

**METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA**

295



MUHOKSEN TUTKIMUSASEMA



METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ KÄRSÄMÄELLÄ 1987

MUHOS 1988

KANSIKUVA: Juopunutta istutusmetsää Muhoksella. Lenketyvisyyden
syyinä lienee maan liiasta kosteudesta johtunut juuristojen
heikko kehitys.
Valokuva: Pentti Savilampi.

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 295

Muhoksen tutkimusasema

METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ KÄRSÄMÄELLÄ 26.11.1987

Muhos 1988

SISÄLLYS

Mikko Moilanen

Ojitetut turvemaat puuntuotannossa - käytännön
ongelmia ja tutkimuksen tuloksia 4

Pentti Niemistö

Pohjanmaan hieskoivikot ja niiden käsittely 13

Matti Niiranen

Kuitupuun laatu ja teollinen käyttö 27

Pentti Savilampi

Kärsämäen viljelytaimikkojen tila 5 ja 10
vuoden iällä 44

Klaus Silfverberg

Erilaisten tuhkien ominaisuuksista ja käyttö-
kelteisyydestä suometsien lannoituksessa 56

Tapani Tasanen

Metsänviljelyn runkotutkimus 2:n tuloksia
Oulun läänissä 64

Jukka Valtanen

Taimien kallistuminen ja puiden tyvilenkous 76

LUKIJALLE

Muhoksen metsäntutkimusasema järjesti 26.11.1987 15. kerran alueellisen metsäntutkimuspäivän. Tällä kerralla koontumispaikkana oli Kärsämäki.

Luennoitsijoiksi saatiin aseman oman väen lisäksi FT Matti Niiranen Veitsiluoto Oy:stä, Lounais-Suomen metsäoppilaitoksen rehtori Tapani Tasanen (METLAn sivullinen tutkija) ja FK Klaus Silfverberg METLAn suontutkimusosastolta. Heidän avullaan päivän anti saatiin monipuoliseksi, ja "jokaiselle jotakin" -tarve tuli varmasti täytetyksi.

Jukka Valtanen
tutkimusaseman johtaja

Mikko Moilanen

OJITETUT TURVEMAAT PUUNTUOTANNOSSA - KÄYTÄNNÖN ONGELMIA JA TUTKIMUKSEN TULOKSIA

1. TAUSTAA

Soiden metsätaloudellisen käytön juuret juontavat vuosisadan vaihteeseen, jolloin laadittiin ensimmäiset suunnitelmat suometsän kasvun parantamiseksi ojituksen avulla. Kuivatustöitä oli toki tehty aiemminkin, mutta tuolloin vaikuttimet olivat olleet toiset: kytöviljelyn harjoittaminen, yritys torjua hallaa suolta ja kangasmaiden soistumisen ehkäiseminen. Halla ei suolta kuitenkaan lähtenyt - sen sijaan kuivatuksen havaittiin synnyttävän metsää ja nopeuttavan puiden kehitystä.

Merkittäväksi ojitustoiminnan vauhdittajaksi muodostui vuoden 1928 metsänparannuslaki, joka mahdollisti yksityismaiden osalta laajamittaisemmat kuivatustyöt. 1930-luvulla tehtiinkin miestyönä ojitusta noin 700 000 hehtaarin alalla.

Metsäteollisuuden laajentuminen, ajoittaiset ylihakkuut ja puhe puupulasta johtivat 1950- ja -60-luvuilla ojituspinta-alojen voimakkaaseen kasvuun. Kaivutekniikassa tapahtunut kehitys merkitsi työsaavutusten moninkertaistumista. Huippu saavutettiin 1970-luvun vaihteessa, jolloin vuotuinen ojitusala kohosi lähelle 300 000 ha. Ojitettujen soiden kokonaisala lähentelee tällä hetkellä 6 miljoonaa hehtaaria, mikä on 16 % koko maa-alasta ja reilusti yli puolet soiden kokonaismäärästä.

2. OJITETTU SUO METSÄPUIDEN KASVUALUSTANA - ERITYISPIIRTEITÄ

Ravinteisuus

Puuston kasvua ojitetulla suolla rajoittaa useimmiten käyttökelpoisten pääravinteiden (N, P, K) niukkuus tai epätasapaino. Tyypeä kasvualusta tosin sisältää monesti runsaastikin, mutta se on orgaanisessa muodossa ja näin vähäiseltä osaltaan puiden saatavissa. Samoin on fosforin laita. Kalium poikkeaa edellisistä siinä, että se on helpoliukoisena kasvien käytettävissä ja suurelta osin ravinnekierrossa. Pääravinteiden ohella puuston tasapainoiseen kehitykseen tarvitaan riittävästi eri hivenravinteita, joita niitäkään ei turpeessa liiemmin ole. Ojituksen ja pääravinnelannoituksen jälkeen on monesti havaittu etenkin boorin puutostiloja.

Kasvualustan ravinnetaloutta voidaan tunnetusti korjata lannoituksella. Fosforilannoituksen vaikutus näkyy kohonneina neulasten ja turpeen ravinnepitoisuuksina sekä lisääntyneenä puuston kasvuna monesti yli 20 vuoden ajan. Lannoituksen vaikutus on kuitenkin rajallinen, eikä sillä esimerkiksi voida kohottaa suon ravinteisuusluokkaa pysyvästi kuten aiemmin luultiin. Myös käsite "lannoittaan ojituskelppoinen suo" on aikansa elänyt: lannoituksen varassa ei puustoa ole järkevää kasvattaa. Eräillä maanparannusaineilla (mm. tuhka) voidaan kuitenkin nopeuttaa turpeen hajoamista niin, että orgaanisen aineen kertyminen suohon lakkaa. Näinhän tapahtuu jo ojituksen seurauksena. Turpeen hajoaminen taas edistää typen ja fosforin vapautumista puiden käyttöön.

Pitemmällä aikavälillä ratkaisevaksi puuston kehitykselle muodostuu se, riittävätkö kasvualustan ravinnevarat useamman puusukupolven kasvattamiseen - sitoutuuhan puustoon sen kasvatusaikana huomattava osa turpeen pintakerroksen ravinteista. Tuoreimmat selvitykset viittaavat siihen, että kriittiseksi ravinteeksi saattaa osoittautua kalium, etenkin paksuturpeisilla ja nevaisilla soilla. Kokopuukorjuun käyttö tällaisilla kohteilla merkitsee ravinnetilan entistä nopeampaa heikkenemistä.

Vesitalous

Ojitettu suo on humidisessa ilmastossamme labiili ekosysteemi ja pyrkii vähitellen palautumaan alkuperäiseen tilaan, ellei ojastojen kunnosta huolehdita. Uudisojitus-toiminnan hiljalleen väistyessä tilalle on tulossa mittava ojanperkauksen ja täydennysojituksen työmaa, jonka läpiviemisestä paljolti riippuu, miten arviot ojituksen vaikutuksesta metsien kasvuun toteutuvat. Metsä 2000 -ohjelman mukaan tulisi kunnostusojitusta tehdä vuosittain 120 000 ha. Tavoitteesta ollaan tällä hetkellä suuresti jäljessä.

Metsäojien kuntoa ja perkaustarvetta selvittänyt äskettäin valmistunut tutkimus osoittaa ojastojen jakaantuvan eri kuntoluokkiin seuraavasti:

<u>Kuntoluokka</u>	<u>% ojista</u>
Hyvä	24
Melko hyvä	29
Tyydyttävä	28
Melko heikko	14
Heikko	5

Perkaustarpeen kehittyminen ojituksen ikääntyessä arvioitiin samassa yhteydessä seuraavaksi:

<u>Ojituksen</u> <u>ikä, v.</u>	<u>Perkaustarve,</u> <u>% ojamäärästä</u>
Alle 10	9
11-20	20
21-30	29
Yli 30	29

Tutkimukset ojanperkauksen ja/tai täydennysojituksen vaikutuksista ja kunnostustarpeen määrittämisestä ovat vasta alullaan. Alustavat havainnot kuitenkin viittaavat siihen, että ojien perkaamisella voi olla monesti suurempi kuivatusvaikutus kuin saran halkaisulla.

Puuston vaikutus pohjaveden korkeuteen on huomattava. Runsas ja sulkeutunut puusto voi tiettyyn rajaan saakka korvata heikkoa ojitus-tehoa. Vastaavasti hakkuulla vaikutetaan voimakkaasti vesitalouteen. Jo 20 %:n poistuma puuston tilavuudesta aiheuttaa pohjaveden pinnan selvän nousun.

Puuston merkitys vesitalouden säätelijänä käy selkeästi ilmi laajahkosta selvityksestä, jossa tutkittiin kuivatus-syvyyden ja puuston välisiä riippuvuuksia vanhoilla räme-ojitusalueilla. Tulokset osoittavat puuston tilavuuden selittävän pohjavesipinnan syvyyttä paremmin kuin esimerkiksi ojien kuivavara tai ojan syvyys. Runsaspuustoisessa metsikössä pohjavesi saattaa olla 40 cm:n syvyydessä, vaikka ojissa on kuivavaraa vain 20 cm. Huonokuntoiselta näyttävä oja ei siten välttämättä osoita alueen heikkoa ojitus-tehoa, jos vain puuston määrä on riittävän suuri.

