvatuskorjuun ja puuntuotannon koordinointi,
- 4) taimikonkäsittely.

Äskettäin julkistetussa, Suomen Metsätieteellisen Seuran toimesta valmistetussa metsäntutkimuksen kehittämissuunnitelmassa metsien hoidon ja käytön tutkimuksen tärkeimmiksi avaintehtäviksi asetettiin (Suomen metsäntutkimuksen ... 1984):

- tutkimuksellisen perustan luominen eri uudistamistapojen valinnalle
- harvennusmetsien, heikosti kantavien metsämaiden sekä luontaiseen uudistamiseen sopivien puunkorjuumenetelmien kehittäminen.

Voidaan havaita, että tutkimuksen ja ke-

hittämistyön yleisissä tarvekartoituksissa metsien uudistamiskysymykset ovat olleet keskeisesti esillä.

Metsäojitettu pinta-ala on jo lähes neljännes metsiemme koko pinta-alasta. Tämän vuoksi metsänparannustutkimusten painopistettä on siirretty uudisojitukseen liittyvistä kysymyksistä ojitusaluiden puuntuotantoon. Ojitusalueilla olevien metsien kasvun turvaaminen ja toisen ojituksenjälkeisen puusukupolven perustamisvaihtoehtojen tutkiminen edellyttävätkin tutkimuksen tehostamista.

Käsillä olevan selvityksen perusteella voidaan todeta, että kasvualustan erityispiirteet turvemaidella vaikuttavat myös uudistamisen ja metsittämisen toimenpidevaihtoehtojen valintaan lähes kaikissa uudistamistapahtuman vaiheissa. Yleisesti voidaan todeta, että kasvualustan erityispiirteitä on suhteellisen runsaasti selvitetty perustietämyksen kartoitustasolla. Jatkoa kaivattaneen tutkimuksille,

joilla pyritään tarkentamaan ojitettujen soiden kasvupaikkojen luokittelua. Erittäin tärkeätä olisi myös selvittää näiden todelliset ravinmäärät hehtaariohtaisina arvoina, jolloin vasta voidaan arvioida kasvupaikan potentiaalinen arvo metsänkasvatuksessa. Erityisesti kaivataan käytäntöön soveltuvia kriteerejä puuston lannoitustarpeen määrittämiseksi erilaisilla kasvualustoilla. Karuille ja karuhkoille turvekankaille yleisesti muodostuvan raakahumuskerroksen aiheuttama uudistumisherkkyyden heikkeneminen sekä raakahumuskerroksen mahdollinen vaikutus em. turvekankaiden ravinnetalouteen samoin kuin mahdollisuudet vaikuttaa näihin tekijöihin lannoituksella ja maanparannustoimenpiteillä kaipaavat lisäselvitystä.

Suonpohjien erikoisominaisuuksista tulisi erityisesti selvittää turvekerroksen paksuuden vaikutus mineraaliravinteiden saatavuuteen alla olevasta kivennäismaasta sekä maalajin, muokkauksen, kuivatustehon ja lannoituksen vaikutukset tähän.



Kuten useassa yhteydessä on jouduttu toteamaan, pääosa ojitettujen soiden viljelytutkimuksista on tehty alunperin puuttomilla soilla. Koska sekä turpeen ravinnetalous että sen fysikaaliset ominaisuudet ovat varsin erilaiset puustoisilla ja avosoilla, ei avosoilta saatuja tuloksia sellaisenaan voida soveltaa puustoisten soiden viljelyyn. Vaikka avosoiden viljelytutkimukset onkin jo käytännöllisesti katsoen lopetettu ja vapautuneet resurssit suunnattu vanhoille ojitusalueille, on tutkimus tässä vaiheessa verrattain suppeata.

Puustoisten soiden uudistamistutkimuksiin tarvittaisiinkin huomattavasti lisäresursseja.

Koska kangasmaille laaditut uudistuskypsyden määrittämissä ohjeet eivät sellaisenaan sovellu turvemaille, olisi välittömästi ryhdyttävä valmistelemaan

erityisesti ojitusalueiden metsille tarkoitettuja uudistuskypsyden määrittämissä kriteerejä.

Ojitusalueiden metsien maapohjan heikko kantavuus edellyttää

- turvemaiden metsien luontaiseen uudistamiseen soveltuvan korjuukaluston ja kevyen maankäsittelyyn soveltuvan muokauskaluston kehittämistä
- uudistushakkuutapojen ja tuulenkaatojen mahdollisen riippuvuuden selvittelyä.

Myös vanhojen ojitusalueiden viljellen tahtuvaa uudistamista varten kaivataan

uusien muokauslaiteratkaisujen kehittämistä.

Eryityisesti rehevähajaiset, mutta hallanarat turvemaat saattaisivat vaatia koetoiminnan laajentamista. Kuusi tarvitsee näillä verhopuuston eikä se tämän vuoksi yleensä tule kysymykseen esimerkiksi suonpohjilla tai avohakkuualueilla. Hieskoivu — ja suonpohjaturpeilla ilmeisesti myös rauduskoivu — uudistuu turvemaille erittäin herkästi luontaisesti. Tämä aiheuttaa mäntytaimikoissa perkaustarvetta. Toisaalta on siis mahdollista saada aikaan uusi puusukupolvi erittäin halvoin kustannuksin hies- ja/tai rauduskoivul-

la, toisaalta kalliin metsänviljelyn lisäksi syntyy lisäkustannuksia ei toivotun puulajin perkauksesta männynviljelyssä. Kun lisäksi runsastyyppisillä kasvualustoilla mänty kasvaa helposti oksikkaaksi ja huonomuotoiseksi,

tulisikin selvittää, missä määrin runsastyyppisillä turvemaille olisi mahdollista ja tarkoituksenmukaista kasvattaa koivikoita energia- ja/tai kuitu- tai peräti vaneripuuksi.

Lisäksi tarvittaisiin tutkimusta näihin olosuhteisiin mahdollisesti soveltuvien ulkomaisten puulajien ja niiden parhaiden provenienssien löytämiseksi, sekä lisäselvityksiä mahdollisuuksista lieventää kuusen hallanarkuutta lannoituksella.

Eri puulajien osalta (erityisesti kuusi ja mänty) pitäisi selvittää turpeen tyyppitouisuuden raja-arvot, jota korkeammilla arvoilla niiden kasvattaminen kyseisellä kasvualustalla on mahdollista ilman tyyppilannoitusta.

Hienojakoisilta mineraalimailta saatujen heikkojen kokemusten perusteella näyttäisi ilmeiseltä, että tulisi selvittää

ne turvemaiden olosuhteet, joihin paakkutaimet eivät roustevuorioiden vuoksi sovel- lu.

Turvemaan taimikoiden kasvatustiheysko- keita on perustettu alunperin puuttomille, ojitetuille soille 1960-luvulta lähtien. Sekä näiden että luontaisesti syntyneisiin taimi- koihin perustettavien kokeiden avulla tulisi etsiä vastausta ojitettujen turvemaiden erilai- sille kasvupaikoille sopivien

- puulajisekoitusten,
- kasvatustiheysien ja
- kasvatettavaksi jätettävien puuyksilöiden valintakriteereiksi.

Edellä mainittujen biologisten tutkimusten ja teknisen kehittämistyön lisäksi tarvitaan

turvemaiden metsänuudistamistöiden ajan- menekkiä, tuotosta ja kustannuksia selvit- täviä tutkimuksia.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Aaltonen, V. T. 1942. Muutamia kasvukokeita puuntaimilla. Referat: Einige Vegetationsversuche mit Baumpflanzen. Acta For. Fenn. 50(6): 1—33.
- Ahti, E. 1978. Maaveden energiasuhteista ojitetulla suolla. Summary: Energy relationships of soil water on drained peat. Commun. Inst. For. Fenn. 94(3): 1—56.
- 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta. Commun. Inst. For. Fenn. 111: 1—20.
- Andersson, E. & Markkula, A. 1974. Hirven talviravinnon kemiallisesta koostumuksesta. Summary: The chemical composition of the winter nutrition of the moose. Suomen Riista 25: 86—88.
- Antola, A. 1967. Turvemaiden koneellisesta metsänviljelystä. Suo 18 (4): 45—48.
- Appelroth, S-E. 1971. Tree planting machine for open peat land. Tree Planters' Notes 22(3): 1—3.
- 1976. Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta. Summary: Work study of the Lamu seeding machine. Folia For. 253: 1—24.
- Arnott, J. T. 1973. Germination and seedling establishment. Direct seeding symposium. Timmins, Ontario. Can. For. Serv., Publ. 1339: 55—66.
- Arnoy, B. 1981. Skogreising på myr i Vest-Norge. Foreløpig rapport om tørrlegging, planting og gjødsling. Norsk Inst. Skogforskning, Rapp. 1/81: 1—40.
- Backlund, C., Högnäs, T., Lilleberg, R. & Silander, S. 1984. Ojitusalueiden puunkorjuun kehittäminen. Metsätehon moniste 29.10.1984. 19 s.
- Berg, S. & Samuelsson, H. 1982. Markberedning med högläggare — en del av NSR-projektet "Skogsföryngringsarbetets mekanisering". Skogsarbeten, Redogörelse 3/1982: 1—24.
- Bergman, F. 1980. Beståndsläggning på våtmark. Skogsarbeten, Redogörelse 3/1980: 49—54.
- Black, C. A. 1968. Soil plant relationships. John Wiley & Sons, incl. New York. 792 s.
- Boggie, R. 1972. Effect of water-table height on root development of *Pinus contorta* on deep peat in Scotland. Oikos 23: 304—312.
- & Miller, H. G. 1976. Growth of *Pinus contorta* at different water-table levels in deep blanket peat. Forestry 49(2): 123—131.
- Borg, L. E. T. 1936. Hankikylvöt Tuomarniemen hoitoalueessa vv. 1913—1930. Referat: Die 1913—1930 ausgeführten Schneesaaten im Revier Tuomarniemi. Silva Fenn. 38: 1—136.
- Braekke, F. H. 1972. Varmehusholding og mikroklima på ulike myrtyper. Summary: Energy balance and micro-climate on different peatland vegetation types. Medd. Norske Skogforsøksv. 119(30.1): 1—134.
- 1974. The effect of fertilization and drainage intensity on height growth of Scots pine and Norway spruce in North Norway. Proc. Int. Symp. Forest Drainage, 2nd—6th Sep. 1974, Jyväskylä-Oulu, Finland. s. 207—218.
- 1977. Fertilization for balanced mineral nutrition of forest on nutrient-poor peatland. Seloste: Turvemaiden tasapainoinen lannoitus. Suo 28(3): 53—61.
- 1978. Afforestation on peatland in Norway. Proc. Int. Symp. Comm. III. Norway, Aug. 1978, Int. Peat Soc. s. 43—71.
- 1983a. Occurrence of growth disturbance problems in Norwegian and Swedish forestry. Commun. Inst. For. Fenn. 116: 20—25.
- 1983b. Water table levels at different drainage intensities on deep peat in northern Norway. Forest Ecology and Management 5: 169—192.
- 1984. Treslagsvalg og gjødslingsprogram for myr i Trøndelag og Nord-Norge. Summary: Tree species and fertilization programs on peatland in Middle and North Norway. Medd. Norsk Inst. Skogforskning 38(12): 1—52.
- Cajander, A. K. 1909. Über Waldtypen. Acta For. Fenn. 1(1): 1—175.
- 1913. Studien über die Moore Finnlands. Acta For. Fenn. 2(3): 1—208.
- Dickson, D. A. 1971. The effect of form, rate, and position of phosphatic fertilizers on growth and nutrient uptake of Sitka spruce on deep peat. Forestry 44(1): 17—26.
- 1984. Effects of ground limestone and urea on growth of Sitka spruce planted on deep oligotrophic blanket peat in Northern Ireland. Proc. 7th Int. Peat Congr., Dublin, Ireland, June 18—23, 1984, Vol. 3: 255—263.
- & Savill, P. S. 1974. Early growth of *Picea sitchensis* (Bong.) on deep oligotrophic peat in Northern Ireland. Forestry 47(1): 57—88.
- Eeronheimo, O. 1984a. Suullinen ennakkotiedonanto Metsäntutkimuslaitoksen metsätekniologian osaston turvemaiden korjuuolosuhdetutkimuksesta.
- 1984b. Turvemaiden hakattavaa. Metsälehti 20/1984: 20.
- Eggelsmann, R. & Mäkelä, T. 1964. Einfluss von Entwässerung und landwirtschaftlicher Nutzung auf die Durchlässigkeit des Moorbodens. Selostus: Suon kuivatuksen ja viljelytoimenpiteiden vaikutuksesta turpeen vedenläpäisykykyyn. J. Sci. Agr. Soc. Finland 36(3): 77—84.
- Elling, A. E. & Verry, E. S. 1978. Predicting wind-caused mortality in strip-cut stands of peatland black spruce. For. Chron. 54: 249—252.
- Erjala, P. & Saramäki, J. 1972. Astiakoemenetelmä suotyypien lannoitustarpeen määrittämisessä. Summary: Determination of the need for fertilizer application to drained peat soils with the pot method. Silva Fenn. 6(1): 25—38.
- Etälä-Suomen metsien käsittelyohjeet. Keskusmetsälähtänytä Tapio, Helsinki. Tapio 3/1981: 1—20.
- Everard, J. 1972. Next generation of ploughs. For. Home Grown Timb. 12/1972: 38—40.
- Ferda, J. 1972. Fertilizing and nutrition of forest woody plants in exploited fen deposits. Proc. 4th Int. Peat Congr. Otaniemi, Finland, June 25—30, 1972, Vol. 3:

