



Suometsien kasvatuksen ja käytön teemapäivät 26.-27.9.2001 Joensuu

Anita Hiltunen ja Seppo Kaunisto (toim.)

PARKANON TUTKIMUSASEMA

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 832, 2002

Suometsien kasvatuksen ja käytön
teemapäivät 26.-27.9.2001 Joensuu

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema.

Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Kari Mielikäinen.

Taitto: Anita Hiltunen

Kansikuva: Hannu Laukkanen

Kirjapaino: Vammalan Kirjapaino Oy

Painopaikka: Vammala

Painovuosi: 2002

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Kirjasto, PL 18, 01301 Vantaa.

Puh. (09) 8570 5580, faksi: (09) 8570 5582.

Sähköposti: kirjasto@metla.fi

Copyright: Metsäntutkimuslaitos

SISÄLLYS

Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä kasvatuksen ja käytön ohjelma <i>Seppo Kaunisto</i>	5
Harvennuskertymät ja jäävän puuston kehitys ojitetuilla rämeillä <i>Timo Penttilä, Soili Kojola ja Raija Laiho</i>	9
Suometsien harvennustarve ja sen muuttuminen valtakunnan metsien inventointien valossa <i>Kari T. Korhonen</i>	14
Kunnostusojituksen puustovaikutukset <i>Erkki Ahti</i>	25
Kunnostusojituksen kasvureaktioon vaikuttavat tekijät <i>Hannu Hökka ja Soili Kojola</i>	30
Miksi soilta huuhtoutuu lannoitefosforia? Voidaanko huuhtoutumista estää? <i>Mika Nieminen</i>	37
Apatiittilannoituksen vaikutus valumaveden laatuun Parkanon Liesinevalla <i>Matti Saura</i>	43
Tuhkalannoituksen vaikutus valumaveden laatuun <i>Sirpa Piirainen</i>	48
Energiapuun vaikutus ravinnetalouteen suometsissä <i>Leena Finér</i>	59
Yhteistyön mahdollisuudet suometsissä <i>Hannu Laukkanen</i>	61
Suoseminaarin retkeily 27.9.2001 <i>Hannu Laukkanen</i>	69

1 Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä kasvatuksen ja käytön ohjelma

Seppo Kaunisto,

Professori, koordinaattori

Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, 39700 Parkano,

Puh. 03-44351, sähköposti: seppo.kaunisto@metla.fi

Suometsät olennainen osa suomen metsien kasvusta

Vuosina 1985-94 metsiemme vuotuinen kokonaiskasvu luonnonsuojelualueet mukaan lukien oli 77 milj. m³ (kuva 1). Samaan aikaan kokonaispoistuma oli 56 milj.m³ ja vuonna 1999 peräti 70 milj.m³. Lisäksi valtakunnan metsien inventoinnissa todetusta puuston kasvusta useita miljoonia kuutiometrejä jää eri syistä hyödyntämättä. Kansallisen metsäohjelman tavoitteena on lisätä puun käyttöä vielä 5-10 miljoonalla m³:llä. Suometsissä ja soista kankaiksi muuttuneilla mailla metsän kasvu on noin 40 vuodessa (1952-94) kohonnut 10:stä 20 miljoonaan m³:iin ja sen on arvioitu kohoavan edelleen aina 2020-luvulle saakka. Kun kivennäismailla metsien kasvu ei viimeisten inventointien välillä ole lisääntynyt, kohdistuvat lisätuotospaineet erityisesti suometsiin.

Toisaalta on todettu, että monet suometsien jatkuvan hyvän kasvun kannalta välttämättömät toimenpiteet ovat jääneet pahasti jälkeen tavoitteista ja saattavat näin alentaa arvioituja tuotoksia. Esimerkkeinä mainittakoon kunnostusojitukset, harvennushakkuut ja taimikonhoitotyöt. Hakkuiden jälkeenjääneisyys aiheutunee osittain siitä, että korjuumiehet ovat vieroksuneet suometsiä kivennäismaita hankalamman korjuun ja usein myös pienemmän saannon vuoksi. On myös esitetty epäilyksiä suopuustojen laadusta. Myöskään nevaisten rämeiden ja korprien ravinnetalousongelmia ei ole hoidettu kymmeneen vuosiin ja näiden kaliuminpuutosongelmat ainakin läntisessä Suomessa ovat lisääntyvä huolenaihe. Kunnostusojitusten suuntaaminen riittävän ravinteikkaisiin ja sen myötä kannattaviin kohteisiin erilaisissa ilmasto-oloissa edellyttää myös täsmennyksiä.

Mm. näiden kysymysten selvittämiseksi aloitettiin Metlassa viisivuotinen **Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä kasvatuksen ja käytön ohjelma (kuva 2), SUO-ohjelma (1999-2003)**. Ohjelma rakentuu 12 erillisestä hankkeesta ja siinä toimii eri pitkiä aikajaksoja yhteensä yli 30 tutkijaa. Yhteensä eri henkilöstöryhmien työaika oli vuonna 2001 521 tkk. Maa- ja metsätalousministeriö tukee ohjelmaa taloudellisesti. Ohjelmalla on kiinteä yhteys eri hankkeiden kautta myös Helsingin yliopiston Metsäekologian ja Metsävarojen käytön laitoksiin sekä Metsätehoon ja Työtehoseuraan.

Suo-ohjelman tavoitteet

Ohjelmassa

1) Selvitetään suometsien nykytilanne

Puuston määrä ja kasvu, hakkuiden, metsänhoito- ja metsänparannustoimenpiteiden tarve turvemaidella sekä näiden alueellinen ja kasvupaikoittainen jakautuminen VMI8:n VMI9:n perusteella. VMI8:aan pohjautuva käsikirjoitus onkin jo tehty.

2) Kehitetään keinoja puun käytön lisäämiseksi.

Keskeisinä tutkimusaiheina ovat suometsiköiden rakenteen kehitys ojituksen jälkeen, suopuun

laatu ja sen sopivuus sahaukseen sekä erilaisiksi lopputuotteiksi, puunkorjuun edistäminen turvemailla ottaen huomioon toiminnan taloudellinen kannattavuus ja puunkorjuun integrointi muihin metsätalouden toimenpiteisiin. Sekä puun laadusta että korjuusta on jo saatu näyttöä, että asiat ovat paremmalla tolalla kuin epäilijät ovat arvelleet.

3) Kehitetään keinoja puuston jatkuvan hyvän kasvun ylläpitämiseksi ja lisäämiseksi

Kartoitetaan koko maassa turpeen ravinnevarat metsän kasvatuksen kannalta valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) pysyvien koealojen avulla. Kehitetään käytäntöä varten menetelmiä puuston ravinnetilan arvioimiseksi erilaisilla kasvupaikoilla ja eri vuodenaikoina ja selvitetään erilaisten hakkuiden, kunnostusojituksen ja lannoituksen kannattavuutta sekä niiden vaikutusta puuston ravinnetilaan ja kasvuun. Kehitetään suonpohjien ja suopeltojen metsitysmenetelmiä. Tarkennetaan tietämystä turpeen typipitoisuuden ja ilmaston vuorovaikutuksesta suometsien kasvuun, jotta metsänparannustoimenpiteet, erityisesti kunnostusojitus ja lannoitus voidaan suunnata entistä paremmin ekologisesti ja taloudellisesti järkeviin kohteisiin kiintoaine- ja ravinnepestöt minimoiden. Erityisesti paneudutaan fosforin huuhtoutumista vähentävien menetelmien kehittämiseen.

4) Laaditaan ennusteita suopuustojen kehitykselle

Laaditaan suopuustoille kasvu- ja kasvatusmallit. Näiden ja yllä mainittujen muiden tutkimusten tuottaman tietopohjan avulla laaditaan erilaisiin toimenpiteketjuihin sekä erilaisiin metsänhoito- ja metsänparannustoimenpiteiden tehokkuusasteisiin perustuvia suopuustojen kehitysmalleja.

SUO-ohjelmasta saa lisätietoja osoitteesta www.metla.fi/ohjelmat/suometsien...

Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä kasvatusta käyttä -ohjelman hankkeet ja kytkennät muihin ohjelmiin ja hankkeisiin

Suometsien nykytila ja toimenpidetarpeet

Yhteistyössä valtakunnan metsien inventoinnin tutkimusohjelman kanssa.

Koordinaattori: Erkki Tomppo. Kesto: 1998-2004.

Hanke 3240: Metsävarojen seuranta ja raportointi.

Vastuututkija: Kari.T. Korhonen. Kesto: 1998-2004.

Hanke 3241: Metsien inventointimenetelmien tutkimus ja kehitys.

Vastuututkija: Erkki Tomppo. Kesto: 1998-2004.

Suometsien käytön lisääminen

Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen.

Woodwisdom tutkimusohjelmaan kuuluva yrt-hanke Helsingin yliopiston kanssa.

Koordinaattori: Juhani Päivänen, Helsingin yliopisto

Metlassa yhteisrahoitteinen-hanke 7015 Helsingin yliopiston kanssa.

Vastuututkija Metlassa: Timo Penttilä. Kesto: 1998-2000.

Suopuustojen puuraaka-aineen laatu ja soveltuvuus eri käyttötarkoituksiin.

Woodwisdom tutkimusohjelmaan kuuluva yhteisrahoitteinen tutkimushanke Helsingin yliopiston kanssa.

Koordinaattori: Marketta Sipi, Helsingin yliopisto. Kesto: 1998-2000.

Kuituraaka-aineen tuotos ja laatu ojitusaluemetsissä.

Woodwisdom tutkimusohjelmaan kuuluva yhteisrahoitteinen-hanke Helsingin yliopiston ja KCL:n kanssa. Koordinaattori: Raija Laiho.

Metlassa yhteisrahoitteinen-hanke 7068: Aineiston hankinta. Kesto: 2000. Metlassa vastuututkija: Timo Penttilä. Liittyy kiinteästi Metlan hankkeeseen 3261.

Varsinaiset suo-ohjelman hankkeet

Hanke 3258: Ojitettujen turvemaiden puutavaran laatu ja arvo tuotelähtöisessä metsäteollisuudessa.

Vastuututkija: Erkki Verkasalo. Kesto: 1999-2003.

Hanke 3259: Turvemaiden lujuuden ennustaminen puunkorjuun suunnittelua varten.

Vastuututkija: Jari Ala-Ilomäki. Kesto: 2000-2002

Hanke: 3260: Turvemaiden puunkorjuun kehittäminen.

Vastuututkija: Matti Sirén. Kesto: 1999-2003.

Suometsien kasvun ylläpitäminen ja kohottaminen

Hanke 3261: Hakkuiden vaikutus ravinnetilaan ja puuston kehitykseen ojitetuilla soilla.

Vastuututkija: Timo Penttilä. Kesto: 1999-2003.

Hanke 3262: Turpeen typen vapautumiseen vaikuttavat tekijät ja typen merkitys puuston kehitykselle.

Vastuututkija: Tytti Sarjala. Kesto: 1999-2003.

Hanke 3263: Turvemaan ravinnevarat erilaisilla kasvupaikoilla maan eri osissa.

Vastuututkijat: Leena Finér. Kesto: 1999-2001, Jukka Alm 2002-2003.

Hanke 3264: Puuston ravinnetalouden hoito turvemaidella.

Vastuututkija: Mikko Moilanen. Kesto: 1999-2003.

Hanke 3277: Suonpohjien ja suopeltojen metsitys.

Vastuututkija: Jyrki Hytönen. Kesto: 2000-2003.

Hanke 3319: Kunnostusojituksen puustovaikutukset ja vesiensuojelu”

Vastuututkija: Erkki Ahti. Kesto: 2001-2003.

Suometsien kehityssennusteet

Hanke 3265: Suometsien kasvu- ja kasvatusmallit.

Vastuututkija: Hannu Hökkä. Kesto: 2000-2003.

Hanke 3266: Suometsien hakkuumahdollisuudet ja metsien kehitysvaihtoehdot.

Vastuututkija: Tuula Nuutinen. Kesto: 1999-2003.

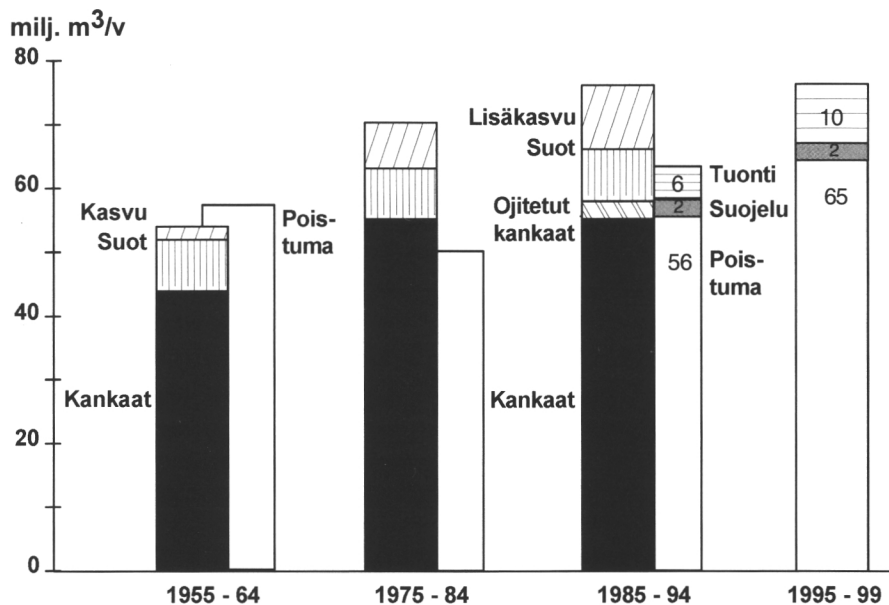
Muut hankkeet

Hanke 3267: Suontutkimuksen pysyvät kenttäkokeet ja aineistotietokannat.

Vastuututkija: Heikki Veijalainen. Kesto: 1999-2003.

Hanke 3269: SUO-tutkimusohjelman koordinointi ja puunkasvatuksen kannattavuus turvemaidella:

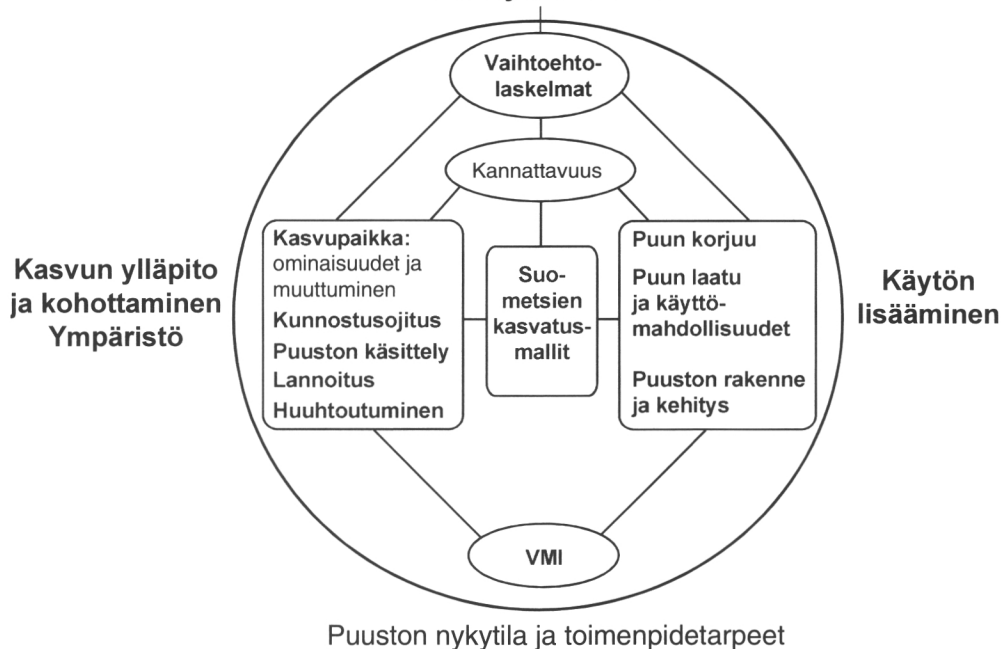
Vastuututkija: Seppo Kaunisto. Kesto: 1999-20001, Erkki Ahti 2002-2003.



Kuva 1. Suomen metsien kokonaiskasvu, kokonaispoistuma ja tuonti. Kokonaiskasvusta on erotettu kangasmetsien kasvu VMI 8:ssa niiden ojitetuiksi kankaiksi luokiteltujen metsien kasvu, jotka VMI 3:ssa vielä soita sekä metsien kokonaiskasvu turvemailla ja tästä edelleen soiden metsänparannuksella aikaansaatu lisäkasvu.

Suometsien kestävä kasvatus ja käyttö

Kehityssennusteet



Kuva 2. SUO-ohjelman toimintakaavio.

2 Harvennuskertymät ja jäävän puuston kehitys ojitetuilla rämeillä

Timo Penttilä¹, Soili Kojola¹ ja Raija Laiho²

¹ Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa

² Helsingin yliopisto, Metsäekologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

Johdanto

Nykyisin suometsistämme hakataan vuosittain alle 10 miljoonaa m³ raakapuuta. Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) tiedoista laskettujen arvioiden mukaan suometsien vuotuiset hakkuumäärät voivat nousta 15-20 miljoonaan m³:iin seuraavien 20 vuoden aikana (Nuutinen ym. 2000). Lisäystä odotetaan kertyvän erityisesti mäntyvaltaisten kasvatusmetsien harvennuksista. Ojitettujen suomänniköiden harvennushakkuiden metsänhoidollisia perusteita ja tuotosvaikutuksia on kuitenkin tutkittu varsin vähän.

Nykyiset männiköiden harvennussuositukset perustuvat kangasmailta saatuihin tutkimustuloksiin ja käytännön kokemuksiin. Niitä sovelletaan kasvupaikan tuotoskykyrinnastuksen kautta myös turvemaille. Suositusten mukaan männikön ensiharvennus tulisi suorittaa, kun puiden alaoksat ovat kuolleet tyvitukin pituudelta, mutta ennen kuin kasvatettavan puuston latvussuhde on supistunut pienemmäksi kuin 40%. Yhdellä harvennuskerralla ei tulisi poistaa enempää kuin kolmannes metsikön runkopuutilavuudesta, jotta merkittävilta kasvutappioilta vältyttäisiin.

Kangasmailla männiköitä tavallisesti kasvatetaan suhteellisen tasaikäisinä. Ensiharvennussuositukseen mennessä latvustot ovat yleensä sulkeutuneet ja puiden välinen kilpailu valosta on selkeästi voimistunut aiheuttaen alaoksien kuolemista ja karsiutumista. Turvemaiden mäntypuustoille on sen sijaan tyypillistä aukkoisuus ja erirakenteisuus (Penner ym. 1995), joka voi säilyä muutamien vuosikymmentenkin ajan ojituksen jälkeen (Hökkä & Laine 1988). Ojituksen jälkeen puiden kasvu kuitenkin nopeutuu huomattavasti, mikä yhdessä uusien puiden syntymisen kanssa lisää metsiköiden tiheyttä. Pienempien puiden kasvu lisääntyy yleensä enemmän kuin suurten ja vanhojen puiden. Tihentyvässä metsässä luontainen dynamiikka muuttaneekin alunperin vallinnutta erikokoisrakennetta normaalijakaumien suuntaan.

Ojitetuilla rämeillä kivennäisravinteiden, erityisesti fosforin niukkuus usein rajoittaa puuston kasvua vielä silloinkin, kun metsikkö on jo ohittanut normaalin ensiharvennussuositukseen (esim. Laiho 1997). Kasvupaikkatekijöihin ja metsikködynamiikkaan liittyvien ekologisten perusteiden vuoksi voidaan olettaa, että mäntyvaltaisissa ojitusaluemetsissä puiden välinen kilpailutilanne painottuu enemmän juuristokilpailun kuin latvusten valokilpailun suuntaan. Tästä todennäköisesti seuraa, että myös harvennusvaikutukset ovat erilaiset kuin sellaisissa metsiköissä, joissa puiden välillä on ensisijaisesti valokilpailua.

Tämä kirjoitus perustuu Metlan SUO-tutkimusohjelman hankkeessa "Hakkuiden vaikutus ravinnetilaan ja puuston kehitykseen ojitetuilla soilla" ja Metsäalan Wood Wisdom – tutkimusohjelman hankkeessa "Kuituraaka-aineen laatu ja tuotos ojitetuissa suometsissä" Metlan ja Helsingin yliopiston yhteistyönä tehtyihin tutkimuksiin. Tavoitteena oli selvittää kuitupuun kertymää erilaisissa ensiharvennusleimikoissa sekä voimakkuudeltaan vaihtelevien harvennusten puuntuotannollisia vaikutuksia eri kehitysvaiheiden kasvatusmetsissä. Edelleen pyrittiin alustavasti hahmottelemaan mäntyvaltaisille ojitusaluemetsille soveltuvia käsittelyohjelmavaihtoehtoja.

Aineisto ja menetelmät

Aineistona käytettiin Metsäntutkimuslaitoksen ojitettujen suometsien harvennuskoemetsiköitä. Vuosina 1986 - 1991 kokeita perustettiin 9-15 metrin valtapituusvaiheessa oleviin metsiköihin, jotka valittiin käytännön harvennusleimikoista Metlan, Metsähallituksen, yhtiöiden ja yksityisten metsänomistajien metsistä. Esitettävät tulokset perustuvat 13 kokeeseen, jotka edustavat varsin laajaa vaihteluväliä niin puustojen kehitysvaiheen (riukuvaihe – varttunut kasvatusmetsä), kasvupaikkatyyppiin (varpu - mustikkaturvekangas) kuin maantieteellisen sijainninkin (Juupajoki, 1130 dd – Kittilä, 760 dd) suhteen. Koemetsiköissä perusojitus oli tehty n. 15-50 vuotta ennen kokeiden perustamista. Tarvittaessa kuivatustilaa oli ylläpidetty kunnostusojituksin. Kaikilla kohteilla oli tehty taimikonhoito viimeistään riukuvaiheessa.

Koemetsiköihin oli sijoitettu harventamattomien kontrollikoealojen lisäksi lievän, normaalin ja voimakkaan harvennuksen käsittelyjä. Harvennuskertymän määrän ja rakenteen tarkastelua varten tässä tutkimuksessa hyödynnettiin harventamattomien koealojen puustoja. Harventamattomille koealoille tehtiin puittaisten mittaustietojen ja puukarttojen avulla koeleimaus, jossa jäävän puuston pohjapinta-ala pudotettiin yksityismetsien vuoden 1994 metsänhoitosuosituksen (Luonnonläheinen metsänhoito) harvennussuositusten mukaiselle tasolle. Kohteet ryhmiteltiin aikaisiin, suositusten mukaisiin ja viivästyneisiin sen mukaan, miten metsiköiden pohjapinta-ala ja valtapituus suhtautuivat harvennussuosituksen leimausrajaan.

Ajoituksiltaan ja käsittelyvoimakkuuksiltaan erilaisten harvennusten puuntuotannollisia vaikutuksia vertailtiin simuloimalla harvennuskokeiden puustoille vaihtoehtoisin käsittelyohjelmiin perustuvia kehityssarjoja Metlan Motti-metsikkösimulaattorilla. Vertailtavat käsittelyohjelmat olivat i) puuston kasvattaminen ilman harvennuksia, ii) lievä ensiharvennus + viivästetty toinen harvennus, iii) metsänhoitosuosituksen mukainen harvennusten sarja (max. 3 harvennusta puuston täyttäessä leimausrajan) sekä iv) voimakkaiden harvennusten sarja (max. 2 harvennusta leimausrajalta). Simuloinnissa puustoa kasvatettiin, kunnes metsänhoitosuosituksen mukainen uudistamisläpimitta saavutettiin.

Tulokset

Harvennuskertymät

Koeleimattujen metsiköiden kokonaisrunkopuutilavuus vaihteli 100 – 217 m³/ha. Koeleimauksen mukaisen ensiharvennuspoistuman kokonaistilavuus vaihteli 13 – 91 m³/ha ja vähintään kuitupuun mitat täyttävä (laskennallinen) harvennuskertymä 10 – 80 m³/ha. Poistuman ja kertymän määrä riippui voimakkaasti harvennuksen ajankohdasta (taulukko 1).

Taulukko 1. Harvennuspoistuma ja sen jakaantuminen hukka- ja käyttöpuuhun (m³ha⁻¹) aikaistetuissa, normaaleissa ja viivästetyissä harvennuksissa:

Harvennuksen ajankohta	Hukkapuu	Käyttöpuu	Yhteensä
Aikaistettu	14,6	25,6	40,2
Suosituksen mukainen	11,8	48,9	60,7
Viivästetty	11,1	79,9	91,1

Aikaistettujen harvennusten keskimääräinen käyttöpuun kertymä on selkeästi pienempi kuin mitä nykyisin käytännön metsätaloudessa edellytetään korjuukelpoisilta leimikoilta. Sen sijaan metsänhoitosuosituksen mukaisen leimausrajan saavuttaneissa kohteissa harvennuskertymä olisi

selvästikin ollut taloudellisesti korjuukelpoinen. Viivästyneen ensiharvennuksen kohteissa käyttöpuukertymä oli edelleen suurempi. Poistettavien runkojen läpimittajakaumissa ei ollut suuria eroja suositusten mukaisten (keskilpm = 13,1 cm) ja viivästyneiden harvennuskohteiden (13,2 cm) välillä, mutta aikaistetun harvennuksen kohteissa poistetut rungot olivat pienempiä (11,9 cm). Lähtöpuuston tilavuudesta poistui aikaisissa harvennuksissa 32 %, suositusten mukaisissa 36 % ja viivästyneissä 42 %.

Puustojen kehitys eri kasvatusvaihtoehdoilla

Eri kasvatusvaihtoehtojen simuloinnin lähtöpuustoiksi otettiin suoraan kunkin koemetsikön eri harvennusvoimakkuuksin käsiteltyjen koealojen kasvatettava puusto. Tulosten tarkastelua varten muodostetut kasvupaikka/tuotosluokkaryhmät ja niissä eri käsittelyohjelmien simuloinnin lähtöpuustot (m³/ha; ensimmäisen käsittelyn jälkeen) olivat seuraavat:

Kasvupaikka/ tuotosluokka ¹	Käsittelyohjelma ²			
	I	II	III	IV
A	116,7	83,1	70,9	46,7
B	117,8	99,2	74,5	58,5
C	85,1	76,4	63,4	45,5
D	197,0	141,2	105,8	77,5

- 1) A Keski-Suomi: Varputurvekangas - puolukkaturvekangas
 B Keski-Suomi + Pohjois-Suomi: Puolukkaturvekangas - Mustikkaturvekangas, puustot leimausrajalla
 C Pohjois-Suomi: Puolukkaturvekangas - mustikkaturvekangas, niukkapuustoiset
 D Keski-Suomi: Puolukkaturvekangas, runsaspuustoiset
- 2) I Ei harvennuksia
 II Lievä ensiharvennus+viivästetty 2. harvennus
 III Suositusten mukainen ensiharvennus+suositusten mukainen 2. harvennus
 IV Voimakas ensiharvennus+voimakas 2. harvennus

Simulointien tulokset runkopuun kokonaistuotoksesta on esitetty kuvassa 1. Suurin kokonaistuotos saavutettiin odotetusti käsittelyohjelmalla I eli kasvattamalla puustoja ilman harvennuksia. Harventamatta kasvatettaessa tuotoksesta kuitenkin menetettäisiin luonnonpoistumana lähes kolmannes. Niinpä suurimmat käyttöpuutuotokset saavutettiin käsittelyohjelmilla II ja III kaikissa kasvupaikka/tuotosluokissa. Käsittelyohjelma IV (voimakkaat harvennukset) tuotti noin 15 % vähemmän käyttöpuuta kuin ohjelmat II ja III. Toisaalta voimakkaiden harvennusten ohjelmassa läpimittaan perustuva uudistamisajankohta saavutettiin simuloinneissa 10 – 20 vuotta aiemmin kuin muissa ohjelmissa.

Alustavissa laskelmissa eri käsittelyohjelmien tuottamien nettotulojen suhteelliset nykyarvot (taulukko 2) vaihtelivat vain vähän käsittelyohjelmien II, III ja IV kesken. Sen sijaan harvennusten jättäminen kokonaan tekemättä näyttäisi johtavan huomattavasti heikompaan taloudelliseen tulokseen kuin mikä tahansa harvennuksia sisältävistä kasvatusohjelmista: kolmen prosentin korolla laskettaessa harventamattoman metsikön nettotulojen määrä jäi 40 – 50 prosenttiin ja viiden prosentin korolla 10 – 30 prosenttiin muiden vaihtoehtojen tuloksesta.

Taulukko 2. Käsittelyohjelmien tuottamien nettotulojen suhteelliset nykyarvot tuotosluokittain.

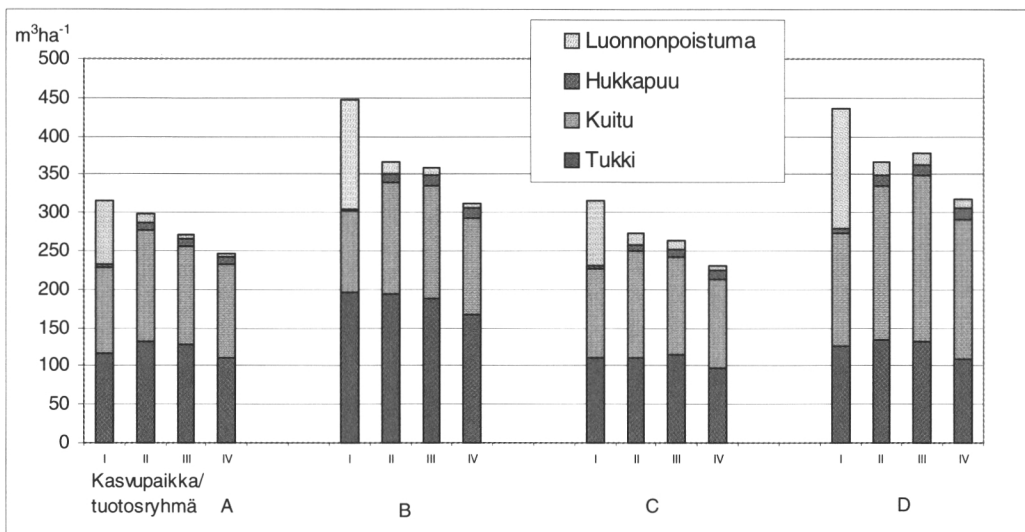
Kasvupaikka/ tuotosluokka	Korko 3 % Käsittelyohjelma				Korko 5 % Käsittelyohjelma			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
A	52,6	100	99,5	99,6	29,9	85,3	89,3	100
B	41,7	86,0	90,8	100	17,2	66,2	82,7	100
C	39,3	89,8	85,2	100	13,1	62,9	70,1	100
D	40,1	92,2	100	95,6	20,8	85,2	100	99,1

Päätelmät

Normaalien ensiharvennusten hakkuukertymät olivat samaa suuruusluokkaa kuin kivennäis-
maametsissäkin (esim. Hynynen & Arola 1999). Ennenaikaisia harvennuksia ei suometsissä pitäisi
tehdä niiden huonon kannattavuuden vuoksi. Suurin ennustettu kokonaistuotos saatiin
harventamattomista kontrollimetsiköistä. Melkein kolmanneksen niiden tuotoksesta ennustettiin
kuitenkin kuolevan kiertoajan kuluessa. Niinpä alustavat laskelmat tulevien hakkuiden nettotulojen
nykyarvosta osoittivat, että kaikki simuloidut käsittelyketjut tuottivat paremman taloudellisen
tuloksen kuin pelkkä päätehakkuu ilman aiempia harvennuksia. Tämä johtuu paitsi niiden
suuremmasta käyttöpuun tuotoksesta myös siitä että hakkuutuloja saadaan aikaisemmin.