3. OJITUSALUEIDEN METSIEN KEHITTYMINEN JA RAKENNE

Ojituksen aiheuttaman puuston kasvureaktion kehittyminen eri suotyypeillä ja eri ilmasto-oloissa tunnetaan verraten hyvin. Äskettäin valmistunut valtakunnallinen metsäojitus-alueita koskeva laaja inventointitutkimus on selvittänyt vuosina 1930 - 78 ojitetun suopinta-alan kasvupaikkatyyppijakaumaa, ojitusalueiden kuivatusteknistä tilaa, puuston kehittymistä ojituksen jälkeen, puuston rakennetta ja metsänhoidollista tilaa.

Suopuustojen tämänhetkinen rakenne poikkeaa kangasmaiden puustojen rakenteesta. Keskitilavuudet jäävät selvästi pienemmiksi kuin metsämaalla. Taimikoiden ja nuorien kasvatusmetsien osuus on suometsissä suurempi ja varttuneiden metsien osuus vastaavasti pienempi kuin kuin kivennäismailla. Harvennushakkuun tarvetta arvioidaan olevan 15 %:lla ojitusalueista koko maassa, Pohjois-Suomessa 9 %:lla.

Ojituksen seurauksena kasvupaikka käy läpi ojikko- ja muuttumavaiheet päätyen useimmiten lopulta turvekankaaksi. Muutos on sitä hitaampi, mitä karummasta kasvualustasta on kyse ja mitä pohjoisempana ollaan. Tällä hetkellä on ojitusalueista kokonaispinta-alasta noin 15 % turvekangasvaiheessa.

Etenkin Pohjois-Suomen karuhkoilla soilla puuston kasvun elpyminen on hidasta. Em. inventoinnissa saatujen tulosten pohjalta todettiin, että ojituskelvottomuuden alarajaa on eräiden suotyyppien osalta syytä tarkistaa. Näin osa heikoimmista ojituskohteista tullaan jatkossa jättämään kunnostamatta. Ylläpitokelvottomien ojitusalueiden osuus koko ojitusalueesta lienee noin 10 %:n suuruusluokkaa.

Valtakunnan metsien inventoinnin tuloksista voidaan päätellä, että 1960-luvulla laaditut ennusteet ojituksella aikaansaataavista puuston kasvunlisäyksistä ovat pitäneet hyvin paikkansa. Tämänhetkiseksi vuotuiseksi kasvunlisäykseksi arvioidaan 7 - 8 milj. m³ eli sama määrä, jonka suot luonnontilaisina tuottaisivat. Kaikkiaan suometsät tuottavat jo neljäsosan metsiemme kasvusta. Suurimmillaan kasvunlisäyksen lasketaan olevan 15 milj. m³.

Laajojen 1960-luvun ojitusten ansiosta suopuustojen kasvu on voimakkaan kiihtyvää. Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun suometsien tarkastelu valtakunnan metsien 6. ja 7. inventointien tulosten pohjalta osoittaa puuston vuotuisen kokonaiskasvun suurentuneen inventointien välillä 2,61:sta 3,91:een miljoonaan m³:iin (lisäystä peräti 51 %) ja kokonaistilavuuden 54:sta 72:een milj. m³:iin.

4. HAASTEITA TAMÄN PÄIVÄN SUONTUTKIMUKSELLE

Metsänparannustyön painopiste on siirtymässä uudisojituksesta ojastojen kunnossapitoon ja suometsien hoitoon. Metsätalouden suunnittelija tarvitsee jo lähitulevaisuudessa enemmän tietoa

- vanhojen ojitusalueiden luokittelusta
- kunnostusojituksen tarvekriteereistä
- suometsien hoidosta (kasvatus, uudistaminen) ja tuotoksesta
- lannoitustarpeen määrittämisestä etenkin jatkolannoitusvaiheessa
- metsänparannustöiden ympäristövaikutuksista
- turvemaiden puunkorjauksesta.

Em. aiheet ovat mukana METLAN suontutkimusosaston tämän hetken työssä. Alkuaan keskeisellä sijalla olleista turpeen ravinnetalouden tutkimuksista on suuntauduttu enemmän suometsien hoito- ja tuotostutkimuksiin.

Uudistamisessa keskitytään vanhojen ojitusalueiden puustojen uudistamisvaihtoehtojen selvittämiseen. Karuhkojen turvekankaiden onkin nähty poikkeavan uudistumisolosuhteiltaan ojikoista ja muuttumista. Kasvualustan itämisherkkyys näyttää selvästi alenevan kuivumisen edistyessä.

Puuston kasvatusvaihetta tutkitaan paitsi varsinaisten harvennuskokeiden, myös VMI:iin kytketyn laajan pysyvän kasvukoealaverkon avulla. Viimeksi mainittu nk. SINKA-tutkimus tuottaa 1990-luvulla kasvumallit Pohjois-Suomen tärkeimmille metsänkasvatuskelpoisille soille. SINKA-koealaverkosto toimii samalla pohjois-suomalaisten suoekosysteemien seurantajärjestelmänä, missä rekisteröityvät kasvualustan vesitaloudessa, ravinteisuudessa ja kasvillisuudessa tapahtuvat muutokset.

Vanhojen ojitusalueiden luokitteluun on lähiaikoina odotettavissa uutta tietoa, samoin turvemaan ravinnevaroihin ja jatkolannoitustarpeen määritykseen. Ilmeistä on, että jatkossa joudutaan perinteistä kasvillisuuteen perustuvaa luokitusta täydentämään mm. ravinneanalyttisillä menetelmillä (neulasanalyysi, turpeen typpi-tila). Tutkittava on myös mahdollisuuksia pituushonitoinnin hyväksikäyttöön.

Hydrologisessa tutkimuksessa panostetaan täydennysojituksen ja ojanperkauksen valuma- ja puustovaikutusten selvittämiseen. Ravinteiden huuhtoutumista lannoitusalueilta

tullaan myös seuraamaan. Ravinteiden kulkeutumisen seurannan tarpeellisuutta korostaa vastikään saatu tutkimustulos, jossa todettiin talviaikaisen lannoituksen aiheuttaneen eräällä lannoituskoekentällä oletettua huomattavasti suuremman ravinteiden huuhtoutuman.

Ojitettujen soiden merkitys maamme metsien puuntuotannossa on huomattava ja tulee entisestään korostumaan. Metsätalouden harjoittaminen vesi- ja ravinnetaloudeltaan alati muutostilassa olevalla kasvupaikalla on kuitenkin vaativaa ja sisältää enemmän epävarmuustekijöitä kuin kangasmaiden kyseessä ollen. Näiden epävarmuustekijöiden vähentämiseksi tietoa ojitusalueiden sukkession lainalaisuuksista tulisi saada lisää.

KIRJALLISUUTTA

- Ahti, E. 1987. Water balance of drained peatlands on the basis of water table simulation during the snowless period. CIFE 141.
- Heikurainen, L. 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. AFF 69.
- 1961. Metsäojituksen vaikutuksesta puuston kasvuun ja poistumaan hakkuusuunnitteiden laskemista varten. AFF 71.
 - 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. AFF 167.
 - & Seppälä, K. 1973. Ojitusalueiden puuston kasvun jatkumisesta ja alueellisuudesta. AFF 132.

- Kaunisto, S. 1983. Puuston typpilannoitustarpeen arvioiminen turvemailla. MT 94.
- 1984. Suometsien uudistaminen turvekangasvaiheissa. MT 137.
 - 1983. Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nitrogen status. CIFE 140.
 - & Päivänen, J. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemailla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. FF 625.
- Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930 - 78 metsäojitetut suot: Ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. AFF 193.
- Laine, J. 1986. Kuivatustekniikan, kuivatussyvyyden ja puuston kasvun välisiä vuorosuhteita 25 vuotta vanhoilla rämeojitusalueilla. Tutkimussopimushankkeen "Metsäojitettujen soiden ekologia" loppuraportti. Helsinki 1986.
- Moilanen, M. & Issakainen, J. 1984. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeellä. MT 133.
- Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1984. Etelä- ja Keski-Suomen suometsät vuosina 1951 - 1981. FF 580.
- 1985. Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun suometsät vuosina 1951 - 1983. FF 617.
- Penttilä, T. & Honkanen, M. 1986. Suometsien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. MT 226.
- Päivänen, J. 1982. Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen. FF 516.
- Sallantaus, T. 1986. Soiden metsä- ja turvetalouden vesistövaikutukset - kirjallisuuskatsaus. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki.
- Seppälä, K. 1969. Kuusen ja männyn kasvun kehitys ojitetuilla turvemailla. AFF 93.
- Suo Vol. 35 no. 4-5. 1984. Metsänlannoitus turvemailla.
- Westman, C.J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. AFF 172.

Pentti Niemistö

POHJANMAAN HIESKOIVIKOT JA NIIDEN KÄSITTELY

1. JOHDANTO

Koivukuitupuusta on yllättäen tullut mäntytkin ohella eniten kysytty puutavaralajimme. Aikaisemmin lähes arvottomana rikkaruohona pidetyn hieskoivun arvostuksen nousu johtuu hienopaperien kysynnän voimakkaasta noususta ja niiden valmistuksen kehittymisestä koivusellua suosivaksi. Samalla maailmanmarkkinoilla koivusellun hintakilpailukyky on parantunut tärkeimpään kilpailijaansa eukalyptukseen verrattuna. Alhainen kantohinta kotimaassa lisää myös koivukuitupuun kysyntää. Koivun kysyntä on pitkällä tähtäimellä pitkäkuituisia havupuita uhatummassa asemassa, koska lämpimissä maissa pystytään tuottamaan halvalla ja nopeasti lyhytkuituista lehtipuuta.