- Fern, A. & Kaunisto, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aitonevalla. Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. *Folia For.* 55(8): 1—32.
- Finne, B. & Herranen, T. 1981. Uudistamisketjujen kustannuslaskentamalli. Metsähallitus, Kehittämisyksikö, PM 7:1—2 + 12 s. liitt.
- Fleming, R. L. & Groot, A. 1984. Alternatives for regenerating black spruce clearcuts. *Can. For. Serv., Forestry Newsletter*, Summer 1984: 2—5.
- Fraser, A. I. 1969. Tutkimuksia puiden latvuksen, rungon ja juuriston kehityksestä ohutturpeisilla soilla Britanniassa. Summary: Some investigations of the relative development of the crown, stem and root of trees growing on shallow peat soils in Britain. *Suo* 20(1): 1—8.
- Fraser, J. W., Haavisto, V. F., Jeglum, J. K., Dai, T. S. & Smith, D. W. 1976. Black spruce regeneration on strip cuts and clearcuts in the Nipigon and Cochrane areas of Ontario. *Can. For. Serv., Rep. O-X-246*: 1—33.
- Frölander-Ulf, O., Kaila, S. & Päivänen, J. 1978. Vesakontorjuntamenetelmien metsätaloudellinen käyttökelpoisuus. Metsätehon seloste 3/1978: 1—28.
- Gardiner, J. J. 1975. The influence of fertilizers upon microbial activity in peat. II. Calcium and nitrogen. *Irish For.* 32(2): 101—114.
- Goodwin, G. E. 1968. The influence of wind on forest management and planning. *Forestry (suppl.)* s. 60—66.
- Haack, O. 1912. Die Prüfung des Kiefersamens. *Z. Forst- u. Jagdwesen* 44: 193—222.
- Haavisto, V. F. 1979. Some considerations for regenerating black spruce on peatlands in northern clay forest section Ontario. *For. Serv., Rep. O-X-295*: 1—33.
- Hahl, J. 1976. Männyn kylvöajankohdan vaikutus taimien myöhempään kehitykseen turveilla. *Laudaturtyö*. Moniste Helsingin yliopiston suomensäätieteen laitoksella. 55 s.
- Hanneliuss, S. 1975. Ojitusalueiden kulkukelpoisuudesta puunkorjuussa. Summary: On the trafficability of drained peatlands in harvesting. *Silva Fenn.* 9(3): 181—211.
- Hari, P., Kuusela, K., Räsänen, P. K. & Seppälä, R. 1984. Metsäntutkimukseen liittyvistä kehityssuunnista. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 149: 1—38.
- Hauge, T. 1971. Rotutvikling etter planting og gjødsling av gran på myr. *Tidskr. Skogsbr.* 79(3): 314—326.
- Heikinheimo, O. 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä I. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Wald-bäume I. *Commun. Inst. For. Fenn.* 17(3): 1—61.
- Heikkilä, R. 1979. Kituvien suotaimistojen tuhonaiheut-tajista Pohjois-Suomessa. Summary: On the damages noted in pine seedling stands established on peatlands in northern Finland. *Suo* 30 (1): 7—11.
- Heikkilä, R. 1982. Polttoturvesoiden käyttö maatalou-dessa. Koetoiminta ja käyttö. *Maaseudun Tulevai-suus* 23.11.82.
- Heikurainen, L. 1954. Rämemänniköiden uudistami-sesta paljaaksihakkausta käyttäen. Referat: Über nat-ürliche Verjüngung von Reiser Moor-Kiefernbestän- den unter Anwendung von Kahlschlag. *Acta For. Fenn.* 61(27): 1—21.
- 1955. Rämemännikön juuriston rakenne ja kuivatuk-sen vaikutus siihen. Referat: Der Wurzel Aufbau der Kiefernbestände auf Reisermoorböden und seine Be-influssung durch die Entwässerung. *Acta For. Fenn.* 65(3): 1—85.
- 1959a. Sekametsiköiden juuristoista ojitetulla soilla. Referat: Der Wurzel Aufbau in Mischwäldern auf entwässerten Moorböden. *Acta For. Fenn.* 67(2): 1—32.
- 1959b. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puus-tosta. Referat: Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finnland. *Acta For. Fenn.* 69(1): 1—279.
- 1960. Metsäojitus ja sen perusteet. Werner Söder-ström Osakeyhtiö. Porvoo-Helsinki 1960. 378 s.
- 1973. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskenta-menetelmä. Summary: A method for calculation of the suitability of peatlands for forest drainage. *Acta For. Fenn.* 131: 1—35.
- 1975. Reforestation of peatlands. *Proc. IUFRO Ses-sion, Istanbul, Turkey, Div. I*: 100—110.
- 1978. Turvemaiden metsien hoito. Helsingin yliopisto, Neuvontaopin ja täydennyskoulutuksen keskus, Monistesarja 7/78, 4 s.
- 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Drainage condition and tree stand on peatlands drained 20 years ago. *Acta For. Fenn.* 167: 1—39.
- 1982. Ojitusalueiden taimistojen kehityksestä vuosina 1964—68 toimeenpannun suomensäkilpailun valossa. Summary: Development of seedling stands on drained peatlands. *Silva Fenn.* 16(3): 287—318.
- 1983. Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry — IPS:n Suomen kansallinen komitea. Helsinki 1983: 52—59.
- 1985. Verhopen puuston vaikutus kuusitaimikon kehitykseen. Summary: The influence of birch nurse crop (*Betula pubescens*) on the growth of spruce (*Picea abies*) seedling stand on drained peatlands. *Silva Fenn.* 19(1): 81—88.
- & Kuusela, K. 1962. Revival of the tree growth after drainage and its dependence on the tree size and age. *Commun. Inst. For. Fenn.* 55(8): 1—15.
- & Laine, J. 1976. Lannoituksen, kuivatuksen ja läm-pöolojen vaikutus istutus- ja luonnontaimistojen kehitykseen rämeillä. Summary: Effect of fertilization, drainage, and temperature conditions on the develop-ment of planted and natural seedlings on pine swamps. *Acta For. Fenn.* 150: 1—38.
- , Laine, J. & Lepola, J. 1983. Lannoitus- ja sarkale-veyskokeita karujen rämeiden uudistamisessa ja tai-miköiden kasvatuksessa. Summary: Fertilization and ditch spacing experiments concerned with regenera-tion and growing of young Scots pine stands on nu-trient poor pine bogs. *Silva Fenn.* 17(4): 359—379.
- & Ouni, J. 1970. Turvemaiden taimistojen pituus-kasvusta. Vuosina 1964—1968 toimeenpannun suomensäkilpailun tutkimustuloksia. Summary: On the height growth of seedling stands growing on peat-land. *Silva Fenn.* 4(2): 119—141.
- & Päivänen, J. 1970. The effect of thinning, clear-cutting, and fertilization on the hydrology of peat-land drained for forestry. Seloste: Harvennuksen, avohakkuun ja lannoituksen vaikutus ojitetun suon vesioloihin. *Acta For. Fenn.* 104: 1—23.
- , Päivänen, J. & Seppälä, K. 1966. Koetuloksia män-nyn kylvöstä ja istutuksesta ojitetuilla soilla. Sum-mary: Some results of pine seeding and planting on drained peat soils. *Silva Fenn.* 119(2): 1—21.
- & Seppälä, K. 1963. Kuivatuksen tehokkuus ja tur-peen lämpötila. Summary: The effect of drainage degree on temperature conditions of peat. *Acta For.*

- Fenn. 76(4): 1—33.
- & Veijola, P. 1971. Lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutus rämeen uudistumiseen ja taimien kasvuun. Summary: Effects of fertilization and ditch spacing on regeneration and seedling growth in pine swamps. Acta For. Fenn. 114: 1—19.
- Heiskanen, V. 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. Summary: Quality of the common birch and the white birch on different sites. Commun. Inst. For. Fenn. 48(6): 1—99.
- Helles, F. 1983. Stormskade på skov. En litteraturgen-nemgang. Summary: Forest structure and wind-throw. A review of recent literature. Dansk Skov-forenings Tidsskrift 68(3): 247—278.
- Hendrick, E. 1984. Drainage of peatlands for afforestation. Proc. 7th Int. Peat Congr., Dublin, Ireland, June 18—23, 1984, Vol. 3: 304—315.
- Henman, D. W. 1963. Forest drainage. Forestry Commission, Research Branch Paper 26: 1—20.
- Herranen, T. 1983. Metsälaikurin malli uusittu Sinkkilä 2 käyttökokeilut 1983. Metsähallituksen koeloeselustus 193: 1—13.
- Holmen, H. 1964. Forest ecological studies on drained peatland in the province of Uppland, Sweden. Parts I—III. Studia For. Suecica 16: 1—236.
- Hood, J. T. & Ensminger, L. E. 1964. The effect of ammonium phosphate and other chemicals on the germination of cotton and wheat seeds. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 28(2): 1—4.
- Huikari, O. 1951. Havaintoja ojitettujen rimpinevojen taimettumista ehkäisevistä tekijöistä. Suo 2(1): 1—4.
- 1953. Puiden kasvua ehkäisevistä tekijöistä luonnon-tilaisilla soilla. Summary: Factors preventing the growth of trees on swamps in natural state. Metsätal. Aikak. 1. 7/1953: 226—230.
- 1954. Experiments on the effect of anaerobic media upon birch, pine and spruce seedlings. Seloste: Ko-keita kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimiin. Commun. Inst. For. Fenn. 42(5): 1—13.
- 1959. On the effect of anaerobic media upon the roots of birch, pine and spruce seedlings. Seloste: Kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koi-vun, männyn ja kuusen taimen juuristoihin. Com-mun. Inst. For. Fenn. 50(9): 1—28.
- 1973. Koetuloksia metsäojitettujen soiden lannoituk-sesta. Summary: Results of fertilization experiments on peatlands drained for forestry. Metsäntutkimus-laitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 1/1973: 1—154.
- , Muotiala, S. & Wäre, M. 1963. Ojitusopas. Kirjayhtymä. Helsinki. 257 s.
- & Paarlahti, K. 1966. Kivisuon metsänlannoitusko-keet. Kenttäopas. Helsinki. 46 s.
- & Paarlahti, K. 1967. Results of field experiments of ecology of pine, spruce and birch. Seloste: Kenttäko-keiden tuloksia männyn, kuusen ja koivun ekologis-ta. Commun. Inst. For. Fenn. 64(1): 1—135.
- & Paarlahti, K. 1973. Kivisuon metsänlannoitusko-keet. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 10/1973: 1—57.
- , Paarlahti, K., Paavilainen, E. & Ravela, H. 1966. Sarkaleveyden ja ojasyvyyden vaikutuksesta suon vesitalouteen ja valuntaan. Summary: On the effect of stripwidth and ditch-depth on water economy and runoff on a peat soil. Commun. Inst. For. Fenn. 61(8): 1—39.
- & Paavilainen, E. 1968. Metsän lannoitus. Kirjayhtymä. Helsinki. 55 s.
- & Paavilainen, E. 1972. Metsän lannoitus. Kirjayhtymä. Helsinki. 68 s.
- Hytönen, J. 1983. Lyhytkiertoviljely turvetuotannosta vapautuneilla suonpohjilla. Turveteollisuus 2/1983: 67—71.
- Hämäläinen, J. & Kaila, S. 1983. Taimikoiden perkauk-sen ja harvennuksen sekä uudistusalan raivauksen ajanmenekki-suhteet. Metsätehon katsaus 16/1983: 1—4.
- Hänninen, T. 1974. Harvennusmetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa. Summary: The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. Folia For. 208: 1—32.
- Ilvessalo, Y. 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien in-ventointiin perustuva tutkimus. Summary: The fore-ests of Finland from 1921—24 to 1951—53. Com-mun. Inst. For. Fenn. 47(1): 1—227.
- Jakkila, J. & Pohtila, E. 1978. Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa. Summary: Effect of cleaning on development of sapling stands in Lap-land. Folia For. 360: 1—27.
- Jeglum, J. K. 1981. Black spruce seedling growth and nutrition on *Sphagnum* and feather moss peats from a northern Ontario peatland. Can. For. Serv., Rep. O-X-326: 1—20.
- Juusela, T., Kaunisto, S. & Mustonen, S. 1969. Turpees-ta tapahtuvaan haihduntaan vaikuttavista tekijöistä. Summary: On factors affecting evapotranspiration from peat. Commun. Inst. For. Fenn. 67(1): 1—45.
- Juutinen, P. 1962. Tutkimuksia metsätuhojen esiintymi-sestä männyn ja kuusen viljelytaimikoissa Etelä-Suomessa. Referat: Untersuchungen über das Auftre-ten von Waldschäden in den Kiefern- und Fichten-kulturen Südfinnlands. Commun. Inst. For. Fenn. 54(5): 1—80.
- 1983. Tukkimiehentäi. Metsänsuojeluopas. Kasvin-suojeluseuran julkaisuja 70: 14—17.
- Järveläinen, V-P. 1977. Mielipiteet yksityismetsätalou-dessa. Metsänomistajien ja metsäammattimiesten kä-sityksiä metsätaloudesta ja sen edistämisestä. Sum-mary: Opinions of Finnish private forestry. On the opinions of the private forest owners and forestry experts concerning forestry and its promotion. Folia For. 334: 1—47.
- Kaila, A. 1956. Phosphorus in various depths of some virgin peatlands. Seloste: Fosforista eräitten luon-nontilaisten soitten eri kerroksissa. J. Sci. Agr. Soc. Finland 28(2): 90—104.
- & Kivekäs, J. 1956. Distribution of extractable cal-cium, magnesium, potassium and sodium in various depths of some virgin peat soils. J. Sci. Agr. Soc. Finland 28(4): 237—247.
- Kaila, S. & Päivänen, J. 1981. Metsämaan muokkauksen suoritämäärät ja konekalusto vuosina 1976—1979. Summary: Forest soil cultivation areas and machin-ery in 1976—1979. Silva Fenn. 15(3): 332—346.
- Kalela, E. K. 1946. Rämemänniköiden uudistamisen pe-rusteista. Metsätal. Aikak. 1. 1/1946: 5—11.
- 1961. Metsät ja metsien hoito. Werner Söderström Osakeyhtiö, Porvoo-Helsinki 1961. 367 s.
- Kallio, T. & Häkkinen, R. 1979. Juurikäävän (*Heteroba-sidion annosum* (Fr.) Bref.) ja *Phlebia gigantea* (Fr.) Donk vaikutus pellolle istutettujen kuusen, männyn, tervalepän ja rauduskoivun taimien pituuskasvuun ja elossa pysymiseen. Summary: Effect of *Heterobasi-dion annosum* and *Phlebia gigantea* infection on the height growth and survival rate of *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa* and *Betula pendula* seed-lings planted on old fields. Folia For. 409: 1—10.