Tuloksista voidaan tehdä seuraavia johtopäätöksiä aikanaan taimikonhoidolla käsiteltyjen
ojitusalueiden männiköiden ensiharvennusten vaikutuksista:

- 1) Aikaistetut ensiharvennukset tuottavat niin pieniä kertymiä, että korjuu ei ole yleensä
taloudellisesti kannattavaa. Mikäli kertymiä lisätään tinkimällä kasvatettavaksi jäävän
puuston määrästä, on olemassa merkittävienkin kasvutappioiden riski. Koska käytännössä
harvennuksia kuitenkin joudutaan esim. ojastojen kunnostuksen yhteydessä tekemään myös
sellaisilla kuvioilla, joissa leimausrajaa ei vielä ole saavutettu, on syytä huolehtia, että
kasvamaan jätetään riittävän suuri puustopääoma.
- 2) Lievänä toteutettu ensiharvennus (= nuoren metsän kunnostus), jota voi seurata
voimakaskin toinen harvennus, näyttäisi tuottavan hyvän tuloksen sekä puuntuotoksen
määrällä että nettotulojen nykyarvolla mitattuna.
- 3) Harvennusten jättäminen kokonaan tekemättä johtanee suuriin luonnonpoistumiin ja
taloudellisesti selvästi heikompaan tulokseen kuin nykyisten metsänhoitosuosituksen
mukaisten kasvatusmallien noudattaminen. Empiiristä tietoa sekä harvennusten että
harventamattomuuden vaikutuksista suometsien puuntuotokseen tarvitaan kuitenkin lisää.
- 4) Riittävän puustopääoman saavuttaminen ennen voimakkaita puustonkäsittelyjä näyttää
olevan suomänniköissä tärkeää koko kiertoajan puuntuotoksen kannalta.



Kuva 1. Simuloidun kokonaistuotoksen määrä ja rakenne eri käsittelyohjelmissä ja kasvupaikka-/tuotosluokissa.

Kirjallisuus

- Hynynen, J. & Arola, M. 1999. Ensiharvennusajankohdan vaikutus hoidetun männikön kehitykseen ja harvennuksen kannattavuuteen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/1999:5-23.
- Hökkä, H., & Laine, J. 1988. Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen. Summary: Post-drainage development of structural characteristics in peatland forest stands. *Silva Fennica* 22: 45-65.
- Laiho, R. 1997. Plant biomass dynamics in drained pine mires in southern Finland. Implications for carbon and nutrient balance (väitöskirja). *Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja* 631. 53 s. + 5 osajulkaisua.
- Luonnonläheinen metsänhoito: Metsänhoitosuosituksat 1994. *Metsäkeskus Tapion julkaisuja* 6/1994.
- Nuutinen, T., Hirvelä, H., Hynynen, J., Härkönen, K., Hökkä, H., Korhonen, K. T. & Salminen, O., 2000. The role of peatlands in Finnish wood production – an analysis based on large-scale forest scenario modelling. *Silva Fennica* 34(2): 131-153.
- Penner, M., Penttilä, T. & Hökkä, H. 1995. A method for using random parameters in analyzing permanent sample plots. *Silva Fennica* 29(4): 287-296.

3 Suometsien harvennustarve ja sen muuttuminen valtakunnan metsien inventointien valossa

Kari T. Korhonen,

Metla / VMI / Joensuun tutkimuskeskus, PL 68, 80101 Joensuu

Sähköposti: kari.t.korhonen@metla.fi

Tausta

Esityksessä käsitellään Etelä-Suomen suometsien tilaa ja erityisesti harvennustarvetta valtakunnan metsien 8:n (VMI8) ja 9:n (VMI9) inventoinnin mukaan. VMI8:n kenttätyöt tehtiin Etelä-Suomessa 1986 – 1992 ja VMI9:n kenttätyöt 1996 – 2000. Esityksessä käsitellään siten lähinnä 90-luvulla tapahtuneita muutoksia suometsien tilassa. Etelä-Suomella tarkoitetaan tässä Oulun läänin eteläpuolista aluetta eli aluetta Ahvenanmaalta Etelä-Pohjanmaalle ja Pohjois-Karjalaan. Tässä esitettävistä tuloksista pääosa on julkaistu VMI9:n metsäkeskuksittaisissa metsävara-artikkeleissa (Tomppo ym. 1998, Tomppo ym. 1999a, Tomppo ym. 1999b, Tomppo ym. 1999c, Tomppo ym. 1999d, Tomppo ym. 2000, Korhonen ym. 2000a, Korhonen ym. 2000b, Korhonen ym. 2000c, Tomppo ym. 2000, Korhonen ym. 2001).

VMI9:n mukaan Etelä-Suomen soiden ala on 3,22 milj. ha eli 27 % metsä-, kitu- ja joutomaan alasta (taulukko 1). Metsämaan soiden ala on 2,67 milj. ha eli 24 % metsämaan alasta. Metsämaan soilla kasvavaa puustoa on 282 milj. m³ eli 20 % Etelä-Suomen metsämaan kokonaispuustosta. Metsämaan soiden puuston vuotuinen kasvu on 12,4 milj. m³ eli 21 % Etelä-Suomen puuston kokonaiskasvusta.

Etelä-Suomen soiden kokonaisala ei ole muuttunut VMI8:n ja VMI9:n välillä. Metsämaan soiden ala on noussut 2,54 milj. ha:sta 2,67 milj. ha:iin. Vaikka avosoita ei enää viimeisen 10 vuoden aikana ole juurikaan ojitettu, ilmeisesti vielä 1980-luvulla tehdyt avosoiden ojitukset ovat edelleen lisänneet metsämaan soiden alaa. Suopuustojen osuus tilavuudesta ja kasvusta on hienoisessa nousussa.

Suopuustojen osuuden kasvu tilavuudesta ja kasvusta sekä hakkuumahdollisuuksista selittyy sillä, että suometsät ovat edelleen kehitysluokkajakaumaltaan selvästi nuorempia kuin kivennäismaiden metsät (kuva 1). Soilla nuorten kasvatusmetsien osuus on noin 45 % kun kivennäismailla osuus on vain noin 30 %. Varttuneita kasvatusmetsiäkin on suhteessa hieman enemmän soilla kuin kivennäismailla. Uudistuskypsiä metsien osuus taas on soilla vain 8 %, kun osuus kivennäismailla on 17 %.

Korpisoilla kehitysluokkajakaumassa ei ole suuria muutoksia VMI8:n ja VMI9:n välillä (kuva 2). Nuoret kasvatusmetsät näyttävät hieman vähentyneen ja taimikot lisääntyneen. Rämellä taas selvin muutos on varttuneiden kasvatusmetsien alan kasvu. Kivennäismailla varttuneet kasvatusmetsät ja uudistuskypsat metsät ovat vähentyneet, nuoret kehitysluokat lisääntyneet.

Taimikonhoito- ja hakkuutarpeet suometsissä

VMI:ssa jokaiselle koealametsikölle todetaan hakkuun tai taimikonhoidon tarve inventointia seuraavalle 10-vuotiskaudelle. Taimikonhoito- ja hakkuutarpeet arvioidaan metsänhoidollisin perustein. Tarpeet myös luokitellaan kiireellisyyden mukaan luokkiin: myöhässä, ensimmäinen 5-vuotiskausi, toinen 5-vuotiskausi.

Taulukossa 2 on esitetty Etelä-Suomen suometsien taimikonhoito- ja hakkuutarpeet

kiireellisyydenluokittain VMI8:n ja VMI9:n mukaan. VMI8:n mukaan taimikonhoitotarpeita oli suometsissä tulevalle 10-vuotiskaudelle yhteensä 320 000 ha, ensiharvennustarpeita 420 000 ha ja muita harvennustarpeita 335 000 ha. VMI9:n mukaan taimikonhoitotarve on hieman vähentynyt, 300 000 hehtaariin. Ensiharvennusten tarve on kasvanut 100 000 ha:lla ja muiden harvennusten tarve 60 000 ha:lla. Harvennustarpeiden lisäyksestä pääosa on kuitenkin vasta toisella 5-vuotiskaudella – myöhässä olevien harvennusten ala ei ole juurikaan muuttunut.

Kuvassa 3 tarkastellaan VMI9:n maastossa todettuja ja ehdotettuja toimenpiteitä Etelä-Suomen suometsissä. Ensiharvennuksia tarvittaisiin soilla 3-kertainen määrä verrattuna tehtyihin. Muissa harvennuksissa kerroin on noin 2. Kivennäismaiden metsissä muiden harvennusten kuin ensiharvennusten kohdalla toimenpidetarpeita ei ole paljonkaan enemmän kuin tehtyjä. Myös ensiharvennusten kohdalla ehdotettujen toimien ala on kivennäismailla lähempänä tehtyjen ensiharvennusten alaa kuin soilla. Inventoinnissa jokaiselle koalametsikölle todetaan viimeinen menneen 10 vuoden aikana tehty metsänhoitotoimenpide ja hakkuu. Jos 10-vuotiskaudella on tehty kaksi toimenpidettä, vain viimeinen kirjataan. Tämän vuoksi tehtyjen toimenpiteiden arvio voi olla aliarvioitu.

Miten harvennusrästit näkyvät suometsien tilassa?

Yksi tapa tarkastella harvennusrästien vaikutusta metsien tilaan on tarkastella metsänhoidollisen laadun muuttumista inventointien välillä. Metsänhoidollinen laatu on tunnus, joka VMI:n maastotöissä määritetään jokaiselle metsämaan koalametsikölle. Luokkina ovat hyvä, tyydyttävä, välttävä ja vajaatuottoinen. Luokittelu on subjektiivista, se riippuu arvioijasta ja etenkin inventoinnin ajankohdan metsänhoidollisista käsityksistä. Joiltakin osin, esimerkiksi uudistamistoimenpiteiden viivästymisen ja puuston vähimmäispohjapinta-alan kohdalla, eri laatuluokilla on eksaktit määritelmät. Sen sijaan esimerkiksi puuston epätasaisuuden vaikutuksesta metsänhoidolliseen laatuun ei ole tarkkaa määritelmää, vaan se arvioidaan yhteisessä koulutuksessa omaksutulla metsänhoidollisella näkemyksellä.

VMI8:n ja VMI9:n tulosten vertailu suometsien osalta näyttäisi, että tyydyttävien ja välttävien suometsien ala on kasvanut, hyvien ja vajaatuottoisten ala pienentynyt (kuva 4). Kokonaisuutena metsänhoidollinen tila näyttäisi hieman heikentyneen.

Taulukossa 3 tarkastellaan, mitkä syyt ovat saaneet inventoinnin ryhmänjohtajat alentamaan koalametsiköiden metsänhoidollisen laadun arvoa. Sekä VMI8:ssa että VMI9:ssä selvästi merkittävin syy laadun alentumiseen on ollut puuston epätasaisuus tai luontainen harvuus. Epätasaisuus voi tarkoittaa joko aukkoisuutta tai puuston suurta kokovaihtelua, joka ei ole korjattavissa hakkuulla. Molemmat ovat suometsille luontaisia ominaisuuksia, mutta hieman yllättävää on epätasaisuuden tai harvuuden näinkin selvä yleistyminen (kyse on nimenomaan epätasaisuudesta, sillä puustot ovat tihentyneet kuten myöhemmin esitettävistä tuloksista ilmenee). Puuston epätasaisuus todennäköisesti liittyy taimikonhoidon tai ensiharvennuksen tarpeeseen, tosin näissä kohteissa puuston aukkoisuuden vuoksi kertymät jäävät yleensä pieniksi ja määritelmän mukaisesti näillä kohteilla hakkuu ei korjaa metsänhoidollista tilaa hyväksi.

Myös tuhot ovat selvästi yleistyneet laadun alennuksen syynä (150 000 hehtaarista 270 000 hehtaariin). Tuhojen esiintyminen voi liittyä harvennusten laiminlyönteihin.

Sen sijaan puuston ylitiheys tai hoitamattomuus laadun alennuksen syynä ei ole inventointien välissä lisääntynyt, vaan vähentynyt 320 000 hehtaarista 190 000 hehtaariin.

Jos sama tarkastelu tehdään vain nuorissa kasvatusmetsissä soilla, päätelmät eivät muutu. Epätasaisuus ja tuhot ovat yleistyneet laadun alennuksen syinä, ylitiheys ja hoitamattomuus eivät.

Kuvassa 5 tarkastellaan tuhojen ja harvennustarpeen yhteyttä. Kuvaan on laskettu Etelä-Suomen soilta nuorissa ja varttuneissa kasvatusmetsissä eri tuhojen osuus kohteilla, joissa harvennus on tehty viimeisen 5 vuoden aikana ja kohteilla, joissa harvennus on myöhässä. Harvennetuista kohteista

63 %:lla ei ole kirjattu minkäänlaisia tuhoja, ei edes lieviä tuhoja. Jos harvennus on myöhässä, tuhattomien metsien osuus on 53 % eli selvästi pienempi. Tuhon ilmiänsuluokka “Kuolleita puita” on harvennustarpeessa olevilla kohteilla yleisempi kuin harvennetuissa kohteissa (13 % vs. 3 %). Tulokseen lienee vaikuttanut se, että harvennetuilla kohteilla on poistettu kuolevia tai kuolleita puita ja tuhotilanne näyttää siksi harvennetuissa metsissä paremmalta kuin harventamattomissa.

Kuvaan 6 on laskettu läpimittaluokittain rämeiden nuorissa ja varttuneissa kasvatusmetsissä koepuiden keskimääräinen vuotuinen kuorettoman läpimitan kasvu toisaalta kohteilla, joissa harvennus on myöhässä ja toisaalta kohteilla, joissa harvennus on tehty viimeisen 5 vuoden aikana. Ero harvennettujen kohteiden hyväksi on selvä kaikissa läpimittaluokissa. Tuloksen mukaan myös suometsissä harvennuksella voidaan vaikuttaa puuston järeytymiseen.

Järeyskehityksestä hieman eri tavalla kertoo kuva 7, jossa vertaillaan korprien ja rämeiden nuorten kasvatusmetsien keskimääräisiä runkolukusarjoja VMI8:ssa ja VMI9:ssä. Rämeillä runkoluvut ovat kasvaneeet kaikissa läpimittaluokissa. VMI9:ssä nuoriksi kasvatusmetsiksi luokitetut suometsät ovat siis puustoltaan selvästi tiheämpiä kuin VMI8:ssa nuoriksi kasvatusmetsiksi luokitetut suometsät. Tihentyminen ei ole pelkkää pusikoitumista, vaan myös selvästi käyttökokoisten runkojen kappalemäärät ovat nousseet. Rämeiden nuorissa kasvatusmetsissä runkoluku on nyt keskimäärin runsaat 4 000 runkoa hehtaarilla ja jos jätetään alle 6 cm rungot pois, runkoluku on 1 500 kpl/ha (kivennäismailla vastaavat runkoluvut ovat 4 800 ja 1 700 kpl/ha).

Suometsien tihentyminen näkyy luonnollisesti myös puuston keskitilavuuden nousuna. Taulukossa 4 on vertailtu metsämaan rämeiden ja korprien puuston keskitilavuuksia kehitysluokittain VMI8:ssa ja VMI9:ssä. Rämeillä puuston keskitilavuus on noussut 63 kuutiometriä 82 kuutiometriin hehtaarilla. Lisäys on selvä kaikissa kehitysluokissa, esimerkiksi nuorissa kasvatusmetsissä lisäys on 59:stä 74 kuutiometriin hehtaarilla. Korpisoilla puuston keskitilavuuden nousu on myös selvä, mutta pienempi kuin rämeillä. Puuston keskitilavuus on metsämaan korpisoilla noussut 122 kuutiometriä 135 kuutiometriin hehtaarilla. Korprien nuorissa kasvatusmetsissä lisäys on VMI8:n 93 kuutiometriä VMI9:n 106 kuutiometriin hehtaarilla.

Kuvassa 8 esitetään tarkastelu siitä, miten puusto on muuttunut kohteilla, joilla on ensiharvennustarve lähimmän 5 vuoden aikana. Vertailtavina ovat VMI8:n ja VMI9:n aikaiset kivennäismaat, korvet ja rämeet. Esimerkiksi rämeillä ensiharvennuskohteilla puuston keskitilavuus on noussut 107:stä 124 kuutiometriin hehtaareilla. VMI9:n mukainen räme-ensiharvennuskohteiden puusto on nyt samalla tasolla kuin kivennäismaiden ensiharvennuskohteiden puusto VMI8:n aikaan.

Päätelmät

VMI9:n tulokset osoittavat, että Etelä-Suomen suometsissä harvennustarpeet ovat lisääntymässä. Myöhässä olevien harvennusten ala on kasvanut kuitenkin vain vähän. Taimikonhoitotarpeet ovat hieman vähentyneet VMI8:ssa todetuista tarpeista. Metsänhoidollinen laatu näyttää hieman heikentyneen. Laadun heikentymisen syynä on kuitenkin lähinnä puuston epätasaisuuden ja tuhojen lisääntyminen, ei niinkään puuston ylitieheys.

Pelkistetty kasvuvertailu osoittaa, että harventamattomissa kohteissa puuston järeyskehitys hidastuu. Tästä huolimatta suopuustot ovat aiempaa sekä tiheämpiä että järeämpiä. Harvennushakkuiden voisi olettaa tällä perusteella olevan selvästi aiempaa kannattavampi myös soilla.

Taulukko 1. Perustietoa suometsistä VMI8:n ja VMI9:n mukaan Etelä-Suomessa

	Soiden ala		Soiden osuus		Metsämaan suopuustojen			
	Metsä-, kitu- ja joutomaata	Metsämaata	Metsä-, kitu- ja joutomaasta	Metsämaasta	Tilavuus	Osuus tilavuudesta	Vuotuinen kasvu	Osuus kasvusta
	milj. ha	milj. ha	%	%	milj. m ³	%	milj. m ³	%
VMI8	3,19	2,54	27	23	229	18	11,3	20
VMI9	3,22	2,67	27	24	282	20	12,4	21

Taulukko 2. Metsänhoidolliset taimikonhoito- ja hakkuutarpeet (1000 ha) inventointia seuraavalle 10-vuotiskaudelle VMI8:n ja VMI9:n mukaan Etelä-Suomen suometsissä.

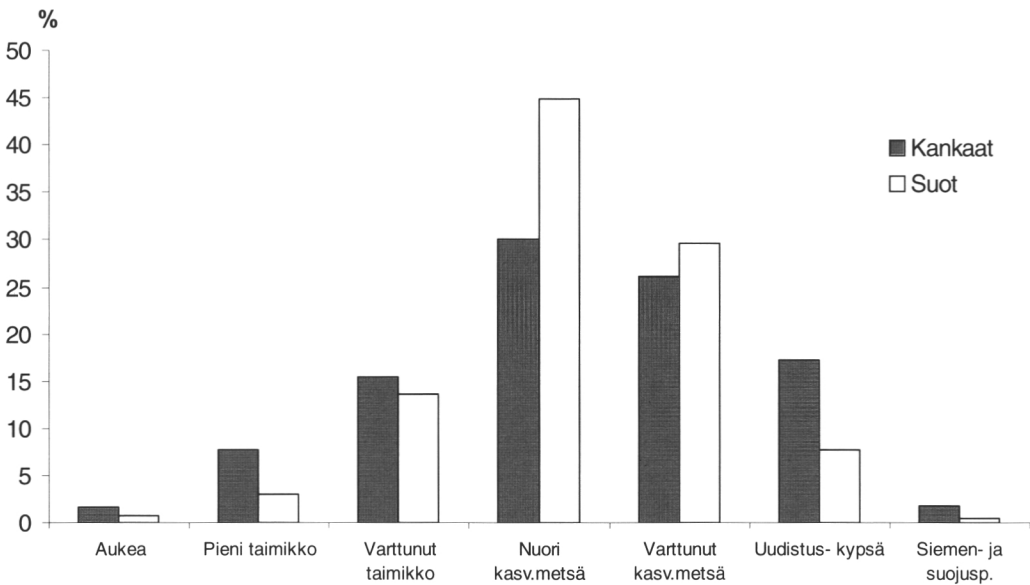
Kiireellisyys	Taimikonhoito		Ensiharvennus		Muu harvennus		Uudistushakkuu	
	VMI8	VMI9	VMI8	VMI9	VMI8	VMI9	VMI8	VMI9
Lähin 5-vuotis- kausi, myöhässä	95	92	84	99	58	74	15	30
Lähin 5-vuotis- kausi, muut	161	132	162	178	180	193	201	162
Toinen 5-vuotis- kausi	67	73	171	235	98	132	44	55
Yhteensä	323	297	417	512	335	399	259	247

Taulukko 3. Suometsien metsänhoidollisen laadun alentumisen syyt (1000 ha) VMI8:n ja VMI9:n mukaan Etelä-Suomessa.

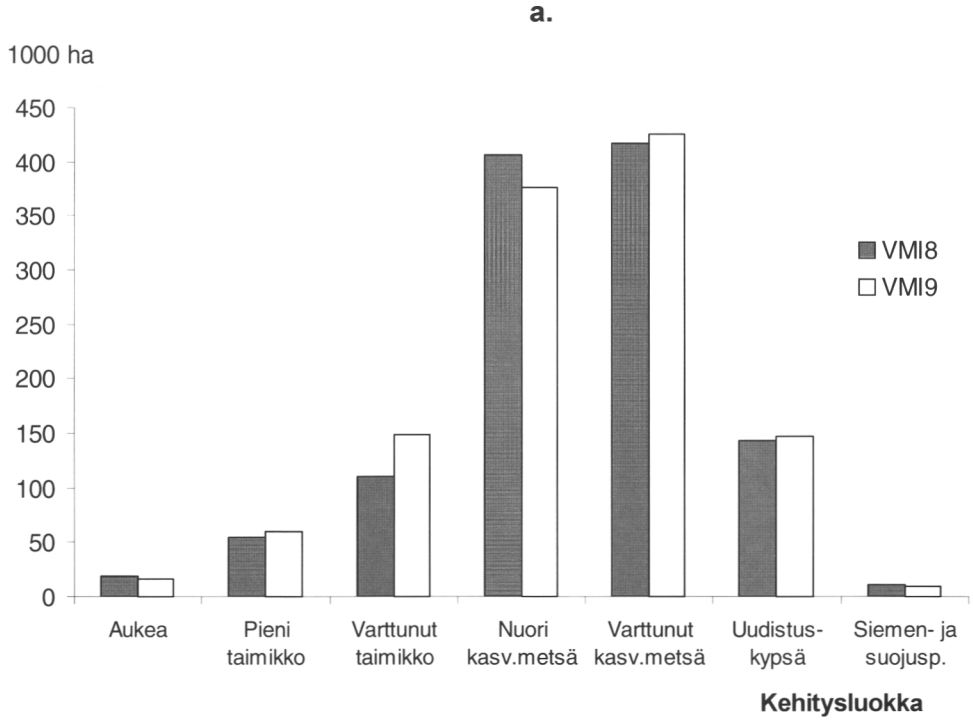
	Puuston ikä	Puulaji	Ylitiheys/ hoitamattomuus	Epätasaisuus/ harvuus	Hakkuut	Tekninen laatu	Tuhot	Yhteensä
Kaikki suometsät								
VMI8	24	188	317	502	53	141	154	1379
VMI9	26	117	291	756	34	177	274	1675
Nuoret kasvatusmetsät								
VMI8		111	150	271	17	82	57	689
VMI9		62	134	379	7	97	126	807

Taulukko 4. Puuston keskitilavuus (m³/ha) metsämaan soilla kehitysluokittain VMI8:n ja VMI9:n mukaan Etelä-Suomessa.

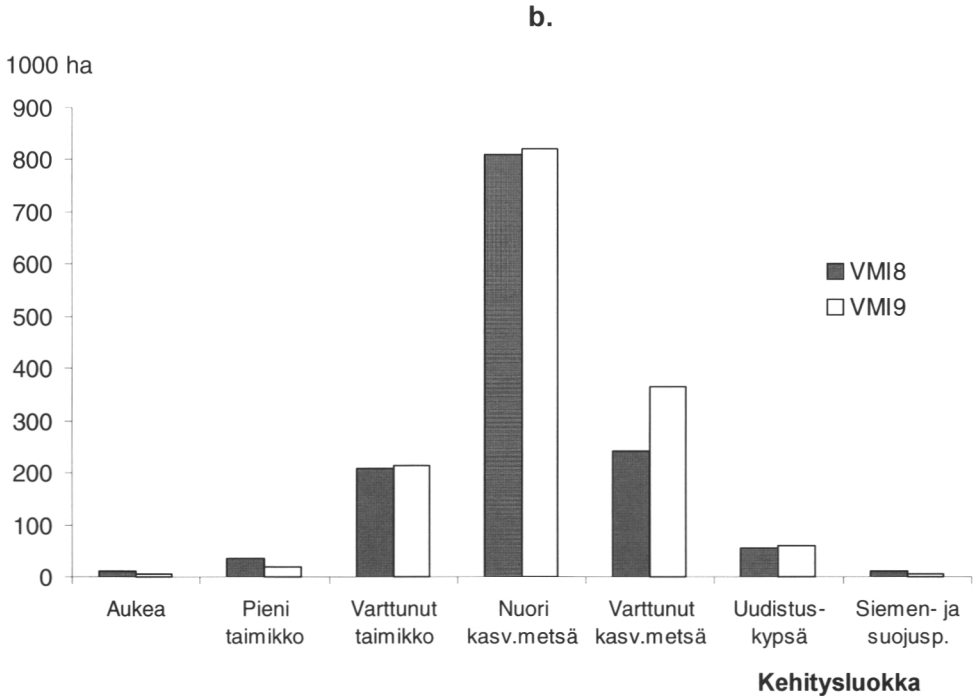
	Nuoret taimikot	Varttuneet taimikot	Nuoret kasv.metsät	Varttuneet kasv.metsät	Uudistus-kypsät	Kaikki
Korvet						
VMI8	15,9	33,8	93,1	168,4	198,2	122,2
VMI9	11,1	33,8	106,3	188,7	225,6	135,0
Rämeet						
VMI8	4,2	15,1	59,3	116,0	128,0	63,3
VMI9	7,0	23,7	73,8	130,4	152,6	82,3

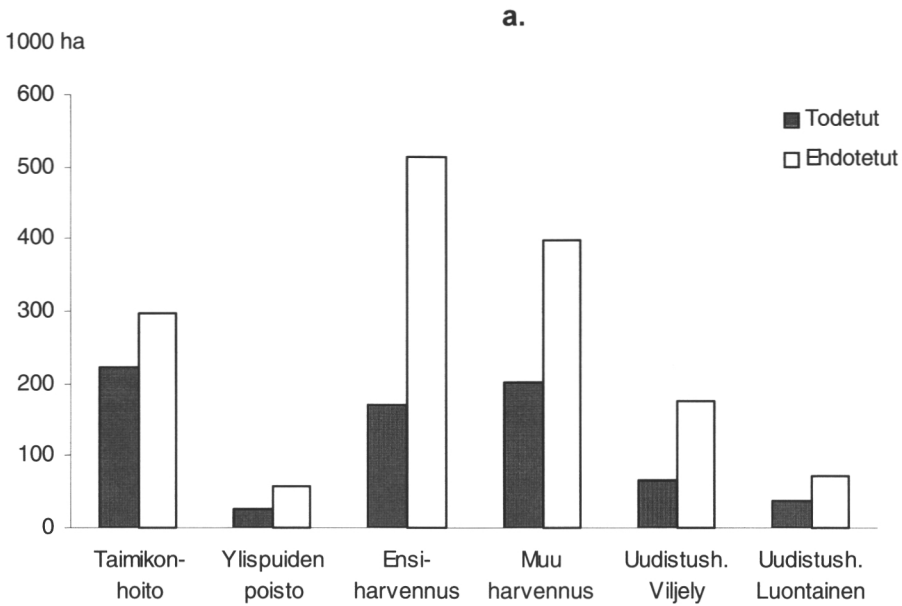


Kuva 1. Kehitysluokajakaumat kankailla ja soilla VMI9:n mukaan.