Hyvää markkinatilannetta pidettiin vielä vuosi sitten nopeasti ohimenevänä, mutta nyt tilanne näyttää pysyvämmältä. Kantohintaa hyvä menekki ei ole vielä nostanut. Odotettavissa on korkeintaan lievää nousua, koska korjuu on hankalien maasto-olosuhteiden ja pienten kertymien takia kallista. Hankintatyönä koivukuitupuun hakkuut ovat kiihtollisia kohteita.

Metsänhoidollisessa mielessä hieskoivulla on sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia. Runsaalla lehtikarikkeellaan ja syvällä juuristollaan se parantaa kasvupaikkansa puuntuotannollisia ominaisuuksia. Tyypillisenä pioneeri-puulajina se valmistaa kasvupaikan hyvään kuntoon tulevaa havupuusukupolvea varten.

Sekapuuna se ylläpitää kasvupaikan viljavuutta ja edistää karsiutumista. Voimakkaana haihduttajana hieskoivu kuivattaa märkyyden vaivaamia kasvupaikkoja. Sekapuuna koivun osuudeksi suositellaan 25 prosenttia (Mielikäinen 1980 ja 1985).

Kivennäismailla hieskoivu häviää muille puulajeille sekä tuotoksen laadussa että määrässä, mutta turvemaidella ja vettyneillä kangasmailla se saattaa tuottaa parhaiten. Rauduskoivu ei menesty turvemaidella lainkaan.

Männyn uudistusaloilla hieskoivu on kuitenkin sitkeä ja kiusallinen vieras, joka tukahduttaa nopealla kasvullaan ja voimakkaalla vesoittumisellaan hitaammin nousevan taimikon. Vaikeilla uudistusaloilla hieskoivu toisaalta takaa sen, ettei alue jää metsittymättä.

Kuusen uudistamisessa hieskoivikkoa voidaan käyttää tehokkaana verhopuustona hallaa vastaan. Kuusen kasvattaminen koivikon alla kaksijaksoisessa metsikössä on suositeltavaa, mikäli puunkorjuun ongelmat pystytään ratkaisemaan.

Seuraavissa tarkastellaan hieskoivikkojen osuutta ja asemaa Pohjanmaan metsätaloudessa lähinnä valtakunnan metsien seitsemännen inventoinnin (VMI-7, Kuusela ym. 1983 ja 1986) pohjalta. Pohjanmaalla tarkoitetaan tässä Pohjois-, Keski- ja Etelä-Pohjanmaan sekä Vaasan metsälautakuntien muodostamaa aluetta (taulukko 1).

Luvussa 3 tarkastellaan neljän kokeen tuloksia hieskoivikon kasvusta ja tuotoksesta käytettäessä erilaisia harvennustiheyksiä.

2. POHJANMAAN HIESKOIVIKOT

Hieskoivua esiintyy Suomessa runsaimmin Pohjanmaan ja Lapin alavilla ja runsassoisilla alueilla. Varsinkin Pohjois-Pohjanmaan eteläpuoliskossa koivuvaltaisten metsien osuus nousee korkeaksi. Ojitettujen soiden ansiosta hieskoivu muodostaa Pohjois-Pohjanmaan metsälautakunnan alueen kasvusta nykyisin jopa 30 %. Metsä-2000:n mukaan metsien

Taulukko 1. Lehtipuuvallaiset metsät Pohjanmaan metsämaalla VMI-7:n mukaan 1981-1982.

Metsälautakunnan alue	Varttunut taimikko	Nuori kasvatus-metsä	Varttunut kasvatus-metsä	Uudistus-kypsiä metsä	Vajaa-tuottoinen metsä	Lehtipuuvallaiset metsät		Hieskoivua, milj. m ³
						Yhteensä	% alueen kokonais-arvosta	
POHJOIS-POHJANMAA ha	23 800	72 700	20 300	8 100	68 100	193 600	12.1 %	18.5
Kehitysluokan osuus	12.3 %	37.5 %	10.5 %	4.2 %	35.2 %	100 %		
Runkotilavuus m ³ /ha	29	71	93	97	52	63	109 %	
Lehtipuuosuus	79 %	77 %	73 %	79 %	79 %	78 %		
Lehtipuun määrä m ³	0.55 milj.	4.00 milj.	1.38 milj.	0.62 milj.	2.79 milj.	9.5 milj.	9.9 %	
KESKI-POHJANMAA ha	5 700	29 000	8 400	1 500	41 800	86 600	11.8 %	9.57
Kehitysluokan osuus	6.6 %	33.5 %	9.8 %	1.8 %	48.2 %	100 %		
Runkotilavuus m ³ /ha	32	72	140	119	65	73	112 %	
Lehtipuuosuus	88 %	76 %	67 %	66 %	80 %	77 %		
Lehtipuun määrä m ³	0.16 milj.	1.60 milj.	0.79 milj.	0.12 milj.	2.17 milj.	4.85 milj.	10.1 %	
ETELÄ-POHJANMAA ha	7 300	14 800	5 600	4 700	21 400	54 200	5.8 %	9.11
Kehitysluokan osuus	13.5 %	27.2 %	10.3 %	8.6 %	39.5 %	100 %		
Runkotilavuus m ³ /ha	23	84	152	129	80	82	101 %	
Lehtipuuosuus	83 %	71 %	68 %	71 %	78 %	73 %		
Lehtipuun määrä m ³	0.14 milj.	0.89 milj.	0.58 milj.	0.43 milj.	1.33 milj.	3.25 milj.	4.2 %	
VAASA ha	5 000	23 700	6 600	3 500	25 200	64 600	14.1 %	7.60
Kehitysluokan osuus	7.7 %	36.7 %	10.2 %	5.3 %	39.1 %	100 %		
Runkotilavuus m ³ /ha	30	86	139	142	29	89	95 %	
Lehtipuuosuus	97 %	80 %	73 %	96 %	80 %	81 %		
Lehtipuun määrä m ³	0.15 milj.	1.63 milj.	0.67 milj.	0.48 milj.	1.85 milj.	4.66 milj.	10.8 %	
KOKO POHJANMAA ha	41 800	140 200	40 900	17 800	156 500	399 000	10.7 %	44.8
Kehitysluokan osuus	11.2 %	35.5 %	10.3 %	5.4 %	40.0 %	100 %		
Runkotilavuus m ³ /ha	28	75	118	115	67	72	106 %	
Lehtipuuosuus	83 %	77 %	71 %	94 %	79 %	78 %		
Lehtipuun määrä m ³	1.00 milj.	8.13 milj.	3.42 milj.	1.65 milj.	8.14 milj.	22.26 milj.	9.2 %	

suotuisa kehitys edellyttäisi tällä alueella hieskoivun hakkuiden lisäämistä 1,2 milj. m³:n vuositasolta noin 2,0 milj. m³:n tasolle. Tämä lisäys vastasi noin puolta alueelle kaavaillun uuden sellutehtaan raaka-aineen tarpeesta.

VMI-7:n mukaan Pohjanmaalla on 400 000 ha lehtipuuvaltaisia metsiä, joista 48 % Pohjois-Pohjanmaalla. Lehtipuuvaltaiset metsät ovat pääasiassa hieskoivikoita. Silmiinpistävää taulukossa on vajaatuottoisten metsien osuus (40 %). Myös kasvatusmetsiä on runsaasti. Uudistuskypsiä metsiä on vain 5 %.

Yhteensä Pohjanmaalla on hieskoivua 45 milj. m³, josta noin 15 milj. m³ kasvaa lehtipuuvaltaisissa metsissä ja loput havumetsien sekapuustona. Nämä ovat metsämaan lukuja, mutta kitumaan osuus jää hyvin pieneksi.

Nuoria koivuvaltaisia kasvatusmetsiä Pohjanmaalla on 140 000 ha ja niissä on lehtipuuta yli 8 milj. m³. Tästä noin 50 % kertyy Pohjois-Pohjanmaalta. Harvennushakkuita näissä metsissä suositellaan tehtäväksi koko Pohjanmaan alueella yli 8 000 ha vuodessa.

Varttuneita koivuvaltaisia kasvatusmetsiä Pohjanmaalla on 41 000 ha ja niissä lehtipuuta 3,4 milj. m³. Harvennustarve arvioidaan vajaaksi 3 000 hehtaariksi vuodessa.

Vuotuinen hakkuukertymä koivuvaltaisten kasvatusmetsien harvennushakkuista on noin 400 000 m³, mikäli edellä esitetyt harvennukset toteutetaan.

Vuotuinen lehtipuuston kasvu on arvioitu koko Pohjanmaalla 3,5 milj. m³:ksi. Suurin kestävä poistumasuunnite on vastaavasti 3,9 milj. m³/v. Metsälautakunnittain lehtipuuston kasvu ja poistumasuunnite jakautuvat seuraavasti: Poh-

jois-Pohjanmaa 37 %, Keski-Pohjanmaa 24 %, Etelä-Pohjanmaa 22 % ja Vaasa 17 %. Poistumasuunnitteesta on lehtikuitupuuta 2,6 milj. m³ ja tukkipuuta 130 000 m³. Pienrunkopuun määrä on siten 1,2 milj. m³/v.