- Kangas, E. 1949. Hirvien metsässä aikaansaamat tuhot ja niiden metsätaloudellinen merkitys. Summary: On the damage of the forest caused by the moose, and its significance in the economy of the forests. Suomen Riista 1949(4): 62—90.
- Karjula, M., Kaila, S., Parviainen, J., Päivänen, J. & Räsänen, P. K. 1982. Metsänviljelyn vaihtoehtojen valinta kivennäismailla. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 56: 1—103.
- Karsisto, K. 1976. Fosforilannoittelajit suometsien lannoituksessa. Opinnäytetyö maatalous- ja metsätieteiden lainsäätämisen tutkintoa varten. Metsäntutkimuslaitoksen suونتutkimusosaston tiedonantoja 6/1976: 1—252.
- Kaunisto, S. 1968. Lannoitettu kasvuturve metsäpuiden siementen itämisalustana. Summary: Fertilized garden peat as a substratum for germinating forest tree seeds. Suo 19(3—4): 57—61.
- 1971. Lannoituksen, muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvötaimien ensi kehitykseen turvealustalla. Kasvihuoneessa suoritettu tutkimus. Summary: Effect of fertilization, soil preparation, and distance of water level on the initial development of Scots pine and Norway spruce seedlings on peat. A study performed in greenhouse. Commun. Inst. For. Fenn. 75(2): 1—64.
- 1972a. Effect of soil preparation and fertilization on the growth of young pine plantations on peat. Proc. 4th Int. Peat Congr. Otaniemi, Finland, June 25—30, 1972. Vol 3: 501—508.
- 1972b. Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevalla. Summary: Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. Folia For. 139: 1—11.
- 1973. Raudus- ja hieskoivun viljelystä metsäojitetuilla soilla. Summary: Afforestation of open peatlands with *Betula pubescens* and *B. verrucosa*. Suo 24(1): 4—7.
- 1974a. Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla. Summary: Date of direct seeding on drained peatlands. Folia For. 203: 1—28.
- 1974b. On direct seeding of open peatlands. Proc. Int. Symp. Forest Drainage, 2nd—6th Sep. 1974, Jyväskylä—Oulu, Finland, s. 139—143.
- 1975a. Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla. Kasvihuonekokeita. Summary: Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat. Greenhouse experiments. Folia For. 235: 1—12.
- 1975b. Jyrsintämuokkaus ja lannoitteiden sijoitus männyn kylvön yhteydessä turvemaalla. Kasvihuonekokeita. Summary: Rotavation and fertilizer placement in connection with direct seeding of Scots pine on peat. Greenhouse experiments. Commun. Inst. For. Fenn. 85(4): 1—58.
- 1975c. Suometsien luontaisen uudistamisen edistäminen. Pyhäkosken tutkimusosaston tiedonantoja 14: 37—41.
- 1976a. Alkkian kenttäkokeet 1961—1975. Parkanon tutkimusosaston tiedonantoja 4: 1—62.
- 1976b. Muokkauksen ja lannoituksen vaikutus metsänviljelyn onnistumiseen suolla. Parkanon tutkimusosaston tiedonantoja 7(4): 1—5.
- 1976c. Muokkauksen ja lannoituksen vaikutus turpeen fysikaalisiin ja biologisiin ominaisuuksiin. Parkanon tutkimusosaston tiedonantoja 7(2): 1—7.
- 1977. Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. Summary: Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless *Sphagnum* bogs. Folia For. 317: 1—31.
- 1979. Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä. Summary: Preliminary results on afforestation of sod drying fields and peat cut-over areas. Folia For. 404: 1—14.
- 1980. Turvetuotantoalueiden suonpohjan käyttömahdollisuuksista puubiomassan tuottamiseen. Parkanon tutkimusosaston tiedonantoja 9(5): 1—11.
- 1981. Rauduskoivun (*Betula pendula*) ja hieskoivun (*Betula pubescens*) luontainen uudistuminen turpeenoston jälkeisellä suonpohjan turpeella Kihniön Aitonevalla. Summary: Natural regeneration of *Betula pendula* and *B. pubescens* on a peat cut-away area. Suo 32(3): 53—60.
- 1982a. Afforestation of peat cut-away areas in Finland. Proc. Int. Symp. IPS Commissions IV and II. Minsk 1982: 144—153.
- 1982b. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. Commun. Inst. For. Fenn. 109: 1—56.
- 1982c. Puuston typpilannoitustarpeen arvioiminen turvemilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 94: 4—19.
- 1982d. Some afforestation and fertilization experiments at Alkkia experimental area. Finnish For. Res. Inst. Parkano Res. Sta. Excursion paper, unpublished. 28 p.
- 1982e. Suometsien uudistamisen perusteita. AKH, Pohjois-Savon metsäkoulu, Toivala. Metsänuudistamisketjut -kurssi, elokuu 1982. (10 s.).
- 1983a. Eräiden lannoitteiden ja maanparannusainesten vaikutus männyn neulasten ravinnepitoisuuksiin ja latvavaurioihin. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 120: 34—36.
- 1983b. Koripajun (*Salix viminalis*) biomassatuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasvihuoneessa. Summary: Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and water consumption on differently fertilized peats in greenhouse. Folia For. 551: 1—34.
- 1983c. Puuston typpilannoitustarpeen määrittämisestä ojitetuilla turvemilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 94: 4—19.
- 1984a. Peat properties in estimating need for nitrogen fertilization of pine plantations on bogs. Proc. 7th Int. Peat Congr. Dublin, Ireland, June 18—23, 1984, Vol. 3: 327—341.
- 1984b. Suometsien uudistaminen turvekangasvaiheessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 137: 7—21.
- 1984c. Yhteenveto lannoitustutkimuksista metsikön perustamisen ja taimikonhoidon yhteydessä turvemilla. Summary: Fertilization at stand establishment and refertilization of young sapling stands on peat soils in Finland. Literature review. Suo 35(4—5): 119—126.
- 1985. Alustavia tuloksia metsän tehoviljelykokeista turvemilla. Summary: Preliminary results from high efficiency forest regeneration experiments on peatlands. Folia For. 619: 1—16.
- & Metsänen, R. 1979. Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoittamisen vaikutus männyn taimien

- juuriston kehitykseen tupasvillanevalla. Summary: Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat. *Folia For.* 390: 1—14.
- & Norlamo, M. 1976. On nitrogen mobilization in peat. I. Effect of liming and rotavation in different incubation temperatures. Seloste: Typen mobilisaatiosta turpeessa. I. Kalkituksen ja muokkauksen vaikutus erilaisissa haudutuslämpötiloissa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 88(2): 1—27.
- & Paavilainen, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Typpijätkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92(1): 1—54.
- & Tukeva, J. 1984. Kalilannoituksen tarve avosoidille perustetuissa riukuasteen männiköissä. Summary: Need for potassium fertilization in pole stage pine stands established on bogs. *Folia For.* 585: 1—40.
- & — 1985. Kasvatusiheyden vaikutus taimikko- ja riukuvaiheen istutusmänniköiden kehitykseen turvemailla. Summary: Effect of tree spacing on the development of pine plantations on peat. Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusasemalla. Manuscript at Finn. For. Res. Inst. Parkano Res. Sta.
- Keltikangas, M. & Seppälä, K. 1966. Kylvön ja istutuksen taloudellinen edullisuusjärjestys ojitetuilla soilla. Eräitä laskelmia. Summary: The relative profitability of seeding and planting on open swamps. *Suo* 17(2): 31—38.
- & Seppälä, K. 1977. Ojitusalueiden hieskoivikoiden kasvatustaloudellisen vaihtoehdon. Summary: The economics of growing birch stands on drained peatlands. *Silva Fenn.* 11(1): 49—68.
- Kinnunen, K. 1976. Maanmuokkauksen vaikutus erilaisen paljasjuuri- ja paakkutaimien alkukehitykseen. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 3: 1—10.
- 1977. Istutuksen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä. Summary: The survival and initial development of plants in private forests in western Finland. *Folia For.* 318: 1—25.
- & Linnimäki, J. 1978. Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimiston alkukehitys Pohjois-Karjalassa. Summary: Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in North Karelia. *Folia For.* 329: 1—32.
- & Nerg, J. 1982. Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä. Summary: State of sown and naturally regenerated young Scots pine stands in the private forests of western Finland. *Folia For.* 535: 1—16.
- & — 1983. Istutusmänniköiden tila 11—12 vuotta viljelystä Länsi-Suomen yksityismetsissä. Summary: State of plantations 11—12 years after planting in some private forests in western Finland. *Folia For.* 546: 1—20.
- Kivinen, E. 1948. Suotiede. Werner Söderström Oy. Porvoo-Helsinki. 219 s.
- Kohonen, M. 1981. Site preparation and automatic machine planting of containerized stock. *Proc. Can. Containerized Tree Seedling Symp., Toronto, Ont., Sep. 14—16, 1981.* s. 287—290.
- Kolari, K. K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmiö Suomessa. Kirjallisuuskatsaus. Summary: Micronutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review. *Folia For.* 389: 1—37.
- (toim.) 1983. Growth disturbances of forest trees. Seloste: Metsäpuiden kasvuhäiriöt. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116: 1—208.
- Korhonen, K.-M., Teivainen, T., Kaikusalo, A., Kananen, A. & Kuhlman, E. 1983. Lapinmyyrän aiheuttamien tuhojen esiintyminen Pohjois-Suomen mäntymetsissä huippuvuoden 1978 jälkeen. Summary: Occurrence of damage caused by the root vole *Microtus oeconomus* on Scots pine in northern Finland after the peak year 1978. *Folia For.* 572: 1—18.
- Koskela, V. 1970. Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkasvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. Summary: On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. *Folia For.* 78: 1—25.
- Koski, V. 1973. On selfpollination, genetic load and subsequent inbreeding in some conifers. Seloste: Geneettisen kuorman vaikutus itsepölytyksestä aiheutuvaan sukusiitokseen erällä havupuilla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 78 (10): 1—42.
- & Tallqvist, R. 1978. Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla. Summary: Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees. *Folia For.* 346: 1—60.
- Kotisaari, A. 1982. Metsän luontaisen uudistamisen tutkiminen. Esitutkimusraportti. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos, tiedonantoja 38: 1—132.
- Kozłowski, T. T. 1982. Water supply and tree growth. Part II Flooding. Review article. *Forestry abstracts* 43(3): 145—161.
- Kulotustoimikunnan mietintö. Komiteamietintö 1980:1. Helsinki. 80 s. + liite 21 s.
- Kurkela, T. 1973. *Godronia multisporan* aiheuttama tauti raudus- ja hieskoivun taimissa eräissä metsänlannoituskokeissa turvemaalla. Summary: A disease caused by *Codronia multispora* groves on young *Betula verrucosa* Ehr. and *B. pubescens* Ehr. on fertilized peatlands. *Suo* 24(1): 8—15.
- 1981. Versosyöpy (*Gremmeniella abietina*) riukuasteen männikössä. Summary: Canker and die-back of Scots pine at precommercial stage caused by *Gremmeniella abietina*. *Folia For.* 485: 1—12.
- 1983a. Fungal diseases associated with nutritional growth disturbances of Scots pine. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116: 73—77.
- 1983b. Taimikoiden ja nuorten metsien sienitauteja. Metsänsuojeluopas. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja 70: 10—13.
- Kurki, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki 1972. 182 s.
- 1983. Turvemaiden pääasialliset kemialliset ominaisuudet. Suoseura ry — IPS:n Suomen kansallinen komitea. Helsinki. s. 37—41.
- Kuusela, K. 1967. Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan—Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964—65. Summary: Forest resources in the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa—Häme, Pohjois-Häme and Itä-Häme in 1964—65. *Folia For.* 27: 1—56.
- 1978. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1971—76. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1971—76. *Commun. Inst. For. Fenn.* 93(6): 1—107.
- & Salminen, S. 1980. Ahvenanmaan maakunnan ja maan yhdeksän eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueen metsävarat 1977—1979. Summary: Forest resources in the Province of Ahvenanmaa and the

- nine southernmost Forestry Board Districts in Finland 1977—1979. *Folia For.* 446: 1—90.
- & Salovaara, A. 1968. Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966—67. Summary: Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Savo, Etelä-Karjala, Itä-Savo, Pohjois-Karjala, Pohjois-Savo and Keski-Suomi in 1966—67. *Folia For.* 42: 1—54.
- & — 1969. Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsävarat vuonna 1968. Summary: Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. *Folia For.* 62: 1—42.
- & — 1971. Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan, Koillis-Suomen ja Lapin metsävarat vuosina 1969—70. Summary: Forest resources in the Forestry Board Districts of Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa, Koillis-Suomi and Lappi in 1969—70. *Folia For.* 110: 1—49.
- Laiho, O. 1979. Taimikehitys metsänhoitoyhdistysten mätästysaloilla. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 8: 1—8 + 4 kuvan.
- 1983. Kuusen luontaisesta uudistamisesta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 94: 32—41.
- Laiho, T. 1978. Raivaus metsänuudistuksen työketjussa. *Metsä ja Puu* 3/1978: 20—21.
- Laine, J. 1979. Kontortamännyn alkukehitys ojitetulla karulla avosuolla. Summary: Initial development of *Pinus contorta* on a nutrient poor open bog in Finland. *Suo* 30(2): 27—32.
- & Mannerkoski, H. 1980. Lannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun ja hirvituhoihin karuilla ojitetuilla nevoilla. Summary: Effect of fertilization on tree growth and elk damage in young Scots pine stands planted on drained, nutrient-poor open bogs. *Acta For. Fenn.* 166: 1—45.
- & Puttonen, P. 1983. Occurrence of growth disturbance symptoms on different peatland sites in Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116: 171—176.
- Lehtiniemi, T. & Sarasto, J. 1973. Kokemuksia rauduksen istutuksesta ojitetuille soille. Summary: *Betula verrucosa* (Ehrh.) plantations on drained peat. *Silva Fenn.* 7(1): 24—44.
- Leikola, M. 1974. Muokkauksen vaikutus metsämaan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of soil preparation on soil temperature conditions of forest regeneration areas in northern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84(2): 1—64.
- 1975. Verhoppuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin Pohjois-Suomessa. Summary: The influence of the nurse crop on stand temperature conditions in northern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 85(7): 1—33.
- 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsittämisessä. Summary: Soil tilling and weed control in afforestation of abandoned fields. *Commun. Inst. For. Fenn.* 88(3): 1—101.
- , Metsämuuronen, M., Räsänen, P. & Taimisto, E. 1977. Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967—1975. Summary: The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967—1975. *Folia For.* 312: 1—27.
- & Pylkkö, P. 1969. Verhoppuuston tiheyden vaikutus metsikön minimilämpötiloihin hallaöinä. Summary: On the influence of stand density on the minimum temperatures during frost nights. *Silva Fenn.* 3(1): 20—32.
- , Raulo, J. & Pukkala, T. 1982. Männyn ja kuusen siemensadon vaihteluiden ennustaminen. Summary: Prediction of the variation of the seed crop of Scots pine and Norway spruce. *Folia For.* 537: 1—42.
- Lukkala, O. J. 1934. Metsäojittettujen soiden keinollisesta metsittämisestä. *Metsätietoa* 1(8): 295—313.
- 1938. Ojitettujen soiden metsittämisestä. Referat: Die Aufforstung der entwässerten Moore. *Silva Fenn.* 46: 43—57.
- 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. Referat: Die natürliche Verjüngung der Bruchwälder. *Commun. Inst. For. Fenn.* 34(3): 1—150.
- 1949. Soiden turvekerroksen painuminen ojituksen vaikutuksesta. Referat: Über die Setzung des Moor- torfes als Folge der Entwässerung. *Commun. Inst. For. Fenn.* 37(1): 1—67.
- 1951. Kokemuksia Jaakkoinsoon koeojitusalueelta. Summary: Experiences from Jaakkoinsoo experimental drainage area. *Commun. Inst. For. Fenn.* 39(6): 1—53.
- 1952. Rämemäntyjen perinnöllisyydestä. Summary: On the heredity of rämepines. *Commun. Inst. For. Fenn.* 40(1): 1—22.
- & Kotilainen, M. 1945. Soiden ojituskelpoisuus. *Taapio*.
- Lähde, E. 1965. Havaintoja männyn istutuksesta karhunsammalmuuttumalla. Summary: Observations on transplanting pine in a *Polytrichum*-covered drained swamp. *Suo* 16(2): 7—10.
- 1974. Influence of the ditch spacing and ditch depth on the level of the aerobic limit in low-sedge bog. *Proc. Int. Symp. Forest Drainage*, 2nd—6th Sept. 1974, Jyväskylä-Oulu, Finland. s. 109—116.
- 1978. Maan käsittelyn vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä männyn ja kuusen taimien kehitykseen. Summary: Effect of soil treatment on physical properties of the soil and on development of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Commun. Inst. For. Fenn.* 94(5): 1—59.
- , Manninen, S. & Tervonen, M. 1981. Ojituksen ja muokkauksen vaikutus maan fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä havupuiden taimien kehitykseen. Summary: The effect of drainage and cultivation on the physical properties of the soil and the development of conifer seedlings. *Commun. Inst. For. Fenn.* 98(7): 1—43.
- & Mutka, K. 1974. Kylvösuojan ja raakafosfaattilannoituksen vaikutus männyn siementen itämiselle ja sirkkataimien kehitykseen ojitetulla avosuolla Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of sowing shelters and rock phosphate on germination of pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings and development of the germlings on a drained open swamp in northern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 83(2): 1—36.
- Löytyniemi, K. 1981. Typpilannoituksen ja neulasten ravinnepitoisuuden vaikutus hirven mäntyraivinnon valintaan. Summary: Nitrogen fertilization and nutrient contents in Scots pine in relation to the browsing preference by moose (*Alces alces*). *Folia For.* 487: 1—14.
- 1982. Mäntytaimikkojen hirvivahingot 1950-luvun alussa. Summary: Moose (*Alces alces*) damage in young pine stands in Finland at the beginning of the 1950s. *Folia For.* 503: 1—8.
- 1983a. Männyn taimien kehitys latvan katkeamisen jälkeen. Summary: Recovery of young Scots pine from stem breakage. *Folia For.* 560: 1—11.
- 1983b. Sähköpaimen taimikkojen suojauksessa hirvivahingoilta. Summary: Testing of electric fences for moose (*Alces alces*). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 102: 1—7.
- 1983c. Taimikoiden suojaaminen hirvituhoilta. *Metsänsuojeluopas*. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja 70: 22—23.