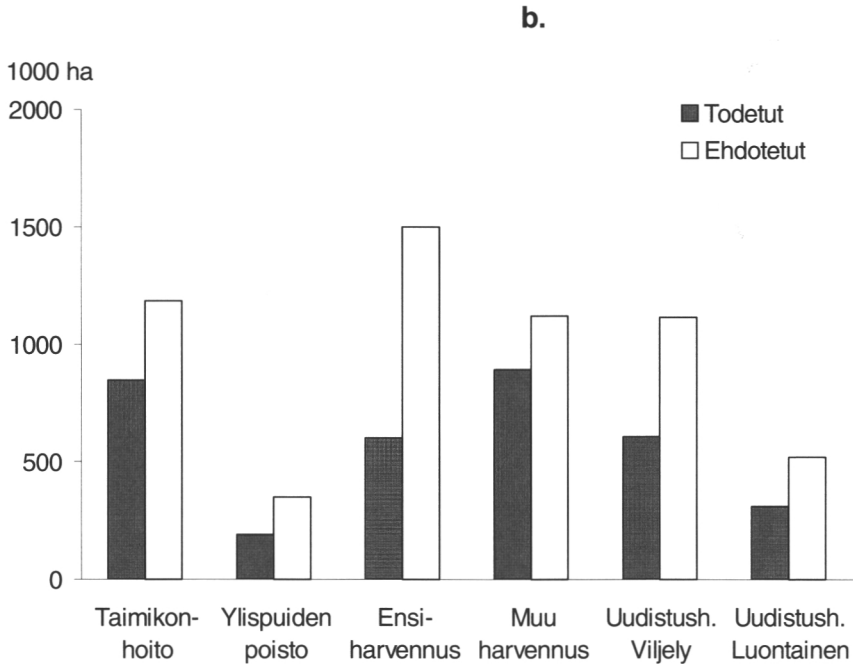


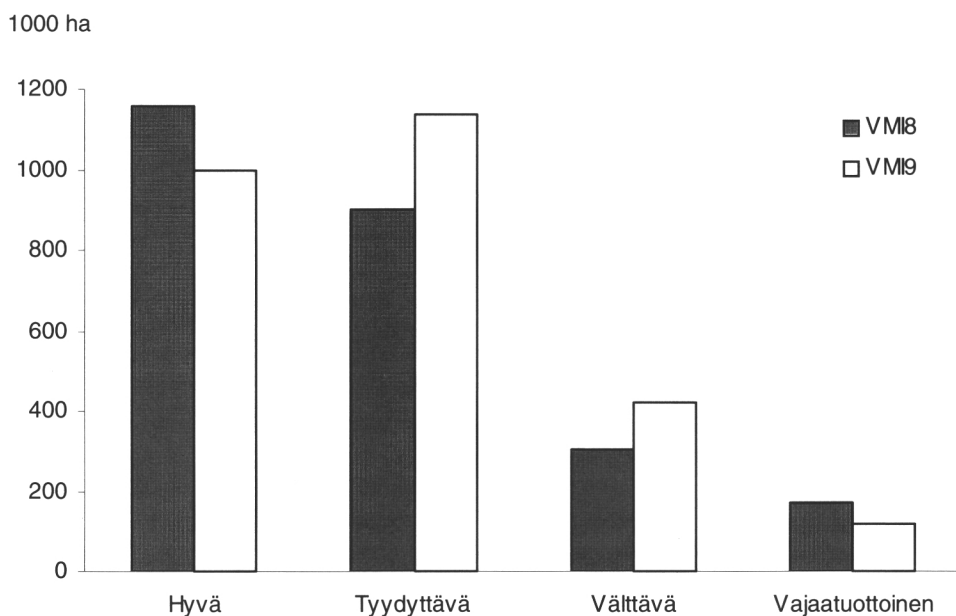
Kuva 2. Kehitysluokkajakaumat Etelä-Suomessa VMI8:n ja VMI9:n mukaan **a)** korpisoilla **b)** rämeillä.



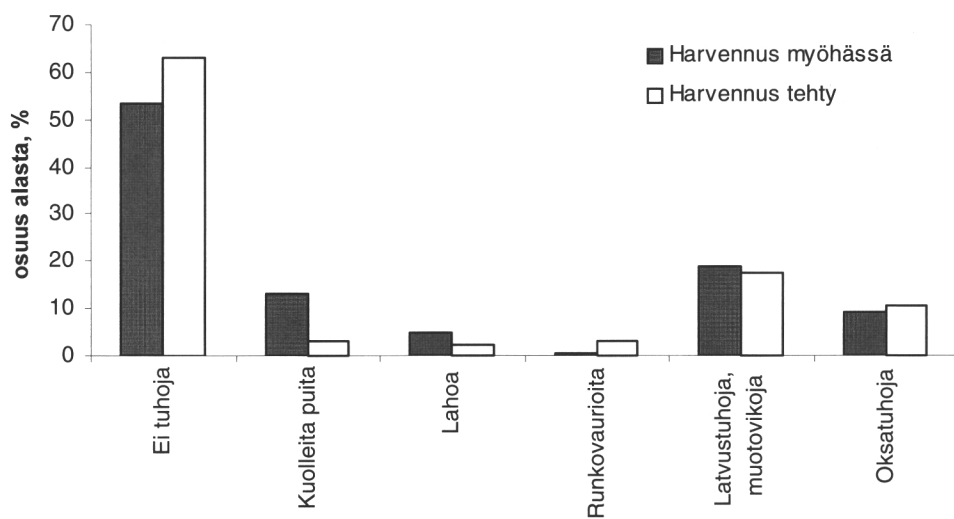


Kuva 3. Inventointia edeltäneellä 10-vuotiskaudella todetut ja tulevalle 10-vuotiskaudelle ehdotetut hakkuut Etelä-Suomen a) soilla b) kivennäismilla VMI9:ssä.

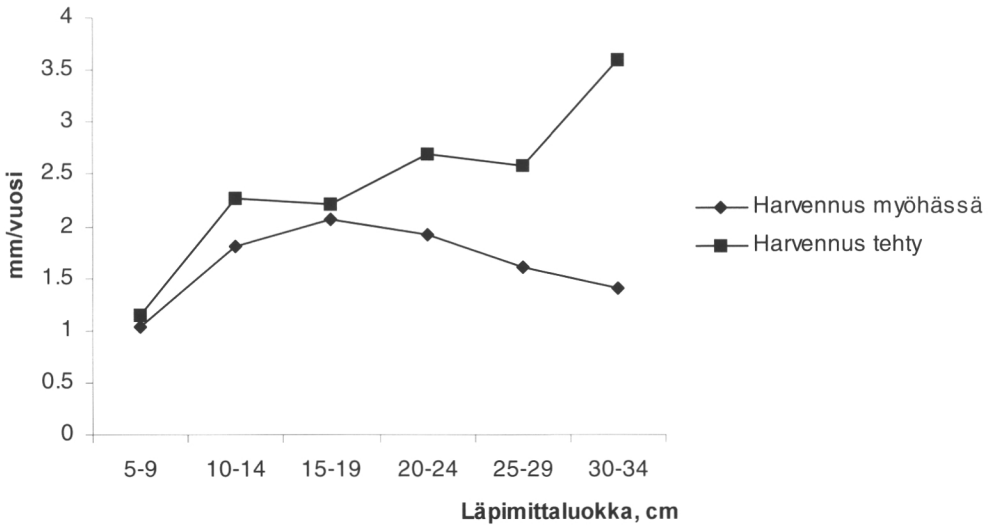




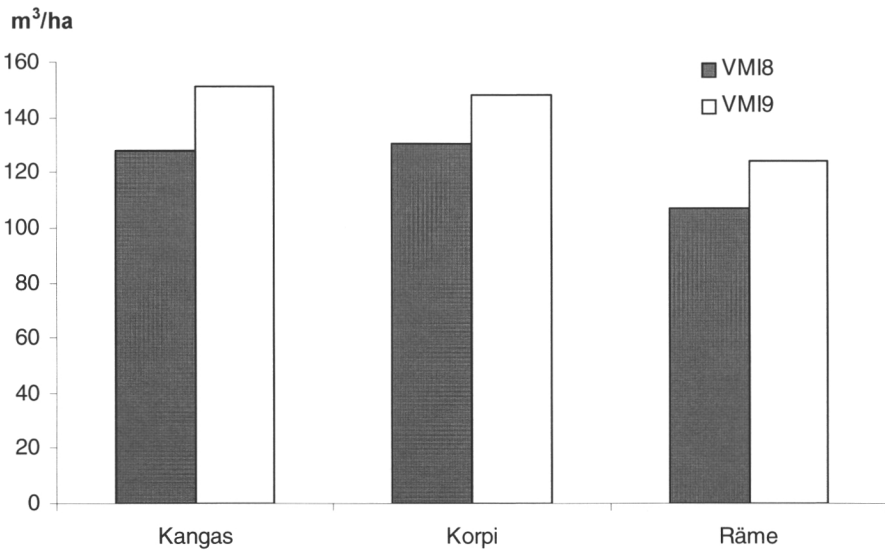
Kuva 4. Metsämaan soiden metsänhoidollinen laatu VMI8:n ja VMI9:n mukaan Etelä-Suomessa.



Kuva 5. Eri tuhojen osuus harvennustarpeen mukaan Etelä-Suomen nuorissa kasvatusmetsissä.

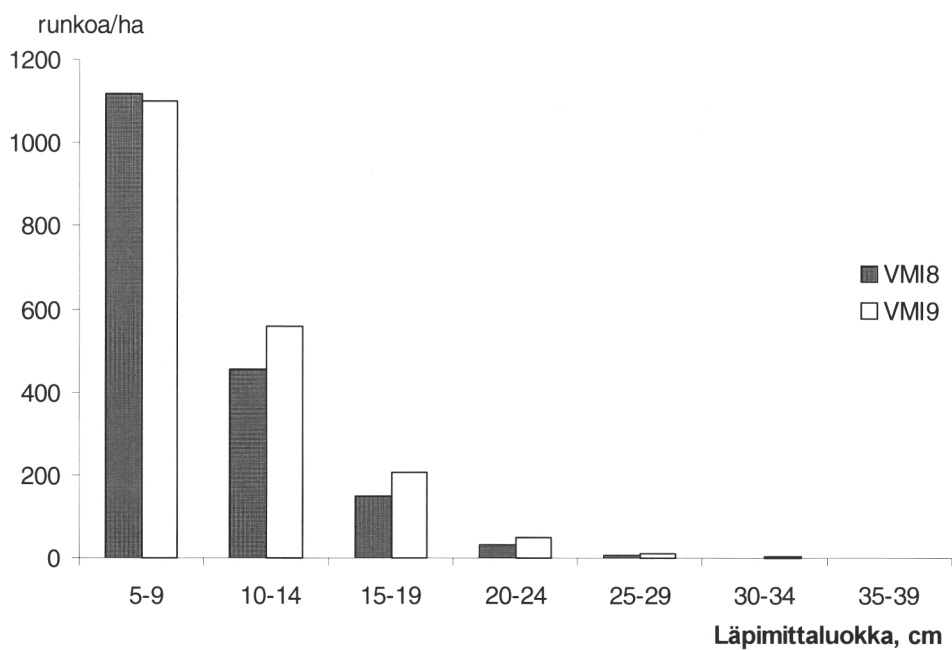


Kuva 6. Koepuiden keskimääräinen läpimitan kasvu (mm/vuosi) läpimittaluokittain harvennetuilla kohteilla ja harvennusrästikohteilla.



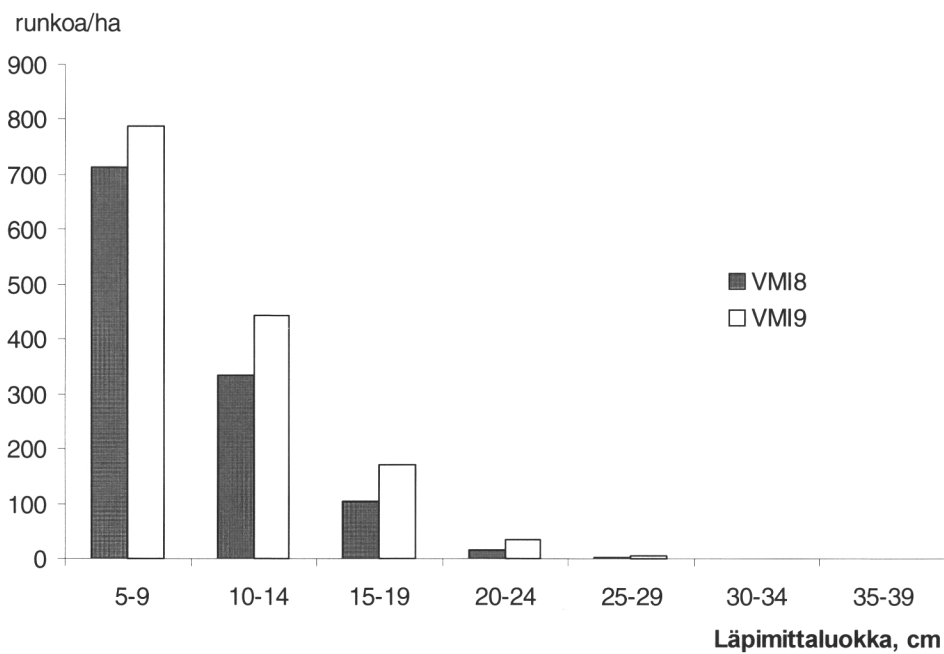
Kuva 8. Puuston keskitilavuus VMI8:n ja VMI9:n mukaan päätyypeittäin metsiköissä, joissa on ensiharvennustarve inventointia seuraavalla 5-vuotiskaudella.

a.



Kuva 7. Puuston runkoluku (kpl/ha) läpimittaluokittain VMI8:n ja VMI9:n mukaan nuorissa kasvatusmetsissä **a)** Etelä-Suomen korpisoilla **b)** Etelä-Suomen rämeillä.

b.



Kirjallisuus

- Korhonen, K.T., Tomppo, E., Henttonen, H., Ihalainen, A. & Tonteri, T. 2000a. Lounais-Suomen metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1965–98. Metsätieteen aikakausikirja. 2B/2000: 337-411.
- Korhonen, K.T., Tomppo, E., Henttonen, H., Ihalainen, A. & Tonteri, T. 2000b. Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat 1965–99. Metsätieteen aikakausikirja. 3B/2000: 489-566.
- Korhonen, K.T., Tomppo, E., Henttonen, H., Ihalainen, A., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 2000c. Pirkanmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat 1965–99. Metsätieteen aikakausikirja. 4B/2000: 661-739.
- Korhonen, K.T., Tomppo, E., Henttonen, H., Ihalainen, A., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 2001. Pohjois-Karjalan metsäkeskuksen alueen metsävarat 1966–2000. Metsätieteen aikakausikirja. 3B/2001: 495-576.
- Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K.T., Aarnio, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Ihalainen, A., Mikkilä, H., Tonteri T. & Tuomainen, T. 1998. Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1968–97. Metsätieteen aikakausikirja. 2B/1998: 293-374.
- Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K.T., Aarnio, A., Ahola, A., Heikkinen, J. & Tuomainen, T. 1999a. Pohjois-Savon metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1967–96. Metsätieteen aikakausikirja. 2B/1999: 389-462.
- Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K.T., Aarnio, A., Ahola, A., Ihalainen, A., Heikkinen, J. & Tuomainen, T. 1999b. Keski-Suomen metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1967–96. Metsätieteen aikakausikirja. 2B/1999: 309-387.
- Tomppo, E., Korhonen, K.T., Henttonen, H., Ihalainen, A., Tonteri, T. & Heikkinen, J. 1999c. Kymen metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1966–98. Metsätieteen aikakausikirja. 3B/1999: 603-681.
- Tomppo, E., Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Tonteri, T., Heikkinen, J. & Henttonen, H. 1999d. Ålands skogar och deras utveckling 1963-1997. Metsätieteen aikakausikirja. 4B/1999: 785-849.
- Tomppo, E., Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Tonteri, T., Heikkinen, J. & Henttonen, H. 2000. Skogstillgångarna inom Kustens skogscentral och deras utveckling 1965-98. Metsätieteen aikakausikirja 1B/2000:83-232.
- Tomppo, E., Henttonen, H., Ihalainen, A., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 2001. Etelä-Savon metsäkeskuksen alueen metsävarat 1966-2000. Metsätieteen aikakausikirja. 2B/2001: 309-388.

4 Kunnostusojituksen puustovaikutukset

Erkki Ahti,

Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa

Sähköposti:erkki.ahiti@metla.fi

Johdanto

Suomessa oli ennen toista maailmansotaa ojitettuja soita 750 000 hehtaaria. Ojat kaivettiin siihen aikaan lapiotyönä, ja lapiokaivuuja tehtiin kaikkiaan 111 000 km (Paavilainen & Päivänen 1995). Metsäojitus alkoi sotien jälkeen 1950-luvun alussa, ensin käyttämällä oja-auroja ja myöhemmin pääasiassa traktorikaivureita. Toiminnan huippu osui vuoteen 1969, jolloin ojitettiin noin 294 000 hehtaaria suota. Nykyään ojitettua metsää on lähes kuusi miljoonaa hehtaaria, ja uudisojitus jo hyvin vähäistä.

Uudisojitus on 35 vuodessa lisännyt puuston vuotuista juoksevaa tilavuuskasvua Etelä-Suomen ruohokorvissa $5,4 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, mustikkakorvissa $3,3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, varsinaisilla sararämeillä $4,4 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, isovarpurämeillä $1,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ ja tupasvillarämeillä $1,2 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$. Pohjois-Suomessa kasvunlisät ovat olleet pienempiä kuin Etelä-Suomessa: ruohokorvissa kasvunlisä oli $3,6 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{a}^{-1}$, mustikkakorvissa $1,8 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, varsinaisilla sararämeillä $1,5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, isovarpurämeillä $0,8 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ ja tupasvillarämeillä $0,3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ (Heikurainen & Seppälä 1973).

Vielä 1980-luvulla vuotuiset kunnostusojituspinta-alat pysyttelivät 30 000–40 000 ha:ssa, mutta kunnostusojituksen tultua valtion metsänparannusrahoituksen piiriin vuonna 1987 kunnostusojitusalat ovat 1990-luvulla nousseet keskimäärin 75 000 hehtaariin vuodessa (Sevola 2000). Ojien kuntotutkimuksien (Keltikangas ym. 1986) ja sodanjälkeisen ajan vuotuisten uudisojituspinta-alojen perusteella on arvioitu, että vuotuinen kunnostusojitustarve olisi jo pitkään ollut paljon suurempi eli 150 000 - 200 000 ha vuodessa. Kansallisessa metsäohjelmassa esitetty vuotuinen kunnostusojitustarve on 110 000 ha.

Vaikka ojastoja on vuodesta 1960 Suomessa kunnostettu 1,6 miljoonaa hehtaaria (Sevola 2000), ja pohjavesipinnan tiedetään rämemuuttumilla laskevan 5-10 cm (Päivänen & Ahti 1988, Ahti & Päivänen 1997), kunnostusojituksen vaikutuksesta puuston kasvuun on käytettävissä vähän mittauksiin perustuvia selvityksiä (Ahti 1995, Ahti & Päivänen 1997, Aarnio ym. 1997a, Hökkä 1997, Lauhanen & Ahti 2001).

Kunnostusojituksen kannattavuudesta on käytettävissä kaksi tähän samaan puustoaaineistoon perustuvaa tutkimusta (Aarnio ym. 1997a, Hytönen & Aarnio 1998). Lisäksi Lauhanen ym. (1998) ovat arvioineet kunnostusojituksen kasvu- ja tuotosvaikutuksia VMI:n pysyvien suokoealojen perusteella Pohjois-Suomessa.

Tämän esityksen tavoitteena on selvittää, miten rämemännikön tilavuuskasvu reagoi kunnostusojitukseen. Esitys perustuu kokonaisuudessaan seuraavassa esiteltävään koesarjaan (Lauhanen & Ahti 2001).

Koealueet

Vuonna 1981 Metsähallituksen kunnostusojitussuunnitelmien joukosta alettiin etsiä rämemuuttumia, joilla puusto oli uudisojituksen jälkeen kehittynyt niin pitkälle, että tilavuuskasvun mittaaminen oli mielekästä, ja joilla ei oltu viimeisten 10 vuoden aikana tehty lannoituksia eikä hakkuita.

Vuosina 1982-1985 perustettiin 12 kenttäkoetta eri puolille Suomea. Kuhunkin kenttäkokeeseen pyrittiin sisällyttämään 4 käsittelyä: ojanperkaus, täydennysojitus (eli sarkojen halkaisu), ojanperkaus + täydennysojitus (yhdistelmäkäsittely) sekä kunnostusojittamaton vertailu. Nämä kaikki pyrittiin tekemään kolmesti toistettuina siten, että kullakin kokeella olisi vähintään 12 koeruutua. Tähän tavoitteeseen päästiin vain muutamalla kokeella (Taulukko 1). Erityisesti käsittelyistä riippumattomien vertailuruutujen sisällyttäminen kokeisiin oli hankalaa. Esimerkiksi, jos jonkin saran yksi oja perattiin, sen kummallekaan puolelle ei voitu sijoittaa vertailu- tai täydennysojitusruutua. Yhteensä vertailuruutuja oli 29, ojanperkausruutuja 39, täydennysojitusruutuja 35 ja molemmat toimenpiteet sisältäviä ruutuja 38 kappaletta.

Kokeet ovat kunnostusojitussuunnitelmien mukaan suotyypiltään pääosin neljännen tai viidennen ravinteisuustason rämeitä, ja ne on lähes kaikki myös ojituksen jälkeen lannoitettu. Suometsien PK-lannoitukset (400-500 kg ha⁻¹) on Kuhmon koetta lukuunottamatta tehty 10 vuotta ennen kokeen perustamista (Taulukko 1). Kasvumittaukset ovat myöhemmin osoittaneet, että kokeet poikkeavat tuotoskyvyltään toisistaan paljon enemmän kuin suunnitteluasiakirjojen perusteella oli odotettavissa.

Taulukko 1. Kunnostusojituskokeiden taustatiedot. Käsittelyt 0 = kunnostusojittamaton vertailu, a = ojan perkaus, b = täydennysojitus, ab = ojan perkaus ja täydennysojitus (yhdistelmäkäsittely). Haapajärven koe oli perattu myös vuonna 1950. Alkuperäiset suotyypit: LkR = lyhytkortinen räme, TR = tupasvillaräme, PsR = pallosararäme, TSR = tupasvillasararäme, VSR = varsinainen sararäme, VSN = varsinainen saraneva, KgR = kangasaräme, KR = korpiräme, VLR = varsinainen

Koe	Lämpösumma d.d.°C	Suotyyppi	Turvekerros m	Sarkaleveys m	Ojitusvuosi	Lannovuosi	Lähtöpuusto m ³ /ha	Koealojen määrä
								0 ja b ab
Leivonmäki	1178	VSR	0,2-1,0+	51	-55	-70	52	2 4 6 4
Joroinen	1173	KR	1,5+	63	-53	-71	54	1 1 2 2
Parkano	1132	TSR	0,5-1,3	67	-54	ei lann	54	1 4 0 5
Viitasaari	1070	KR	1,1-1,5+	48	-35	-66	58	1 2 1 2
Ähtäri	1069	LkR-TSR	0,6-1,5+	46	-52	-63	31	1 3 3 3
Sonkajärvi	1044	PsR	0,7-1,5+	47	-58	-64	54	3 4 3 3
Haapajärvi	1044	PsR-KgR	0,5-0,7	43	-26	-74	61	2 1 1 0
Pyhäntä	1024	PsKgR	0,2-0,6	50	-58	-66, -79	39	4 4 4 4
Yli-Ii	1002	LkR-VSR	1,5+	35	-67	-68	19	5 5 6 6
Kuhmo	982	TR	0,6-1,0+	45	-67	-69, -84	21	4 4 4 4
Puolanka	951	VSN	0,7-1,5+	44	-30	-65	32	3 5 3 3
Taivalkoski	867	VLR	1,0+	45	-66	-67	20	2 2 2 2

Puustomittaukset ja puustoaineiston laskenta

Kokeen perustamisen yhteydessä koeruutujen puusto numeroitiin pysyvästi. Puusto mitattiin 5 vuoden välein. Koeruutujen kaikista puista määritettiin puulaji sekä rinnankorkeusläpimitta ($d_{1,3}$). 9 alueella mitattiin perustamismittauksen yhteydessä puiden etäisyys vanhaan ojaan metrin tarkkuudella. Koepuut valittiin puiden luvun yhteydessä ottamalla jokaisesta läpimittaluokasta joka n:s puu siten, että koepuita tuli ruutua kohti kaikkiaan noin 20-30 kappaletta. Suurimmista läpimittaluokista otettiin suhteellisesti enemmän koepuita kuin pienimmistä läpimittaluokista. Kunkin koepuun pituus mitattiin 10 cm:n tarkkuudella mittaustangolla tai hypsometrillä. Käytännössä Pohjois-Suomen pienipuustoisilla kokeilla käytettiin mittaustankoa ja Etelä-Suomen puustoissa hypsometriä. Lisäksi mitattiin $d_{6,0}$ eli läpimitta kuuden metrin korkeudelta yli 7,6 metriä pitkistä puista, sekä arvioitiin koepuiden pituuskasvut viimeisten viiden vuoden ajalta.

Peruskoepuuaineiston lisäksi vuosina 1990-92 valittiin vallitsevan latvuskerroksen havupuista 20 kairauskoepuuta kultakin koeruudulta (Ahti 1995). Puukohtaisista sädekasvuista laskettiin koelakohtainen pohjapinta-alan kasvu. Sädekasvujen avulla arvioitiin myös koeruutujen puuston tilavuus viisi vuotta ennen kunnostusojitusta.

Puiden luvun ja koepuutietojen perusteella koeruutukohtaiset ja hehtaarikohtaiset runkoluku-tilavuus- ja tilavuuskasvutunnukset laskettiin KPL-ohjelmistolla (Heinonen 1994). Tutkimuksessa keskityttiin mäntypuustojen tilavuuksiin ojalinjahakkuiden jälkeen. Tilavuuskasvu laskettiin mittauskertojen tilavuuksien erotuksena. Lasketut erotuskasvut sisälsivät myös luonnonpoistuman.

Ojalinjapoistuma oli koko aineistossa ojanperkauksessa 0.9, täydennysojituksessa 3.2 ja yhdistelmäkäsitteillä 4.0 m³ ha⁻¹.

Tuloksia

Kunnostusojitus lisäsi merkitsevästi keskimääräistä puuston kasvua toimenpidettä seuraavan toisen 5-vuotisjakson aikana (Taulukko 2). Ensimmäisen 5-vuotisjakson aikana kasvu ei keskimäärin lisääntynyt.

Taulukko 2. Kunnostusojituksella saadut kasvunlisäykset rämemännikoissä ensimmäisten 10 vuoden aikana 12 kenttäkokeella.

Käsittely	Keskimääräinen kasvunlisäys, m ³ ha ⁻¹ v ⁻¹		
	0-5 v	5-10 v	0-10 v
Ojanperkaus	-0,03	+0,39***	+0,16
Täydennys	+0,07	+0,70***	+0,36***
Perk. + täyd.	+0,06	+0,96***	+0,48***

0-ruutujen kasvun taantumista toisen 5-vuotisjakson aikana tarkastellaan taulukossa 3, jossa kokeiden sisäinen puustovaihtelu on osittain eliminoitu laskemalla käsittelykohtaisesti, miten paljon 0-ruutujen kasvu on taantunut toisen 5-vuotisjakson aikana verrattuna kunnostusojitettuihin ruutuihin.

Taulukko 3. 0-ruutujen kasvun taantuminen toisen 5-vuotisjakson aikana. Luvut on saatu vähentämällä toisen 5-vuotisjakson kasvusta ensimmäisen 5-vuotisjakson kasvu ja vertaamalla kunnostusojitettujen ruutujen vastaavaan kasvumuutokseen.

Koe	Kasvun lisäys, m ³ ha ⁻¹ 5v ⁻¹		
	Ojanperkaus	Täyd.ojitus	Perk. + täyd.
Leivonmäki	-1,6	+1,6	-1,5
Joroinen	-6,4	-6,7	7,6
Parkano	-5,3		-9,3
Viitasaari	+0,6	-5,7	-5,7
Ähtäri	-2,7	-2,9	-3,7
Sonkajärvi	-3,2	-7,0	-7,1
Haapajärvi	-5,5	-7,6	
Pyhäntä	-2,4	-1,3	-4,5
Yli-Ii	-0,8	-2,5	-4,0
Kuhmo	-2,6	-3,6	-4,7
Puolanka	-2,7	-3,5	-4,7
Taivalkoski	-1,7	-1,7	-3,7

Taulukko 3 osoittaa, että 0-ruutujen kasvu on toisella 5-vuotisjaksolla taantumassa. Kasvutaantumukset ovat kuitenkin vielä toisellakin 5-vuotisjaksolla erityisesti ojanperkaukseen verrattuna pieniä, ja ne alkavat näkyä vasta kolmannella 5-vuotisjaksolla.

Päätelmiä

Kunnostusojituksen kasvunlisäykset näyttävät olevan Pohjois-Suomen pienissä ja heikkokasvuisissa puustoissa suhteellisesti selvempiä kuin Etelä-Suomessa. Tämä johtuu siitä, että suopuustot ovat Pohjois-Suomessa enemmän ojaiston varassa, koska puuston kasvu ja vedenotto ovat siellä keskimäärin pienempiä, ja toisaalta valunnalla on Pohjois-Suomessa metsän vesitaseessa suurempi merkitys kuin etelässä. Etelä-Suomessa puuston oma vedenotto yhdessä madaltuneiden ojien kanssa usein pystyy pitämään pohjavesipinnan riittävän syvällä, eikä puusto reagoi yhtä voimakkaasti kunnostusojitukseen kuin Pohjois-Suomessa.

Vaikka sarkaleveys oli useimmilla kokeilla 40-50 metriä, täydennysojitus vaikutti voimakkaammin puuston kasvuun kuin ojanperkaus. Erityisen selvästi puustot reagoivat täydennysojitukseen Pohjois-Suomessa. Tämä viittaa siihen, että ojituksen tulisi Pohjois-Suomessa olla tehokkaampi (enemmän ojia hehtaaria kohti) kuin Etelä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitos pyrkii selvittämään, miten kunnostusojitus tulisi ajoittaa erilaisissa suometsissä ja eri puolilla Suomea.

Kunnostusojituksella ei tule pyrkiä nopeasti realisoitaviin välittömiin kasvunlisäyksiin. Kunnostusojituksen tavoitteena tulisi olla, että kasvu pysyy kasvupaikan luontaista puuntuotoskykyä vastaavalla tasolla. Jos kunnostusojituksella saadaan suuri kasvunlisäys, toimenpide on tehty liian myöhään. Jos taas puusto ei reagoi lainkaan, kunnostusojitus on ehkä tehty liian aikaisin.

0-ruutujen kasvu lähti taantumaan yllättävän hitaasti useimmilla kokeilla. Näyttää siltä, että kunnostusojitukset kannattaa yleensä Etelä-Suomessa toteuttaa vasta hakkuiden yhteydessä, vaikka ojien kunto olisikin huono. Sen sijaan Pohjois-Suomessa ojien kunto on useimmilla ojitetuilla rämeillä riittävän tarkka kunnostusojitustarpeen tunnus.