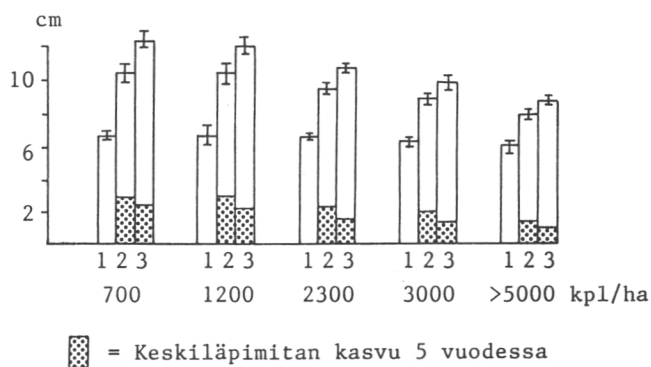
3. HARVENNUSKOKEET JA NIIDEN TULOKSET

Hieskoivun harvennuskokeita perustettiin Muhoksen tutkimusaseman toimesta 1970-luvulla Pohjois-Pohjanmaalle viisi ja Lappiin kaksi kappaletta. Tässä esitetään noin 10 vuoden aikana saatuja tuloksia kahdesta nuoresta koivu-tiheiköstä Rovaniemellä ja Limingassa. Koealojen runkoluvut vaihtelevat välillä 700-10000 kpl/ha. Toiset kaksi varttuneempaa koemetsikköä sijaitsevat Haapavedellä ja Kärsämäellä. Niissä noin 2 000 kappaleen lähtötiheys on harvennettu eri asteisesti aina tiheyteen 600-700 kpl/ha (yhdeällä koealalla jopa 400 kpl/ha). Tarkempia tietoja kokeista on koottu taulukkoon 2.

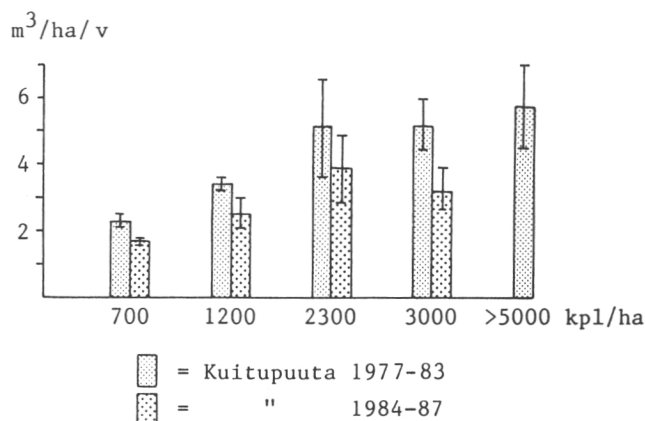
Taulukko 2. Perustamistiedot harvennuskokeista.

Koe	Kasvu- paikka	Ikä v	Runkoluvut harvennuksen jälkeen	Tois- toja kpl	Valta- pituus m	Mittaus- vuodet	Koe- aloja kpl
Rovaniemi	Tuore kangas, soist.	n. 20	700,1200,2300, 3000,5000-10000	3	7.0	-77,-83,-87	15
Liminka	Ranta-savikko, ojitettu	n. 20	1000,1500,2000, 2500,5000-10000	3	10.6	-78,-83,-87	16
Haapavesi	Tuore kangas, ojitettu	37	700,900,1050, 1300,1500,1750, n. 2100	4	13.8	-74,-79,-84	30
Kärsämäki	Rhtkg	58	400,600,800, 1000,1200,1400, 1600, n. 2000	2	14.7	-76,-81,-86	15

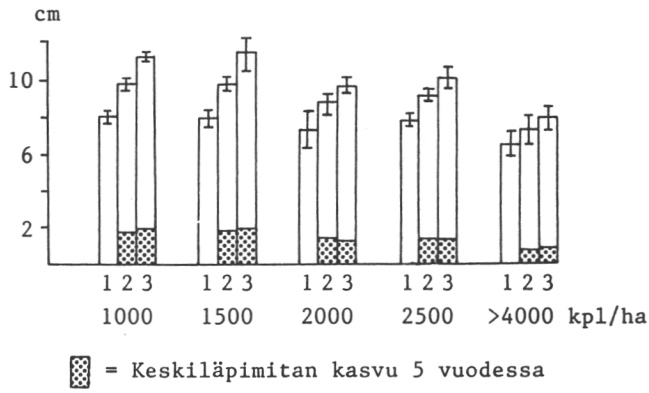
Kuvissa 1-4 on esitetty nuorten hieskoivikoiden pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan kehitys ja käyttöpuun tuotos kahtena jaksona harvennuksen jälkeen. Käyttöpuun tuotoksessa on huomioitu siirtymät pienpuusta kuitupuuksi ja edelleen tukkipuuksi ja toisaalta vähennetty luonnonpoistuman vaikutus. Kasvun ilmastollista vaihtelua ei ole otettu huomioon tuloksissa koska luotettavat kasvuindeksit puuttuvat jälkimmäisiltä jaksoilta. Ensimmäisellä jaksolla koivun kasvuindeksi on ollut keskimäärin 93 (Tiihonen 1986).



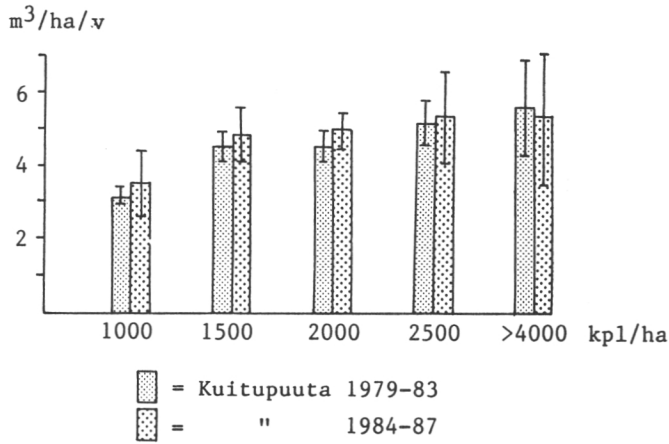
Kuva 1. Hieskoivutiheikön harventamisen vaikutus keskiläpimitan kehitykseen Rovaniemellä. Mittaukset keväällä 1977 (1), syksyllä 1983 (2) ja syksyllä 1987 (3).



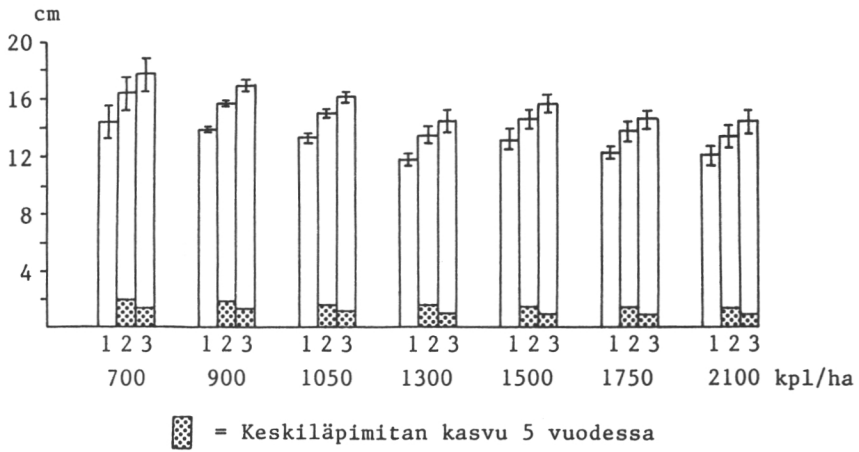
Kuva 2. Hieskoivutiheikön harventamisen vaikutus kuitupuun tuotokseen Rovaniemellä jaksoilla 1977-83 (7 v) ja 1984-87 (4 v).



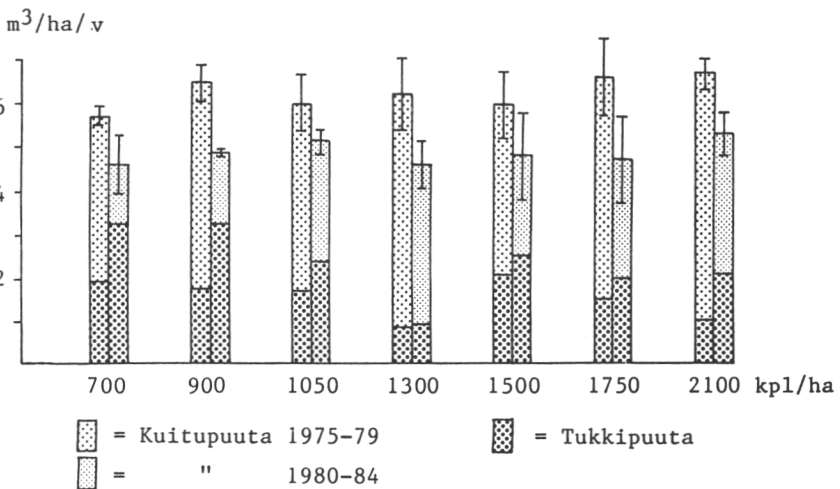
Kuva 3. Hieskoivutiheikön harventamisen vaikutus keskiläpimitan kehitykseen Limingassa. Mittaukset keväällä 1979 (1), keväällä 1984 (2) ja syksyllä 1987 (3).