- & Repo, S. 1983. Hirven ja valkohäntäpeuran aiheuttamat metsävahingot. Tiedustelun tuloksia 1976 ja 1982. Summary: Damage caused by moose and white-tailed deer in young stands. Results of a questionnaire survey in 1976 and 1982. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 103: 1—12.
- McConaghy, S. 1962. The effects of fertilizer treatments on the growth and composition of Sitka spruce. *Irish For.* 19(1): 56—59.
- Malcolm, D. C. 1975. The influence of heather on silvicultural practice — An appraisal. *Scottish For.* 29(1): 14—24.
- & Cuttle, S. P. 1983. The application of fertilizers to drained peat. 1. Nutrient losses in drainage. *Forestry* 56(2): 155—174.
- & Freezaillah, B. C. Y. 1975. Early frost damage on Sitka spruce seedlings and the influence of phosphorus nutrition. *Forestry* 48(2): 139—145.
- Malmström, C. 1935. Om näringsförhållandenas betydelse för torvmarkens skogsproduktiva förmåga. *Medd. Stat. Skogsforsöksanst.* 28: 571—650.
- Mannerkoski, H. 1970. Lannoituksen vaikutuksesta kylvölaikkujen kasvillisuuteen. Summary: On the influence of fertilization on the vegetation appearing in seed spots. *Suo* 21(5): 80—86.
- 1971. Lannoituksen vaikutus kylvösten ensi kehitykseen turvealustalla. Summary: Effect of fertilization on the initial development of Scots pine and Norway spruce plantations established by sowing on peat. *Silva Fenn.* 5(2): 105—128.
- 1972. Havaintoja koivun esiintymisestä Haukivahonsuon lannoituskoeentällä. Summary: On the occurrence of birch on fertilized peat. *Suo* 23(5): 80—86.
- 1975. Vanhan ojitusalueen uudistaminen mätästysmenetelmällä. Summary: Hummock-building method in reforestation of an old drainage area. *Suo* 26(3—4): 65—68.
- 1976. Puuston ja pintakasvillisuuden kehitys ojituksen jälkeen saraisella suolla. Summary: Changes in the tree cover and ground vegetation of a sedge bog following drainage. *Suo* 27(4—5): 97—102.
- 1978. Avosoiden metsänviljelymenetelmien vertailukoe. Summary: An experiment comparing different afforestation methods in peatlands. *Suo* 29(2): 25—31.
- & Päivänen, J. 1974. Eräiden puulajien istutuksen onnistuminen ojitetulla lyhytkortisella nevalle. Summary: Planting experiment with some tree species on a drained small-sedge bog. *Suo* 25(5): 73—76.
- & Seppälä, K. 1970. Lannoituksen vaikutus istutustaimiston alkukehitykseen lyhytkortisella nevalle. Summary: On the influence of fertilizations on the initial development of plantations in open low-sedge bogs. *Suo* 21(1): 12—17.
- Menonen, J. & Päivänen, J. 1979. Polttoturvesuon lisäkuivatus salaajituksella. Summary: Additional drainage with subsurface drains in a milled peat harvesting site. *Suo* 30(2): 17—25.
- Meshechok, B. 1967. Om startgjødsling ved skogkultur på myr. Summary: Initial fertilization when afforesting open swamps. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 87(25): 1—140.
- 1969. Tørrlegging av myr ved ulik grøfteavstand og grøftedybde. Summary: Drainage of swamps at different ditch distances and ditch depths. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 98(27): 227—294.
- 1971. Kalkning ved skogkultur på nedborsmyr. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 114: 241—259.
- Metsätalostollinen vuosikirja 1983. *Folia For.* 590: 1—224.
- Metsätalostiedote 24/1984: Metsähoito- ja perusparannustyöt vuonna 1983.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99(3): 1—82.
- Mikola, P. 1942. Koivun vesomisesta ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä. Referat: Über die Ausschlagbildung bei der Birke und ihre forstliche Bedeutung. *Acta For. Fenn.* 50(3): 1—102.
- 1954. Kokeellisia tutkimuksia metsäkarikkeiden hajaantumisnopeudesta. Summary: Experiments on the rate of decomposition of forest litter. *Commun. Inst. For. Fenn.* 43(1): 1—50.
- 1959. Liberation of nitrogen from alder leaf litter. Selostus: Typen vapautuminen leppälehikarikkeista. *Acta For. Fenn.* 67(1): 1—10.
- 1973. Koivu suopuuna. *Suo* 24(1): 1—3.
- 1974. Afforestation of bogs after removal of peat for industrial use. *Proc. Int. Symp. Forest Drainage, 2nd—6th, Sept. 1974, Jyväskylä-Oulu, Finland.* s. 329—336.
- 1975. Turvetuotannosta vapautuvan maan metsittäminen. Summary: Afforestation of bogs after industrial exploitation of peat. *Silva Fenn.* 9(2): 101—115.
- & Mikola, I. 1958. Suon metsittäminen polttoturpeen noston jälkeen. Summary: Reforestation of bogs after peat harvesting. *Suo* 9(3): 44—47.
- Miller, H. G. 1984. Water in forests. *Scottish For.* 38(3): 165—181.
- Miyazawa, T. 1984. Effect of NPK-fertilization on the growth of Scots pine and on the nutrient contents of pine needles and peat soil on a drained ombrotrophic ridge-hollow pine bog. Unpublished manuscript, University of Helsinki, Dept. of Peatland Forestry (208 s.).
- Moilanen, M. & Issakainen, J. 1981. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus kuusen ja koivun uudistumiseen erällä Kainuun soilla. Summary: Effect of fertilization and soil preparation on the regeneration of birch and spruce on thick peat soils in Kainuu. *Folia For.* 481: 1—16.
- & 1984. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensarameella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 133: 1—23.
- Mork, E. 1933. Temperaturen som foryngelsesfaktor i de Nord-Trønderske granskoger. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 16: 1—144.
- 1938. Gran- och furufrøets spiring ved forskjellig temperatur og fuktighet. *Medd. Norske Skogforsøksv.* 21: 225—249.
- Multamäki, M. 1964. Koe aluskasvillisuuden hävittäiseksi ojitetuilla soilla. Summary: An experiment to destroy dwarf shrubs on drained swamps. *Suo* 15(4): 69—70.
- Multamäki, S. E. 1937. Kuusen uudistamisesta vesipeiräisillä mailla. Referat: Von der Verjüngung der Fichte auf Torfböden. *Yksityismetsänhoitajyhdistyksen vuosikirja 10/1937:* 147—171.
- 1939. Kuusen kylvöstä ja sen istutuksesta metsitettävillä soilla. Referat: Über Fichtensaat und -pflanzung auf zu Bewaldenden Mooren. *Acta For. Fenn.* 47(3): 1—132.
- 1942. Kuusen taimien paleltuminen ja sen vaikutus ojitettujen soiden metsittämiseen. Referat: Das Erfrieren der Fichtenpflanzen in seiner Wirkung auf die Bewaldung der entwässerten Moore. *Acta For. Fenn.* 51(1): 1—353.



- Mälkönen, E. 1972. Näkökohtia metsämaan muokkauksesta. Summary: Some aspects concerning cultivation of forest soil. *Folia For.* 137: 1—11.
- 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku männikössä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84(5): 1—87.
- 1976. Effect of whole-tree harvesting on soil fertility. Tiivistelmä: Kokopuun korjuun vaikutus maan viljavuuteen. *Silva Fenn.* 10(3): 157—164.
- 1977. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku erässä koivikossa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91(5): 1—35.
- 1980. Metsämaatieman perusteita. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos, tiedonantoja 19: 1—107.
- & Saarsalmi, A. 1982. Hieskoivun biomassatuotos ja ravinteiden menetys kokopuun korjuussa. Summary: Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands. *Folia For.* 534: 1—17.
- Njøs, A. 1978. Physical properties of peats and their importance in cultivated peatlands. *Proc. Int. Symp. Comm. III, Norway, Aug. 1978, Int. Peat Soc. s. 43—71.*
- Numminen, E. 1983. Black spruce (*Picea mariana*) and white spruce (*Picea glauca*) proveniences suitable for Northern Finland. *Proc. Int. Symp. Forest Drainage, Tallin, USSR 19—23 Sept. 1983. s. 77—87.*
- Nuorteva, M. 1982. Metsätuholaiset. Kirjayhtymä. Helsinki. 91 s.
- Nygren, K. 1979. Hirvi. Weilin & Göös. Espoo. Tapiola 1: 150—175.
- O'Carroll, N. 1984. Peatland afforestation in the Republic of Ireland. *Proc. 7th Int. Peat Congr., Dublin, Ireland, June 18—23, 1984, Vol. 3: 450—461.*
- , Carey, M. L., Hendrick, E. & Dillon, J. 1981. The tunnel plough in peatland afforestation. *Irish For.* 38(1): 27—40.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 74(5): 1—58.
- & Takamaa, H. 1984. Ojituksen vaikutus puuston tuotokseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 156: 22—28.
- Paavilainen, E. 1965. Tuloksia männyn istutus- ja kylvökokeesta rahkanevalla. Summary: Results of pine planting and sowing experiment on open *Sphagnum fuscum* swamp. *Folia For.* 12: 1—9.
- 1966a. Maan vesitalouden järjestelyn vaikutuksesta rämemännikön juurisuhteisiin. Summary: On the effect of drainage on the root systems of Scots pine on peat soils. *Commun. Inst. For. Fenn.* 61(1): 1—110.
- 1966b. On the relationships between the root systems of white birch and Norway spruce and the ground water table. Selostus: Hieskoivun ja kuusen juuriston suhteesta pohjavesipintaan mustikkakorvessa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 62(1): 1—15.
- 1967. Männyn juuriston suhteesta turpeen ilmatilaan. Summary: Relationships between the root system of Scots pine and the air content of peat. *Commun. Inst. For. Fenn.* 63(6): 1—20.
- 1970a. Astiakoikeita pintalannoituksen vaikutuksesta koivun, kuusen ja männyn kylvön onnistumiseen muokkaamattomalla kasvualustalla. Summary: On the effect of top dress fertilization on successful seeding of birch, spruce, and pine. Vessel experiments in soil with an untreated surface. *Commun. Inst. For. Fenn.* 72(1): 1—37.
- 1970b. Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Summary: Experimental results of the afforestation of swampy fields. *Folia For.* 77: 1—24.
- 1976. Taimistojen lannoitus niukkaravinteisilla soilla. Parkanon tutkimuskeskustiedonantoja 3: 1—8.
- 1977a. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. *Folia For.* 327: 1—32.
- 1977b. Männyn istutus suopeltojen metsityksessä. Abstract: Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields. *Folia For.* 326: 1—27.
- 1979a. Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results. *Folia For.* 414: 1—23.
- 1979b. Metsänlannoitusopas. Kirjayhtymä. Helsinki. 112 s.
- 1980. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvi biomassaan ja ravinteiden kiertoön ojitetulla isovarpuisella rämeellä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 98(5): 1—71.
- 1984. Litter fall in birch and Scots pine stands after refertilization on nitrogen-rich peat soil. *Proc. 7th Int. Peat Congr., Dublin, Ireland, June 18—23, 1984, Vol. 3: 462—475.*
- & Kaunisto, S. 1972. Männyn koneellinen istutus Mara-istutuskoneella verrattuna käsinistutukseen, avomaan metsityksessä. Parkanon tutkimuskeskustiedonantoja 1: 1—43.
- & Koskela, V. 1972. Parkanon tutkimuskeskustiedonantoja 1: 1—43.
- & Norlamo, M. 1975. Effect of various nitrogen fertilizers on the initial development of birch, spruce and pine. Seloste: Typpilannoittelajien vaikutus koivun, kuusen ja männyn alkukehitykseen. *Commun. Inst. For. Fenn.* 86(2): 1—43.
- & Pietiläinen, P. 1983. Foliar responses caused by different nitrogen rates at the refertilization of fertile pine swamps. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116: 91—104.
- & Simpanen, J. 1975. Tutkimuksia typpilannoituksen tarpeesta Pohjois-Suomen ojitetuilla rämeillä. Summary: Studies concerning the nitrogen fertilization requirements of drained pine swamps in North Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 86(4): 1—70.
- & Tiihonen, P. 1984. Etelä- ja Keski-Suomen suometsät vuosina 1951—1981. Summary: Peatland forest in Southern and Central Finland in 1951—1981. *Folia For.* 580: 1—20.
- Parviainen, J. 1978. Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus. Referat: Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase. *Folia For.* 346: 1—40.
- & Lappi, J. 1983. Laskentamalli metsänviljelyketjujen vertailemiseksi. Summary: A calculation model for the comparison of artificial forest regeneration chains. *Folia For.* 549: 1—24.
- , Ruotsalainen, M. & Sokkanen, S. 1984. Metsänviljelyn toimenpideketjuja vertaileva laskentaohjelma "VILJO". Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 134: 1—66.
- 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.
- 1979. Männyn ja kuusen taimien kyvystä sietää tulvaa vuoden eri aikoina. Summary: Seasonal flood tolerance of Scots pine and Norway spruce seedlings. *Suo* 30(2): 35—42.
- Peltonen, J. & Vesikallio, H. 1979. Puunhankintakustannuksiin vaikuttavien tekijöiden kehittämisen kustannukset. Summary: The effects of the development of factors that influence timber procurement cost. *Metsätehon tiedotus* 357: 1—12.
- Pessi, Y. 1966. Suon viljely. Werner Söderström Osakeyhtiö. Porvoo-Helsinki 1966. 139 s.
- Post, L. von, 1922. Sveriges geologiska undersöknings torvinventering och några av dess hittills vunna resultat. *Sv. Mosskulturför. Tidskr.* 1: 1—27.
- Puuntuottamistyöt sekä niiden tutkimus- ja kehittämistarve. Metsätehon puuntuottamistutkimusten tavoiteohjelma vuosille 1978—1982. Metsäteho 1978. 48 s. + liite.
- Puustjärvi, V. 1961. Kalsiumin ja kaliumin pidättymisestä rimpi- ja jänneturpeeseen. Summary: On the adsorption of Ca and K by rimpi and hummock ridge peat. *Suo* 12(4): 51—55.
- Pyatt, D. G. & Craven, M. M. 1978. Soil changes under even-aged plantations. The ecology of even-aged forest plantations. Proc. IUFRO, Div. I, Meeting, Edinburgh, Sep. 1978. s. 369—386.
- Päivinen, L. 1978. Maanmuokkauksen ja heinittämisen torjunnan vaikutus taimien kasvuun. *Kemira Oy. Metsätutkimuksia* 2/1978: 1—4.
- Päivänen, J. 1966. Sateen jakaantuminen erilaisissa metsiköissä. Summary: The distribution of rainfall in different types of forest stands. *Silva Fenn.* 119(3): 1—37.
- 1968. Istutusajankohdan vaikutus männyn istutuksen onnistumiseen ojitetuilla avosoilla. Summary: On the effect of the date of planting on the survival of pine on drained open peatlands. *Silva Fenn.* 2(2): 57—80.
- 1970. Hajalannoituksen vaikutus lyhytkortisen nevan pintakasvillisuuden kenttäkerrokseen. Summary: On the influence of broadcast fertilization on the field layer vegetation of open low-sedge bog. *Suo* 21(1): 18—24.
- 1971. Istutusajankohdan merkitys männyntaimiston alkukehitykselle ojitetuilla avosoilla. Summary: Influence of the date of planting on the initial development of Scots pine plantations on drained open peatlands. *Suo* 22(5): 66—71.
- 1973. Hydraulic conductivity and water retention in peat soil. Seloste: Turpeen vedenläpäisevyys ja vedenpidätyskyky. *Acta For. Fenn.* 129: 1—70.
- 1974a. Hydrological effects of clear cutting in peatland forest. Proc. Int. Symp. Forest Drainage, 2nd-6th Sept. 1974, Jyväskylä-Oulu, Finland. s. 219—228.
- 1974b. Sarkaleveyden ja naveroinnin vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen ja männyntaimiston kehitykseen lyhytkortisella nevalle. Summary: The effect of ditch spacing and furrowing on the depth of the ground water table and on the development of a Scots pine plantations on small-sedge bog. *Silva Fenn.* 8(4): 215—224.
- 1975. Männyn istutuksen ajankohta ojitetuilla avosoilla. Pääteinventoinnin tuloksia. Summary: Planting date of Scots pine on drained open peatlands. Results from final inventories. *Suo* 26(5): 95—100.
- 1976a. Effect of different types of contour ditches on the hydrology of an open bog. Proc. 5th Int. Peat Congr., Poznan, Poland 1976, Vol. 1: 93—106.
- 1976b. Turvemaan vesi ja ilmatila. *Metsä ja Puu* 6—7/1976: 14—15.
- 1978. Metsänviljely Skotlannissa. Summary: The establishment of even-aged plantations in Scotland. *Suo* 29(3—4): 81—86.
- 1979. Strategies for amelioration on poor sites. The ecology of even-aged forest plantations. Proc. IUFRO, Div. I, Meeting, Edinburgh, Sep. 1978. s. 57—68.
- 1980. Metsänhoidollisten toimenpiteiden vaikutus vanhojen metsäojitusalueiden vesitalouteen. *Silva Fenn.* 14(2): 214—217.
- 1981. Viljelykohtien välimatka ja metsänistutuksen koneellistaminen. Summary: Initial spacing and the development of machine planting. *Metsätehon tiedotus* 367: 1—15.
- 1982a. Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen. Summary: The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area. *Folia For.* 516: 1—19.
- 1982b. Turvemaan fysikaaliset ominaisuudet. Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen julkaisuja 2: 1—69.
- 1983a. Metsikön vesitalous. Helsingin yliopisto, Neuvontaopin ja täydennyskoulutuksen keskus. Metsäpuiden fysiologiaa 8.—11.7.1983. *Monistesarja* 4/83: 38—48.
- 1983b. Metsänuudistamisen vaihtoehdot vanhoilla ojitusalueilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 124: 71—80.
- 1983c. Mustakuusen istutustaimikon alkukehitys ojitetulla karulla avosuolla. Summary: Initial development of planted *Picea mariana* on a drained, nutrient poor open bog in Finland. *Suo* 34(4): 111—118.
- 1984. The effect of runoff regulation on tree growth on a forest drainage area. Proc. 7th Int. Peat Congr., Dublin, Ireland, June 18—23, 1984, Vol. 3: 476—488.
- & Seppälä, K. 1968. Hajalannoituksen vaikutus lyhytkortisen nevan pintakasvillisuuteen. Summary: Effect of broadcast fertilizer on the ground vegetation of a low sedge swamp. *Suo* 19(3—4): 51—56.
- & Seppälä, K. 1971. Koe ojatiheyden vaikutuksesta istutetun männyntaimiston alkukehitykseen lyhytkortisella nevalle. Summary: On the influence of ditch spacing on the initial development of a pine plantation on small-sedge bog. *Suo* 22(6): 82—85.
- Pättilä, A. 1984. Versosyvän (*Gremmeniella abietina*) esiintyminen lannoitetuilla metsäojitusalueilla. *Moniste Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksella.* 48 s.
- Raitio, H. 1976. Muokkauksen, lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutuksesta rakkaisen lyhytkortisen nevan pintakasvillisuuden kenttäkerrokseen. *Moniste. Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos.* 78 s.
- 1978. Pääravinlannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla, karulla avosuolla. Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja 7(5): 1—9.
- 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Abstract: Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms. *Folia For.* 412: 1—16.
- 1985. Hallavauriot männällä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 184: 25—34.
- Raulo, J. 1981. Koivukirja. Gummerus. Jyväskylä. 130 s.
- & Mälkönen, E. 1976. Koivun luontainen uudistu-