Kirjallisuus

- Aarnio, J., Ahti, E., Hytönen, L.A. & Lauhanen, R. 1997a. Kunnostusojitus. Julkaisussa: Mielikäinen, K. & Riikilä, M. (toim.). Kannattava puuntuotanto. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. s. 102-108.
- Ahti, E. 1995. Kunnostusojituksen vaikutus pohjavesipinnan syvyyteen ja männyn pohjapinta-
alan kasvuun karuhkoilla rämemuuttumilla. Teoksessa (toim. Hytönen, J. & Polet, K.):
Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 540: 49-58.
- Ahti, E. & Päivänen, J. 1997. Response of stand growth and water table level to maintenance of
ditch networks within forest drainage areas. In: Trettin, C.C., Jurgensen, M.F., Grigal,
D.F., Gale, M.R. & Jeglum, J.K. Northern Forested Wetlands: Ecology and Management.
CRC Press Inc.; Lewis Publishers, USA. s. 449-457.
- Heikurainen, L. & Seppälä, K. 1973. Ojitusalueiden puuston kasvun jatkumisesta ja alueellisuudesta. Regionality and continuity of stand growth in old forest drainage areas. Acta Forestalia Fennica 132. 36 s.
- Heinonen, J. 1994. Koealojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Käyttöohje. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. Finnish Forest Research Institute, Research papers 504. 80 pp.
- Hytönen, L.A. & Aarnio, J. 1998. Kunnostusojituksen erilliskannattavuus muutamilla karuhkoilla rämeillä. Summary: Profitability of ditch-network maintenance on some oligotrophic pine mires. Suo 49(3): 87-99.
- Hökkä, H. 1997. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 651. 45 p. + 3 osajulkaisua.
- Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-78 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry in 1930-1978: Results from field surveys on drained areas. Acta Forestalia Fennica 193. 94 s.
- Lauhanen, R., Piironen, M.-L., Penttilä, T. & Kolehmainen, E. 1998. Kunnostusojitustarpeen arviointi Pohjois-Suomessa. (The evaluation of the need of ditch network maintenance in northern Finland). Suo 49(3):101-112.
- Lauhanen, R. & Ahti, E. 2001. Effects of maintaining ditch networks on the development of Scots pine stands Tiivistelmä: Kunnostusojituksen vaikutus rämemänniköiden kehitykseen. Suo 52: 29-38.
- Paavilainen, E. & Päivänen, J. 1995. Peatland forestry. Ecology and principles. Springer-Verlag. Berlin. 248 s.
- Päivänen, J. & Ahti, E. 1988. Ditch cleaning and additional ditching in peatland forestry - effect on ground water level. Symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions - vol 1. Joensuu, Finland 6-8 June 1988. Suomen Akatemian julkaisuja 4: 184-189.
- Sevola, Y. (toim.). 2000. Metsätilastollinen vuosikirja 2000. Finnish statistical yearbook of forestry. Metsäntutkimuslaitos. SVT, maa- ja metsätalous 2000:14. 366 s.

5 Kunnostusojituksen kasvureaktioon vaikuttavat tekijät

Hannu Hökkä¹⁾ ja Soili Kojola²⁾ Metla

¹⁾Rovaniemen tutkimusasema PL 16, 96301 Rovaniemi, sähköposti: hannu.hokka@metla.fi

²⁾Vantaan tutkimuskeskus PL 18, 01301 Vantaa

Johdanto

Ojitetuilla soilla rappeutuva ojasto johtaa ajan myötä pohjavedenpinnan kohoamiseen, joka tietyssä korkeudessa alkaa jälleen rajoittaa puiden kasvua. Esimerkiksi Heikuraisen (1980) mukaan puiden kasvu alkaa taantua jo 15 vuoden kuluttua uudisojitukselta ojien huonon kunnan vuoksi. Ojien kunnostustarpeen on todettu kasvumalleissa vähentävän puiden keskimääräistä kasvua (Hökkä ym. 1997). Siitä, millä korkeudella missäkin oloissa pohjavedestä tulee kasvua hidastava tekijä, ei kuitenkaan ole selvää käsitystä. Ojien huonosta kunnosta johtuvaa vedenpinnan nousua kompensoi osin puuston latvuspäidäntä ja kasvuun liittyvä haihdunta (Päivänen 1982, Hökkä ym. 2000a). Ojien kunto yksin ei selitä tarvetta kuivatuksen parantamiseen, eivätkä huonokuntoiset ojat taas aina selitä puuston kasvua, vaan kasvupaikkojen välinen vaihtelu on tässä mielessä suurta.

Kunnostusojituksen vaikutuksen puiden kasvuun on todettu vaihtelevan melkoisesti eri tilanteissa (Lauhanen & Ahti 2001). Kaikenkaikkiaan kunnostusojituksella saadun lisäkasvun on todettu jäävän melko vaatimattomaksi, 0,2 – 0,5 m³/ha/v ensimmäisen 10 vuoden aikana, joskin suurempiakin kasvunlisiä on saatu kasvumallilla tehdyissä pitemmän ajan simuloinneissa (Hökkä 1997, Hytönen & Aarnio 1998).

Kunnostusojituksen kasvuvaikutuksen tutkimisessa ongelmana on vertailukohdan epämääräisyys, ts. metsikön kehitystä kunnostamattomana on hyvin vaikea ennakoita. Toistaiseksi ei ole olemassa helppoja käytännön indikaattoreita osoittamaan sitä, milloin kuivatuksen tehokkuus on merkittävästi alenemassa ja kunnostus ehdottomasti tarpeen, tai milloin taas kasvu ei merkittävästi alene, vaikka ojat tukkeutuisivatkin.

Julkaistut tulokset kunnostusojituksen kasvureaktioista perustuvat samaan aineistoon (Ahti & Päivänen 1997), mikä on muistettava kasvun tasoa arvioitaessa. Kattavamman kuvan saamiseksi kasvun tasosta olisi tarpeen saada käyttöön myös muuta aineistoa suometsiköiden kunnostusojituksen jälkeisestä kasvusta. Tässä esityksessä tarkastellaan suometsien harvennuskokeiden kunnostusojitetujen kontrolliruuutujen koepuiden perusteella kasvureaktion kehitystä ja joitakin siihen vaikuttavia tekijöitä.

Aineisto ja menetelmä

Tämän esityksen aineisto koostuu seitsemästä, vuosien 1987 ja 1993 välillä perustetusta suometsien harvennuskokeesta, jotka kattavat lämpösumma-alueen 1200 – 880 dd°C (Taulukko 1). Pääosa kokeista kuitenkin sijoittuu pohjoiseen Suomeen. Kaikki edustavat ensiharvennusvaiheen männiköitä ojitetuilla turvemilla, tosin osassa ensiharvennus oli viivästynyt. Perustamishetkellä kokeilla tehtiin harvennus käyttäen kolmea eri voimakkuutta. Samassa yhteydessä tai viisi vuotta myöhemmin tehtiin kunnostusojitus (vanhojen ojien perkaus tai täydennysojitus tai molemmat). Vaikka metsiköt olivatkin ensiharvennuskohteita, ei niitä voi pitää kovin runsaspuustoisina perustamishetkellä (Taulukko 1). Kokeiden jäävä puusto on mitattu 5 ja 10 vuoden kuluttua perustamisesta ja seuraava mittausta on tarkoitus tehdä 15 kasvukauden kuluttua perustamisesta.

Kokeiden kontrolliruuutujen vaipoilta kerättiin syksyllä 2000 kaatokoepuuaineisto (10 koeputa/koe, yhteensä 70 putta) Metsäalan Wood Wisdom –tutkimusohjelman hankkeen ”Kuituraaka-aineen laatu ja tuotos ojitetuissa suometsissä” tarpeisiin. Kaikki koeputat olivat mäntyjä. Koeputista sahattiin kiekot eri korkeuksilta 2 metrin välein ja kiekkoista mitattiin lustomikroskoopilla puiden vuotuiset sädekasvut ytimeen saakka. Yhdessä kokeessa (Rovaniemen mlk.) myös kontrolliruuuduilla oli tehty lievä ensiharvennus.

Tämän esityksen tulokset perustuvat kahden metrin korkeudelta mitattuihin vuotuisiin sädekasvuihin. Koska kokeissa ei ollut kunnostusojittamattomia koeruutuja, sädekasvuja verrataan kunnostusta edeltävän viiden vuoden vuotuisen kasvun trendiin tai ko. jakson keskimääräiseen kasvuun. Kunnostuksen jälkeisen kasvujakson pituus oli enimmillään 13 vuotta ja lyhimmillään 4 vuotta. Vuotuisille kasvuille ei tehty kasvuindeksikorjausta. Eri tekijöiden vaikutusta kasvureaktion suuruuteen tutkittiin näitä kuvaavien muuttujien luokittaisella analyysillä käyttäen kokeittaisia sädekasvujen vuosikeskiarvoja ja puuluokittaisia keskiarvoja.

Tulokset ja tarkastelu

Koepuiden kasvuista lasketuissa keskimääräisissä kokeittaisissa kasvuissa oli paljon vaihtelua sekä edeltävän jakson, että kunnostusta seuraavan jakson osalta (Kuva 1). Kannuksen kokeessa ei ollut havaittavissa minkäänlaista kasvun lisäystä, mutta tässä kokeessa kuivatus oli jo ennen kunnostusta suhteellisen tehokkaasti järjestetty. Muissa kokeissa kasvureaktio oli kohtalaisen selvä. Usealla kokeella sädekasvuissa oli laskeva suuntaus ennen toimenpidettä.

Kokeet jaettiin lämpösumman mukaan kahteen luokkaan ja näiden luokkien sädekasvun keskiarvo laskettiin kokeittaisista keskiarvoista. Alle 1000 d.d. °C:n lämpösummaluokassa kasvu lisääntyi kunnostusojituksen jälkeen voimakkaammin kuin yli 1000 d.d. °C:n luokassa (Kuva 2).

Vastaavalla tavalla turpeen paksuuden mukaan luokiteltuna paksaturpeisilla (>30 cm) kokeilla kasvureaktio näyttäisi olevan selvästi voimakkaampi kuin ohutturpeisilla (Kuva 3). Oletettavaa onkin, että heikkenevä vesitalous on ongelma nimenomaan paksaturpeisilla soilla.

Puuston tiheyden vaikutusta tarkasteltiin jakamalla aineisto kahteen osaan käyttäen rajana 19 m²/ha pohjapinta-alaa. Vähäpuustoisilla koelohjoilla kasvureaktio oli voimakkaampi (Kuva 4). Metsikön korkea tiheys pienentää aina yksittäisten puiden kasvua, joten korkeampi kasvunlisäys vähäpuustoisemmissa metsiköissä selittyy sillä, että puilla on ollut enemmän kasvutilaa kunnostuksen jälkeen kuin tiheissä metsiköissä.

Puiden iän vaikutusta kasvureaktioon tarkasteltiin jakamalla koko koepuuaineisto mahdollisimman tasaisesti 6 ikäluokkaan (<25, 25 – 30, 31 – 40, 41 – 50, 51 – 60 ja 61 – 100 vuotta). Selvästi nopeimmin ja voimakkaimmin kunnostukseen reagoivat kaikkein nuorimmat puut (alle 25v). Yli 50 vuoden ikäisillä puilla ei juuri voitu havaita sädekasvun lisääntymistä (Kuva 5). Toisaalta on muistettava, että suurten puiden sädekasvun säilyminen muuttumattomana riittää takaamaan lisääntyvän pohjapinta-alan kasvun.

Viitasaaren kokeella oli mahdollista tarkastella puuston reaktiota kahteen 23 vuoden välein tehtyyn kunnostusojitukseen. Vuonna 1970 alueella oli tehty täydennysojitus, jonka seurauksena puiden sädekasvu oli lisääntynyt erittäin nopeasti ja voimakkaasti (Kuva 6). Puusto on tällöin ollut nuorta, juuri rinnakorkeuden saavuttanutta taimikkoa. Sama puusto on reagoinut uudelleen vuonna 1993 tehtyyn ojien perkaukseen, jonka tuloksena edeltävän kasvun laskeva trendi on muuttunut nousevaksi. Voidaan siis todeta, että puusto on tässä tapauksessa kahdesti kyennyt lisäämään kasvuaan kasvupaikan vesitalouden parantuessa.

Lopuksi tarkasteltiin toimenpiteen jälkeistä kasvua suhteutettuna edeltävän 5 vuoden kasvun keskiarvoon kokeittain ja koko aineistossa keskimäärin. Usealla kokeella ensimmäisen 5 kunnostuksen jälkeisen vuoden aikana kasvu on ollut alempi kuin edeltävällä jaksolla keskimäärin (Kuva 7). Ilmeisimmin tämä johtuu siitä, että sädekasvussa oli ennen kunnostusta selkeä laskeva

trendi, jolloin 4 tai 5 vuotta ennen kunnostusta kasvu on voinut olla hyvinkin korkea ja jakson keskikasvu siitä syystä melko korkea. Trendin muutos näyttää vievän muutaman vuoden, jolloin ensimmäisen kunnostuksen jälkeisen jakson keskikasvu on suhteellisesti alhaisempi kuin edeltävä keskikasvu.

Voimakkain sädekasvun lisäys, paksuuskasvu yli 100%, oli Yli-Iin ja Rovaniemen mlk:n kokeilla. Rovaniemellä tehtiin sekä täydennysojitus että ensiharvennus. Yli-Iin tulos selittyy erittäin alhaisella edeltävän jakson kasvun tasolla ja kasvun tasaisella lisääntymisellä (ks. kuva1). Kannuksen kokeella kasvu ei mitenkään muuttunut käsittelyn vuoksi. Kaikilla muilla kokeilla kasvu palautui aikaa myöten vähintään käsittelyä edeltävälle tasolle. Kasvun keskiarvo oli koko aineistossa ajalla 1-5 vuotta 0,6%, 6-10 vuotta 45,8% ja ajalla 11-13 vuotta 38,6% suurempi kuin edeltävällä jaksolla (Kuva 8). Koko kunnostuksen jälkeisellä 13 vuoden jaksolla sädekasvu oli keskimäärin 26 % korkeampi kuin edeltävän 5 vuoden jakson kasvu.

Päätelmiä

Tämän selvityksen alustavat tulokset ovat yhdensuuntaisia aiemmin julkaistujen kanssa siinä, että keskimäärin mäntyjen kasvu näyttää lisääntyvän kunnostusojituksen seurauksena. Koska tarkastelu rajoittui sädekasvuihin, tuloksia ei voida verrata muissa tutkimuksissa havaittuun tilavuuskasvureaktioon. Suhteellinen sädekasvu ensimmäisen 13 vuoden aikana kunnostuksen jälkeen oli kuitenkin 26% korkeampi kuin edeltävällä jaksolla keskimäärin, mikä tarkoittaa että puutason pohjapinta-alan kasvussa lisäys on vielä suurempi. Suometsien kasvumalleja (Hökkä ym. 1997) käytettäessä ennustettu pohjapinta-alan kasvu kunnostusojituksen tarpeessa olevalla kohteella on metsikkötasolla noin 15% alhaisempi kuin kohteella, missä oja ei ole tarpeen kunnostaa.

Tutkimuksen puutteena voidaan pitää kokeiden määrän rajoittumista seitsemään. Sen vuoksi eri tavalla tehdyt ryhmittelyt eivät välttämättä paljon muuta ryhmiin kuuluvia kokeita, koska esimerkiksi alueellinen jakauma puuston ja kasvupaikan ominaisuuksien suhteen on epätasainen. Yhden poikkeavan kokeen merkitys korostuu, mikä on pidettävä mielessä tuloksia tulkittaessa. Kunnostusojitusmenetelmien erottelu olisi voinut pienentää kasvun vaihtelua muiden muuttujien suhteen, mutta vähäisen koemäärän vuoksi siihen ei ollut mahdollisuuksia. Aineisto on kuitenkin täysin riippumaton siitä aineistosta, johon tähän mennessä julkaistut kunnostusojituksen kasvuvaiikutusten tulokset perustuvat.

Tässäkin aineistossa kasvureaktio vaihteli suuresti kokeittain. Kasvupaikan laadulla, maantieteellisellä sijainnilla ja metsikön ominaisuuksilla on aivan ilmeisesti merkitystä sille, kuinka heikko kuivatustila kasvualustassa todellisuudessa on ja kuinka paljon puut lisäävät toimenpiteen jälkeen kasvuaan. Jos kunnostusojituskohde on pohjoisessa, kasvupaikka paksurpeinen, puusto nuorta eikä tiheys ole liian korkea, on odotettavissa selvä kasvun lisääntyminen kunnostusojituksen tuloksena. Kääntäen tämä tarkoittaa myös sitä, että ojitusalueista osa on sellaisia, joilla kunnostusojitus ei ole puiden kasvun suotuisan kehityksen kannalta tarpeen, tai että kasvuun ei voida kunnostuksella vaikuttaa, vaikka ojat olisivatkin vanhat ja niiden kunto heikko.

Tässä aineistossa metsiköiden keskimääräistä suurempi tiheys kunnostushetkellä voi osaltaan vaikuttaa siihen, että kasvureaktio on hidas, eikä nouse keskimäärin kovin korkeaksi. Jos puilla olisi kasvutilan suhteen optimaalisemmat olot, ne voisivat paremmin hyödyntää kasvussaan vesitalouden paranemisen. Harvennukset tulisi suorittaa kunnostusojitusten yhteydessä. Esimerkki tästä yhdysvaikutuksesta on Rovaniemen mlk:n kokeen kasvureaktio, joka on sekä absoluuttisesti, että edeltävään kasvuun suhteutettuna suurin koko aineistossa, vaikka koe on sijainniltaan pohjoisin.

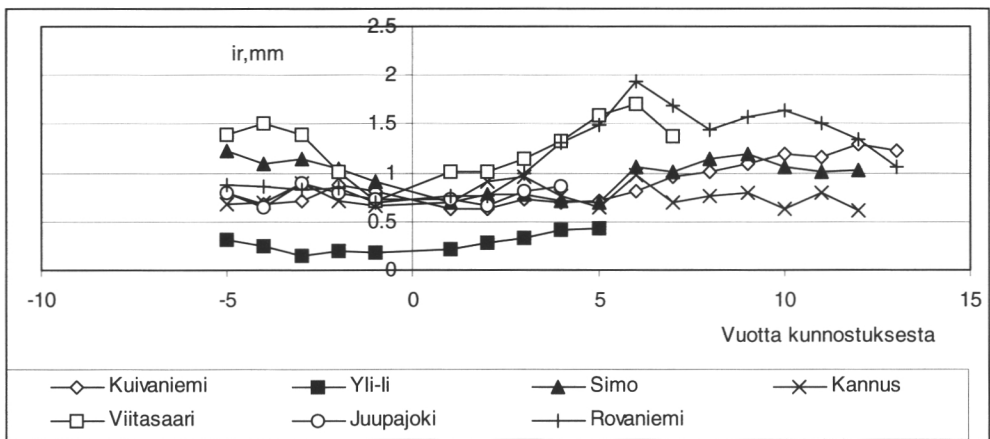
Tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että ojitusalueiden rämemänytty reagoivat useimmiten kunnostusojitukseen lisäämällä kasvuaan. On muistettava, että sädekasvu iän myötä normaalisti laskee, joten laskevan trendin loivenemistakin voidaan pitää kasvun paranemisena. Tässä mielessä saadut tulokset tukevat aiemmin esitettyjä käsityksiä, että kunnostusojituksen vaikutus ei rajoitu

vain kasvun tason pysymiseen ennallaan, vaan sillä on kasvua lisäävä vaikutus.

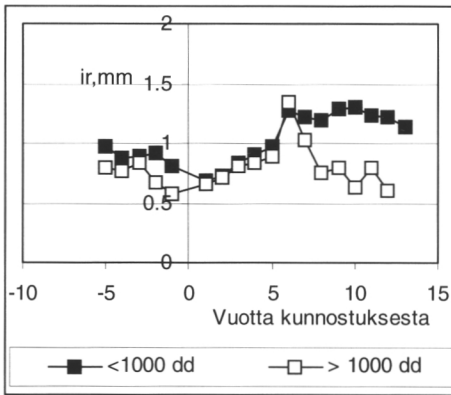
Kiitokset Riitta Alanivalle kuvien viimeistelystä.

Taulukko 1. Kokeiden kontrolliruutujen keskimääräinen pohjapinta-ala (PPA), tilavuus (V) ja runkoluku (N) kunnostusajitushetkellä, sekä kokeiden suotyyppi, lämpösumma ja keskimääräinen turpeen paksuus.

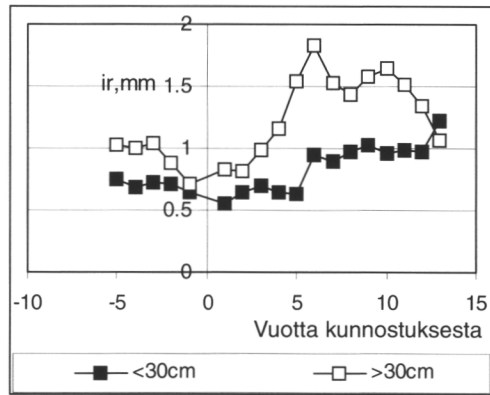
Koe	PPA (m ² ha ⁻¹)	V (m ³ ha ⁻¹)	N (ha ⁻¹)	Suotyyppi	Lämpö- summa (d.d. °C)	Turve (cm)
Kuivaniemi	19,4	101,9	2507	VSR	982	30
Yli-Ii	29,0	188,8	2300	VSR	1020	30
Simo	14,6	65,6	2694	RhSK-VSR	962	30
Rovaniemi mlk	12,1	56,9	1506	VL	862	80
Kannus	23,9	141,1	2664	KR	1068	20
Viitasaari	20,1	133,9	1400	TSR	1050	50
Juupajoki	13,0	76,8	1187	ITR	1127	100



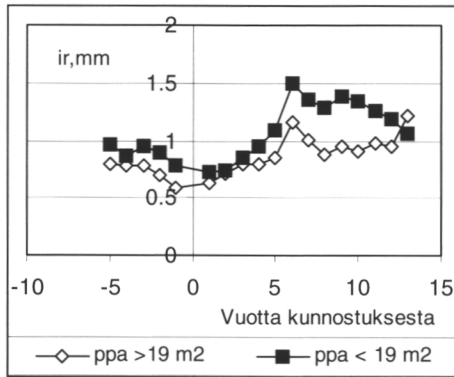
Kuva 1. Koepuiden keskimääräinen vuotuinen sädekasvu ennen ja jälkeen kunnostuksen kokeittain.



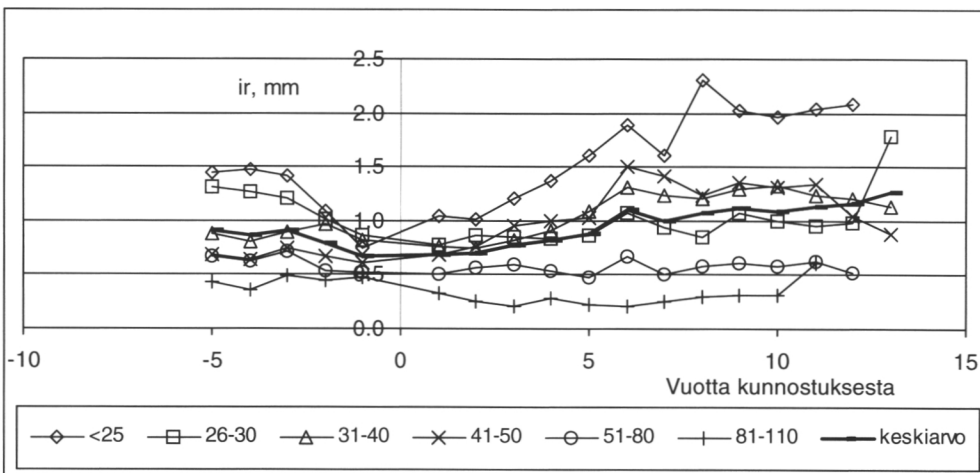
Kuva 2. Keskimääräinen vuotuinen sädekasvu lämpösommaluokissa (<1000 d.d.°C, >1000 d.d.°C) ennen ja jälkeen kunnostuksen.



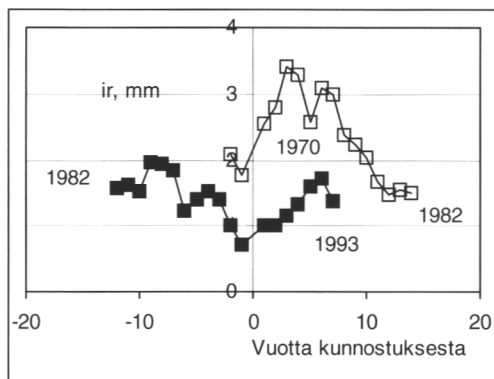
Kuva 3. Keskimääräinen vuotuinen sädekasvu turpeen paksuusluokissa (<30cm, >30 cm) ennen ja jälkeen kunnostuksen.



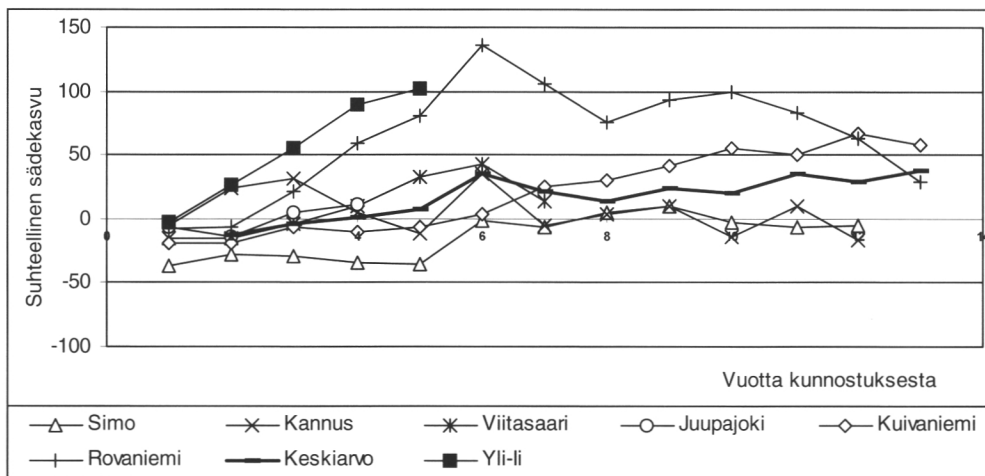
Kuva 4. Keskimääräinen vuotuinen sädekasvu puuston pohjapinta-alaluokissa (<19m², >19m²) ennen ja jälkeen kunnostuksen.



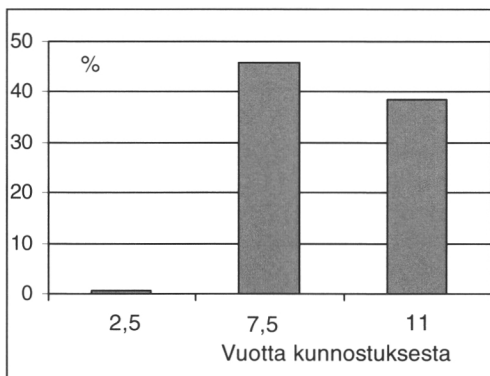
Kuva 5. Keskimääräinen vuotuinen sädekasvu koepuiden ikäluokissa (<25, 25 – 30, 31 – 40, 41 – 50, 51 – 60 ja 61 – 110 vuotta) ennen ja jälkeen kunnostuksen.



Kuva 6. Koepuiden keskimääräinen sädekasvu-reaktio Viitasaaren kokeella vuosina 1970 ja 1993 tehtyjen kunnostusojitusten jälkeen.



Kuva 7. Koepuiden keskimääräinen vuotuinen sädekasvu kunnostuksen jälkeen suhteessa kunnostusta edeltävän 5 vuoden jakson keskimääräiseen kasvuun kokeittain.



Kuva 8. Koko aineiston keskimääräinen sädekasvu jaksolla 1 – 5 vuotta, 6 – 10 vuotta ja 11 – 13 vuotta kunnostuksesta suhteessa kunnostusta edeltävän 5 vuoden jakson keskimääräiseen kasvuun.

Kirjallisuus

- Ahti, E., & Päivänen, J. 1997. Response of stand growth and water table level to maintenance of ditch networks within forests drainage area. Julkaisussa: Northern forested wetlands. Ecology and management. Trettin, C., Jurgensen, M.F., Grigal, D.F., Gale, M.R., & Jeglum, K.J. (toim.) CRC Press. 449-457.
- Heikurainen, L. 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Drainage condition and tree stand in peatlands drained 20 years ago. *Acta Forestalia Fennica* 167: 1-39.
- Hökkä, H. 1997a. Models for predicting growth and yield in drained peatland stands. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 651. 45 s.
- Hökkä, H., Alenius, V. & Penttilä, T. 1997. Individual-tree basal area growth models for Scots pine, pubescent birch and Norway spruce on drained peatlands in Finland. *Silva Fennica* 31(2): 161-178.
- Hökkä, H., Penttilä, T. & Siipola, M. 2000a. Spatial and temporal patterns in groundwater table level after thinning in a spruce mire. In: Rochefort, L. & Daigle, J.-Y. (eds.). *Sustaining our Peatlands. Proceedings of the 11th International Peat Congress. Volume II. CSPP & IPS, Edmonton, Alberta.* p. 937-942.
- Hökkä, H., Alenius, V. & Salminen, H. 2000b. Predicting the need for ditch network maintenance in drained peatland sites in Finland. Summary: Kunnostusojitustarpeen ennustaminen ojitusalueilla. *Suo* 51(1): 1-10.
- Hytönen, L. A. & Aarnio, J. 1998. Kunnostusojituksen erilliskannattavuus muutamilla karuhkoilla rämeillä. Summary: Profitability of ditch-network maintenance on some oligotrophic pine mires. *Suo* 49(3): 87-99.
- Lauhanen, R. & Ahti, E. 2001. Effects of maintaining ditch networks on the development of Scots pine stands. Tiivistelmä: Kunnostusojituksen vaikutus rämemänniköiden kehitykseen. *Suo* 52: 29-38.
- Päivänen, J. 1982. Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen. Summary: The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area. *Folia Forestalia* 516. 19 p.