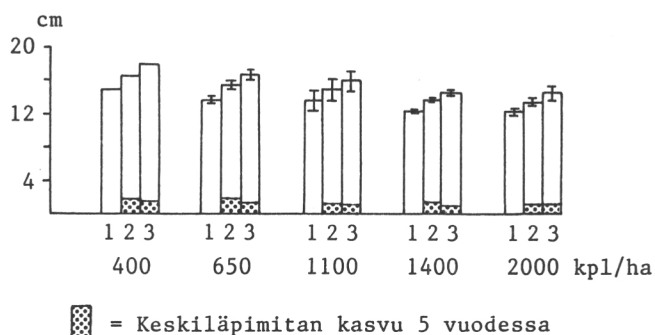
Kuva 4. Hieskoivutiheikön harventamisen vaikutus kuitupuun tuotokseen Limingassa jaksoilla 1979-83 (5 v) ja 1984-87 (4 v).



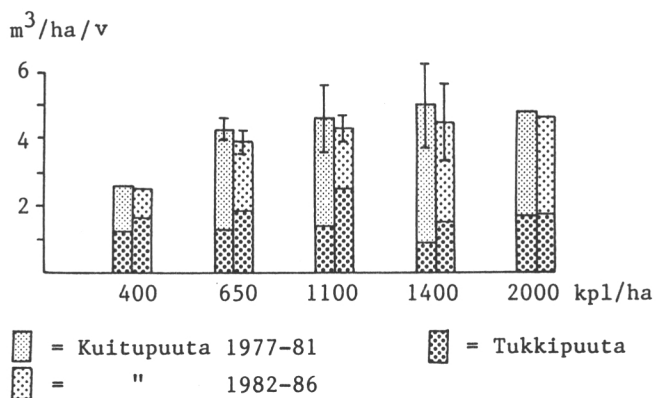
Kuva 5. Varttuneen hieskoivikon harventamisen vaikutus keskiläpimitan kehitykseen Haapavedellä. Mittaukset syksyllä 1974 (1), 1979 (2) ja 1984 (3).



Kuva 6. Varttuneen hieskoivikon harventamisen vaikutus tukki- ja kuitupuun tuotokseen Haapavedellä 5-vuotisjaksoilla 1975-79 ja 1980-84



Kuva 7. Varttuneen hieskoivikon harventamisen vaikutus keskiläpimitan kehitykseen Kärsämäellä. Mittaukset syksyllä 1976 (1), 1981 (2) ja 1986 (3).



Kuva 8. Varttuneen hieskoivikon harventamisen vaikutus tukki- ja kuitupuun tuotokseen Kärsämäellä 5-vuotiskaksikoilla 1977-81 ja 1982-86.

Kummassakin kokeessa on saatu samanlainen tulos. Keskiläpimita on kohonnut voimakkaasti harvennetuilla koelaloilla 7-8 cm:stä 11-12 cm:n tasolle. Harventamattomilla ruuduilla se on vielä 8-9 cm:n tasolla. Osa eroista johtuu tietenkin pienten puiden osuudesta tiheillä ruuduilla, mutta paksuuskasvu on myös jäänyt jälkeen.

Tästä huolimatta vuotuinen kokonaiskasvu on korkein harventamattomilla koealoilla. Ensimmäisellä jaksolla harvennuksen jälkeen myös kuitupuun tuotos on korkein harventamattomilla ruuduilla (lähes $6 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$), ja alenee noin $1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$ runkoluvun pudotessa 2 000:een. Alle 2 000 kpl/ha tiheyksissä kasvut jäävät pahasti jälkeen.

Limingan hieskoivikossa kasvu on vielä toisella jaksolla noususuunnassa lukuunottamatta harventamattomia koealoja. Luonnonpoistumaa on esiintynyt toisella kasvujaksolla tiheydestä riippumatta $0,1-0,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ vuodessa. Yhdeksän vuoden jaksolla parhaan tuloksen ovat antaneet tiheys 2 500 kpl/ha ja harventamaton. Kasvun taantuminen jälkimmäisessä viittaa siihen, että 2 500 kpl/ha on edullisin tutkituista vaihtoehtoista.

Rovaniemellä ensimmäinen 7-vuotiskauden kasvu on taantunut toiselle jaksolle (4 v) tultaessa sitä enemmän, mitä tiheämmästä puustosta on kysymys. Valitettavasti harventamattomien ruutujen tulos puuttuu jälkimmäiseltä jaksolta, koska pienten puiden mittauksessa läpimittaraja on muuttunut.

Kokonaisuutena tiheys 2 300 kpl/ha vaikuttaa selvästi edullisimmalta. Tiheys 3 000 kpl/ha on taantunut toisella jaksolla voimakkaasti. Luonnonpoistumaa esiintyy vain harventamattomilla koealoilla.

Myös kahdessa varttuneemmassa koivikossa on tilanne keskenään samanlainen. Kuvista 5-8 havaitaan, että alle 1 000 kpl/ha tiheyksillä keskiläpimitta on kohonnut kymmenessä vuodessa 14 cm:stä 17-18 cm:iin ja harventamattomilla koealoilla 12,5 cm:stä 14 cm:iin.

Haapaveden hieskoivikossa vuotuisessa kokonaiskasvussa tai käyttöpuun tuotoksessa ei ole eroja tiheyksien 900 ja 2 100 kpl/ha välillä. Ensimmäisellä 5-vuotiskaudella kasvu on keskimäärin $6,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$, mutta putoaa toisella 5-vuotisjaksolla $5 \text{ m}^3/\text{ha}$ tasolle. Iästä johtuva kasvun taantuminen on siis selvästi alkanut. Tiheys 700 kpl/ha on aiheuttanut noin $5,0 \text{ m}^3/\text{ha}$ tuotostappion koko 10-vuotiskauden aikana.

Tukkipuun tuotos riippuu tiheydestä vain vähän. Harva- puustoisimmat ruudut 700 ja 900 kpl/ha ovat tuottaneet vuodessa tukkipuuta noin $3,0 \text{ m}^3/\text{ha}$, kun tiheämmillä koealoilla on jääty $2 \text{ m}^3/\text{ha}$ tasolle.

Luonnonpoistumaa alkaa esiintyä merkittävästi tiheydestä 1 500 kpl/ha ylöspäin. Kokonaiskasvu ja tukkipuun tuotos huomioon ottaen tiheys 900 kpl/ha on antanut parhaan tuoksen varttuneessa hieskoivikossa. Sitä ei uhkaa myöskään luonnonpoistuma lisääntyminen lähitulevaisuudessa.

Kärsämäen koivikossa vuosikasvu jää parhaimmillaankin $5 \text{ m}^3/\text{ha}$ tienoille. Tulos ei ole huono, kun otetaan huomioon lähes 60 vuoden ikä ja kasvupaikka. Täydennysojitus ennen kokeen perustamista on silminnähden elvyttänyt jo melko riutuneelta vaikuttanutta koivikkoa.

Vaikka tiheydet 1400–2000 kpl/ha ovat antaneet parhaan kokonaiskasvun ei tuotoksilla ole merkitseviä eroja yli 1000 kpl/ha tiheyksissä. Koska runkoluku 650 kpl/ha ei ole aiheuttanut vielä suuria kasvutappioita lienee optimi josakin 650:n ja 1 100:n välillä.

Tiheydellä ei ole ollut vaikutusta tukkipuun tuotokseen, joka on ollut noin $2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$. Keskimäärin $0,3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$ suuruinen luonnonpoistuma on lisääntynyt vain hyvin lievästi tiheyden kasvaessa.

4. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Aineisto sisältää kaksi nuorta hieskoivutiheikköä ja kaksi varttuneempaa koivikkoa. Jokaisella kokeella on useita toistoja, joten tuloksia voidaan pitää luotettavina. Nyt esitetyt tulokset vahvistavat vuoden 1986 metsäntutkimuspäivillä Taivalkoskella esitettyjä päätelmiä (Niemi 1987).

Nuoren hieskoivutiheikön harventaminen alle 2 000 kpl/ha tiheyteen johtaa kasvutappioihin. Suositeltavin tiheys on 2 500 kpl/ha, jossa lähes kaikki rungot voidaan kasvattaa kuitupuun mittoihin. Luonnonpoistuma ei tässä tapauksessa uhkaa vielä 10-15 vuoden aikana, jonka jälkeen tarvitaan toinen harvennus.

Varttuneessa hieskoivikossa tuotos ei ole enää riippuvainen runkoluvusta. Tiheydet 900-2000 kpl/ha eivät eroa kokonaistuotoksessa oleellisesti toisistaan. Luonnonpoistumaa syntyy vanhenevaan hieskoivikkoon nopeasti ja tarpeetonta puustopääomaa on muutenkin kannattamatonta seisottaa metsässä. Varttunut hieskoivikko kannattaa siis harventaa 900-1000 kpl/ha tiheyteen ennen kuin luonnonpoistumaa alkaa esiintyä merkittävästi. Jonkin verran kuolleita puita näyttää hieskoivikosta aina löytyvän.