- minen muokatulla kangasmaalla. Summary: Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil. *Folia For.* 252: 1—15.
- Rautiainen, O. & Räsänen, P. K. 1980. Männyn ja kuusen viljelytaimikoiden kehitys Itä-Savossa 1968—1976. Summary: Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968—1976. *Folia For.* 426: 1—24.
- Reinikainen, A. 1964. Kasvillisuustutkimuksia Kivisuon rahkaturvealustaisilla lannoitusaloilla. Referat: Vegetationsuntersuchungen auf dem Walddüngungsver-suchfeld von Kivisuo in Mittel-Finnland. *Folia For.* 6: 1—17.
- Richardson, J. 1979. Survival and early growth of plantations on a drained fen in central Newfoundland. Newfoundland For. Res. Centre, Inform. Rep. N-X-178, 4 + 21 pp.
- Rissanen, U. 1983. Inventointi ja täydennysistutus tarpeen taimivaiheessa. *Metsä ja Puu* 9/1983: 12.
- Roe, A. L., Alexander, R. R. & Andrews, M. D. 1970. Engelmann spruce regeneration practices in the Rocky Mountains. USDA — For. Service, Prod. Res. Rep. 115: 1—32.
- Roe, E. I. 1949. *Sphagnum* moss retards black spruce regeneration. Lake States For. Exp. Sta., Technical Notes 321: 1.
- Rudin, O., Eriksson, G. & Rasmuson, M. 1977. Inbreeding in a tree stand of *Pinus sylvestris* in northern Sweden. A study by the aid of the isozyme technique. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsgenet. Skogshögsk.
- Rummukainen, A. 1984. Peatland properties and their evaluation for wood harvesting. Final report for "Harvesting on Peatlands", a research project of the Nordic Research Council on Forest Operations (NSR), 1977—1983. Helsingin yliopisto, metsäteknologian laitoksen tiedonantoja 45: 1—119.
- Räsänen, P. K. 1973. Metsänuudistamistöiden ajanmekki ja kustannukset. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos, tiedonantoja 10: 1—88.
- , Kaila, S., Lappi, J., Parviainen, J. & Päivänen, J. 1979a. Metsänuudistamisen vaihtoehdot. Esitutkimusraportti. Metsäntutkimuslaitos — Metsäteho. 70 s.
- , Pohtila, E., Rautiainen, O. & Laitinen, E. 1979b. Valtakunnallinen metsänuudistamisen inventointitutkimus aloitettu metsäntutkimuslaitoksessa. *Metsä ja Puu* 2/1979: 4—9.
- , Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978—1979 inventointulokset. Summary: Forest regeneration in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from the inventories in 1978—1979. *Folia For.* 000. (Käsikirj. — Manuscript).
- Saarilahti, M. 1982. Tutkimuksia radioaalto menetelmien soveltuvuudesta turvemaiden kulkukelpoisuuden arvioimiseen. *Acta For. Fenn.* 176: 1—105.
- Saarinen, E. K. E. 1933. Soiden pintaturpeen korkeuskasvusta. Referat: Über das Höhenwachstum des Oberflächentorfes auf den Mooren. *Commun. Inst. For. Fenn.* 19(2): 1—27.
- 1946. Ojitettujen nevojen luontaisesta metsittymisestä. *Metsätaloudell. Aikak.l.* 4/1946: 83—89.
- Sainio, P. 1956. Hirven talvisesta ravinnosta. Summary: On the feeding of the elk in winter. *Silva Fenn.* 88(1): 1—24.
- Salonen, J. 1981. Hirven talviravinnon ravintoarvo. Summary: Nutritional value of moose winter brows-ing plants. *Suomen Riista* 29: 40—45.
- Salonen, K. & Päivinen, L. 1976. Metsän lannoitus- ja kasvinsuojelusuositukset. Leipä Leveämmäksi 5/1976: 8—15.
- Saramäki, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: Development of white birch (*B. pubescens* Ehrh.) stands on drained peatlands in northern central Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 9(2): 1—51.
- Sarasto, J. 1957. Metsän kasvattamiseksi ojitettujen soiden aluskasvillisuuden rakenteesta ja kehityksestä Suomen etelä-puoliskossa. Referat: Über Struktur und Entwicklung der Bodenvegetation auf für Wald-erziehung entwässerten Mooren in der südlichen Hälfte Finnlands. *Acta For. Fenn.* 65(7): 1—108.
- 1963. Tutkimuksia koivun kylvöstä ojitetuilla soilla. Summary: Sowing of birch on drained swamps. *Suo* 14(4): 47—56.
- 1964a. Koivun kylvöjen talvehtimisestä ojitetuilla soilla. Summary: The wintering of birch seedlings in drained swamps. *Suo* 15(3): 51—53.
- 1964b. Tutkimuksia ojitettujen soiden varvustosta ja sen vaikutuksesta männyn kylvöihin. Summary: Investigations on dwarf shrub vegetation on drained swamps and its influence on sowing of pine. *Suo* 15(4): 61—68.
- & Seppälä, K. 1964. Männyn kylvöistä ojitettujen soiden sammal- ja jäkäläkasvustoihin. Summary: On sowing of pine in moss and lichen vegetation on drained swamps. *Suo* 15(3): 54—58.
- & — 1977. The effect of dwarf-shrub vegetation suppression on pine swamp tree stands. Seloste: Isojen varpujen hävittämisen vaikutus rämemännikön kehitykseen. *Silva Fenn.* 11(1): 1—12.
- Satoo, T. & Goo, M. 1954. Seed germination as affected by suction force of soil and saccharose solution. *Bull. Tokyo Univ. For.* 46: 159—168.
- Savill, P. S. 1976. The effect of drainage and ploughing of surface water gleys on rooting and windthrow of Sitka spruce in Northern Ireland. *J. Inst. Forestry.* 49(2): 133—141.
- Schalin, I. & Seppälä, K. 1964. Tervalepän istutuksen onnistumisesta. Summary: Survival of planted black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). *Suo* 15(3): 45—51.
- Selby, A. 1975. Afforestation of fields in Finland: Agricultural background and recent achievements. Seloste: Peltojen metsitys Suomessa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 82(4): 1—51.
- Seppälä, K. 1966. Turvemaiden metsänviljelystä. Summary: Seeding and planting in peatlands. *Suo* 17(3): 52—55.
- 1968a. Ennakkotuloksia suometsiköiden ojituksen jälkeisestä kehityksestä ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Summary: Preliminary results of peatland stand post-drained development. *Silva Fenn.* 2(3): 166—182.
- 1968b. Välituloksia ojitettujen soiden viljelykokeista. Summary: Results on seeding and planting experiments in peatland. *Suo* 19(2): 30—38.
- 1971. Metsitys-lannoituksessa käytetyn lannoitemäärän ja levitystavan merkitys istutustaimiston alkukehitykselle ojitetuilla avosoilla. Summary: On the quantity of fertilizer and application methods used in afforestation of open bogs. *Silva Fenn.* 5(2): 61—69.
- & Keltikangas, M. 1978. Alikasvostaimistot Pohjanmaan ojitusalueiden hieskoivikoissa. Summary: Occurrence of understorey seedlings in drained *Betula pubescens* stands in Ostrobothnia. *Suo* 29(1): 11—16.
- Silfverberg, K. 1980. Kuusen kasvuhäiriö ja hivenravinnon