6 Miksi soilta huuhtoutuu lannoitefosforia? Voidaanko huuhtoutumista estää?

Mika Nieminen,

Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa

Sähköposti: mika.nieminen@metla.fi

Tausta

Kaikista kalsiumfosfaattia (apatiittia) sisältävistä lannoitteista on osoitettu voivan huuhtoutua fosforia ojitusalueiden lannoituksissa. On arvioitu, että jopa yli 20 % annetusta fosforista voi huuhtoutua vesistöihin (Kenttämies & Saukkonen 1996). Nopealiukoisista lannoitteista (esim. Rakeinen suometsien PK) fosforia voi alkaa huuhtoutua välittömästi lannoituksen jälkeen (Saura 1990, Nieminen & Ahti 1993). Hidasliukoisista lannoitteista (Marokon raakafosfaatti, Siilinjärven apatiitti) huuhtoutuminen alkaa muutaman kuukauden tai jopa 1-2 vuoden viiveellä (Ahti 1983, Saura ks. tämä nide). 20 % annetusta fosforista voi huuhtoutua vesistöihin (Kenttämies & Saukkonen 1996). Huoli lannoitefosforin huuhtoutumisesta ja vesistöjen rehevöitymisestä on ehkä tärkein syy siihen, että käytännön lannoitustoiminta ojitusalueilla on nykyisin hyvin vähäistä. Lannoitusaktiiviteetin lisäämiseksi tarvitaan nykyistä ympäristöystävällisempiä lannoitteita. Tällaisten lannoitteiden kehittäminen edellyttää, että syyt fosforin huuhtoutumiseen ojitusalueilta ymmärretään.

Fosforin huuhtoutumiseen vaikuttavat tekijät

Tärkeimmät lannoitefosforin huuhtoutumista kontrolloivat tekijät turvemaidella ovat: (1) fosforin liukeneminen lannoitteista vesiliukoiseen muotoon, (2) puuston ja pintakasvillisuuden fosforinotto ja (3) fosforin sitoutuminen turpeeseen. Huuhtoutumisaltista on periaatteessa kaikki lannoitteista liukeneva fosfori, joka ei joko sitoudu puustoon ja pintakasvillisuuteen tai pidäyty turpeeseen.

Fosforin liukeneminen apatiittia sisältävistä lannoitteista tapahtuu oheisen kaavan mukaan:



Kaavasta nähdään, että fosforin liukeneminen apatiitista ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) on sitä nopeampaa, mitä suurempi on maanesteen happamuus (H^+ -konsentraatio), ja mitä nopeammin liukenemisen lopputuotteet (Ca^{2+} ja H_2PO_4^-) poistuvat maanesteestä. Koska soilla maanesteen happamuus on suuri, liukeneminen voi olla hyvinkin nopeaa. Koska lisäksi kasvillisuuden fosforinoton aktiivisuus vaikuttaa liukenemiseen vain vähän, fosforia voi liueta lannoitteista enemmän kuin kasvillisuus pystyy käyttämään. Niemisen ja Jarvan (2000) tutkimuksessa n. 40 % Marokon raakafosfaatin fosforista liukeni vesiliukoiseen muotoon kahdessa vuodessa viljavuudeltaan karulla rämeellä. Puusto ja pintakasvillisuus käyttivät karulla rämeellä kuitenkin vain 25-33 % annetusta Marokon raakafosfaatista kolmen vuoden aikana (Finér & Nieminen 1997). Käyttämättä jäävästä fosforista osa saattaa huuhtoutua kasvupaikalta vesistöön. Ympäristöystävällisen lannoitteen pitäisikin ihannetapauksessa olla sellainen, ettei tätä puustolta ja pintakasvillisuudelta käyttämättä jäävää ”ylimäärää” syntyisi, vaan fosforia liukenis vain puuston ja pintakasvillisuuden aktiivisen ravinteidenoton seurauksena.

Suuri liukenemisnopeus ei kuitenkaan aiheuta huuhtoutumisongelmaa silloin, kun kasvillisuudelta käyttämättä jäävä fosfori sitoutuu maahan. Turpeeseen fosforia pidättyy kuitenkin usein hyvin vähän. Taulukossa 1 on pintaturpeen maksimaalinen fosforinpidätyskyky 20 ojitusalueella. Monilla etenkin viljavuudeltaan karuilla soilla turpeeseen näyttäisi pidättyvän niin vähän fosforia, että kasvillisuudelta käyttämättä jäävä lannoitefosfori vääjäämättä huuhtoutuu. Syyinä alhaiseen fosforinpidätykseen on fosforia sitovien alumiini- ja etenkin rautayhdisteiden vähäisyys turpeessa (Nieminen & Jarva 1996). Etenkin karuilla, ombrotrofisilla soilla alumiinia ja rautaa on yleensä vähän.

Fosforihuuhtoutumien vähentäminen

Raudan tärkeä merkitys fosforin pidätyksessä on nostanut esiin ajatuksen fosforihuuhtoutumien vähentämisestä lisäämällä lannoitteisiin fosforin ohella rautaa (Nieminen 2000). Useat tutkimukset ovatkin osoittaneet, että fosforin huuhtoutumista turpeesta voidaan vähentää lisäämällä fosforin ohella rautaa tai alumiinia (Fox & Kamprath 1971, Scheffer & Kuntze 1989). On kuitenkin epäselvää, miten rauta- tai alumiinipitoiset lannoitteet vaikuttavat puuston ja muun kasvillisuuden kasvuun ja fosforin saantiin. Kasvillisuuden tiedetään kykenevän hajottamaan Fe-P- ja Al-P-yhdisteitä erittämällä juuriston ja mykoritsojen kautta orgaanisia happoja ja uuteaineita (esim. Griffiths ym. 1994). Tämä viittaa siihen, että Fe-P-yhdisteet voivat olla kasveille käyttökelpoinen fosforin lähde. Huomattavia määriä alumiinia ja rautaa sisältävät turpeen ja etenkin puun tuhka ovat osoittautuneet tehokkaiksi ja pitkävaikutteisiksi fosforilannoitteiksi suometsissä. Tämäkin on osoituksena siitä, että Fe- tai Al-pitoiset lannoitteet voivat olla hyvä kasvien fosforin lähde. Fe- tai Al-pitoisten lannoitteiden tuotosvaikutuksia perinteisiin kalsiumfosfaattia sisältäviin lannoitteisiin verrattuna ei kuitenkaan tiedetä. Tästä syystä Metsäntutkimuslaitoksen ja Kemiran yhteistyönä tehtiin koe rautapitoisten fosforilannoitteiden vaikutuksesta fosforin huuhtoutumiseen ja koivun taimien kasvuun.

Esitutkimus raudan lisäämisestä fosforilannoitteisiin

Materiaali ja menetelmät

Kokeen alussa kylvettiin runsaasti rauduskoivun siemeniä lannoittamattomalla rahkaturpeella täytettyyn astiaan. Siemeniä idätettiin pitämällä turvealusta tasaisen kosteana siihen asti, kunnes taimet saavuttivat 2-3 lehtivaiheen. Tämän jälkeen taimet siirrettiin varsinaisiin kasvatuspurkkeihin, 5 tainta purkkia kohden. Kasvatuspurkkeina käytettiin pohjastaan rei'itettyjä polyeteeniruukkuja, joiden halkaisija oli 13,5 cm. Purkit täytettiin punnitsemalla 300 g lannoittamatonta kasvaturvetta jokaiseen purkkiin. Viikon kuluttua taimien siirtämisestä aloitettiin lannoituskoe levittämällä lannoitteet mahdollisimman tasaisesti purkin pintaan. Lannoituskäsittelyt olivat:

- 1) Fe-P1+Kalisuola (P 8,0 %, K 15,4 %, Fe 14,7 %)
- 2) Fe-P2+Kalisuola (P 8,6 %, K 16,9 %, Fe 7,2 %)
- 3) Apatiitti+Kalisuola (P 9,3 %, K 17,7 %, Fe 0,17 %)
- 4) Superfosfaatti+Kalisuola (P 7,0 %, K 11,3 %, Fe 0,23 %)

Jokaisessa lannoituskäsittelyssä oli 7 toistoa. Kokeeseen otettiin lisäksi 2 kontrollipurkkia, joita ei

lannoitettu fosforilla. Siten kasvatuspurkkien yhteismäärä oli 30. Fe-P1-lannoitteessa rautaa oli noin kaksinkertainen määrä Fe-P2-lannoitteeseen verrattuna. Lannoitteet annosteltiin niin, että fosforin levitysmääräksi tuli 45,0 kg/ha. Erot kaliumin määrissä käsittelyiden välillä poistettiin lisäämällä kalisuolaa siten, että kaikki käsittelyt saivat kaliumia 88,4 kg/ha.

Koeastioita kasteltiin säännöllisesti siten, että veden puute ei ollut kasvua rajoittava tekijä missään kokeen vaiheessa (50-100 ml/viikko). Koska tutkitut lannoitteet eivät sisältäneet typpeä, taimille annettiin lisäksi 50-100 ml/viikko typpeä sisältävää kastelulannoitetta. Kastelulannoite oli valmistettu liuottamalla 2175 mg ureaa (N 46 %) 5 litraan deionisoitua vettä. Lisäksi kaikki purkit lannoitettiin kerran kokeen aikana Kali-hiven -lannoitteella (annos 0,429 g/purkki=300 kg K ha⁻¹) sen varmistamiseksi, että muut ravinteet kuin fosfori eivät voi rajoittaa taimien kasvua.

Taimien pituus mitattiin useasti kasvatusjakson aikana. Viidestä kasvatuspurkkiin lisäystä taimesta kolme heikointa tainta poistettiin, kun pisin taimi oli saavuttanut noin 5 cm:n pituuden. Kahdesta jäljelle jääneestä heikompi kasvuinen poistettiin pidemmän taimen saavutettua 10-15 cm:n pituuden.

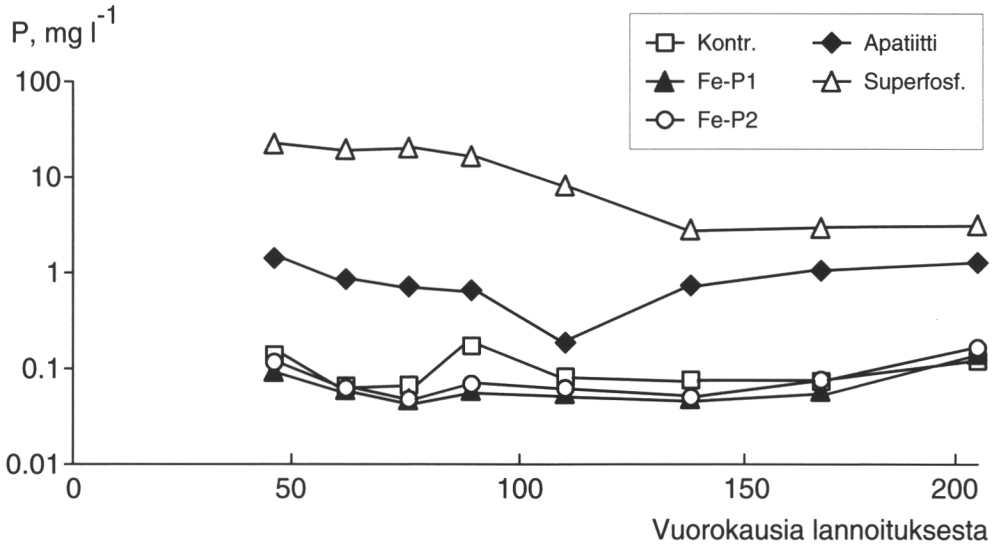
Kahden viikon tai kuukauden välein purkit kasteltiin runsaalla vesimäärällä (500-600 ml) ja purkin pohjassa olevien reikien kautta valunut vesinäyte kerättiin talteen. Näyte analysoitiin suodattamisen jälkeen ICP-plasmaemissiospektrofotometrillä.

Tulokset ja tarkastelu

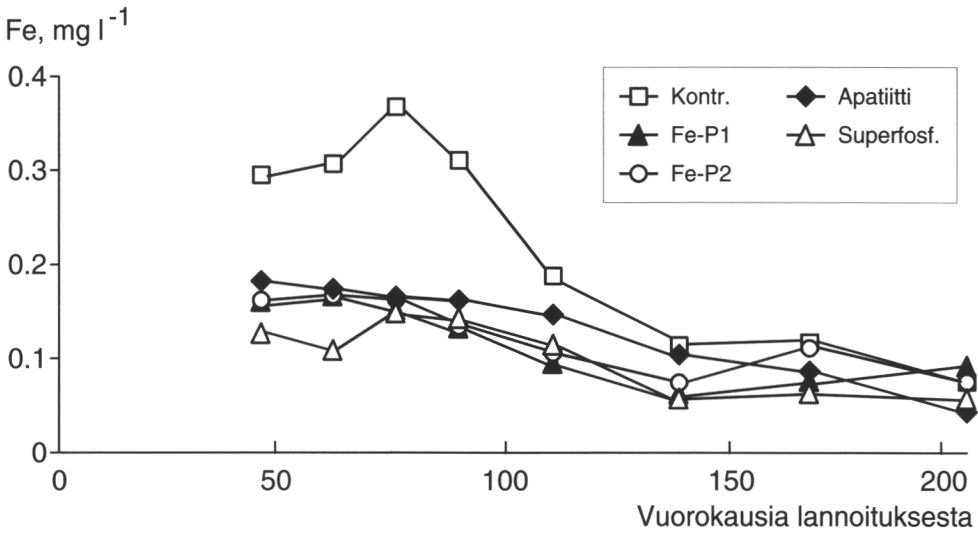
Rautaa sisältävistä P-lannoitteista ei huuhtoutunut fosforia yhtään enempää kuin kokonaan fosforilla lannoittamattomista purkeista (kuva 1). Rautapitoiset lannoitteet eivät myöskään lisänneet raudan huuhtoutumista (kuva 2). Apatiitilla ja etenkin superfosfaatilla lannoitetuista purkeista sen sijaan huuhtoutui huomattavasti fosforia.

Kokeen alussa rautapitoiset P-lannoitteet eivät juurikaan lisänneet taimien kasvua kontrollikäsittelyyn verrattuna (kuva 3). Sen sijaan apatiitilla ja superfosfaatilla käsitellyt taimet kasvoivat hyvin. Kokeen loppua kohden myös Fe-P1-lannoitteella ja etenkin Fe-P2-lannoitteella käsitellyt taimet alkoivat lisätä kasvuaan. Kokeen lopussa Fe-P2-lannoitteella käsiteltyjen taimien pituus olikin jo lähes sama kuin apatiitilla lannoitetujen.

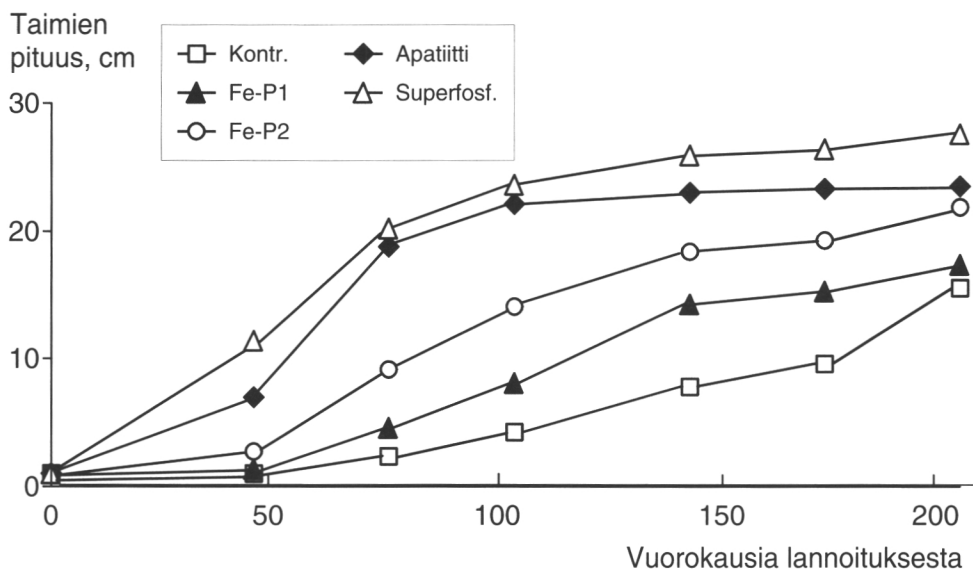
Tutkimus osoitti, että lisäämällä lannoitteisiin rautaa voidaan aikaansaada huuhtoutumattomia metsänlannoitteita. Lyhytaikaisessa kasvatuskokeessa taimien kasvu ja biomassa jäivät rautaa sisältävillä lannoitteilla kuitenkin alhaisemmiksi kuin apatiitilla ja superfosfaatilla. Tästä ei kuitenkaan voi tehdä sitä johtopäätöstä, että rautaa sisältävät lannoitteet olisivat metsänlannoitteina heikommin vaikuttavia kuin apatiitti tai superfosfaatti. Metsänlannoituksessa nimittäin pyritään 20-30 vuoden vaikutusaikaan, eikä lyhytaikaisen kasvatuskokeen perusteella voi ennustaa liukoisuudeltaan erilaisten lannoitteiden tuotosvaikutuksia 10 tai 20 vuoden ajanjaksolla. Lopullisten johtopäätösten tekeminen rautaa sisältävien lannoitteiden käyttökelpoisuudesta metsänlannoitteena edellyttää pitkäaikaisen kenttäkokeen perustamista.



Kuva 1. Kasvatusastioiden läpi valuneiden vesien fosforipitoisuus eri aikoina lannoituksen jälkeen.



Kuva 2. Kasvatusastioiden läpi valuneiden vesien rautapitoisuus eri aikoina lannoituksen jälkeen.



Kuva 3. Taimien pituuden kehittyminen lannoituksen jälkeen.

Taulukko 1. Pintaturpeen (0-15 cm) maksimaalinen fosforinpidätyskyky 20 ojitusalueella. Julkaisusta Nieminen & Jarva (1996).

Alue	Suotyyppi ¹⁾	Fosforin- pidätys, kg ha ⁻¹
1	Lettoräme	184
2	Ruoho- ja heinäkorpi	15
3	Ruohoinen sararäme	17
4	Ruohoinen sarakorpi	29
5	Ruohoinen saraneva	43
6	Ruohoinen sarakorpi	104
7	Mustikkakorpi	21
8	Mustikkakorpi	16
9	Varsinainen sararäme	0
10	Varsinainen sararäme	200
11	Varsinainen saraneva	161
12	Pallosararäme	2
13	Korpiräme	0
14	Isovarpuräme	3
15	Isovarpuräme	27
16	Tupasvillaräme	1
17	Tupasvillaräme	8
18	Lyhytkorsiräme	24
19	Lyhytkorsineva	32
20	Rahkaneva - Tupasvillaräme	3

¹⁾ Heikuraisen & Pakarisen (1983) mukaan

Kirjallisuus

- Ahti, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 111: 1-20.
- Fox, R. L. & Kamprath, E. J. 1971. Adsorption and leaching of P in acid organic soils and high organic matter sand. *Soil Science Society of American Proceedings* 35: 154-156.
- Finér, L. & Nieminen, M. 1997. Dry mass and the amounts of nutrients in understorey vegetation before and after fertilization on a drained pine bog. *Silva Fennica* 31(4): 391-400.
- Griffiths, R. P., Baham, J. E. & Caldwell, B. A. 1994. Soil solution chemistry of ectomycorrhizal mats in forest soil. *Soil Biology and Biochemistry* 26(3): 331-337.
- Heikurainen, L. & Pakarinen, P. 1983. Soiden luokitus. Teoksessa: Laine, J. (toim.). Suomen suot ja niiden käyttö. Suoseura ry, IPS:n Suomen kansallinen komitea. s. 14-23.
- Kenttämies, K. & Saukkonen, S. 1996. Metsätalous ja vesistöt. Yhteistutkimusprojektin ”metsätalouden vesistöhaitat ja niiden torjunta” (METVE) yhteenveto. MMM:n julkaisu 4/1996. 102 s.
- Nieminen, M. 2000. Phosphorus fertilizer leaching from drained ombrotrophic peatland forests: empirical studies and modelling. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 756. 50 s. + 4 liitejulkaisua.
- Nieminen, M. & Ahti, E. 1993. Talvilannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen karulta suolta. (Summary: Leaching of nutrients from an ombrotrophic peatland area after fertilizer application on snow). *Folia Forestalia* 814: 1-22.
- Nieminen, M. & Jarva, M. 1996. Phosphorus adsorption by peat from drained mires in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11: 321-326.
- Nieminen, M. & Jarva, M. 2000. Dissolution of phosphorus fertilizers of differing solubility in peat soil: A field experiment on a drained pine bog. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 267-273.
- Saura, M. 1990. Metsänlannoitus vesistöjen rehevöittäjänä. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 270. 60 s.
- Scheffer, B. & Kuntze, H. 1989. Phosphate leaching from high moor soils. *International Peat Journal* 3: 107-115.

7 Apatiittilannoituksen vaikutus valumaveden laatuun Parkanon Liesinevalla

Matti Saura

Ylitarkastaja, Pirkanmaan ympäristökeskus, PL 297, 33101 Tampere

Johdanto

Metsänlannoitus lisää metsien tuottoa, mutta metsänlannoituksessa levitettävien ravinteiden huuhtoutuminen ja niiden mahdolliset haittavaikutukset vesistöille on myös syytä ottaa huomioon toiminnan suunnittelussa. Koska suomalaiset vesistöt ovat vähäravinteisia ja niiden vesitilavuus on pieni, ovat ne herkkiä lisääntyvälle ravinnekuormitukselle. Kasvinravinteiden - pääasiassa fosforin - lisääntyneet pitoisuudet voivat aiheuttaa vesistöissä haitallisia rehevöitymisilmiöitä.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimusalueena on Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman Liesinevan perustama sarkaleveyskoekenttä, jossa on myös aikaisemmin tutkittu metsänlannoitteiden huuhtoutumista (Ahti 1983). Alkuperäinen suotyypä oli pääasiassa tupasvilla/lyhytkortinen räme. Pieninä laikkuina esiintyi myös saraisuustasoa. Sarkaleveyskoe perustettiin vuonna 1955. Osa sarkaleveyskoekentästä peruslannoitettiin fosforilla ja kaliumilla 1960-luvun alussa. Osa vuonna 1965 lannoitetusta kaistasta lannoitettiin vuonna 1977 ja koko kaista jatkolannoitettiin 11-13.5.1994 apatiittipohjaisella Metsän PK-lannoksella. Levitysmäärä oli 500 kg ha⁻¹ (fosforia 45 kg ha⁻¹ ja kaliumia 80 kg ha⁻¹). Fosfaatinpidätyskykyä kuvaavan adsorptiotermin perusteella Liesineva kuuluu niihin ojitusalueisiin, joilla turpeen fosfaatinpidätyskyky on heikko ja lannoitefosforin huuhtoutumisriski on suuri (Jarva ym. 1995).

Tällä tutkimusjaksolla on veden laatua seurattu vuodesta 1989. Tutkimuksessa on mukana yhteensä 10 sarkaa: 8 sarkaa, joiden valuma-alueista osa lannoitettiin 1994 sekä kaksi lannoittamatonta sarkaa (10 ja 26) vertailualueina. Tutkimuksen kuusi ojaa ovat avo-ojia ja neljä ojaa salaojia. Ojavesien keskimääräiset vuosittaiset fosforipitoisuudet laskettiin virtaamapainotteisesti kaavan (1) mukaan.

$$C = \frac{\sum c_i \cdot Q_i}{\sum Q_i}$$

missä

C = vuoden keskipitoisuus

c = näytteenottohetken pitoisuus

Q_i = näytteenottohetken virtaama

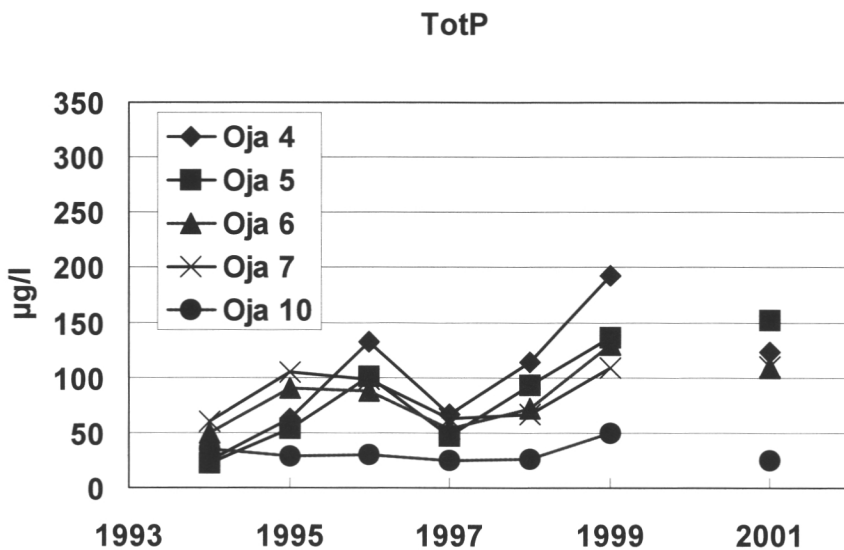
Tulokset ja niiden tarkastelu

Ojavesien keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet kahta ojaa lukuunottamatta olivat ennen lannoitusta 24-32 mg l⁻¹. Heti lannoituksen jälkeen, vuonna 1994, pitoisuudet olivat samalla tasolla (kuvat 1 ja 2). Toisena keväänä pitoisuudet kohosivat, ja erityisesti kolmantena keväänä, vuonna 1996, olivat pitoisuudet erittäin korkeita, enimmillään jopa yli 400 mg l⁻¹, eli yli kymmenkertaisia verrattuna ennen lannoitusta vallinneisiin pitoisuuksiin tai vertailualueisiin. Vuonna 1998 pitoisuudet olivat kohonneet lannoitetuilla saroilla jonkin verran edelliseen vuoteen verrattuna. Vuodelta 2000 ei ole vedenlaatutietoja. Vuodelta 2001 on tuloksia ensimmäiseltä vuosipuoliskolta, joten kuvissa esitetyt pitoisuuskeskiarvot eivät ole täysin vertailukelpoisia aikaisempiin vuosiin. Erityisesti fosfaattifosforin pitoisuuksissa ovat lannoittamattomien ja eräiden lannoitettujen sarkojen väliset erot suuret (kuvat 3 ja 4).

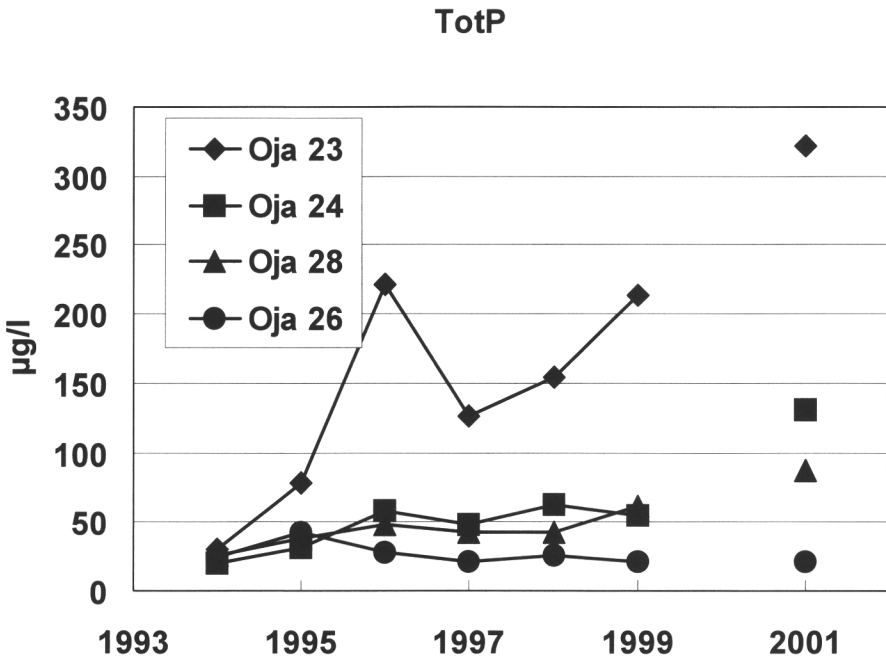
Aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna Liesinevalta mitattu hidasliukoisen fosforin huuhtoutuminen on suuri. Yhtenä syynä voi olla näytteenottostrategia. Useissa tutkimuksissa näytteenotto on keskittynyt vähävetiseen kesäkauteen. Liesinevalla on otettu näytteitä myös aikaisin keväällä, jolloin pitoisuudet ovat olleet huomattavan korkeita lannoitetuilla saroilla purkautuvissa ojavesissä (ks. esim. kuva 5). Lannoitettujen alueiden veden fosforipitoisuudet olivat mittausten mukaan vielä seitsemän vuotta lannoituksesta vertailualueita suurempia.

Koska kyseessä on jatkolannoitus ja Liesinevan fosfaatinpidätyskyky on huono, ei tuloksia voi suoraan yleistää kaikkiin lannoituskohteisiin. Toisaalta tulokset kertovat siitä, että tietyissä olosuhteissa hidasliukoistakin lannoitefosforia voi huuhtoutua turvemailta merkittäviä määriä, kun asiaa tarkastellaan tarpeeksi pitkällä ajanjaksolla (ks. myös Nieminen 2000).

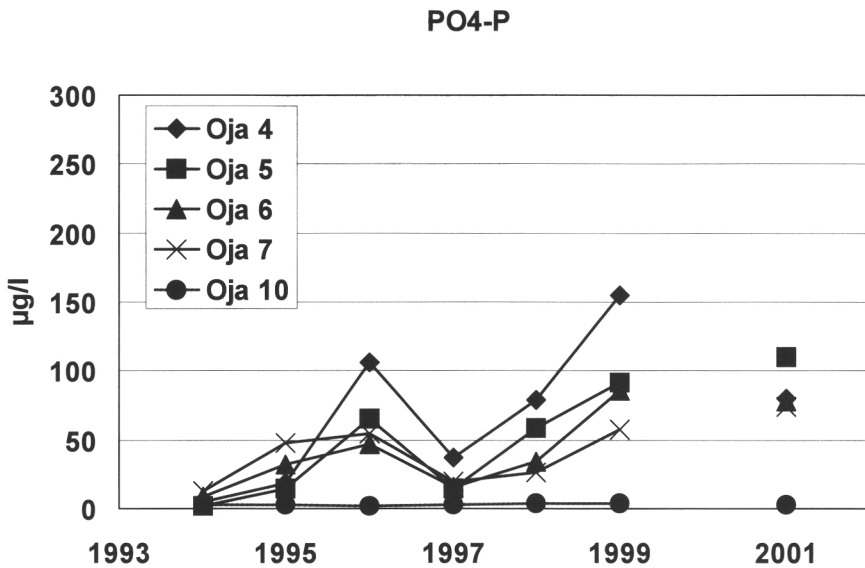
Lannoitetutkimuksissa olisi kiinnitettävä entistä enemmän huomiota lannoituskohteiden ominaisuuksiin, jotta huuhtoutumista säätelevät mekanismit opittaisiin tunnistamaan jo metsänlannoitusten suunnitteluvaiheessa. Huuhtoutuneista ravinteista ei ole hyötyä enää metsässä, mutta vesistöihin ne voivat vaikuttaa (Lepistö & Saura 1998, Saura ym. 2001).