Myös tukkipuun tuotos hyötyy alle 1 000 kpl/ha tiheydestä. Mikäli kasvupaikka on viljava ja hieskoivut siemensyntyisiä ja terveitä, kannattaa hieskoivunkin kasvatuksessa tähdätä tukkipuuhun lukuunottamatta Oulun läänin pohjoisosia ja Lappia. Tukkipuun kasvatuksessa kannattaa lopputiheyteen edetä kolmen harvennuskerran kautta.

Varttuneen koivikon harventamisessa runkolukua parempi kriteeri on todennäköisesti pohjapinta-ala. Edullisimmalta vaikuttaa 12-13 m²/ha harvennuksen jälkeen. Alle 10 m²/ha johtaa tuntuviin kasvutappioihin.

Muutaman harvennuskokeen avulla ei voida kovin luotettavasti arvioida hieskoivikkojen keskimääräisiä tuotoksia. Tulokset viittaavat kuitenkin siihen, että hyväkuntoinen hieskoivikko tuottaa Pohjanmaalla kasvatusmetsävaiheessa 4-6 m³/ha vuodessa kasvupaikasta riippuen. Käyttöpuun tuotos nousee 60-70 vuoden kiertoajalla 200-250 m³:iin/ha.

Nuoren hieskoivikon vähäiseen harvennusreaktioon saattaa olla useita syitä. Märillä kasvupaikoilla haihduttavan puuston liika harventaminen johtaa pohjavesipinnan nousemiseen, jolloin hieskoivikin kärsii liiasta märkydestä. Nuoren hieskoivikon harvennuksessa pohjanpinta-ala putoaa helposti liian alas, jolloin puustopääoma ei riitä täyden kasvun ylläpitämiseen.

Myös tiheikkövaiheessa supistuneilla latvuksilla voi olla osuutta asiaan, mutta ainakin esitellyillä kokeilla kasvuerot eivät ole supistuneet vaikka latvukset ovat täysin kunnossa. Pioneeripuulajille tyypillisen voimakkaan nuoruusvaiheen aikana hieskoivu näyttää kasvavan omaan tahtiinsa kovankin kilpailun alaisena. Suhteellisen nuorena alkavan ikääntymisen ja taantumavaiheen aikana sen kilpailukyky heikkenee ja silloin hieskoivu kärsii herkästi ylitheydestä.

KIRJALLISUUTTA

- Kuusela, K. & Salminen, S. 1983. Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979 - 1982 sekä koko Etelä-Suomessa 1977 - 1982. Summary: Forest resources in the six northernmost Forestry Board Districts of South Finland, 1979 - 1982, and in the whole of South Finland, 1977 - 1982. *Folia For.* 568: 1-79.
- , Mattila, E. & Salminen, S. 1986. Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982 - 1984. Summary: Forest resources in North Finland by Forestry Board Districts, 1982 - 1984. *Folia For.* 655: 1-86.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99 (3): 1-82.
- 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Summary: Effect of an admixture of birch on the structure and development of Norway spruce stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 133: 1-79.
- Niemistö, P. 1987 Nuoren hieskoivikon harventaminen. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 255: 28-39.
- Tiihonen, P. 1986. Kasvun vaihtelu Suomen pohjoispuoliskossa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella. Summary: Growth variation in North Finland according to the 7th National Forest Inventory. *Folia For.* 658: 1-9.

Matti Niiranen

KUITUPUUN LAATU JA TEOLLINEN KÄYTTÖ

1. PAPERIN JA PAPERIMASSAN VALMISTUKSEN PERUSTEET

Tietosanakirjan määritelmän mukaan paperi on kasvikuituja sisältävästä vesilietteestä suodattamalla, huopauttamalla, puristamalla ja kuivattamalla valmistettu ohut levymainen tuote.

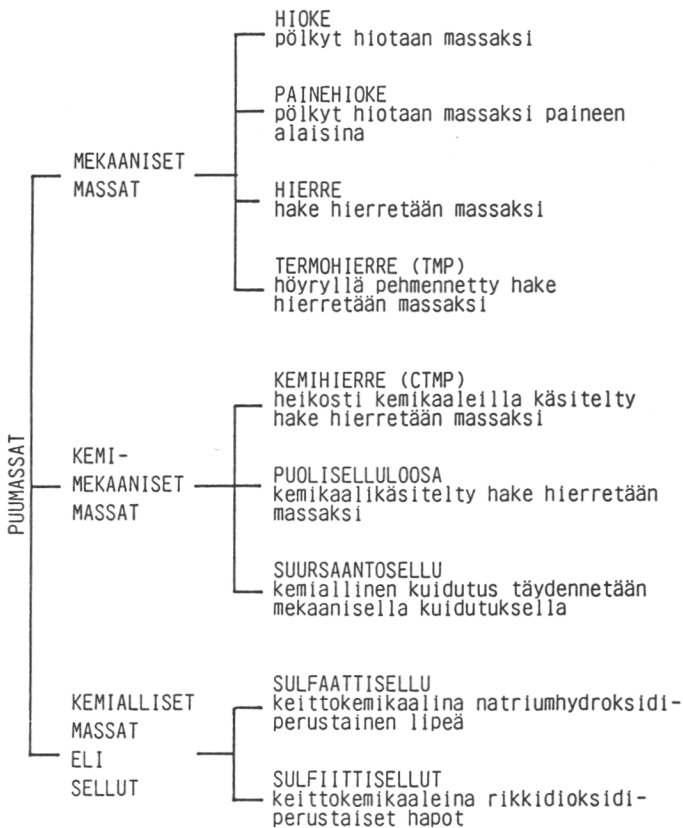
Tähän lyhyeen määritelmään on sisällytetty kaikki oleelliset paperin valmistukseen liittyvät asiat. Jotta paperia syntyisi, tarvitaan selluloosapitoisia kasvikuituja ja vettä. Jos yritetään huopauttaa eläinkuituja, esim. villaa vesilietteestä viiralle, koossa pysyvää levyä eli paperirainaa ei synny. Paperia ei myöskään synny, jos selluloosapitoisia kuituja yritetään huopauttaa muusta nesteestä kuin vedestä. Kuidut eivät tällöin tartu toisiinsa eikä arkkia synny. Paperin teossa ovat siten välttämättömiä selluloosapitoiset kuidut ja vesi. Kun vesi poistuu paperirainasta, selluloosapitoiset kuidut tarttuvat erittäin lujasti toisiinsa kiinni. Muodostuvat kuitujen väliset sidokset ovat eräissä papereissa niin lujia, että paperia revittäessä kuidut helpommin katkeilevat kuin irtoavat toisistaan.

Paperia voidaan valmistaa kaikista kasvikuiduista, mutta yleisin paperin raaka-aine on puu. Paperin valmistukseen käytettiin aiemmin vain pitkäkuituisia havupuita, joissa puun eli kuidun solun pituus on 3...4 mm. Nykyisin paperin raaka-aineeksi kelpaavat myös lehtipuut, joissa kuidun pituus on n. 1 mm tai vähemmän.

Kasvikuitujen perusrakenneaine on kemiallinen yhdiste

selluloosa. Selluloosan pitkä, lankamainen molekyyli muodostaa karvamaisia säikeitä ja nämä säikeet edelleen kuituja. Selluloosan lisäksi puun kuiduissa on selluloosan tapaista ainetta, hemiselluloosaa. Kuitujen välinen aines on pääosin ligniiniä, joka eräänlaisena "kittinä" liittää kuidut toisiinsa. Puun kuidutuksen tehtävänä on tämän kuitujen välisen kerroksen murtaminen tai liuottaminen siten, että kuidut eroavat toisistaan. Kuiduttaminen voidaan tehdä joko mekaanisesti tai kemiallisesti tahi mekaanisia ja kemiallisia menetelmiä yhdistäen.

Kuvassa 1 on esitetty tärkeimmät puukuitujen eli puumassojen valmistusmenetelmät.



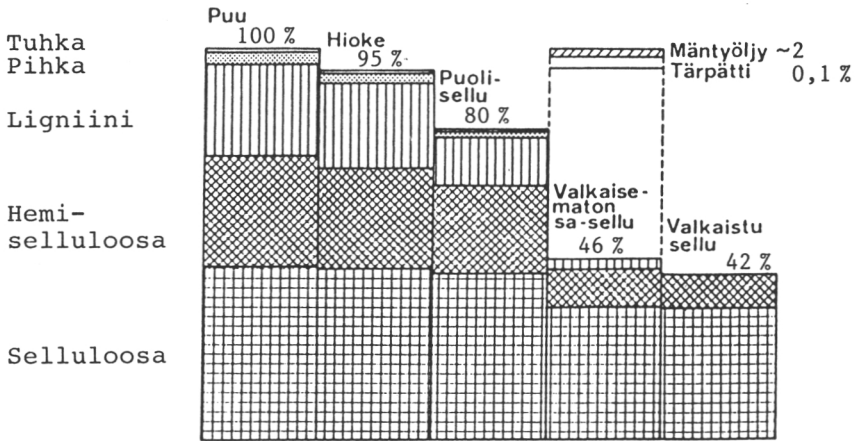
Kuva 1. Puun kuidutusmenetelmät.