- teet. Abstract: Micronutritional growth disorder in Norway spruce. *Folia For.* 432: 1—13.
- Silvennoinen, U. 1980. Ojitettujen soiden puunkorjuuta kehitettävä. *Metsä ja Puu* 6—7/1980: 8—10.
- Silver, T. 1983. Männyn taimien toipuminen hirvituhoista lannoitetun karun nevan ojitusalueella. Helsingin yliopisto, suomensäätieteen laitos. Tutkielma. 62 s.
- Stone, E. C. 1957. Embryo dormancy of *P. Jeffreyi* Murr. as affected by temperature, water uptake, stratification, and seed coat. *Plant Phys.* 32: 93—99.
- Sundin, T. 1982. Stabilitetsjämförelse mellan *Pinus silvestris* och *P. contorta* på organogen jord. Rotdeformationer hos skogsplanter. Nordisk symposium. Root deformation of forest tree seedlings. Proceedings of a Nordic symposium. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst. f. skogsproduktion. Rapp. 8: 137—143.
- Suomen metsäntutkimuksen kehittämisohjelma. Suomen Metsätieteellinen Seura. Summary: Development programme for forestry research in Finland. *Silva Fenn.* 18(4): 423—448.
- Suoninen, A. 1983. Turveteollisuus. Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry — IPS:n Suomen kansallinen komitea. Helsinki. s. 64—81.
- Söderström, V., Bäcke, J., Byfalk, R. & Jonsson, C. 1978. Jämförelse mellan plantering i jordbatter och efter andra markberedningsmetoder. Summary: Comparison between planting in mineral soil heaps and after some other soil treatment methods. Skogshögskolan, Inst. f. skogsskötsel. Rapp. och upps. 11: 1—176.
- Tamm, C. O. 1956. Studier över skogens näringsförhållanden. IV. Effekten av kalium- och fosfortillförsel till ett oväxligt bestånd på dikad myr. *Medd. St. Skogsforsk. Inst.* 46(7a): 1—27.
- 1962. Möjligheterna att öka skogsväxten genom markförbättrande åtgärder. Sveriges Skogsvårdsförb. *Tidskr.* 60(2): 167—205.
- Tarrant, R. E. & Trappe, J. M. 1971. The role of *Alnus* in improving the forest environment. *Plant and Soil* 1971: 335—448.
- Teivainen, T. 1979. Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusaloilla ja metsitetyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76. Summary: Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973—76. *Folia For.* 387: 1—23.
- 1983. Myyrät metsänistutusten tuholaisina. *Metsänsuojeluopas*. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja 70: 18—20.
- , Jukola, E.-L., Kaikusalo, A. & Korhonen, K. 1979. Vesimyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv. 1973—76 Suomessa. Summary: Root damages of forest tree caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.), in the years 1973—76 in Finland. *Folia For.* 388: 1—28.
- Tirkkonen, O. O. J. 1952. Suomen metsäojitus 1900-luvun alkupuoliskolla. Summary: Forest swamp drainage in Finland in the first half of the 20th century. *Silva Fenn.* 72: 1—103.
- Turvekomiteanmietintö. Komiteanmietintö 1983: 4. Helsinki. 241 s.
- Uusitalo, M. 1982. Metsänhoito- ja perusparannustyöt 10-vuotiskaudella 1971—80. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 69: 1—32.
- Uusivaara, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 80(2): 1—165.
- Vahtera, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soiden ravinnepitoisuuksista. Referat: Über die Nährstoffgehalt der für Walderziehung entwässerten Moore. *Commun. Inst. For. Fenn.* 45(4): 1—108.
- Valk, U. 1970. Metsänviljelyalueiden lannoituksista saadut tulokset eestiläisillä oligotrofisilla soilla. Maanparannussymposiumi 20—21.10.1970. Helsinki.
- Valmari, A. 1983. Suon viljely. Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry — IPS:n Suomen kansallinen komitea. Helsinki s. 42—48.
- Valtakunnan metsien inventoinnin kenttätöy ohjeet. 1977. Yleinen osa. Metsäntutkimuslaitos, metsänarvioimisen tutkimusosasto. VMI 7. 17.5.1982. Helsinki 1977. Moniste.
- Wandt, H. N. & Kuntze, H. 1972. Waldbauliche und Moorkundliche Untersuchungen über ältere Hochmoor-Aufforstungen im Emsland. *Forst.-u. Holzw.* 27(10): 213—218.
- & Oppermann, H. 1972. Ein Düngungsversuch zu Japanlärche und Sitka-fichte auf Sandmischkultur. *Forst.-u. Holzw.* 27(21): 444—477.
- Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyypin ja puuston kasvupotentiaaliin. *Acta For. Fenn.* 172: 1—77.
- Weijalainen, H. 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemilla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 92(4): 1—32.
- 1983. Geographical distribution of growth disturbances in Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 116: 13—16.
- 1984. Tuloksia rämetaimikoiden lannoituskokeista Keski-Pohjanmaan rannikkoalueelta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 143: 1—28.
- , Reinikainen, A. & Kolari, K. K. 1984. Metsäpuiden ravinneperäinen kasvuhäiriö Suomessa. Kasvuhäiriöprojektin väliraportti. Summary: Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. Interim report. *Folia For.* 601: 1—41.
- Williams, B. L. 1974. Effect of water-table level on nitrogen mineralization in peat. *Forestry* 47(2): 195—202.
- Virgo, K. 1975. Practical aspects of regeneration on Ontario's Clay Belt peatlands. Black spruce symposium, *Can. For. Serv., Symp. Proc.* O-P-4: 265—276.
- Virtanen, J., Norokorpi, Y. & Kaunisto, S. (toim.) 1984. Metsänuudistamisen ja taimikonhoidon periaatteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 135: 1—32 + liite.
- Vuokila, Y. 1980a. Luontaisesti syntyneen taimiston käsitteilyn ajankohdan ja voimakkuuden vaikutus puuntuotantoon. Metsätehon taimikonhoitopäivät 16.—17.4.1980. Vääksi. Moniste. 18 s.
- 1980b. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. Werner Söderström Osakeyhtiö. Porvoo. 256 s.
- & Väliaho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99(2): 1—271.
- Vuollekoski, M. 1983. Hydrostaattisella voimansiirrolla varustetun kaivurin soveltuvuus metsäojien perkaukseen. Summary: Evaluation of a specially developed excavator for forest ditch cleaning. *Folia For.* 578: 1—13.
- Yli-Vakkuri, P. 1956. Männyn kylvötaimistojen hirvivaingoista Pohjanmaalla. Summary: Moose damage in seedling stands of pine in Ostrobothnia. *Silva Fenn.* 88(3): 1—17.
- 1958a. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden kulutuksesta. Referat: Untersuchungen über das Absengen

- als Waldbauliche Massnahme auf entwässerten Torfböden. Acta For. Fenn. 67(4): 1—33.
- 1958b. Tutkimustuloksia ojitettujen turvemaiden kulotuksesta. Summary: Some results of investigating the burning-over of drained peatlands. Metsätal. Aikak. 12/1958.
- 1961. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensi kehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Summary: Experimental studies on the emergence and initial development of tree seedlings in spruce and pine stands. Acta For. Fenn. 75(1): 1—122.
- Yrjönen, K. 1982. Arbetsinsatser och kostnader vid

- skogsförnyelse. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 59: 1—74.
- Zehetmayr, J. W. L. 1954. Experiments in tree planting on peat. For. Commun. Bull. 22: 1—110.
- Ødelien, M. & Jerven, O. 1971. Gjødslingsforsøk i skogplantefelter på myr. Naeringshusholding — vekst. Tidskr. Skogbr. 79(2): 203—213.
- Österlund, P. 1979. Vedenkorkeusvaihteluiden vaikutus rantametsien puustoon. Teknillinen korkeakoulu, Vesitalouden laboratorio. 112 s. + liitt.

Total of 392 references

## SUMMARY

### 1. INTRODUCTION

The forest drainage area (5.5 mill. ha) is nearly a quarter of the total forest area in Finland. Thus increasing attention should be paid to subsequent silvicultural measures of drainage areas. Measures on originally tree-growing drainage areas have so far mainly focused on regulating the tree species composition and maintaining balanced water and nutrient conditions. Problems related to planting and seeding have mainly been dealt with on drained treeless mires and those related to natural forest regeneration in connection with the new drainage of tree-growing mires. However, practical considerations are rapidly changing. Stands on the oldest drainage areas are about to reach maturity for regeneration and there are several physical and chemical features which make peatlands different from mineral soils at the reforestation phase.

This review aims at gathering the existing information on the forest regeneration and afforestation of drained peatlands. The available information dealing with the various phases and methods of reforestation has been analyzed and presented as conclusions based on present-day knowledge. One of the goals of analyzing the existing knowledge has also been to reveal information gaps. This investigation is a necessary step in helping to design further research projects.

Literature references have been omitted from the English summary in order to save space. As the numbering of the English titles, however, corresponds to that of the Finnish ones, a foreign reader, in wishing so, may find in the Finnish text the original sources on which the conclusions are based.

### 2. SPECIAL FEATURES OF PEAT SUBSTRATES

#### 21. General

Peatlands differ from mineral soils as to their physical and chemical properties to such an extent that the differences must be taken into account also in connection with forest regeneration. The thicker the peat layer, the more the properties of the substrate differ from those of mineral sites. The physical properties differ most in the ratios between solid matter and total pore space and chemical properties in

the ratios between organic and mineral matter and nutrient amounts bound in them.

#### 22. Water regime

A schematic presentation shows how the ratios by volume between air, water and solid matter differ from one another in mineral soil and peatland when a theoretical water balance exists (Fig. 1). Peat bulk density reflects fairly well the water retention properties (Fig. 2).

Variation in the water regime makes a drained tree-growing mire an unstable forest ecosystem even at the growing phase of the stand. Drastic changes in the water regime occur in connection with regeneration. Regeneration cuttings raise the ground water table. As the ditch network at this stage and at other times as well may be in a poor shape and timber harvesting may further worsen the situation, forest drainage must be considered a basic improvement, whose effective lasting time is limited.

The ground water table raised by regeneration cuttings may promote the germination of seeds. In areas of natural regeneration a few years' delay between the cutting and repairing of ditches may thus help regeneration. Therefore in the case of natural regeneration it would be sensible not to improve the water conditions until the holdover trees have been removed. On the other hand, care has to be taken of water conditions by cleaning ditches and/or carrying out supplementary or redrainage even at the time of the regeneration cutting if the normal development of seedlings is threatened.

In clear cutting areas it is always advisable to repair ditches or redrain immediately after the final cutting before artificial forest regeneration. At the same time with the improvement of water conditions, also soil preparation, for example mounding, can be carried out when required.

*The use of treeless mires* for forestry purposes always entails drainage. Open ditches fulfilling the measurement requirements of forest ditches suit also best for the drainage of treeless mires. The soil preparation methods that make a water furrow may improve the drainage conditions in the vicinity of planted and seeded spots in addition to advantages of soil preparation. In Finland the most frequently used soil preparation equipment which makes shallower than 30

cm furrows seems to have only a soil preparation influence. It should be emphasized that even a dense furrow network cannot replace the normal ditch network.

*Peat cutover areas* (exploited peat harvesting areas) are comparatively even fields. The underlying mineral soil may, however, be uneven. So far we have only little practical experience of the drainage of peat cutover areas for forestry purposes. In some cases the gradients of the underlying mineral soil deviate from those of the virgin peat surface. Therefore, the contour drain network originally made for peat harvesting is not necessarily suitable for forest drainage purposes. Need for redrainage must usually be estimated by considering each case individually.

*Abandoned agricultural peats* are characterized by compact texture brought about by effective drainage, soil improvement and agricultural measures. This causes poorer water permeability (Fig. 3).

### 23. Temperature conditions

Peat soils are colder and remain frozen longer than mineral soils. Planting should not take place until the ground thaw, even if it is postponed to a later date than on mineral soil. Drainage impairs the temperature conditions of peat even more. Peat temperature can be improved by soil preparation. Simultaneously there are some other consequences that affect either positively (+) or negatively (—) the regeneration spot:

temperature conditions	improve	+
aeration	improves	+
competition of ground vegetation	decreases	+
insect damages	decrease	+
nutrient cycle	speeds up	+
local drainage	improves	+
availability of water	impairs	—
erosion	increases	—
soil cracking	increases	—
peat adhering to seedlings	increases	—
frost heaving	may increase or decrease	—
		+

However, beneficial effects of soil preparation such as increased soil aeration, improved temperature conditions and local drainage, decreased ground vegetation competition and insect damages and enhanced nutrient cycle (see Chapters 3412, 3422 and 4321) are more prominent than the short-term negative effects.

### 24. Nutrient regime

The nutrient regime of peatlands is characterized by a large variation in peat nitrogen contents. The nitrogen content in the 10 cm surface peat layer may vary from some hundreds of kilos to several thousand kilos per hectare. The nitrogen status in relation to tree growth can be estimated on the basis of peatland site types, the total peat nitrogen content and humification degree. Tall sedge and more eutrophic mires contain usually enough nitrogen for growing pine without nitrogen application, whereas phosphorus and particularly potassium amounts in peat are low and tree growth can usually be enhanced by applying these nutrients especially on deep peats.

The dependence of tree growth on nitrogen and potassium regime can be described schematically as in

Fig. 4. On nitrogen-poor sites trees respond positively to nitrogen fertilization, but on nitrogen-rich sites the response may even be negative. Because nitrogen is almost completely organically bound in peat there is a large range of peat total nitrogen values where no significant effect is received with nitrogen fertilization.

On the other hand soil potassium is almost completely in soil solution or in exchange places and thus readily available to plants. Hence the range between good potassium regime and potassium shortage is very narrow and the potassium balance extremely sensitive to disturbances caused by man. So far in Finnish conditions no signs of excessive potassium have been found.

The removal of mineral nutrients from mire ecosystems at harvesting may in the long run become a problem especially on oligotrophic sites. At the moment it is believed that no mineral nutrient applications are necessary on tree-growing mires at the regeneration stage. On the other hand, we do not yet know enough about the effect of the raw humus layer of varying thickness on the nutrition of seedlings on oligotrophic and meso-oligotrophic transformed mires.

*Treeless peatlands* have in the following been divided into three groups with clearly varying nutrient regimes: treeless mires (mainly bogs), abandoned agricultural peats and peat cutover areas.

*Bogs* have very small amounts of all the mineral nutrients, and in general it is not possible to grow trees on them without repeated mineral nutrient applications. The most important missing nutrient at the afforestation stage is phosphorus, but for the further development potassium may be even more important (see also Chapter 54). The nitrogen regime on treeless mires varies as much as or even more than on tree-growing peatlands. On low-sedge bogs or those with higher nitrogen levels the growth of seedlings can be improved by mere PK fertilization. Although on low-sedge and cottongrass mires nitrogen application usually stimulates the growth of seedlings, it is not recommended at afforestation, because it increases mortality, impairs the shoot/root ratio and makes the ground vegetation flourish (see also Chapters 52 and 621).

*The peat deposits in peat cutover areas* are usually rich in nitrogen, well humified, often very acid, although the variation in acidity is large. Moreover, very little mineral nutrients exist in peat and the remaining peat layer varies in thickness. The peat cutover areas always have enough nitrogen at least for the initial stages of pine growth, but in some areas birch may benefit from nitrogen fertilization. The supply of mineral nutrients depends on the thickness of the peat layer and the quality of the underlying mineral soil. If the aim is to produce pine and birch stemwood, without repeated fertilization the peat layer should not exceed 10—25 cm in thickness in order to ensure the supply of mineral nutrients from the underlying mineral soil. So far it is not known to what extent it is possible to eliminate the effect of peat thickness by increasing the drainage efficiency. The variation in the thickness of the peat layer may call for spotlike fertilization in normal stemwood production. On the other hand, an effective biomass production (energy wood) requires large amounts of nitrogen. Because in this case mineral nutrients must be applied anyway, the peat layer may be left even 40—50 cm thick.

*Abandoned agricultural peats* differ from bogs and peat cutover areas in their chemical and physical properties. The long agricultural use entails heavy liming, effective drainage, perhaps the addition of

mineral soil and effective soil preparation. The biggest problem is probably that the nutrient balance is unsuitable for forest trees resulting in consequent growth disturbances. The reason is at least partly the fixation of micronutrients in soil due to high pH and exhaustion of readily available micronutrients from soil by hay and cereal crops before afforestation. Phosphorus and potassium fertilization for the afforestation of peatland fields is usually not necessary. In this respect, there occur differences due to the intensity of farming and the cultivated plant species, so that each case requires individual evaluation. Nitrogen fertilization is unnecessary or harmful even if applied with phosphorus and potassium when afforesting abandoned agricultural peats with pine.