Kuva 1. Kokonaisfosforipitoisuuksien vuosikeskiarvot avo-ojissa (vuoden 2001 aineisto käsittää vain ensimmäisen vuosipuoliskon). Oja 10 on lannoittamaton vertailualue.

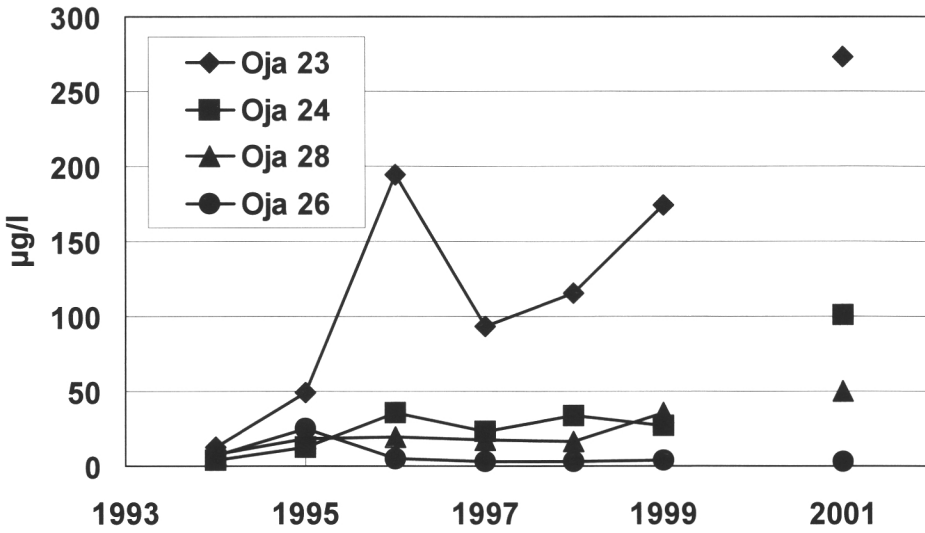


Kuva 2. Kokonaisfosforipitoisuuksien vuosikeskiarvot sala-ojissa (vuoden 2001 aineisto käsittää vain ensimmäisen vuosipuoliskon). Oja 26 on lannoittamaton vertailualue.

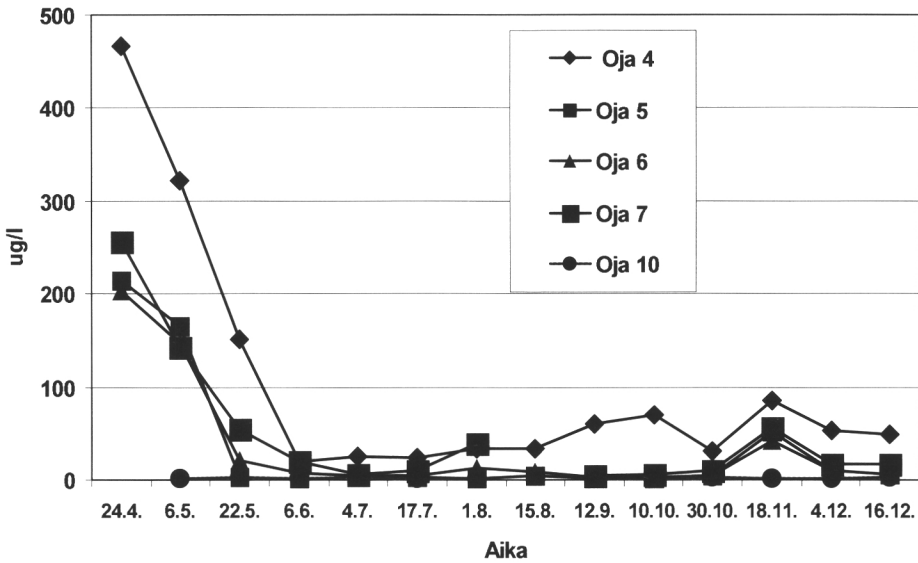


Kuva 3. Fosfaattifosforipitoisuuksien vuosikeskiarvot avo-ojissa (vuoden 2001 aineisto käsittää vain ensimmäisen vuosipuoliskon). Oja 10 on lannoittamaton vertailualue.

PO4-P



Kuva 4. Fosfaattifosforipitoisuuksien vuosikeskiarvot sala-ojissa (vuoden 2001 aineisto käsittää ensimmäisen vuosipuoliskon). Oja 26 on lannoittamaton vertailualue.



Kuva 5. Fosfaattifosforin pitoisuudet avo-ojissa vuonna 1996. Oja 10 on lannoittamaton vertailualue.

Kirjallisuus

- Ahti, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. *Commun. Inst. For. Fenn.* 111: 1-20.
- Jarva, M., Kaunisto, S., Nieminen, M., Sallantausta, T. & Saura, M. 1995. Metsänlannoituksen huuhtoutuminen Liesinevan sarkaleveyskoekentältä - alustavia tuloksia. Teoksessa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.). *Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö nro 2*, S. 121-130.
- Lepistö, L. & Saura, M. 1998. Effects of forest fertilization on phytoplankton in a boreal brown-water lake. *Boreal Environment Research* 3:33-44.
- Nieminen, M. 2000. Phosphorus fertilizer leaching from drained ombrotrophic peatland forests: empirical studies and modelling. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 756.
- Saura, M., Frisk, T., Sallantausta, T. and Bilaletdin, Ä., 2001. The effects of forest fertilization on a small polyhumic lake. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 27:3029-3033.

8 Tuhkalannoituksen vaikutus valumaveden laatuun

Sirpa Piirainen

Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimuskeskus, PL 68, 80101 Joensuu

Sähköposti: sirpa.piirainen@metla.fi

Johdanto

Puuntuhka on tunnustettu monipuoliseksi suometsälannoitteeksi, jonka positiiviset vaikutukset puuston kasvuun ja ravinnetilan paranemiseen näkyvät nopeasti ja kestävät vuosikymmeniä. Puuston kasvu- ja tuotostutkimusten perusteella tuhka on ollut samanveroinen lannoite kuin kaupalliset keinolannoitteetkin (esim. Silfverberg & Huikari 1985): pitkällä aikavälillä puuston kasvu on ollut samaa suuruusluokkaa sekä tuhka- että keinolannoiteruuduilla, mutta puusto on reagoinut yleensä nopeammin keinolannoitteiden ravinnelissään (Silfverberg 1991). Kivennäismailla tuhalla ei ole todettu olevan puuston kasvuun vaikutusta, mikä selittyy typen (N) puuttumisella tuhkasta (Levula 1991).

Tuhkan laajamittaisen lannoitekäytön esteinä ovat kuitenkin olleet tuhkan hankala käsiteltävyys ja puhtaan puuntuhkan saatavuusongelmat. Tuhkan esikäsittelymenetelmien kehittyminen ja tuhkan tiivistäminen rakeeksi tai pelletiksi ovat mahdollistaneet sen koneellisen levittämisen. Lannoitekäyttöön sopivaa tuhkaakin on saatavilla: tuhka on jäte, jolle on yritettävä löytää myös uusiokäyttöä ja tämä vaatimus on edesauttanut tuhkan lajittelua tuhkaa tuottavissa laitoksissa.

Koska tuhkan metsäkäyttö on ollut pienimuotoista, ei sen mahdollisia haitallisia ympäristövaikutuksia ole juurikaan aikaisemmin tutkittu. Puuntuhkan lannoitusvaikutus perustuu sen sisältämään fosforiin (P), joka voi teoriassa myös huuhtoutua ympäröiviin vesistöihin. Puuntuhkassa on myös jossain määrin raskasmetalleja, kuten kadmiumia (Cd), joilla voi olla myrkkyyvaikutuksia esim. maaperän mikrobitoimintaan tai jotka voivat rikastua ravintoketjussa. Tutkimusten mukaan näyttää kuitenkin siltä, että tuhkalannoitus ei ole este esim. marjojen ja sienten käytölle, sillä raskasmetallien pitoisuudet eivät niissä kohoa (Silfverberg & Issakainen 1991, Moilanen & Issakainen 2000). Maaperän mikrobitoimintaan tuhkan sisältämän Cd:n ei ole todettu vaikuttavan, vaikka tuhkalannoitus muuttaakin mikrobiyhteisön rakennetta ja lisää aktiivisuutta mm. maaperän kohonneen pH:n takia (Fritze & Perkiömäki 1999). Parantunut hajotustoiminta taas lisää ravinteiden mineralisoitumista turpeesta ja mikäli esim. typpi (N) ei pidäty kasvillisuuteen, se voi huuhtoutua. Vuonna 1997 aloitetussa Metsätehon koordinoimassa laajassa tuhkahankkeessa tutkittiin myös tuhkalannoituksen vesistövaikutuksia. Tässä tutkimuksessa Metla tutki mm. tuhkalannoitetuilta soilta purkautuvien vesien laatua (Piirainen 2000) ja Helsingin yliopisto taas vastaanottavassa vesiekosysteemissä tapahtuvia muutoksia (Tulonen et al. 2000).

Edellä mainittu Metlan huuhtoutumistutkimus perustettiin selvittämään tuhkalannoituksen aiheuttamaa ravinteiden huuhtoutumista turvelajiltaan erilaisilta soilta eri vuodenaikoina ja eri tavoin esikäsiteltyjen tuhkien levityksen jälkeen. Tuhkan rakeistamisen ajateltiin mm. hidastavan tuhkan liukenemistä, siksi tutkimukseen valittiin koejäseniksi sekä pölytuhkalla että rakeistetulla tuhkalla lannoitettuja alueita. Kasvupaikan tiedettiin myös vaikuttavan tuhkan sisältämien aineiden pidätykseen, siksi lannoitusalueita valittiin karuilta rahkavaltaisilta soilta ja myös rehevimmiltä saraturpeisilta soilta. Suometsien lannoituksessa ongelmana on usein myös maaston kantavuus sulan maan aikaan, siksi tuhkaa levitetään myös talvella lumen pinnalle maan ollessa jäässä. Tutkimuksen huuhtoutumista selvitettiin sekä talvilevityksen että kesälevityksen jälkeen. Puuntuhkan lisäksi myös turpeentuhkaa syntyy lämpölaitoksista huomattavia määriä. Turpeentuhka ei sisällä samassa määrin emäskationeja, kaliumia (K), kalsiumia (Ca) ja magnesiumia (Mg), kuin puhdas

puuntuhka, mutta suuremmilla levitysmäärillä ravinnelisäys metsään saadaan samalle tasolle kuin puuntuhkallakin, mutta esim. rauta- (Fe) ja alumiini (Al) -yhdisteiden lisäys metsään taas kasvaa suuremmaksi. Huuhtoutumis tutkimuksessa selvitettiin myös turpeen tuhkan huuhtoutumista. Koska tuhkan lannoitusvaikutuksen turvemailla on todettu olevan pitkäkestoista, sen aiheuttamien mahdollisten huuhtoutumienkin oletettiin näkyvän vasta muutaman vuoden viiveellä. Tämän vuoksi Metlan huuhtoutumistutkimuksia jatkettiin myös vuoden 1999 jälkeen. Tässä julkaisussa raportoidaan valumaveden laatutuloksia vuosilta 1997-2000, osa tuloksista ajanjaksolta 1997-1999 on julkaistu myös aikaisemmin (Piirainen 2000).

Aineisto ja menetelmät

Koealueet

Tutkimuksen valuma-alueet sijaitsivat Kaakkois-Suomessa Taavetissa sekä Kainuussa Pelsolla ja Utajärvellä. Taavetin (60° 49' N, 27° 36' E) kokeessa tutkittiin sulan maan aikana levitetyn puukuoriturhkan (mäntyä 40 % ja koivua 49 %) huuhtoutumista. Koejäseninä olivat raetuhkalla (**RaKe**=rakeistettu puuntuhka kesälevityksenä) ja itsekovetetulla tuhalla (**IkKe**=itsekovetettu puuntuhka kesälevityksenä) lannoitetut valuma-alueet sekä kontrollivaluma-alue (**O**). Alueet olivat 4,5 - 6 ha:n suuruisia paksuturpeisia (yli 1,5 m) varputurvekankaita. Turvelaji oli pääosin rahkapuuturvetta. Metsikkö oli noin 80-vuotiaista luontaisesti syntynyttä sekametsää (127 m³ ha⁻¹), pääpuulaji alueilla oli mänty (80 % tilavuudesta). Suo oli ojitettu 1960-luvulla ja lannoitettu v. 1974 suometsien PK-lannoitteella (350 kg ha⁻¹). Viimeisin ojien perkaus oli tehty v. 1995. Sarkaleveys vaihteli 40-45 m:iin. Turpeen ravinnevarat on esitetty taulukossa 1. Valuma-alueet tutkimusta varten perustettiin syksyllä 1996. Kaksi valuma-aluetta tuhkalannoitettiin käsin elosyyskuussa 1997 annosmäärällä 5 tn ha⁻¹, jossa esikäsittelyistä johtuen oli 25 % vettä. Tuhkan mukana annetut alkuainemäärät on esitetty taulukossa 2.

Pelson ja Utajärvelle, molempiin paikkoihin, perustettiin kuusi valuma-aluetta (á 2,6-3 ha) keväällä 1997. Pelson suo oli paksuturpeinen (yli 1,5 m) muuttuma-turvekangas-vaiheen puolukka-mustikkatason räme, jonka turvelaji oli saraturve. Puusto oli n. 40-vuotiaista mänty-koivu sekametsää (52 m³ ha⁻¹). Alue on ojitettu alun perin 1920-30 luvulla, täydennysojitettu 1950-luvulla ja lannoitettu suometsien PK-lannoitteella (500 kg ha⁻¹) 1970-luvun alussa. Viimeisin ojien perkaus oli tehty vuonna 1993 ja sarkaleveys alueella vaihteli 25-37 metriin. Utajärven suo oli paksuturpeinen ojikko ja muuttumavaiheen tupasvillaräme, joka oli ojitettu v. 1980-1981 40 m sarkavälille. Turvelaji oli rahkaturve. Puusto oli n. 20-vuotiaista kitukasvuista mäntymetsää (7 m³ ha⁻¹). Aluetta ei ollut aikaisemmin lannoitettu. Alueiden turpeiden ravinteet on esitetty taulukossa 1. Molemmilla soilla oli seuraavat koejäsenet: lannoittamaton (**O**), pölymäisen puuntuhkan kesälevitys (**PöKe**), pölymäisen puuntuhkan talvilevitys (**PöTa**), itsekovetetun puuntuhkan kesälevitys (**IkKe**), itsekovetetun puuntuhkan talvilevitys (**IkTa**) ja myös pölymäisen turpeentuhkan kesälevitys (**TuKe**). Tuhkien talvilevitys toteutettiin maaliskuussa hangelle ja kesälevitys sulaan maahan touko-kesäkuussa 1998. Pölymäistä puun- ja turpeentuhkaa levitettiin 5 t ha⁻¹ ja itsekovetettua tuhkaa 6,5 tn ha⁻¹ käsin. Itsekovetetun tuhkan vesipitoisuus oli 22 %. Käytetty puuntuhka oli lehtipuu- (65 %) ja havupuunkuoriturhkaa. Tuhkan mukana valuma-alueille tulleet alkuaineet on esitetty taulukossa 2.

Näytteenotto ja analysointi

Valumavesien näytteenotto padoilta aloitettiin ennen lannoitusta Taavetin kokeella syksyllä 1996 sekä Pelsolla ja Utajärvellä kesällä 1997. Vesinäytteet otettiin kerran viikossa kaikilta alueilla. Myös virtaamaa mitattiin käsin 5 l astian avulla ja patoaukosta veden pinnan korkeuden avulla mittaamalla vesinäytteiden haun yhteydessä (ks. Gregory & Vallings 1973). Vesinäytteet kuljetettiin laboratorioon seuraavana päivänä näytteenoton jälkeen. Näytteistä mitattiin pH (Radiometer PHM92 pH-mittari), jonka jälkeen ne suodatettiin Schleiche & Schuell membraanisuodatimella (huokoskoko 0,45 µm) ja pakastettiin ennen analyysijä. Nitraatti (NO_3^-) ja sulfaatti (SO_4^{2-}) määritettiin ionikromatografilla (Dionex 500) sekä ammoniumtyyppi (NH_4^+) FIA-laitteella (Tecator FIA-star 5020). Kalium ja P määritettiin ICP/AES laitteella. Liukoinen orgaaninen hiili (DOC) määritettiin Shimadzu TOC-5000 analysaattorilla. Taavetissa käytetyn tuhkan alkuaine-analyysit tehtiin GTK:lla käyttäen suolahappouuttoa Pelsolla sekä Utajärvellä käytettyjen tuhkien analyysit tehtiin Metlan Muhoksen tutkimusasemalla samalla menetelmällä.

Tilastollisissa testauksessa käytettiin varianssianalyysiä ja Tukeyn testiä etsittäessä eroja aineiden pitoisuuksissa käsittelyjen ja kontrollien välillä ennen tuhkalannoitusta 1997 ja tuhkalannoituksen jälkeen vuosina 1998, 1999 ja 2000. Laskennat tehtiin SPSS 8.0.1 for Windows -ohjelmistolla.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tutkimuksessa selvisi, että tuhka reagoi turpeen ja veden kanssa melko nopeasti. Suurimmat muutokset havaittiin valumaveden SO_4^{2-} pitoisuuksissa. Sulfaatin pitoisuudet nousivat heti lannoituksen jälkeen vuonna 1998 kaikilla käsittelyillä Taavetissa ja Utajärvellä sekä PöKe ja Tuke käsittelyillä Pelsolla ja olivat vielä seuraavinakin vuosina kontrollia korkeampia lähes kaikilla käsittelyillä (kuva 1). Valumaveden pH ei laskenut korkeammasta SO_4^{2-} pitoisuudesta huolimatta, vaan nousi hiukan puuntuhkan kesäkäsittelyillä Pelsolla vuonna 1998, mutta ei Utajärvellä eikä Taavetissa (kuva 2). Vuonna 1999 ja 2000 pH muutoksia ei enää ollut millään tuhka-alueella kontrolliin verrattuna. Sulfaatin huuhtoutuminen voi myös lisätä kationien huuhtoutumista erityisesti Kaliumin osalta (Silfverberg 1988). Kaliumin pitoisuudet nousivatkin Taavetissa ja Utajärvellä kaikilla muilla tuhkakäsittelyillä paitsi IkKe ja TuKe käsittelyillä (kuva 3). Pelsolla vain itsekovetuilla tuhkillä käsiteltyjen alueiden K pitoisuus nousi vuonna 1998. Vuonna 1999 ja 2000 eroja oli edelleen havaittavissa. Vuoteen 1999 mennessä jopa 50 % tuhkan sisältämästä rikistä oli huuhtoutunut Utajärven kokeella ja 15 % tuhkan sisältämästä kaliumista (Piirainen 2000). Myös Tulonen et al. (2000) havaitsivat tuhkalannoitusalueen alapuolisen järven vedessä vastaavia ravinne muutoksia ja rataseläinten määrän kasvua, joka viittasi kohonneeseen tuotantotasoon.

Fosfori on typen ohella järviemme tuotantoa rajoittava ravinne. Aikaisempien tutkimusten perusteella otaksuttiin, että fosforin huuhtoutuminen tuhkalannoitetuilta aloilta olisi vähäisempää kuin esim. keinolannoitetuilta soilta. Suometsissä lannoitteina käytettyjen kaupallisten lannoitteiden huuhtoutumistutkimusten perusteella tiedettiin, että vaikka lannoitteessa P olisikin hidasliukoisessa muodossa, fosforia huuhtoutuu vesistöihin jopa 20 vuoden ajan (Nieminen 2000). Fosforin huuhtoutumisriskiin vaikuttavat eniten turpeen fosforin pidätyskyky sekä puuston ja pinta-kasvillisuuden fosforinoton tehokkuus (Nieminen 2000). Esimerkiksi Kaunisto & Paavilainen (1988) eivät löytäneet tutkimuksessaan eroja turpeen fosforin määrässä lannoittamattoman ja NPK- tai PK-lannoitettujen alojen välillä 10 vuoden kuluttua lannoituksesta. Silfverberg & Huikari (1985) sitä vastoin löysivät enemmän fosforia tuhkalannoitettujen alojen turpeesta kuin kontrollilta vielä 20 vuoden kuluttua. Myös tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella fosforin huuhtoutuminen tuhkalannoitetuilta soilta oli vähäistä. Fosforin pitoisuus nousi vain yhdellä valuma-alueella (PöKe) Utajärvellä vuosina 1999 ja 2000 (kuva 4). Tällä valuma-alueella oli vähiten alumiinia 0-60 cm:n turvekerroksessa (taulukko 1), ja oletettavasti pienin turpeen fosforinpidätyskapasiteetti (Kaila

1959, Rannikko & Hartikainen 1980). Samalla suolla vastaavanlaiselta, vähän Fe- ja Al-yhdisteitä sisältäneeltä valuma-alueelta, joka lannoitettiin turpeen tuhalla, ei lisääntyneitä fosforihuuhtoumia havaittu (kuva 4). Käytetyssä turpeentuhkassa oli fosforia saman verran kuin puuntuhkassakin, mutta turpeentuhkan Fe- ja Al-määrät olivat moninkertaiset. Onkin esitetty, että keinolannoitteisiin pitäisi lisätä rautaa ja alumiinia sitomaan P hidasliukoisiksi yhdisteiksi (Nieminen 2000).

Myös typen lisääntynyt huuhtoutuminen tuhkalannoitusaloilta on mahdollista, jos turpeen hajotustoiminta vilkastuu pH muutosten takia. Valumaveden DOC pitoisuuden voidaan olettaa kuvaavan myös hajotustoimintaa. Pienet DOC pitoisuudet kuvaavat tehokasta hajotustoimintaa, jolloin suurempi osa hajotetusta hiilestä muuttuu hiilidioksidiksi (CO_2) ja vapautuu ilmaan. Valumaveden DOC pitoisuudet laskivatkin heti tuhkalannoituksen jälkeen vuonna 1998 lähes kaikilla puuntuhkaa saaneilla alueilla, mutta palautuivat ennalleen seuraavina vuosina (kuva 5). Selvä valumaveden N pitoisuuden nousua ei sen sijaan ollut nähtävissä. Ainoastaan yhdellä valuma-alueella NO_3^- pitoisuus nousi (IkKe Utajärvi), sen sijaan NH_4^+ pitoisuudet laskivat kaikilla tuhkakäsittelyillä Utajärvellä sekä IkKe ja IkTa käsittelyillä Pelsolla vuonna 1998. Seuraavina vuosina muutoksia oli enää vain Utajärvellä, vuonna 1999 IkTa ja vuonna 2000 PöKe käsittelyillä pitoisuudet olivat kontrollia pienempiä. Mikrobibiomassan kasvaminen ja typen otto yhdessä hajoamisen nopeutumisen kanssa voivat selittää matalia NH_4^+ pitoisuuksia valumavedessä.

Tutkimuksessa selvitettiin myös tuhkan sisältämien raskasmetallien huuhtoutumista. Ainoastaan valumaveden kromin (Cr) pitoisuuksissa oli havaittavissa nousua, mutta ei esim. kadmiumin tai lyijyn (Pb) pitoisuuksissa (Piirainen 2000). Raskasmetallit todennäköisesti sitoutuvat tuhkan korkean pH:n takia vaikealiukoisiksi yhdisteiksi eivätkä siten olleet kovin voimakkaasti huuhtoutumassa veden mukana.

Johtopäätökset

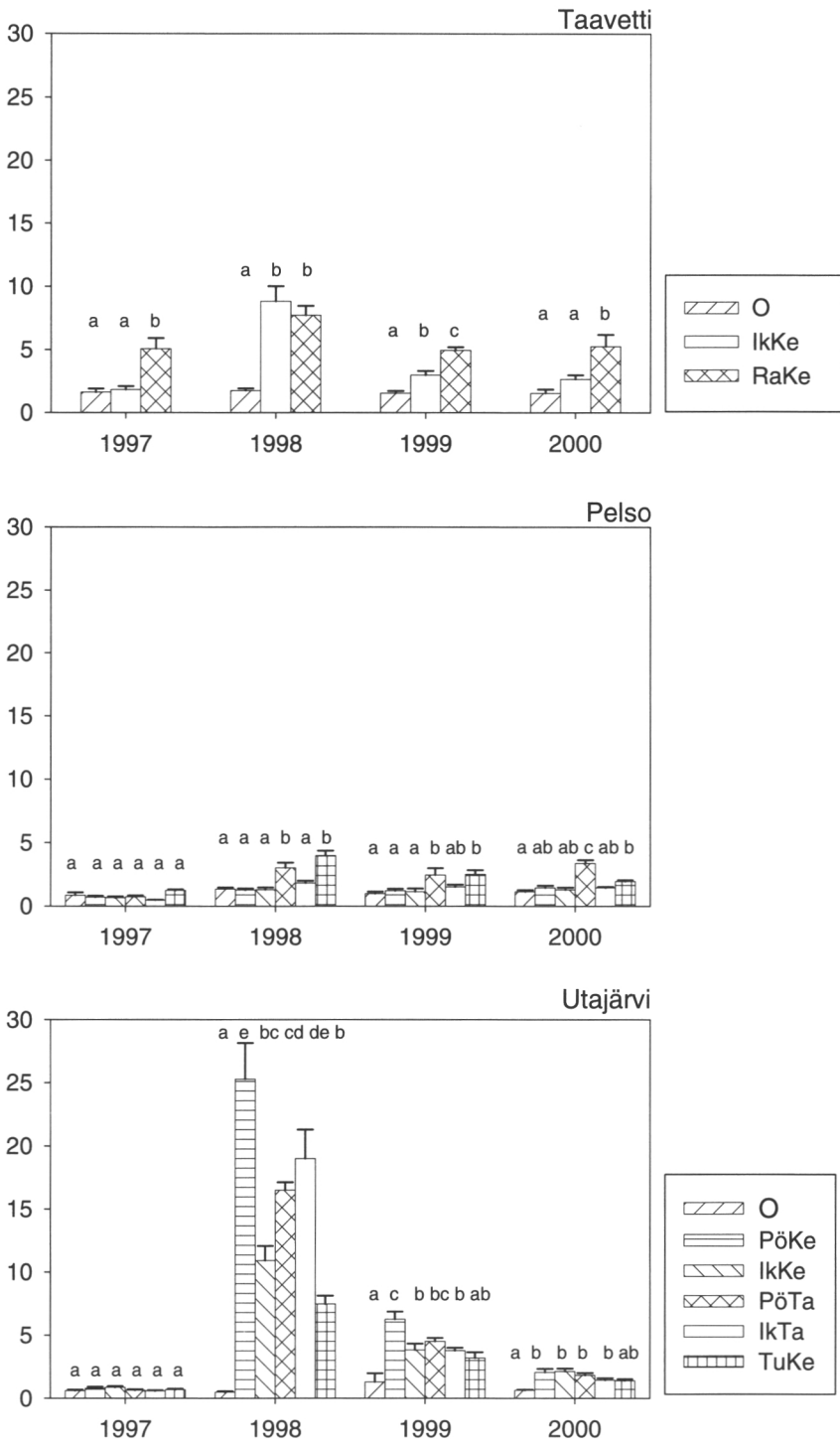
Tuhkalannoitettujen soiden huuhtoutumiskokeet osoittivat, että kasvupaikalla on merkitystä ravinteiden pidättymiseen. Karut, rahkavaltaiset ja vähäpuustoiset suot pidättivät rikkiä ja emäskationeja huomattavasti enemmän kuin viljavammat saraturpeiset suot. Fosforin pidättymiseen vaikuttivat turpeen tai tuhkan sisältämät Al- ja Fe-yhdisteet. Tuhkan levitysajankohta lisäsi myös huuhtoumia, mikäli tuhka levitettiin lumelle, mutta ei fosforin osalta. Tuhkan rakeistaminen ei sen sijaan näyttänyt vähentävän kationien ja rikin huuhtoutumista pölytuhaan verrattuna. Tuhkalannoitusta ei näiden tulosten perusteella voi suositella kaikkien soiden lannoituskeinoksi, vaan valintaa olisi tehtävä kuten keinolannoitteita käytettäessäkin. Lisäksi käytetty tuhkan annosmäärä ja ennen muuta tuhkan mukana lisättyjen ravinteiden määrä vaikuttanevat huuhtoutumien suuruuteen. Koska tuhka on pitkävaikutteinen lannoite, vaatii ravinnehuuhtoumien selvittäminen myös pitkäjänteisyyttä. Tuhkan vesistövaikutustutkimukset, kuten muutkin ympäristövaikutustutkimukset, ovat edelleen käynnissä, jotta saataisiin varmemmin selville tuhkalannoituksen mahdolliset haittavaikutukset ja voitaisiin tehdä ohjeet niiden välttämiseksi myös käytännön tuhkalannoittajille.

Taulukko 1. Ravinteiden määrä (kg ha⁻¹) 0-60 cm turvekerroksessa eri osavaluma-alueilla ennen tuhkakäsittelyä vuonna 1997, O=kontrolli, PöKe=pölymäisen puuntuhkan kesälevitys, IkKe=itsekovetetun puuntuhkan kesälevitys, PöTa= pölymäisen puuntuhkan talvilevitys, IkTa=itsekovetetun puuntuhkan talvilevitys, TuKe=pölymäisen turpeentuhkan kesälevitys ja RaKe=rakeistetun puuntuhkan kesälevitys.