Aiemmin yleisen sulfiittisellun valmistus on korvautunut taloudellisemmalla sulfaattimenetelmällä, jolla voidaan keittää kaikkia puulajejamme. Sulfiittisellun raaka-aineeksi ei käy mänty, joka ei sovellu myöskään mekaanisten massojen raaka-aineeksi lähinnä pihkapitoisuutensa ja pihkan laadun vuoksi.

Mekaanisessa kuidutuksessa kuidut katkeilevat ja niiden pintaan jää ligniiniä, joka estää kuitujen välisten sidosten syntymistä paperia valmistettaessa. Tämän vuoksi mekaanisista massoista tehty paperi on lujuudeltaan heikkoa. Lujuutta hiokepitoisiin papereihin saadaan kemiallista massaa eli sellua lisäämällä. Erityisen lujaa on pelkästä pitkäkuituisesta havupuusellusta tehty paperi. Erilaisia massoja yhdistelemällä sekä lisäämällä paperiin täyte- ym. aineita paperille saadaan haluttuja painatus- ja lujuusominaisuuksia.

Koska hiottaessa tai hierrettäessä puusta ei poisteta ainetta, tonnista puuta saadaan noin tonni hioketta eli kuitusaanto on lähes 100 %. Sellua keitetessä saanto on vain n. 50 %, koska puolet puusta liukenee. Kun sellu valkaistaan eli siitä poistetaan klooripitoisilla aineilla viimeisetkin värilliset ligniinijätteet, saanto on vieläkin pienempi. Hiokkeen kuiva-ainetonnin valmistukseen kuluu siten noin 3 m³ kuorellista kuusipuuta ja valkaistun havupuusellun kuiva-ainetonnin valmistukseen n. 6 m³ kuorellista puuta. Kuvassa 2 on esitetty erilaisten havupuomassojen saantoja.

Hioketta tai hierrettä sisältävien eli ns. puupitoisten paperien puunkulutus paperitonnia kohti on pieni mekaanisen massan suuren saannon vuoksi. Tyypillinen puupitoinen paperi on sanomalehtipaperi, jossa on 85...95 % hioketta tai hierrettä ja vain 10...15 % sellua. Sen kehittyneessä muodossa, aikakauslehtipaperissa, on suunnilleen



Kuva 2. Kuitutuotteiden saantoja.

samanlainen kuitusuhde, mutta paperiin on lisätty painatusominaisuuksien parantamiseksi n. 20 % täyteainetta, kaoliinia tai talkkia. Päällystetyn aikakauslehtipaperin painatusominaisuuksia on parannettu päällystämällä paperi täyteainepitoisella pastalla. Päällystetyssä aikakauslehtipaperissa on noin kolmannes hioketta, kolmannes sellua ja kolmannes täyteainetta.

Tyypillisiä sellupitoisia papereita ovat hienopaperit eli ns. puuvapaat paperit, joiden puunkulutus paperitonnia kohti on suuri sellun pienen saannon vuoksi. Hienopaperin, jota käytetään kirjoitus-, paino- ja kopiopaperina, kuitumassan muodostaa valkaistun havu- ja koivusellun seos, ja sellun lisäksi paperissa on noin 20 % täyteainetta. Erittäin lujaa on säkkipaperi, joka valmistetaan havupuusellusta.

Kartonkien eli pahvien valmistuksessa pyritään puunkulutusta pienentämään käyttämällä suursaantoselluja, puoli-selluloosaa, mekaanisia massoja ja keräyspaperia tuotteen laatuvaatimusten sallimissa rajoissa. Lainerikartonki,

laatikkopahvin sileä kerros, tehdään suursaantohavupuu-sellusta, kun taas aallotettu kartonki, ns. fluting, tehdään koivupuoliselluloosasta.

2. KUITUPUUSTA VALMISTETTAVAT TUOTTEET JA RAAKA-AINEEN YLEISET LAATUVAATIMUKSET

Veitsiluoto Oy:n Veitsiluodon tehtaat ovat jo 1970-luvun lopulta olleet tasapainossa metsästä tehtaalle luontaisesti tulevan puun laatujakautuman suhteen, eli puun käyttö vastaa metsien rakennetta. Kuvassa 3 on esitetty tehtaiden kuitupuun jalostuksen periaatteet ja myyntituotteet 1980-luvulla.

Puu	Puun aineosa	Tuote	Myyntituote
Kuusi	Puu	Hioke Hierre *)	Sanomalehtipaperi *) Aikakauslehtipaperi *) Päällystetty aikakauslehtipaperi
	Kuori	Energia	
Havu	Puu	Valkaistu sulfaattisellu	Sanomalehtipaperi *) Aikakauslehtipaperi *) Päällystetty aikakauslehtipaperi Hienopaperi Myyntisellu
		Jätelipeä	Energia
	Kuori	Energia	Energia
	Pihka	Tärpätti	Tärpätti
		Suopa	Mäntyöljy
Koivu	Puu	Valkaistu sulfaattisellu	Hienopaperi Myyntisellu
		Jätelipeä	Energia
	Kuori	Energia	Energia

*) ei valmisteta enää

Kuva 3. Veitsiluoto Oy:n Veitsiluodon tehtaiden kuitutuotteet 1980-luvulla.

Mekaanisen massan valmistukseen käytetään pelkästään kuusi- ja havukuitupuuta. Havukuitupuuta sekä koivu soveltuvat valkaistun sulfaattisellun valmistukseen. Mekaaninen massa jalostetaan edelleen puupitoisiksi painopapereiksi. Sellua käytetään sekä puupitoisten paperien että puuvapaan hienopaperin valmistukseen, mutta sitä toimitetaan myös myyntiin. Havupuusellun valmistuksen sivutuotteena saadaan raakaa mäntyöljyä ja tärpättiä.

Puun kuori on nykyaikaisessa puunjalostuslaitoksessa tärkeä energian raaka-aine. Mekaanisen massan kuidutus vaatii paljon energiaa, joten valmistuksen energiankulutuksesta vain pieni osa voidaan korvata kuoren poltosta saatavalla energialla. Sen sijaan sulfaattisellutehdas, joka polttaa sekä puun kuoren että noin puolet puuainesta jäätelipeänä, ei pysty itse käyttämään kaikkea kuidun valmistuksen sivutuotteena syntyvää energiaa. Sekä kuori että jäätelipeä poltetaan korkeapainekattiloissa, joista saatavalla höyryllä kehitetään turbogeneraattorissa sähköä, ja turpiinin läpi mennyt vastapainehöyry käytetään prosesseissa. Sellutehtaan ylimääräenergia toimitetaan paperitehtaalte sekä sähköä että höyryä. Energia, sekä sähkö että höyry, on siten nykyaikaisen sulfaattisellutehtaan tuote.

Valtaosa Pohjois-Suomen kuitupuusta käytetään nykyisin pitkälle jalostettujen paperituotteiden valmistukseen. Parissa kolmessa vuosikymmenessä on tapahtunut suuri jalostusasteen nousu, ja samanaikaisesti raaka-ainepohja on laajentunut.

Vaikka nykyaikainen kemiallinen metsäteollisuus pystyykin käyttämään heikompileatuista raaka-ainetta ja tekemään siitä korkealuokkaisia tuotteita, on kuitenkin muistettava seuraavat tosiasiat:

- Monimutkaiset prosessit edellyttävät, että päivittäin tehtaalle tulevan raaka-aineen laatu tiedetään, laadun muutokset ovat hallittuja ja laatuksen sekoittuminen jo raaka-aineessa on mahdollisimman vähäistä.
- Heikkolaatuinen raaka-aine ei sovi kaikille laaduille eikä kaikille tuotantolinjoille.
- Heikkolaatuinen raaka-aine vaatii omat erilliset vastaanottojärjestelmät, varastoinnit ja prosessiin annostelulaitteet.
- Osittain heikkolaatuisen raaka-aineen käytön ovat tehneet mahdolliseksi kalliit investoinnit kehittyneeseen tekniikkaan sekä tehdashenkilöstön tiedon ja taidon tason nousu.
- Vajaalaatuisesta raaka-aineesta tehtävän tuotteen teko on yleensä kallista sekä tuotannon määrän ja laadun ylläpito vaikeaa.
- Puun mukana tehtaalle tulevat epäpuhtaudet muodostavat suhteellisesti suurenevan, vakavan raaka-aineen laatuongelman.
- Paperituotteiden laatutaso tulee edelleen nousemaan. Tämä vaatimus tulee asiakkailta huolimatta siitä, mitä raaka-ainetta meillä on käytettävissä.

3. KUITUPUUN LAATUVAATIMUKSET

3.1 Hiokekuusi

Puun vaikutus tuotteen laatuun on suurempi mekaanisen massan valmistuksessa kuin sellun valmistuksessa. Tämä on

luonnollista, sillä hiokkeen ja hierteen valmistuksessa puu käytetään massaksi kokonaisuudessaan. Hyvää hioketta ja hierrettä saadaan vain hyvästä puuraaka-aineesta.

Puun on oltava myös tuoretta tai ainakin sen kosteuden on oltava suuri, sillä kuivan puun hiominen ei onnistu. Koska hiokkeessa ei saa olla kuoriroskia, puu on kuorittava huolella. Tämäkin edellyttää tuoretta puuta, sillä kuivan kuusen kuorinta on vaikeaa. Kuusipölkkyjen seassa ei saisi olla lainkaan mäntyä, sillä huonosti kuituuntuva mänty aiheuttaa hiokkeen ja paperin tikkupitoisuuden nousua.