## 25. Receptivity for regeneration

Virgin peatland sites as well as newly drained and transforming peatlands (an intermediate phase between newly drained and transformed peatlands; on transformed peatlands bottom layer ground vegetation consists mainly (> 75 %) of mineral soil species) typically regenerate easily. Their ground vegetation is dominated by *Sphagnum* mosses, which are known to provide a good germinating substrate for forest tree seeds. As the drainage area ages, the proportion of *Sphagnum* mosses decreases in the ground cover and that of red-stemmed feather moss (*Pleurozium schreberi*), which is poorer as germinating substrate, increases. Furthermore, in many cases a raw humus layer with varying thickness develops on oligotrophic and meso-oligotrophic transformed mires. This resembles the F-part of the mineral soil humus layer and seems to impair regeneration.

Apparently, peatlands lose some of their receptivity for regeneration as the newly drained sites turn into transformed peatland sites. The receptivity for regeneration can also be estimated on the basis of the number of seedlings (the so-called changing stock of seedlings or advance growth < 10 cm in height) and possibly also on the basis of *Sphagnum* and feather moss coverage.

*Sphagnum* moss-covered spots on transformed peatlands, although easily stocked with seedlings, are possibly not the best sites for the further development of seedlings because of their low-lying microtopography and poor nutritional status. A *Sphagnum* cover on transformed peatland sites is often also a sign of regressive trend caused by declining draining efficiency, which may also mean that the same site may have both a raw humus layer and *Sphagnum* layer on top of the other. In such cases the nutrient status may become very poor (see also Chapter 3422).

## 26. Other special features

The poor bearing capacity of peatlands due to the low bulk density of peat makes timber harvesting and transportation difficult when the ground is not frozen. This is particularly difficult during intermediate cuttings and natural regeneration, as damage to the roots of the remaining trees should be avoided. Therefore as light-weight machinery as possible should be developed for the silvicultural measures and harvesting of peatland forests and the heavier equipment used only when the ground is frozen.

## 3. FOREST REGENERATION ON PEATLANDS

### 31. Need for regeneration in connection with forest drainage

The stand should be regenerated in connection with new drainage if it is too sparsely stocked, stocked with unsuitable tree species or if the standing crop is considered incapable of recovery. With the decrease in new drainage areas, also the needs for forest regeneration in connection with new drainage are decreasing. In addition, however, recent drainage areas may need regeneration if the post-drainage recovery of the stand has not been correctly predicted.

### 32. Need for regeneration on drained peatlands

#### 321. Low-productive stands

Low-productive stands may result from unsuitable tree species, overmaturity, unsuitable cuttings or natural disasters. Inventories have shown that, at any rate in South Finland, peatland forests are not more frequently low-productive (about 6% of peatland forest area) than mineral soil forests.

Even *Betula pubescens* is an acceptable alternative on peatlands. In fact, if the area is already fully stocked with young pole-stage *Betula pubescens* trees, it is economically more profitable to go on growing it instead of immediately regenerating with pine (*Pinus sylvestris*) for example. Hardwood dominating transformed mires should, however, aim at a more economically valuable (softwood) tree species for the second post-drainage tree generation.

Peatland sites face the problem of spruce occupying too oligotrophic sites. Transformed *Vaccinium vitis-idaea* mires and oligotrophic or oligo-mesotrophic transforming mires should be left for pine.

#### 322. Mature and old thinning stands

Regeneration maturity usually refers to the age or otherwise determined developmental stage at which the stand can be regenerated. The biological age of trees on forest drainage areas is not, however, a good indicator of maturity, but the regeneration time should be based on the size and growing vigour of trees.

Need for forest regeneration in Finland is still proportionately greater on mineral soils than peatlands, judging by regeneration mature and advanced thinning stands. As, however, most of the advanced peatland thinning stands are on transforming and transformed mires, the area of mature forests on old drainage areas will presumably enlarge rapidly.

### 33. Factors influencing regeneration

#### 331. Site type and tree species

Tree-growing mires are chiefly regenerated with the tree species naturally occurring in the area. Oligo-mesotrophic spruce mires are exceptions: *Carex*

*globularis* and *Vaccinium vitis-idaea* spruce mires should be regenerated with pine. So should eutrophic spruce fens. The areas regenerated with spruce should have birch as a nurse crop, although the birch mixture may lead to some growth losses. The areas regenerated with pine tolerate up till 20 % of birch in South Finland and even more in North Finland. The choice between tree species depends on the future use of roundwood. For example birch thickets undergoing no thinning are good raw material for energy.

### 332. Silvicultural condition

Low-productive stands either naturally so or caused by cuttings should be regenerated as soon as possible. Seeding stands should always be healthy. On recently drained pine mires even a poorly shaped, sparsely stocked and aged pine stand may be acceptable as a seeding stand for natural regeneration, whereas on transformed mires the stands must fulfil the same requirements as on mineral soil. Stands that are fully stocked until regeneration must be artificially regenerated.

## 34. Regeneration methods

### 341. Natural regeneration

#### 3411. General

Natural regeneration utilizes the already existing seedlings or those born after regeneration cutting to produce a new tree generation. Active natural regeneration has decreased since the 1970s in Finland. However, a part of the natural regeneration areas is not seen in cutting statistics, because especially in the case of spruce it occurs without actual regeneration cuttings. When the method for regeneration cutting is chosen, one should first estimate the number, regularity and quality of seedlings on the regeneration site.

#### 3412. Clearing and soil treatment

The regeneration area must be cleared especially when pine is regenerated. Probably the best time is after soil preparation measures. When spruce is being regenerated, old spruce seedlings and those incapable of recovering should be removed. Birch should be left on the sites as a nurse crop.

The breaking of top soil promotes the stocking with seedlings. This is of hardly any consequence on newly drained sites that regenerate easily at any rate. Instead, the breaking of top soil on transformed peatlands may have a decisive effect on regeneration, particularly if the raw humus layer and feather moss communities have already formed a uniform cover on peat (see also Chapter 25).

Owing to their poor bearing capacity, mires cannot easily be mechanically prepared for natural regeneration, particularly so in connection with seed-tree and shelterwood cuttings as the tree roots may be damaged, increasing the risk of windfall. The lack of suitable soil preparation machinery is a problem.

#### 3413. Release of seedlings

Seedlings are released by the cutting of standards so that regeneration depends on the seedlings existing at the cutting moment. On virgin pine mires, in particular, there is usually plenty of changing stock of seedlings. If there are enough seedlings on oligotrophic or meso-oligotrophic pine mires, it may suffice only to release the seedlings. On spruce mires richer than ordinary spruce mires the flourishing ground vegetation hampers the development of seedlings. Particularly on spruce mires seedlings may be destroyed by large amounts of cutting residue. Spruce mires where changing stock of seedlings has been released need a proper nurse crop.

#### 3414. Strip cutting

The strip cutting system involves a procedure in which cutting is carried out in strips whose widths vary according to the size of the regenerable stand and geographical location. The strip system is suitable for the regeneration of large-size repeatedly thinned transforming spruce mires and transformed *Myrtillus* mires provided that an adequate nurse crop starts to grow on the strips. A special case of the strip system is the clear cutting of narrow rows of spruce mires if the bordering mineral sites have enough seeding spruce. Most seedlings already regenerate after the cuttings that precede the strip cutting, and the remaining stand strips in between only supplement the seedling stock. The stands in between will be regenerated when the birch stand on the clearcut strip is 3—4 metres high. The width of the strips should be 40—50 m and the direction from south to north.

#### 3415. Seed-tree cutting

Seed-tree cutting is primarily used for the regeneration of pine. The susceptibility of spruce to wind prevents its use in seed-tree position. Therefore seed-tree cutting is best suited for the regeneration of oligotrophic or meso-oligotrophic pine mires, transforming pine mires and transformed mires. An adequate number is 30—50 seed trees/ha. Seed trees should be removed as soon as the area is adequately stocked with seedlings and at the latest when the height of the seedling stand is 50—80 cm. Transformed mires that have lost receptivity for regeneration (see Chapter 25 and 3412) may cause problems so that one should always make sure that the changing stock of seedlings is sufficient in the area.

#### 3416. Shelterwood cutting

Shelterwood cutting also involves leaving a seeding stand in the regeneration area. It is necessary that the area or at least the canopy openings are adequately stocked with seedlings, which indicates the receptivity for regeneration. It is recommended to leave 80—150 trees of shelterwood, the fourth of which should be pine and/or birch.

The shelterwood cutting is a suitable regeneration method on spruce mires, transforming spruce mires and transformed herb-rich and *Myrtillus* mires. It may also be used for the regeneration of pine and spruce on rich transforming pine mires and transformed *Myrtillus* mires and for the regeneration of pine on other mires as well if the shelterwood stand is removed when the seedlings



are still small (10—30 cm) and not easily damaged at cuttings.

### 342. Artificial regeneration

#### 3421. General

Systematically planned forest regeneration in Finland is mainly done by planting and sowing. In 1982 82.5% of the artificially regenerated area (151 000 ha) was planted and the rest sown.

#### 3422. Clearing and soil preparation

Before regenerating with pine all the seeding broad-leaf trees should be cleared away. If soil preparation is planned, it may be wiser to postpone the clearing until the seedling stand needs tending. This will decrease work and improve the wood quality.

Soil preparation improves the shoot/root ratio of seedlings and stimulates growth by decreasing the competition of ground vegetation and by improving the biological and physical properties of the substrate. The beneficial effect of soil preparation seems to be particularly great on oligotrophic or meso-oligotrophic transformed mires. Mechanical soil preparation on peatlands is mainly hampered by poor bearing. This is the case also on tree-growing peatlands, because there is a remarkable drawing resistance caused by stumps and snags, although the roots spread all over the surface peat layer somewhat improve the bearing capacity. Thus the heavy soil preparation machinery designed for mineral soils is usually not practicable on peat soils. At the moment the only soil preparation method applicable in large-scale to tree-growing peatlands is mounding by a tractor digger which, however, is an expensive method. Despite the obvious benefits of mounding for the growth of seedlings, plenty of research is required to find the biologically and economically best soil preparation alternative. It remains to be seen how well the mounding scarifier which is being developed fits for the soil preparation of tree-growing mires.

Prescribed burning might perhaps destroy some of the raw humus layer that covers some transformed peatlands. The danger would be a peat-bog fire.

#### 3423. Direct seeding

Seeding is mainly used for the regeneration of mires with pine. Seeding can be used on oligotrophic and meso-oligotrophic sites dominated by cotton-grass, tall and low sedge and *Vaccinium vitis-idaea* communities. Even a slight breaking of soil surface on transformed peatlands (e.g. by kicking or lightly scalping) promotes the germination of seeds. On the other hand, soil splash and frost heaving may be harmful to the young seedlings on bare, highly humified peats. A sufficiently high temperature sum (500—600 dd) after seeding is needed to make germlings resistant to winter. Accordingly, seeding should be carried out by the end of June at the latest in South and Central Finland and by the middle of June in North Finland, when there is still also enough moisture. The recommended period of time would be at the end of May and beginning of June. The temperature sum accumulation as well as moisture conditions can be improved by a shelter.

#### 3424. Planting

Knowledge on forest regeneration by planting of tree-growing mires is so far based only on few research materials, making it impossible to draw any far-reaching conclusions. In South and Central Finland spruce should be planted under a nurse crop. Sown seedlings seem to be, however, more resistant to spring frosts than the planted ones. A certain caution is to be observed when fertilizing the seedlings in connection with the regeneration of oligotrophic pine mires in Central and North Finland, as fertilization increases seedling mortality and the fertilization effect remains short. However, in South Finland fertilization seems to benefit the growth of seedlings for a long period of time. Seedlings of transformed mires with dwarf shrub and *Vaccinium vitis-idaea* communities have benefited from fertilization, although no large-scale investigations exist. The favourable effect of both soil preparation (Chapter 3422) and narrow ditch spacings would suggest that supplementary drainage with mounding is biologically a good method to prepare a planting area.

## 4. AFFORESTATION OF TREELESS PEATLANDS

### 41. Need for afforestation

#### 411. Treeless mires

According to the Third National Forest Inventory there were about 2.5 mill. ha of treeless mires, according to the Fifth about 2 mill. ha and according to the Sixth Inventory about 1.7 mill. ha i.e. about 18% of the total peatland area. The differences between the inventories are partly due to the fact that the afforested treeless mires, the area of which according to an inquiry study was 235 000 ha in 1981, were classified as tree-growing peatlands in the Sixth National Forest Inventory, partly perhaps because of natural regeneration and partly because of changes in the classification used in successive inventories.

Treeless mires were drained and afforested extensively in the early 1960s and 1970s. For nutritional problems (see Chapter 24) treeless mires are excluded from forest drainage nowadays almost without exception. Presently the afforestation of treeless mires is only carried out when they are part of a more extensive drainage project and technical difficulties would result from not draining them.

#### 412. Peat cutover areas

It is presently estimated that there are about 0.5 mill. ha of peat soils suitable for fuel peat harvesting. About 0.1 mill. ha of them are in such climatic conditions that they cannot be exploited in the near future.

Peat harvesting will probably have left behind roughly 50 000 ha of peat cutover areas by the year 2000. These areas will mainly be used for wood production. Apart from stemwood production, the peat cutover areas are suited for naturally or artificially regenerating energy wood sites.

### 413. Abandoned agricultural peats

At its greatest the area of agricultural peats was about 1 mill. ha in Finland. The present estimates are at 500 000—700 000 ha. Apparently, a remarkable part of the afforested 37 000 ha in 1969—73 have been agricultural peats. Today agricultural peats are not afforested to any great extent. The most important task is to look after the nutrient balance of seedling stands already established on them.

### 42. Site and tree species

The most widely tested tree species in the afforestation of treeless mires in Finland are Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and birch (*Betula pendula* and *pubescens*). Also contorta pine (*Pinus contorta*), Siberian larch (*Larix sibirica*), hybrid aspen (*Populus tremula* x *tremuloides*), black spruce (*Picea mariana*) and white spruce (*Picea glauca*) have been experimented with.

Scots pine and *Betula pubescens* have proved to be the best species for the afforestation of treeless mires. The results from *Betula pendula* have, almost invariably, been discouraging. The afforestation with spruce is successful only on fertile sites and only with a nurse crop in areas susceptible to spring frosts. The peat cutover areas are suitable for *Betula pendula* along with pine and *Betula pubescens* provided that drainage is effective and the roots reach the mineral soil. The most competitive exotic species is contorta pine.

### 43. Afforestation methods

#### 431. Afforestation by natural seeding

Treeless mires have to be afforested usually artificially, but narrow elongated mires can also be stocked by border forest seeding. However, a favourable initial development of seedlings on treeless mires requires usually fertilization. Similar situation prevails on deep-peat cutover areas. The fertilized mires and peat cutover areas will easily be stocked with pine or birch seedlings even though the seeding stand is far off (100—200 m). The most important nutrient for the regeneration and initial development of seedlings is phosphorus.

#### 432. Afforestation by sowing and planting

##### 4321. Clearing and soil preparation

Actual clearing is needed for the afforestation of abandoned agricultural peats only if the field has long been out of farming and for peat cutover areas with delayed afforestation.

There are more choices of soil preparation methods in the afforestation of treeless mires, which are technically easy sites, than in the regeneration of peatland forests. All the tested soil preparation methods (turned-over peat, furrowing with a plough, mounding, rotavating) improve the initial growth of seedlings on treeless mires and even a slight breaking of top soil helps regeneration. A successful afforestation of peatland fields always requires soil preparation, such as furrowing or mounding. The soil preparation of peat cutover areas

should be done with methods that make it possible for trees to use the mineral nutrients of the underlying mineral soil. Recommended are the methods that promote a symmetrical development and penetration of roots thus making the standing crop resistant against wind.