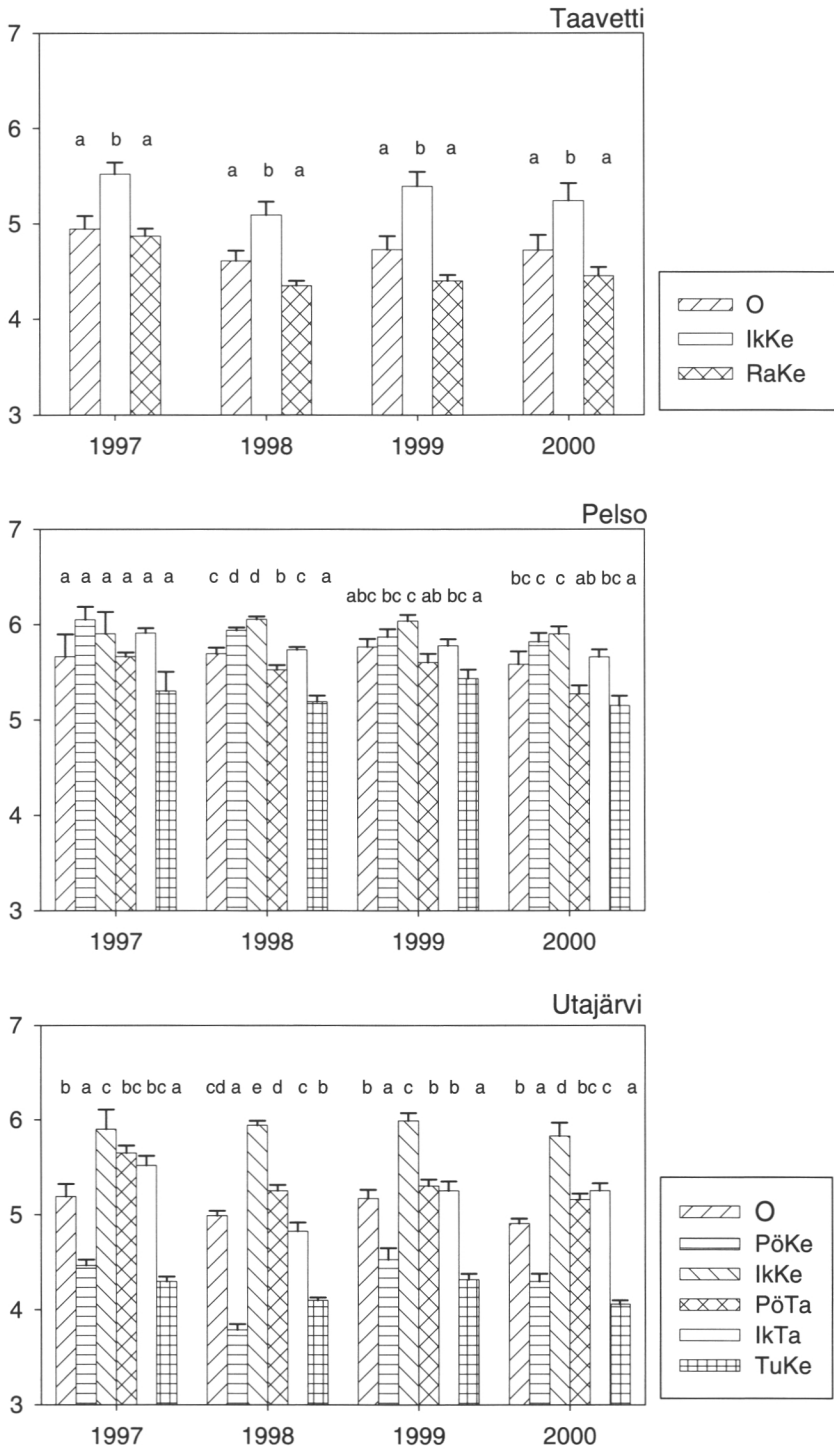
	N	Ca	Mg	K	P	S	Fe	Al
Pelso, saraturve								
O	47294	2557	178	93	922	3596	9388	1094
PöKe	46924	3010	174	95	927	3208	15816	952
IkKe	45602	3173	201	66	809	3102	13117	928
PöTa	43107	2417	149	85	904	3249	13364	1047
IkTa	43151	2828	170	55	771	3107	14267	852
TuKe	46732	2459	117	37	860	3303	10082	981
Utajärvi, rahkaturve								
O	30650	3465	337	141	818	2510	5106	2908
PöKe	28341	3092	460	102	924	2439	7648	899
Ikke	34776	6225	609	129	1156	3312	8591	4800
PöTa	31156	4183	300	104	979	2542	5911	2222
IkTa	32404	5010	322	77	975	2661	7548	1823
TuKe	22687	3907	480	67	725	2335	3972	1441
Taavetti, rahkaturve								
O	11962	3402	438	110	342	1409	2380	920
IkKe	11035	2218	291	87	324	1304	958	897
RaKe	11593	3352	353	139	383	1491	1519	1980

Taulukko 2. Tuhkalannoituksen mukana annetut alkuainemäärät, kg ha⁻¹. Lyhenteet kuten taulukossa 1.

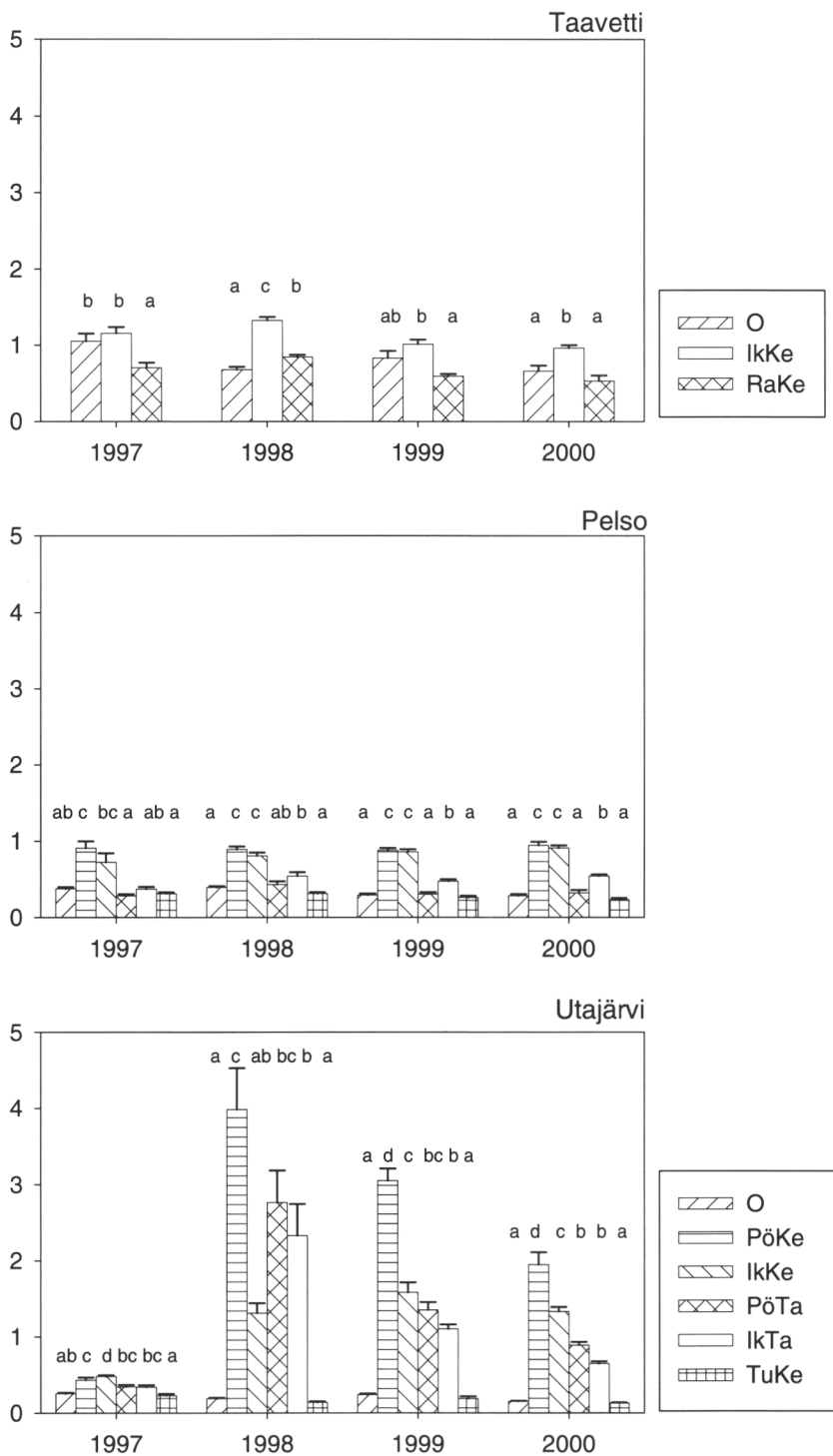
Käsittely	Ca	Mg	K	P	S	Fe	Al	Cd	Cr
Pelso ja Utajärvi									
PöKe & PöTa	1785	85	120	45	65	50	65	0,08	0,25
IkKe & IkTa	1755	80	110	40	60	50	85	0,08	0,30
TuKe	435	55	20	40	25	405	130	0,02	0,40
Taavetti									
IkKe	595	45	55	30	30	40	165	0,02	0,15
RaKe	465	30	60	20	35	30	130	0,01	0,15



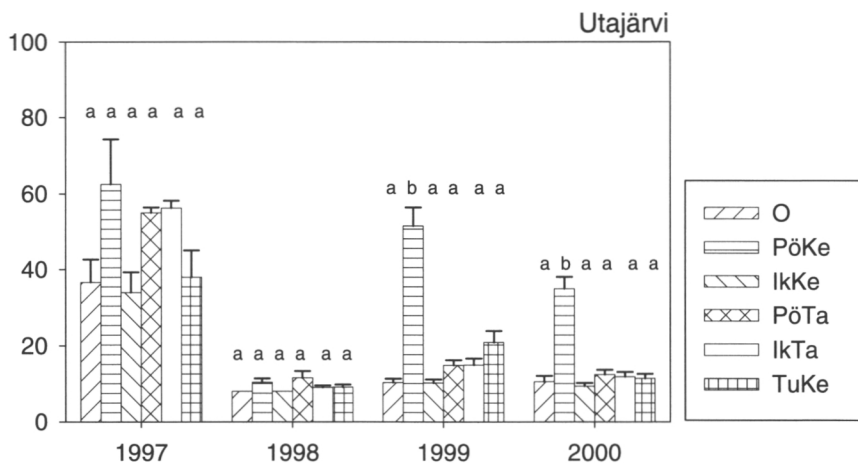
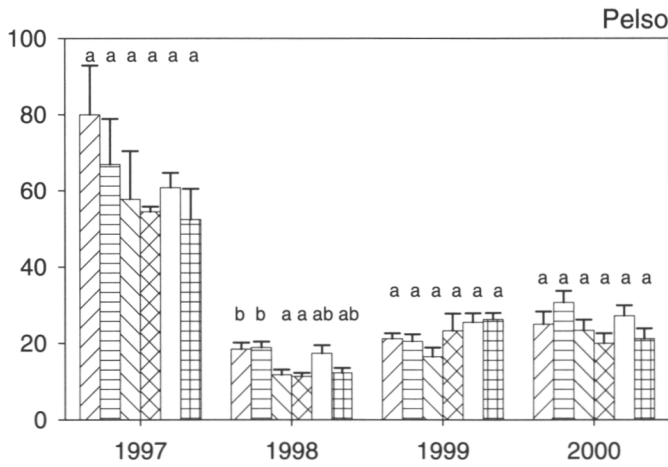
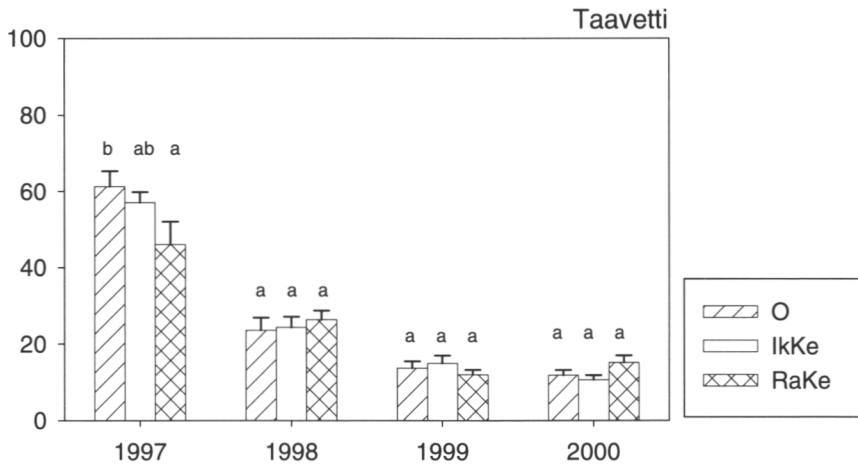
Kuva 1. Valumaveden SO_4^{2-} pitoisuuksien ($\mu g\ l^{-1}$) vuosikeskiarvot ja keskihajonnat ennen (1997) ja jälkeen (1998-2000) lannoituksen eri koealueilla ja eri tuhkakäsittelyillä. Samalla kirjaimella merkittyjen pylväiden arvot eivät tilastollisesti eroa toisistaan. Lyhenteet ks. taulukko 1.



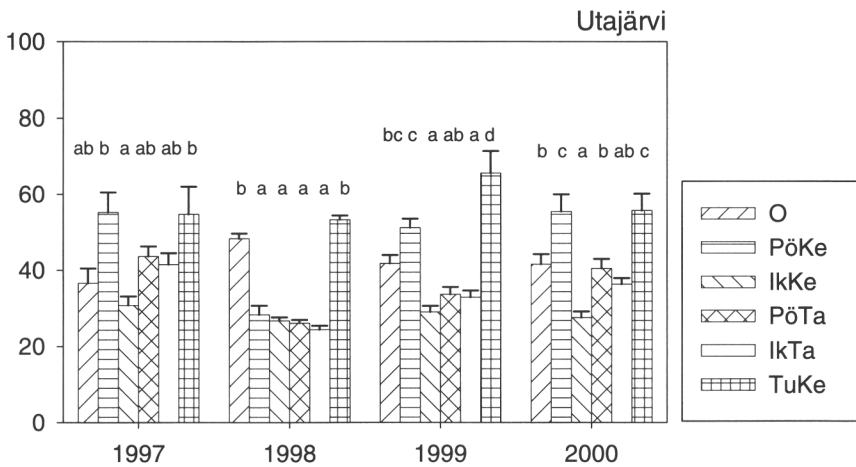
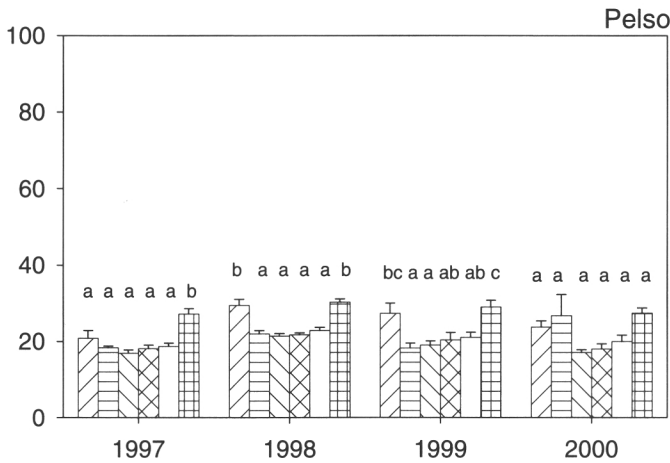
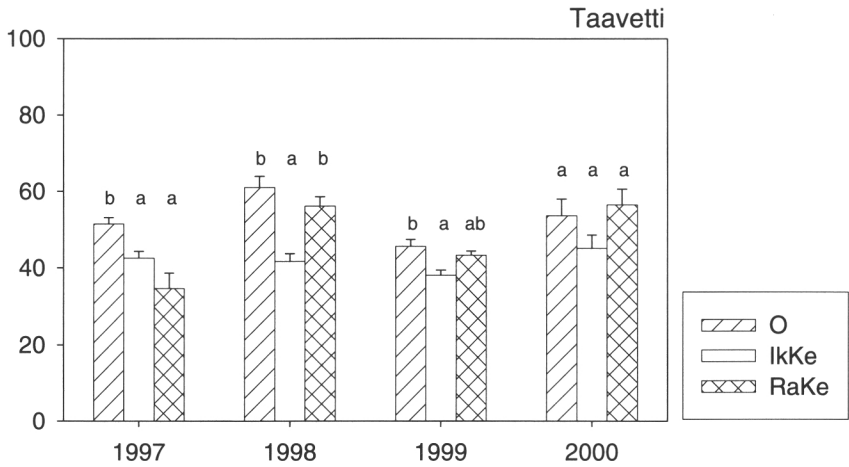
Kuva 2. Valumaveden pH:n vuosikeskiarvot ja keskihajonnat ennen (1997) ja jälkeen (1998-2000) lannoituksen eri koalueilla ja eri tuhkakäsittelyillä. Samalla kirjaimella merkittyjen pylväiden arvot eivät tilastollisesti eroa toisistaan. Lyhenteet ks. taulukko 1.



Kuva 3. Valumaveden K pitoisuuksien (mg l^{-1}) vuosikeskiarvot ja keskihajonnat ennen (1997) ja jälkeen (1998-2000) lannoituksen eri koalueilla ja eri tuhkakäsittelyillä. Samalla kirjaimella merkittyjen pylväiden arvot eivät tilastollisesti eroa toisistaan. Lyhenteet ks. taulukko 1.



Kuva 4. Valumaveden P pitoisuuksien ($\mu\text{g l}^{-1}$) vuosikeskiarvot ja keskihajonnat ennen (1997) ja jälkeen (1998-2000) lannoituksen eri koealueilla ja eri tuhkakäsittelyillä. Samalla kirjaimella merkittyjen pylväiden arvot eivät tilastollisesti eroa toisistaan. Lyhenteet ks. taulukko 1.



Kuva 5. Valumaveden DOC pitoisuuksien (mg l⁻¹) vuosikeskiarvot ja keskihajonnat ennen (1997) ja jälkeen (1998-2000) lannoituksen eri koealueilla ja eri tuhkakäsittelyillä. Samalla kirjaimella merkittyjen pylväiden arvot eivät tilastollisesti eroa toisistaan. Lyhenteet ks. taulukko 1.

Kirjallisuus

- Fritze, H. & Perkiömäki, J. 1999. Puuntuuhkan vaikutus humuskerroksen mikrobistoon kangasmaalla. Metsätehon raportti 82.
- Gregory, K. J. & Wallings, D. E. 1973. Drainage basin form and process. Edward Arnold, London.
- Kaila, A. 1959. Retention of phosphate by peat samples. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 31(3): 215-225.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 145.
- Levula, T. 1991. Tuhkalannoitus kangasmaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 394: 49-59.
- Moilanen, M. & Issakainen, J. 2000. Tuhkalannoituksen metsävaikutukset. *Metsätehon raportti* 93.
- Nieminen, M. 2000. Phosphorus fertilizer leaching from drained ombrotrophic peatland forest: empirical studies and modelling. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 756.
- Piirainen, S. 2000. Huhtoumat tuhkalannoitetuilta turvemailta. *Metsätehon raportti* 90.
- Silfverberg, K. 1991. Träaska, PK-gödsel och markförbättringsmedel på dränerade tallmyrar. *Suo* 42(2):33-44.
- Silfverberg, K. 1998. The leaching of nutrients from ash- and PK-fertilised peat. (Ravinteiden huuhtoutuminen tuhka- ja PK-lannotetusta turpeesta) *Suo* 49(4): 115-123.
- Silfverberg, K. & Huikari, O., 1985. Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemailta. *Folia Forestalia* 633.
- Silfverberg, K. & Issakainen, J. 1991. Tuhkalannoituksen vaikutus metsämarjoihin. *Folia Forestalia* 769.
- Tulonen, T., Ollila, S. & Arvola, L. 2000. Tuhkalannoituksen vesistövaikutukset. *Metsätehon raportti* 87.

9 Energiapuun korjuun vaikutus ravinnetalouteen suometsissä

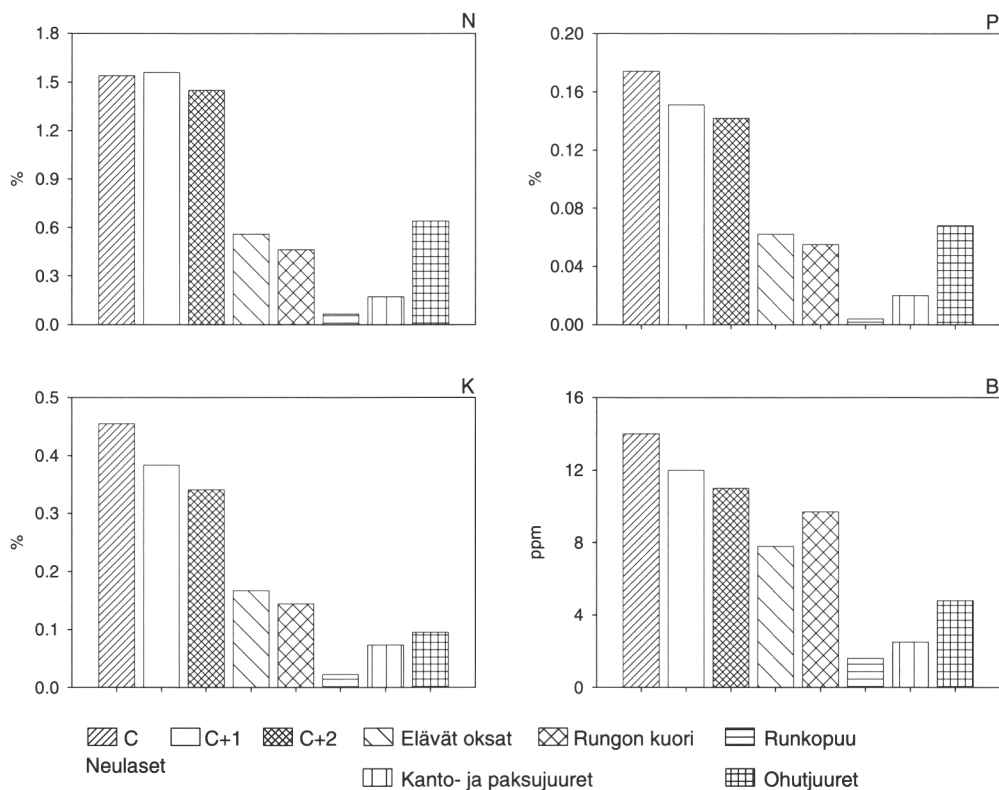
Leena Finèr

Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, PL 111, 80101 Joensuu

Sähköposti: Leena.Finer@joensuu.fi

Suometsissäme puuston kasvua rajoittaa usein fosforin, kaliumin ja boorin niukkuus toisin kuin kangasmetsissä, joissa on puutetta tyypestä. Tyypeä ja fosforia on maaperässä yleensä runsaasti suhteessa puuston sitomiin määriin, mutta ravinteet ovat sitoutuneet kasveille vaikeasti saatavaan muotoon. Kaliumin ja boorin määrät turpeessa ovat sen sijaan pienet suhteessa puuston sitoutuneisiin määriin.

Puusto sitoo varttuessaan ravinteita biomassansa. Määrät ovat sitä suurempia mitä suurempi on puusto. Ravinnepitoisuudet ovat suurimmat neulasissa ja oksissa, mutta pienimmät runkokuussa (kuva 1). Tästä seuraa, että puiden latvuksiin voi olla sitoutunut enemmän ravinteita kuin runkoon. Perinteisessä puunkorjuussa kasvupaikan ravinnemenetykset ovat siten merkittävästi pienemmät kuin kokopuukorjuussa, jossa poistetaan myös latvukset (taulukko 1).



Kuva 1. Ravinnepitoisuudet puun eri ositteissa rämemännikössä (Finèr 1992), C= uusimmat neulas, C+1= kahden kasvukauden ikäiset neulas, C+2= kolmen kasvukauden ikäiset neulas.

Taulukko 1. Ravinnemenetykset (kg/ha) männikön harvennushakkuussa (40 m³/ha) ja ravinnemäärät juuristokerroksessa.

	N	P	K	B
Runkopuukorjuu	17	0,9	7,8	0,10
Kokopuukorjuu	58	5,5	20,8	0,16
Turve (0-20 cm)	1000-7000	80-110	30-110	0,20-0,60

Yhteispuhjoismaisessa tutkimuksessa on selvitetty kokopuukorjuun vaikutuksia puuston tuotokseen kangasmetsien harvennusemänniköissä ja -kuusikoissa (Jacobson ym. 1999, 2000). Tulosten perusteella männiköiden kasvu pieneni harvennusta seuraavan kymmenvuotisjakson aikana 7 % ja kuusikoiden vastaavasti 12 % (Taulukko 2). Kasvutappiot voitiin välttää korvaavalla lannoituksella.

Taulukko 2. Energiapuun korjuun vaikutus puutuotokseen kangasmetsän harvennushakkuussa (Jacobson ym. 1999, 2000).

Ikä, v	Korjattu runko puuta, m ³ /ha	Korjattu energia-puuta irtom ³ /ha	Ravinteiden määrä energiapuussa, kg/ha				Kasvutappio 10 vuodessa			
			N	P	K	Ca	Mg	%	m ³ /ha	
Mänty										
44	49	50	41	4	16	21	4	7	5	
Kuusi										
40	81	92	95	11	33	81	10	12	17	

Turvemaillo kokopuukorjuussa saatetaan pahimmassa tapauksessa poistaa merkittävä osa kasvupaikan kalium- ja boorivarastoista jo harvennushakkuissa. Ravinnetaselaskelmien perusteella voidaan päätellä, että vaikutukset puuntuotokseen voivat olla haitallisia. Tämän perusteella kokopuukorjuuta ei voi suositella turvemaille ilman että tarkkaillaan puuston ravinnetilaa ja varaudutaan mahdolliseen lannoitukseen.

Kirjallisuus

- Finér, L. (1992). Nutrient concentrations in *Pinus sylvestris* growing on an ombrotrophic pine bog, and the effects on PK and NPK fertilization. *Scandinavian Journal of Forest Research* 7: 205-218.
- Jacobson, S. ja Kukkola, M. 1999. Skogsbränsleuttag i gallring ger kända tillväxtförhållanden. Skogforsk Resultat nr 13. 4 s.
- Jacobson, S., Kukkola, M., Mälkönen, E. ja Tveite, B. 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. *Forest Ecology and Management* 129: 41-51.

10 Yhteistyön mahdollisuudet suometsissä

Hannu Laukkanen

Metsäkeskus Pohjois-Karjala, PL 17, 80101 Joensuu

Puh. 013-25 3220, sähköposti: hannu.laukkanen@metsakeskus.fi

Johdanto

Joensuun yliopiston metsätieteellinen tiedekunta, metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimuskeskus ja metsäkeskus Pohjois-Karjala toteuttavat kolmivuotista kehittämishanketta ”Harvennetaan suometsät – Tulevaisuuden tukkipuustot”. Rahoitustukea hankkeelle on saatu maa- ja metsätalousministeriöltä. Joensuun yliopisto tekee selvityksen suometsiin soveltuvasta puunkorjuukalustosta. Metsäntutkimuslaitos tutkii metsätaloustoimenpiteiden vaikutusta valumavesien laatuun. Metsäkeskus selvittää suometsien hoidon alueellisia vaikutuksia ja testaa yhteistyömahdollisuuksia suometsien kuntoonsaattamiseksi. Tässä tekstissä keskitytään viimeiseen aihealueeseen, joka on myös esillä retkeilypäivän maastokohteilla.

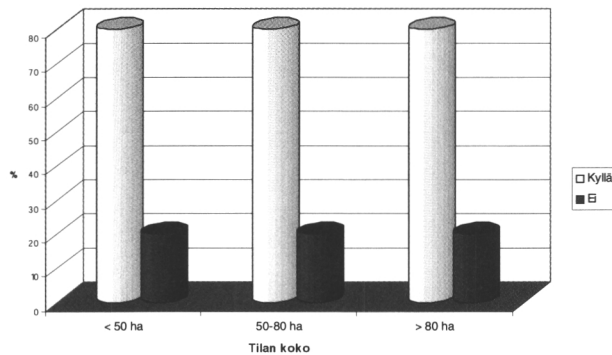
Pohjois-Karjalan suometsät

Valtakunnan metsien yhdeksännen inventoinnin (VMI 9) mukaan Pohjois-Karjalan maakunnassa on ojitettuja turvemaita metsätalousmaalla 411 500 hehtaaria. Maakunnan suometsät ovat suurelta osin mäntyvaltaisia nuoria kasvatusmetsiä. Monet niistä odottavat harventajaansa.

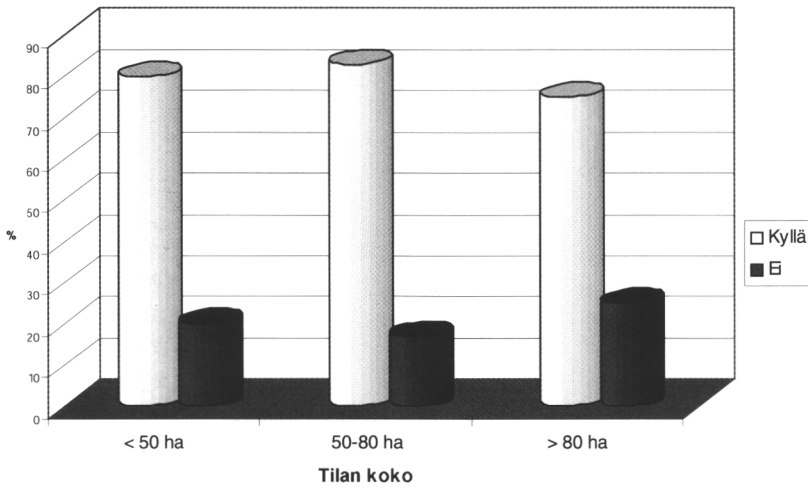
Lähivuosien toimenpiteet, harvennushakkuut, taimikonhoidot ja kunnostusojitukset, ratkaisevat suometsien tulevaisuuden. Mikäli hoito- ja hakkuutoimenpiteissä onnistutaan, suometsien osuus tulevaisuuden hakkuumahdollisuuksista kasvaa huomasti.

Metsänomistajien arviot

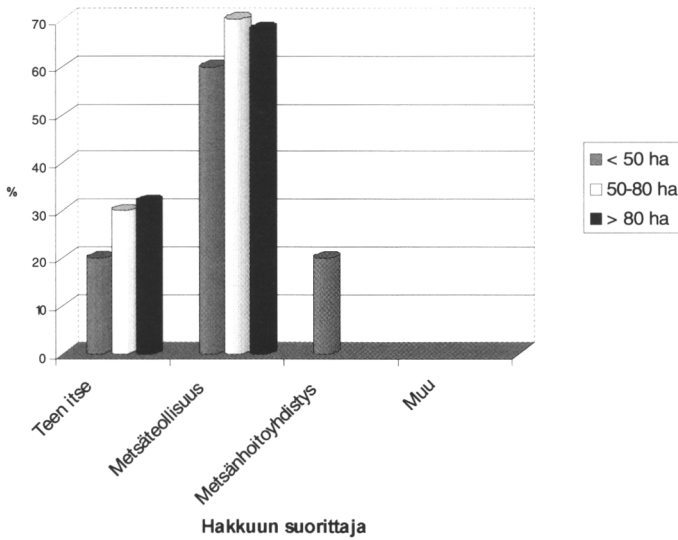
Vuonna 2000 selvitettiin metsänomistajien arvioita suometsistä. Kirjekysely osoitettiin 300 pohjoiskarjalaiselle ja pohjoispohjalaiselle metsänomistajalle. Havaittavaa eroa vastauksissa maakuntien välillä ei havaittu.