##### 4322. Direct seeding

Seeding is a suitable afforestation method on oligotrophic and meso-oligotrophic treeless mires and possibly on peat cutover areas. Seeding is not applicable to the afforestation of abandoned agricultural peats. It can be carried out as patch or drill punch seeding or in elongated scarified patches.

The initial development of seedlings on treeless mires and also on deep-peat cutover areas requires fertilization with mineral nutrients. However, water-soluble fertilizers should not be placed in the immediate vicinity of seeds as they hamper germination, whereas for example rock phosphate can be used even as a cover without causing damages.

##### 4323. Planting

Planting is chiefly carried out with hand tools both on treeless and tree-growing peatlands, although also a machine has been developed for this purpose. Owing to the small area of afforable treeless mires, the machine is no longer in serial production. Planting should start soon after the ground has thawed. Planting can, however, be continued later into the growing season than on mineral soil.

Planting is a viable alternative mainly on fertile treeless mires and abandoned agricultural peats, where the competition of ground vegetation hampers the development of sown seedlings. Even planting is not successful on agricultural peats unless the site is prepared and weeded for several times. It is also safer to use planting instead of sowing on peat cutover areas.

On treeless mires fertilization is necessary at or soon after planting. Phosphorus, most important for the initial development of seedlings, can be applied as rock or ground phosphate to the immediate vicinity of seedlings or even into the root layer. However, its application directly to the planting hole may increase mortality. Water-soluble fertilizers increase mortality particularly if they get in touch with roots. Small amounts can, however, be used well mixed in to the soil or as topdressing around the seedling. Water soluble fertilizer in topdressing should be spread 20—30 cm from the seedling, the amount of nitrogen and potassium being 3—5 g per seedling as elements at the most.

Although broadcast fertilization increases the growth of seedlings a little more than spot or strip fertilization, the latter two are preferable because of lower costs and because they do not encourage birch colonization to the same extent as broadcast fertilization.

## 5. TREATMENT OF YOUNG STANDS

### 51. Follow-up of regeneration areas and supplementary regeneration

Follow-up is needed to make sure that forest regeneration has been successful. Pine seed-tree areas should be

checked five years after the regeneration cutting and the need for the cutting of standards and supplementary artificial regeneration should be decided. Shelterwood stands for spruce should be removed in two phases so that the light and microclimatic conditions of the seedling stand would change gradually. The need for supplementary planting has to be evaluated 1—3 years after the artificial regeneration of spruce mires.

Usually the same tree species is used for supplementing the stand as at the first regeneration, aiming at the original density. A change of tree species may be appropriate if the cause of damage has been discovered. A young spruce stand with frost damages should be supplemented either with pine or on shallow-peat spruce mires with birch. The seedling stand that has been damaged by the moose or vole should be supplemented with spruce if the site is fertile enough. Pine is more susceptible to growth disturbance than spruce. Therefore a change of tree species may help the situation in which a pine stand is suffering from growth disturbance. According to the present-day knowledge, *Betula pendula* cannot be recommended for the supplementary planting of young softwood stands on deep peat.

## 52. Development of ground vegetation and its control

The development of seedlings is not so severely hampered by ground vegetation on the regeneration sites on peat as on mineral soils. However, the young peatland seedling stands should be checked from time to time and weed control started when need arises. Eutrophic spruce mires and abandoned agricultural peats may be problematic.

The role of soil preparation measures in weed control have been discussed earlier in this paper (Chapter 3422). At the moment there is not enough information available for comparing the advantages and the disadvantages of mechanical and chemical weed control on peatlands.

## 53. Cleaning and thinning

Young stand cleaning refers to the removal of harmful trees which differ from the species under regeneration. Young stand thinning refers to the removal of excessive density of the regenerable tree species. Young softwood stands particularly on eutrophic mires must be cleaned in order to regulate the development of tree species composition. On mesotrophic or poorer peat soils there is usually no urgent need for cleaning. Matters related to water regime, aims to improve the quality of trees and perhaps also the anticipation of possible vole damages are in favour of dense pine or pine-dominating young stands on drained peatlands. There seems to be no need for treating the planted and probably also most of the naturally regenerated pine stands before the first commercial thinning. Yet, the diameter growth slows down as the number of live seedlings increases.

Cleaning and thinning can be done best mechanically with a clearing saw. The consumption of effective working time may be higher than on mineral site as the felled trees cannot be left in the ditches, but then there are no such obstacles as stones on peatland.

## 54. Fertilization

Fertilization is not necessarily part of the silvicultural measures of a young stand on tree-growing peatland sites, because presently when mainly just the first post-drainage tree generation is growing the natural nutrient stores in the substrate presumably suffice. However, the growth of the seedling stands can generally be accelerated by fertilizers.

On drained treeless mires wood production is usually based on repeated fertilizations with mineral nutrients. Although the primary spot fertilization at the time of afforestation fully affects for 4—5 years with very small phosphorus and potassium rates (1—2 g/seedling as elements) if peat contains enough nitrogen, it is advisable, in order to prolong the duration, to apply nutrients 3—5 g/seedling as elements, which equals 30—40 g of PK fertilizer for peatland forests (0—8.6—16.6). Refertilization should then be carried out 6—10 years after the spot fertilization and at any rate well before the decline in growth caused by diminished nutrient stores. Owing to fertilization expenses and to avoid growth disturbances and colonization with birch, it would also be sensible to apply the first refertilization as spot or strip fertilization.

In refertilization special attention should be paid to sufficient amounts of potassium, as only small amounts of it exist naturally in bog peats and as its shortage leads rapidly to dieback and death of trees. Refertilization with potassium seems to be necessary at the intervals of 10—15 years. Treeless mires and especially bogs should be preserved as their own units in management books and maps, as they need a closer follow-up than originally tree-growing peatlands to prevent potassium shortage. Nitrogen regime in peat is very important, because if nitrogen mineralization is insufficient, apart from the expensive nitrogen also other nutrients must be repeatedly and more frequently applied than on nitrogen-rich sites. Refertilization with phosphorus and potassium of peat cutover areas after harvesting is necessary if the peat layer is thick.

## 6. DAMAGES AND THEIR CONTROL

### 61. Abiotic damages

#### 611. Growth disturbances

Growth disturbances of forest trees due to unbalanced nutritional conditions have been widely dealt with in a symposium publication (see Kolari 1983) and in a literature review (Veijalainen et al. 1984) so that only a few essential comments will be made here. Growth disturbances occur mainly on originally treeless mires or abandoned agricultural peats. Trees in growth disturbance areas are characterized by high levels of foliar nitrogen and low levels of boron.

According to present knowledge all the fertilizers used for peat soils should contain boron. This would at least partly prevent some growth disturbances. In mild or starting cases of growth disturbance, wood or bark ash and fertilizer borate have proved beneficial. In the severest cases giving up of growing pine should be considered, particularly if the attempts at afforestation have repeatedly failed.

## 612. Wind damages

Tree roots are usually superficial in peat and peat provides a poor rooting substrate. Therefore peatland stands are more susceptible to windthrow than the stands on mineral soils, although the low-lying location of peatlands may sometimes also provide protection against wind.

When the regeneration method is being chosen, due attention is to be paid to the wind resistance of the remaining stand. If natural regeneration is carried out by shelterwood and seed-tree cuttings, the stand should have undergone thinning cuttings. The borders of clear and strip cutting areas should be adjusted to the surrounding terrain. If soil preparation is carried out at the regeneration or afforestation phases, the effect on subsequent wind resistance should be considered.

## 613. Frost damages

Peatlands are usually susceptible to spring frost because of their lowlying locations. This fact should be taken into account when the tree species is being chosen. Native birch (*B. pendula* and *pubescens*) and pine (*P. silvestris*) are well resistant to spring frosts, whereas spruce (*P. abies*), common alder (*Alnus glutinosa*) and Siberian larch (*Larix sibirica*) have proved susceptible to frost.

A nurse crop has to be left on the regenerable eutrophic spruce mires so that the sprouting broad-leaved stand gives adequate shelter to spruce seedlings. As the nurse crop, however, slows down the development of spruce, it has to be removed when the 4–6-metre-high sapling stand has passed the worst frost damage phase. Despite the risks of frost damages, spruce should be preferred when regenerating eutrophic spruce mires if it is possible, with reasonable means, to grow a nurse crop. If pine is chosen for this kind of site, the ground vegetation must usually be controlled with an effective soil preparation or/and herbicides, and later the seedling stand must probably undergo one or several cleanings. Moreover, low-quality timber may be the result if pine is grown on too eutrophic a site.

## 62. Biotic damages

### 621. Mammal damages

The worst mammal damages are those caused by the moose (*Alces alces*) and the voles.

Moose damages have remarkably increased in the last few decades. The reason is partly the larger number of the wintering moose population and partly increase in young pine stands. Usually fertilization increases the risk of moose damage. On oligotrophic sites nitrogen fertilization in particular has led to a greater risk of moose damage. Similarly the micronutrient fertilization has obviously increased moose damage, although the effect of no single micronutrient has been proved.

Seven out of ten actual vole species in Finland can be regarded as potential pests of seedling stands. Different species prefer different parts of seedlings. The field vole (*Microtus agrestis*, L.) gnaws the bark, while the common vole (*Microtus arvalis*, Pall.), northern vole (*Microtus oeconomus*, Pall.) and ground vole (*Arvicola terrestris*, L.) usually peel the root collar and roots of seed-

lings. All the commonly used tree species are susceptible to vole damage, although the worst damages have been done to pine and birch.

In order to avoid vole damages, the planting of spruce should be preferred whenever the substrate is fertile enough. On former agricultural peats in North Finland, which seem to be the most vulnerable areas, sowing of spruce should perhaps be experimented with as a supplementation to natural regeneration. Vole damages could probably be prevented or at least reduced by planting in the spring following the fall of the vole population.

### 622. Insect damages

The young stands on peatlands mainly suffer from the same insect damages as on the mineral sites. Damages caused by the pine weevil (*Hylobius abietis*) seem to occur less frequently in young peatland pine stands than on mineral sites. In recent years damages caused by the Aradus-bug (*Aradus cinnamomeus*) have become more common in advanced pine seedling stands. The fringe trees of spruce stands between the cut strips become prone to Ips species.

Insect damages could probably be prevented in young peatland stands by providing the seedlings as good growing conditions as possible. Mixed stands may be more resistant to some causes of damage than pure softwood stands.

### 623. Fungus damage

The worst causes of fungus damage in young peatland pine stands are snow blight fungus (*Phacidium infestans*), Lophodermella needle cast (*Lophodermella sulcigena*) and dieback and canker fungus of pine (*Gremmeniella abietina*). *Godronia multispora* damages *Betula pendula* stands on peatlands by destroying the bark of birch seedlings. It may well be one of the reasons why *Betula pendula* does not thrive on peatland.

In order to prevent the snow blight fungus it is important to make the pine seedlings grow fast above the snow cover. On the other hand, dieback and canker fungus of pine seems to occur frequently in connection with fast growth. The fungus damages on peatland may be consequences of growth disturbances due to nutritional imbalance. Thus, taking care of balanced nutrient and water conditions helps prevent the occurrence of fungus damages. Other preventive methods for the frequently occurring dieback and canker fungus of pines in young peatland stands cannot yet be given.

## 7. NEED FOR RESEARCH IN NEAR FUTURE

This review shows that intensified research into the regeneration of tree-growing mires as the whole is necessary. Particularly the following areas of research need intensification or completely new projects:

- A more specified site type classification of drained mires and investigation of the nutrient stores of different sites for estimating future wood producing capacity and fertilization need.
- Defining criteria for the regeneration maturity of stands on drained areas.

- Importance of the raw humus layer to the receptivity for regeneration and to early growth.
- Development of soil preparation and harvesting machinery suitable for the natural regeneration of peatland forests.
- Development of soil preparation machinery for the artificial regeneration of peatland forests.
- The effect of the depth of the remaining peat layer on the availability of mineral nutrients on peat cut-over areas.
- Biological and economic grounds for producing energy wood and stemwood on different peat substrates.
- Defining areas where containerized seedlings could be used without frost heaving damages.
- Work studies on the consumption of effective working time, productivity and costs in peatland regeneration.





- 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: Tukkimiehintäin 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 ravinnepitouksien 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 'Aquatica'* 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 lämpösumman ja eräiden kasvualustan ominaisuuksien vaikutus mäntytaimikoiden 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 suomensäät vuosina 1951—1983.  
Peatland forests in Keski-Pohjanmaa, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1951—1983.
- No 618 Lipas, Erkki: Kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja lannoitustarpeen arviointi maan ominaisuuksien avulla.  
Assessment of site productivity and fertilizer requirement by means of soil properties.
- No 619 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia metsän tehoviljelykokeista turvemilla.  
Preliminary results from high efficiency forest regeneration experiments on peatlands.
- No 620 Metsätalastollinen vuosikirja 1984.  
Yearbook of Forest Statistics, 1984.
- No 621 Salo, Kauko: Luonnonmarjojen ja sienten poiminta Suomussalmella ja erässä Pohjois-Karjalan kunnissa.  
Wild-berry and edible-mushroom picking in Suomussalmi and in some North Karelian communes, Eastern Finland.
- No 622 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukkien, lehtipuutukkien, mäntypylväiden ja ratapölkkyaihioiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista.  
Skogsforskningsinstitutets beslut gällande enhetsvolymtal för användning vid mätning av barrtimmer, lövtimmer, tallstolpar och sliperstimmer.
- No 623 Hämäläinen, Jouko, Paavilainen, Eero, Salminen, Olli & Heinonen, Riitta: Tuloksia ojitettujen korpikuusi-koiden lannoituksesta.  
The growth response to and profitability of fertilization in drained spruce swamp stands.
- No 624 Hakkila, Pentti (toim.-ed.): Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. PERA-projektin väliraportti.  
The potential of forest energy in Finland. Interim report of PERA project.
- No 625 Kaunisto, Seppo & Päivänen, Juhani: Metsänuodistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.  
Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review.
- No 626 Repo, Seppo & Löyttyniemi, Kari: Lähiympäristön vaikutus männyn viljelytaimikon hirtvivahinkoalttiuteen.  
The effect of immediate environment on moose (*Alces alces*) damage in young Scots pine plantations.
- No 627 Rikala, Risto: Paakkutaimien kastelutarpeen määrittäminen haihdunnan perusteella.  
Estimating the water requirements of containerized seedlings on the basis of evapotranspiration.
- No 628 Saarsalmi, Anna, Palmgren, Kristina & Levula, Teuvo: Leppäviljelmän biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö.  
Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation.
- No 629 Moilanen, Mikko: Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeisilla ojitetuilla rämeillä.  
Effect of thinning and fertilization on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer.
- No 630 Aarnio, Jukka: Suomensäätöiden kasvatuksen yksityistaloudellinen edullisuus.  
The profitability of timber growing on peatlands from the standpoint of the private forest owner.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset 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 951-40-0705-0  
ISSN 0015-5543