Kuva 1. Metsänomistajat ovat yleensä kokeneet suometsissä tehdyt toimenpiteet tarpeellisiksi ja investoinnit suometsiin hyödyllisiksi.



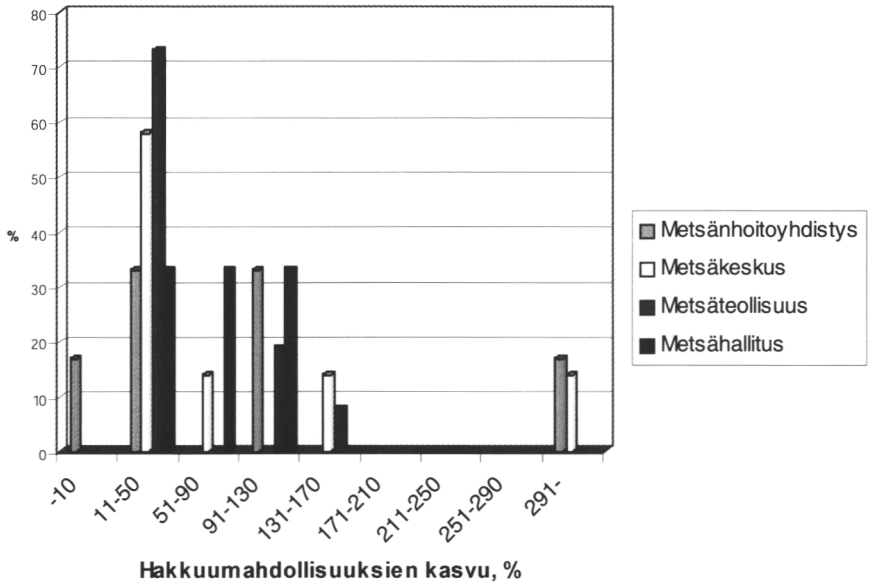
Kuva 2. Halukkuutensa puun yhteismynteihin suometsissä ilmaisi valtaosa metsänomistajista.



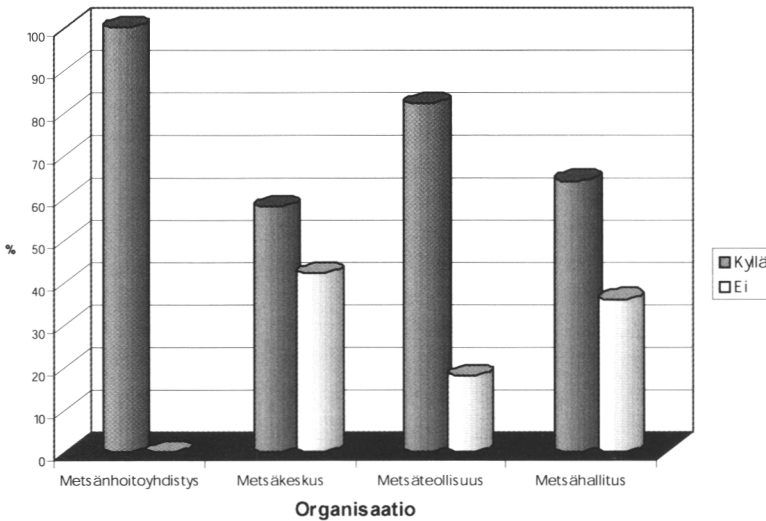
Kuva 3. Suometsien puunkorjuussa luotettiin puunostajan ammattitaitoon ja kalustoon.

Metsäammattilaisten näkemykset

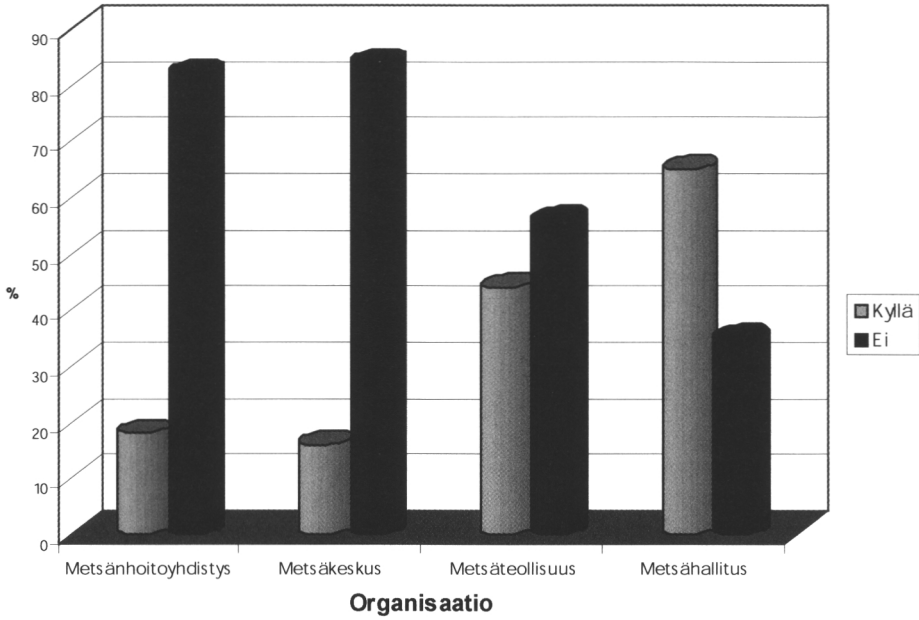
Pohjois-Karjalan metsäammattilaisilta tiedusteltiin haastatellen heidän näkemyksiään suometsistä ja niiden mahdollisuuksista. Vastaukset on ryhmitelty työnantajittain.



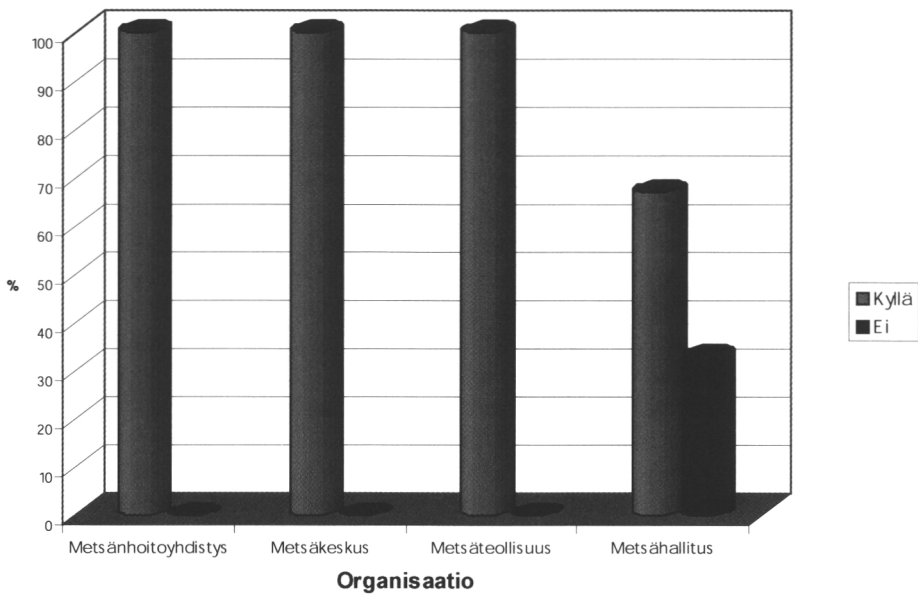
Kuva 4. Metsäammattilaisten näkemys suometsien tulevista hakkuumahdollisuuksista oli hyvin varovainen. Arviot hakkuumahdollisuuksien noususta kolmessa vuosikymmenessä olivat sadan prosentin molemmin puolin. Todellinen luku on noin kolminkertainen.



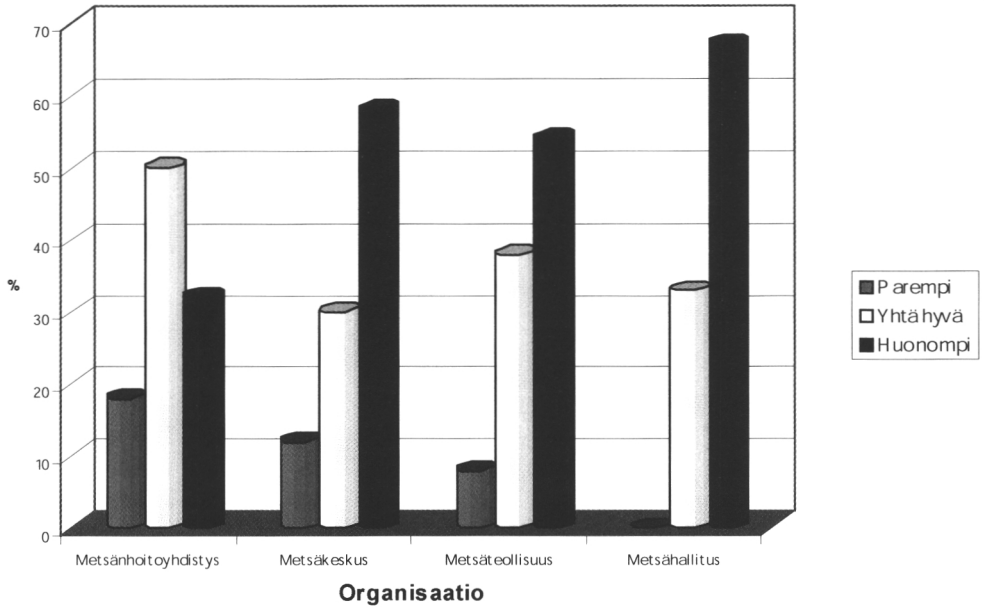
Kuva 5. Suomeisiin tehtyjä investointeja piti metsäammattikunta kannattavina. Yllättäen tuli esille metsäkeskuksen toimihenkilöiden synkkä mielikuva.



Kuva 6. Suometsissä tehtävien töiden (hakuut, hoitotyöt, lannoitus ja kunnostusojitus) toteutusjärjestys ei ole vielä yksityismetsissä kohdallaan. Metsähallituksella työskentely tuntuu olevan hallinnassa.



Kuva 7. Metsäammattilaiset suhtautuvat myönteisesti suometsien yhteishankkeisiin. Kyselyssä käy ilmi selvä kiinnostus yhteishankkeiden luomiseen.



Kuva 8. Suometsien puunlaatu arvioitiin heikommaksi kuin kivennäismailla.

Taulukko 1. Merkittävimpiä suometsien vajaakäytön syitä olivat metsäammattilaisten mielestä hankalat puunkorjuuolot ja heikot kuitupuumarkkinat.

	Mhy	MH	Mk	MTeol	Yht.
Suometsien hoito ja hakkuu ovat kannattamattomia	2	2	2	3	9
Kuitupuun heikko markkinatilanne	19	1	30	25	75
Puunostajat eivät ole kiinnostuneet suometsien puusta	19	0	13	0	32
Metsänomistajan liian korkeat hintaodotukset	3	3	4	24	34
Puun korjuun vaikeus, kantavuus, kertymä	10	15	17	40	82
Sopivan puunkorjuu kaluston puute	3	6	4	20	33
Leimikon hankala suunnittelu	1	5	0	3	9
Asenteelliset syyt	3	1	5	2	11

Taulukko 2. Metsäammattilaiset arvioivat myös metsänomistajien tietämyksen puutteita. Vastauksen perusteella metsänomistajien valistusta suometsien kunnostamiseksi pitäisi lisätä.

	Mhy	MH	Mk	MTeol	Yht.
He eivät tiedä suometsiensä hoito- ja hakkuutarpeita	17	5	28	38	88
He arvioivat soiden tuottomahdollisuudet erittäin vähäisiksi	13	13	25	31	82
He kokevat suometsien hoidon- ja hakkuun monimutkaiseksi	6	3	7	19	35
He ajattelevat, että suometsien puulla ei ole ostajia, eikä sillä ole hintaa	15	2	14	26	57
He eivät tiedä kenen puoleen kääntyä suometsiin liittyvissä asioissa	1	5	3	2	11

Yhteistyön malli

Kyselyiden ja kokemusten perusteella arvioitiin, että yhteistyö metsänomistajien kesken ja metsäorganisaatioiden kesken on oikea tapa etsiä ratkaisuja suometsien vajaakäyttöön ja hoidon puutteisiin.

Yhteistyö suometsissä

Taimikonhoidot, nuoren metsän harvennukset, harvennushakkuut, lannoitukset, kunnostuokitukset ja kulkuyhteyksien parantamiset toteutetaan samalla kerralla naapuritilojen kanssa.

⇒ **Suometsiin mennään seuraavan kerran 15-20 vuoden kuluttua.**

Suometsien hoito- ja hakkuutoimenpiteiden keskittämisen tuomat hyödyt nykyiseen käytäntöön verrattuna

- 1. Saadaan suurempia leimikkokokonaisuuksia, mikä parantaa puukaupan houkuttelevuutta ja puun hintaa sekä toisaalta laskee korjuukustannuksia.**
- 2. Leimikkokoon kasvaessa voidaan käyttää paremmin suomiin soveltuvaa korjuukalustoa. Tuloksena parempi työnlaatu.**
- 3. Suometsien hoitotyöt (nuoren metsän hoito, lannoitus, kunnostusojitus ja tiestön rakentaminen) voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti.**
- 4. Hakkuiden ja hoitotöiden jaksotus on helpompaa.**
- 5. Vesiensuojelu voidaan suunnitella järkevästi.**
- 6. Työmahdollisuuksia suunnitteluun, työnjohtoon ja toteutukseen.**

Kokemukset ensimmäiseltä yhteistyöalueelta

Suometsien yhteishankkeita on rakennettu Pohjois-Karjalaan toistakymmentä. Ensimmäinen niistä on syksyllä 1999 Ilomantsin Tyrjään koottu kahdentoista metsänomistajan ja noin 150 hehtaarin kunnostusojitushanke. Aloite kunnostusojituksesta tuli yhdeltä metsänomistajalta, minkä jälkeen metsäkeskus kokosi kyläkunnalta lisää osallistujia. Hankkeen alkukokouksessa metsänomistajat sitoutuivat kunnostusojitukseen. Kokouksessa heille esiteltiin yhteishankkeen mahdollisuudet myös puukaupassa ja hoitotöissä. Ajatus todettiin järkeväksi, ja metsänhoitoyhdistys valtuutettiin myymään suometsien puut yhteismyynnillä. Tyrjän suometsät ovat pääosin kuitupuuvaltaisia kasvatusmetsiä. Puuta arvioitiin kertyvän harvennushakkuilta yli 2000 kuutiometriä.

Puukauppa suometsien puusta syntyi vasta loppukesällä 2000. Koneellinen puunkorjuu alkoi kevättalvella 2001. Osa leimikoista ehdittiin hakata maaliskuulla ennen kuin lauhat säät keskeyttivät puunkorjuun. Loput puusta hakataan seuraavana talvena.

Puukaupan tehneen UPM-Kymmenen koneellisen puunkorjuun lisäksi paikallinen metsänhoitoyhdistys toteutti syksyllä 2000 energiapuun korjuun metsurityönä 5.5 hehtaarin hoitamattomalla suokuviolla. Polttokäyttöön tarkoitettu puu on ohjattu Ilomantsin kunnan lämpölaitokselle.

Metsänomistajilta saadun palautteen mukaan suometsäyhteistyö on hyvä tapa toimia. Kokouksessa loppukesästä 2001 kysyttiin metsänomistajilta heidän kokemuksiaan. Kielteistä palautetta ei tullut. Hyvänä on koettu puunmyynnin helppous yhteismyynninä. Esille on tuotu myös, että joillakin tiloilla suometsien kunnostamiseen ei olisi ryhdytty ilman yhteishanketta. Kyseessä on metsänomistajalle helppo tapa hoitaa suometsänsä kerralla kuntoon.

Metsäorganisaatioiden näkökulmasta kokemukset tuovat esille useita kehittämistarpeita. Metsäkeskus hyötyy siitä, että yhteismyynnin ja samanaikaisten hakkuiden kautta kunnostusojitus voidaan tehdä yhdellä kertaa eikä ”tipotellen” eri aikoina. Tyrjän yhteishanke oli hieman liian suuri. Sen jakaminen kahdeksi olisi todennäköisesti parantanut töiden suunnittelun ja toteutuksen hallittavuutta. Metsänhoitoyhdistyksen rooli puukaupassa korostuu yhteismyynnin kautta. Nyt kuitenkin puukaupan toteutuminen otti aikaa lähes vuoden. Suometsien puu ei kuulu kiinnostavimpiin myyntiartikkeleihin. Puunostajan ja puunkorjaajan näkökulmasta suhtautuminen on ollut

”varovaista”. Onneksi kuitenkin joukossa on rohkeita toimijoita, jotka ottavat haasteen suometsien tulevaisuudesta vastaan. Puunkorjaajan puolelta on tullut selvä parannusesitys puunkorjuuolosuhteiden parantamiseksi: suoleimikoiden rajauksessa tulisi olla erityisen tarkka, että korjuukelvottomia alueita ei olisi mukana heikentämässä puunkorjuun kannattavuutta.

Muillakin maakunnan yhteishankkeilla kokemuksia kootaan, ja niiden kautta etsitään keinoja suometsäyhteistyön kehittämiseksi. Tavoitteena on tulevan talven aikana pitää paikkakunnittain yhteinen palaveri eri toimijoiden kesken. Tästä kehitettäisiin pysyvämpi foorumi, jonka kautta päästäisiin laadukkaampaan toimintaan suometsissä. Kynnys tehdä yhteistyötä suometsissä alenisi.

Päätelmiä

Metsäorganisaatioilla ei ole ollut selkeätä ja perinteistä toimintakulttuuria suometsien kunnostamiseksi. Yhteistyömallin toteuttaminen on hämmentänyt monia toimijoista. Osa metsäammattilaisista on suhtautunut asiaan vältellen, empien ja jopa vastustaen, ja pienempi osa kiinnostuneena uudesta mahdollisuudesta. Näkyvin tuki on tullut metsäkoneyrittäjiltä ja kaivuriyrittäjiltä. He luultavasti hyötyisivät eniten suometsien parantuneista työolosuhteista.

Metsänomistajat ovat suhtautuneet suometsäyhteistyöhön hyvin myönteisesti, usein jopa innostuneesti. Metsänomistajat antavat arvoa sille, että suometsien hoito tehdään heille helpoksi. He ovat myös tyytyväisiä siihen, että aloite yhteistyöhön tulee esim. metsäkeskukselta.

Metsänomistajien keskuudessa on epätietoisuutta suometsien puumarkkinoista. Erilaiset viestit suometsien kuitupuun oikeasta hinnasta saavat metsänomistajat epävarmoiksi. Siinä tilanteessa he helposti lykkäävät puukauppaa. Tämä taas viivästyttää suometsien kunnostamista ja aiheuttaa kasvu- ja laatutappioita puustolle.

Metsien käsittelytarve vaihtelee voimakkaasti suon eri osissa. Suon reunalla voi olla välitöntä harvennustarvetta, mutta keskellä joudutaan odottamaan pari vuosikymmentä. Puunkorjuun onnistumiseksi on erityisen tärkeää, että leimikon rajausta noudatetaan selkeitä käsittelyrajauksia. Konekorjuukelpoiset alueet on eroteltava raivaussaharvennuksista ja korjuukertymältään kelvottomista kohteista. Toiminta suometsissä vaatii selkeyttä.

Osa suometsistä on jäänyt aiemmin hoitamatta. Nyt ylitiheät, riukumaiset ja laadultaan vaihtelevat metsät ovat hankalasti käsiteltäviä. Kuitupuuta lähtee vähän eivätkä kohteet ole konekorjuukelpoisia, mutta hoidon tarve on selvä. Työ on metsurityötä, ja kustannukset ovat tuloja suuremmat. Mistä löytyvät metsurit?

Hakkuujälki turvemaidella on kirjavaa. Suometsissäkin on siirrytty koneelliseen puunkorjuuseen. Ajoittain voi ihastella hienoa harvennusjälkeä. Toisinaan taas huomaa, että harventaja ei ole onnistunut työssään. Puiden valinnassa, ajourien sijoittelussa, harvennusvoimakkuudessa tai lähikuljetuksen toteutuksessa olisi kehittämistarpeita. Työjälki olisi ehkä parempaa, jos suometsiin ohjattaisiin oikeat koneet ja kuljettajat. Yhteishankkeissa mahdollisuus onnistumiselle olisi suurempi.

Yhteenvetona on todettava, että yhteistyö suometsissä on todellinen mahdollisuus. Onnistuessaan se rohkaisee etsimään järkeviä yhteistyömahdollisuuksia muillakin sektoreilla. Kirkkaana tavoitteena on metsäammattilaisten yhtäläinen viesti toiminnan järkevyydestä. Näin metsänomistajan usko asiaan saadaan säilymään. Yleisesti ottaen suometsiin liittyvät ongelmat ovat enemmän henkisiä kuin fyysisiä. Siksi työtä suometsien hyväksi tulee jatkaa. Näkyvien tulosten aikaansaaminen vie vuosikausia.

11 Suoseminaarin retkeily 27.9.2001

Joensuu-Eno-Mieronaho-Luhtapohja-Pamilo-Vuotsa-Uimaharju-Joensuu

Hannu Laukkanen

Metsäkeskus Pohjois-Karjala, PL 17, 80101 Joensuu

Puh. 013-25 3220, sähköposti:hannu.laukkanen@metsakeskus.fi

Kohde 1 Mieronahossa

Keskustelunaiheina

- puustovaihtelu (koko ja tiheys) suolla
- vaihtelu harvennustarpeessa
- versosurman aiheuttamat toimenpiteet

Suonreunamännikön kasvupaikka on puolukkaturvekangas. Puuston tilavuus tällä 50 metrin levyisellä kaistalla on noin 170 m³/ha. Metsikössä on selvä harvennustarve. Puustossa on myös havaittavissa selvät merkit männyn versosurmasta. Ojitus on kunnossa.

Keskemmälle suota siirryttäessä kasvupaikka muuttuu vähitellen varputurvekankaaksi. Puuston määrä vähenee koko ajan. Noin sadan metrin päässä kankaan reunasta puuston määrä laskee 50-60 kuutiometriin hehtaarilla. Vaihtumisvyöhykkeellä on lievää harvennustarvetta. Sisempänä suolla ensiharvennukseen on aikaa vielä parikymmentä vuotta.

Keskustelussa oltiin yksimielisiä siitä, että kankaan reunassa oleva suomännikkö on myös korjuuteknisesti harvennuskelpoinen. Myös metsän terveyden kannalta harvennushakkuu on välttämätön.

Vaihtumisvyöhykkeellä ensiharvennus ei ole vielä ajankohtainen. Tosin riski versosurman voimistumiselle on olemassa nykyisellä kasvatustiheydellä. Puunkorjuun näkökulmasta vaihtumisvyöhykkeen ensiharvennusta lykätään, mutta onko mielekästä palata noin kymmenen vuoden kuluttua harventamaan alle 50 metrin puustovyöhykettä? Eräs vaihtoehto on, että käsitellään korjuuteknisesti heikompi vaihtumisvyöhyke nyt samanaikaisesti reunavyöhykkeen kanssa. Näin päästäisiin parikymmentä vuotta eteenpäin ennen seuraavaa harvennusta, joka kattaisi koko suoalan.

Kohde 2 Luhtapohjan tiehaarassa

Keskustelunaiheina

- kunnostusojituksen ajankohta
- harvennuksen tarve, kertymä ja ajankohta
- metsikön tulevaisuuden ennustaminen

Suo on karu varputurvekangas. Uudisojitus on tehty auralla noin 25 vuotta sitten, ja suo on luultavasti lannoitettu ojituksen yhteydessä. Ojat ovat selvästi madaltuneet, ja uudelleen soistuminen on alkanut. Sateettoman kesän jälkeen ojan pohja on kuiva. Puusto on erikokoista, laadultaan hyvin vaihtelevaa ja määrältään noin 50 m³/ha. Runkoluvuksi on mitattu 1800-2200 kpl/ha. Puustosta osa on riukuuntuneita välipuita, jotka kiusaavat valtapuiden latvuksia.

Keskustelussa arvioitiin puuston virkeän kehityksen johtuneen uudisojituksen ja peruslannoituksen yhteisvaikutuksesta. Puustossa on nyt havaittavissa näkyviä pääravinteiden puutoksia.

keskustelu. Pidettiin myös mahdollisena, että alempi pohjaveden taso (=kunnostusojitus) lisää puille käyttökelpoisten ravinteiden määrää sekä samalla parantaa puuston elinvoimaa ja terveyttä. Metsäkeskusten edustajat esittivät suometsikön harvennusta raivaussahatyönä ja kunnostusojitusta. Näin varmistettaisiin puuston hyvä kehitys kohti korjuuteknisesti järkevää ensiharvennusta 20-30 vuoden kuluttua. Metsäntutkimuksen puolelta tuotiin esille myös lannoituksen myönteinen vaikutus puuston jatkokehitykselle.

Asiantuntijapuheenvuorossa suopuustojen laadusta todettiin, että suometsistä hakattujen tukkien laatu ei olennaisesti poikkea kivennäismaiden vastaavasta. Suopuustojen tukkisaanto tosin on kivennäismaiden puustojen tukkisaantoa alhaisempi. Runkojen väliset laatuerot ovat suometsissä huomattavia.

Kohde 3 Vuotsassa

Keskustelunaiheina

- leimikkokeskitysten vaikutus suometsien harvennushakkuisiin ja hoitoon
- koneellinen puunkorjuu suometsissä

Tyrjän kylän alueella toteutetaan yhteistyötä kahdentoista metsänomistajan suometsissä. Kunnostusojituksen alkukokouksessa metsänomistajat tekivät päätöksen myydä suoharvennukset yhteismyynnillä. Osa noin 2000 m³:n suoleimikosta hakattiin viime talvena. Puunkorjuu kuitenkin keskeytettiin normaalia aikaisemmin kevään vuoksi. Samalla alueella Metla selvittää metsätaloustoimenpiteiden vaikutusta alapuolisten pienvesien vedenlaatuun, ja Joensuun yliopisto tutkii suopuustojen laatua pieniläpimittaisten tukkien sahauskassa.

Puunostajan puheenvuorossa todettiin, että yhteismyyntien kokoaminen suometsiin on toivottavaa. Optimikoko on 500-2000 m³. Mukaan voidaan liittää myös kivennäismaiden ensiharvennuksia. Puunkorjaajan näkökulmasta tulee kiinnittää erityistä huomiota leimikon korjuukelpoisuuteen. Leimikosta tulee selkeästi rajata pois kertymältään ja korjuuoloiltaan soveltumattomat alueet. Harvennusalojen ennakkoraivaus ja riittävät hehtaarikertymät (35-40m³/ha) mahdollistavat kustannustehokkaan puunkorjuun suometsien hankalissa puunkorjuuolosuhteissa. Raivaussahatyötä suometsissä on lisättävä.

Keskustelussa todettiin, että metsähallitus hoitaa omien suometsiensä hakkuut kokonaisvaltaisesti. Koko suoalue laitetaan kuntoon, vaikka joukossa olisikin alueita, joiden hehtaarikertymät jäävät normeja alhaisemmiksi.

Keskustelun yhteydessä tiedusteltiin hakkuutulojen ja kunnostusojituskustannusten väliseen suhteeseen ei saatu varmaa vastausta heti. Jälkikäteen on laskettu, että kantorahatulot ovat noin kolminkertaiset verrattuna kunnostusojituksen kustannuksiin, kun valtion rahoitustuki on huomioitu.

Kohde 4 Vuotsassa

Keskustelunaiheina

- energiapuun hyödyntämisen antamat mahdollisuudet suometsissä

Osa Tyrjän suometsistä on ollut hoitamattomia. Tällä yhteishankkeen osalla metsänhoitoyhdistys on toteuttanut energiapuukorjuun. Tältä suoharvennukselta kertyi energiapuuta noin 60 /ha ja kuitupuuta noin 20 m³/ha. Kohde ei olisi täyttänyt koneellisesti korjattavan pystyleimikon edellytyksiä. Metsänomistajan tulo oli noin 2000 mk/ha (kantorahatulot ja valtion rahoitustuki).

Keskustelussa arvioitiin, että energiapuukorjuu tällä viljavalla suolla on taloudellisesti ja sosiaalisesti mallikelpoista toimintaa, mutta ekologisesti riskialtista. Energiapuun mukana poistuu harvennusmetsästä runsaasti ravinteita. On mahdollista, että tulevaisuudessa joudutaan tuomaan ravinteita lannoituksen muodossa. Neulasten ja lehtien jättäminen hakkuualalle lieventää selvästi ravinnehävikkiä.

Keskustelussa esitettiin myös näkemys, että sama metsikkö ajallaan hoidettuna olisi nyt tuonut huomattavasti korkeamman kantorahatulon kuin esitelty energiapuuhakkuu. Toisaalta todettiin, että nyt esitelty menetelmä aiemmin hoitamattoman kohteen kunnostamiseksi on järkevä.

Metsänomistajan puheenvuorossa koettiin yhteistyö suometsien kuntoonsaattamisessa myönteisenä. Haittapuolia ei löydy.

Kohde 5 Enocellin tehtaalla Uimaharjussa

Aiheena ensiharvennuspuu käyttäjän näkökulmasta

Sellun keittäjälle mäntysahatukin pitkäkuituinen pintahake on halutuinta raaka-ainetta. Tätä sellua voidaan käyttää lujutta vaativiin paperilaatuihin. Ensiharvennuspuusta saatava kuitu on lyhyempää eikä sisällä parhaita lujuusominaisuuksia.

Ensiharvennuspuu ohjataan jalostusprosessiin tehtaan tarpeiden ja sovittujen osuukseen mukaisesti. Tämä tarkoittaa, että ainakin suuremmat ensiharvennuspuerät on käsiteltävä erillään. Uimaharjussa on myös tuotettu massaa, jonka raaka-aineena on kokonaan ensiharvennusmänty. Lähitulevaisuuden haasteena on löytää sopiva käyttökohde ja käyttäjä tälle tuotteelle.

ISBN 951-40-1812-5
ISSN 0358-4283