3.2 Sulfaattisellupuu

Sellun valmistuksessa raakapuun vaikutusta tuotteen laatuun voidaan "pehmentää" keiton ja valkaisun kemiallisen käsittelyn avulla. Hyvän kuitutuotteen edellytys on tietenkin tällöinkin terve kuitu. Jos kuituaines on lahoa, siitä ei saada kunnon massaa millään menetelmällä.

Valkaistua sulfaattisellua valmistettaessa täydellinen kuoren poisto puusta ei ole välttämätöntä tuotteen laadun kannalta. Koska havupuun kuoresta saadaan kuitenkin vain pieni kuitusaanto eikä koivun kuoresta lainkaan kuitua, kuoren poisto massasta keitto- ja valkaisukemikaalien avulla on kallista. Tämän vuoksi myös sulfaattisellun valmistuksessa puu kuoritaan ennen keittoa, koivu huolellisemmin kuin havupuu.

Koska lehtipuu ja havupuu keittyvät täysin eri tavalla, nämä puulajit eivät saa olla sekaisin raaka-aineessa. Metsässä tulee päästä lähes täydelliseen lehti- ja havupuulajitteluun. Kuusi/mänty -suhteen vaihtelu havupuukeitossa häiritsee prosessin hallintaa, joten niidenkin syöttö prosessiin hallittuna seoksena olisi edullisinta.

Kun otetaan huomioon kokonaiskustannukset välillä kanto - valmis sellu, havupuu kannattaa toimittaa nykyaikaiseen sellutehtaaseen kuusen ja männyn seoksena.

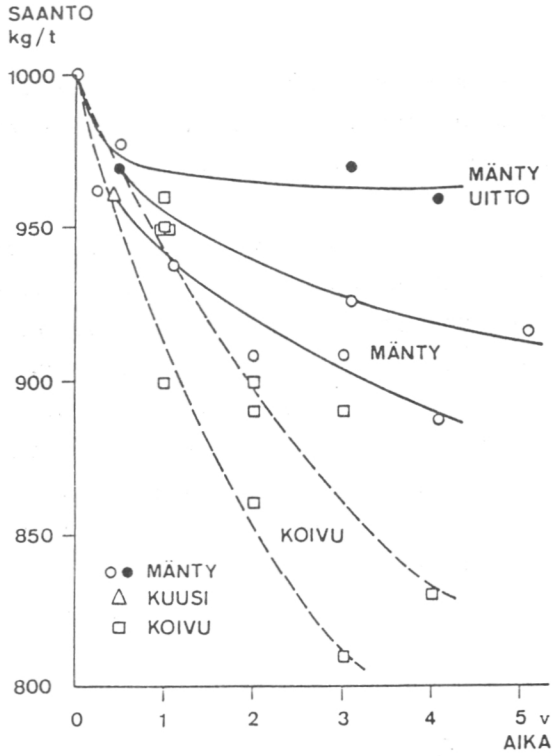
Haapa ja leppä ovat tilavuuspainoltaan huomattavasti koivua keveämpiä ja niiden kuidut ovat koivun kuituja lyhyempiä. Täten niistä saatava sellu on koivusellua huonompaa, ja ne koivun seassa esiintyessään aiheuttavat vaikeuksia prosessin hallinnassa. Selluntekijä, joka maksaa puusta tilavuuden perusteella, mutta saa kuitutuotteesta maksun painon perusteella, ei halua ostaa haapaa ja leppää koivupuuna. Pienet haapamäärät koivun seassa eivät häiritse tehtaan toimintaa, kunhan sekoitus on tasainen. Pelkkien haapakuormien vastaanotto koivuna ei ole mahdollista.

3.3 Puun varastoinnin vaikutus

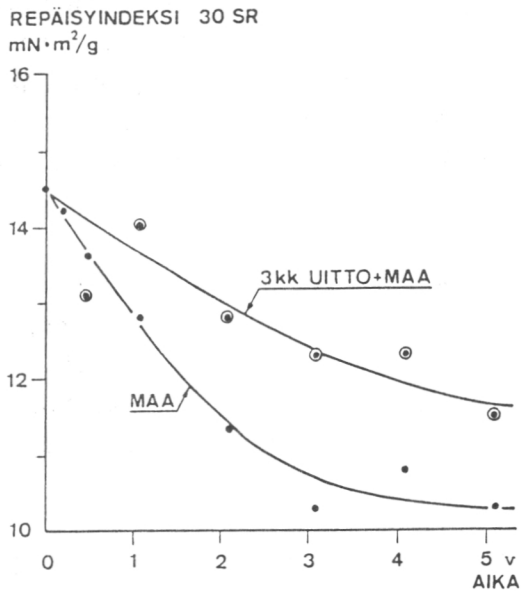
Kuitupuun varastoinnin vaikutusta on tutkittu varsin paljon. Kuten kuvasta 4 havaitaan, puun maavarastoinnissa tapahtuu merkittäviä ainehäviöitä biologisten ja kemiallisten tapahtumien vuoksi. Lahojen puiden puuaineshäviöt lisääntyvät kuorinnassa, koska lahoa puuta murskautuu kuoren joukkoon.

Puun varastointi huonontaa myös puusta saatavan sellun ominaisuuksia. Kuvassa 5 on esitetty sellun käyttökelpoisuutta osoittavan ominaisuuden, sellusta tehdyn paperin repäisyjujuuden, riippuvuutta puun varastointiajasta. Puun varastointi heikentää selvästi sellun lujuusominaisuuksia.

Maavarastoinnin vaikutus on haitallisempaa hiomopuulle kuin sellupuulle, koska kuivan puun hiomisesta saadaan kelvotonta hioketta. Varastointiaika laskee myös hiokkeen vaaleutta. Kuivan kuusen kuoriutumisen on vaikeaa, joten



Kuva 4. Puuaineksen häviöt varastoinnissa.



Kuva 5. Sellun lujuuden riippuvuus mäntypuun varastointiajasta.

sen pitkä kuorinta-aika rummussa lisää kuorinnan puuhäviöitä.

Edellä mainittujen seikkojen vuoksi olisi tärkeää, että kaadetun kuitupuun varastointiaika olisi mahdollisimman lyhyt.

3.4 Kuitupuun pituus ja läpimitta

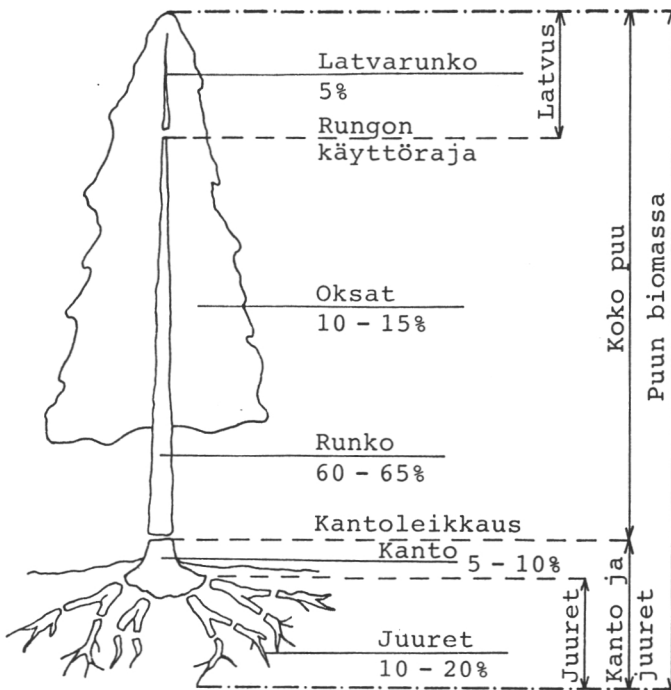
Hiomakoneeseen syötettävien puiden on oltava pituudeltaan määrämittäisiä, hiomakoneen puutilan leveyden mukaisesti yleensä 1,5 m, harvemmin 1 m pitkiä. Tämän vuoksi hiomopuiden kuorimo vaatii vastaanottopöydän, jolla puiden katkaisu suoritetaan. Jos puut ovat vapaanpituisia, syntyvät pätkät on haketettava joko sellun tai hierteen raaka-aineeksi.

Aiemmin, kun kuorinta tapahtui pieniläpimittaisilla rummuilla, puut oli katkottava 1,5 tai 2 metrin pituuteen kuorimarummun tukkeutumisen estämiseksi. Nykyisiin yli 5 metrin läpimittaisiin rumpuihin puu voidaan syöttää 3-metrisenä tai vapaanpituisena, jos rummun syöttö- ja purkupää ovat sitä varten suunnitellut. Kaikilla Veitsiluoto Oy:n kolmella sellutehtaalla on kuorimot, joissa sellupuuta ei katkaista ennen kuorintaa. 2-metrinen puu ei ole sopiva nykyaikaiseen kuitupuukuorimoon. Se hidastaa ja vaikeuttaa nostureiden ja pyöräkoneiden toimintaa.

Kuorimarummun kuoriaukkojen leveys on n. 45 mm ja pituus rumputyypistä riippuen 600...1000 mm. Jos rumpuun syötetään pieniläpimittaista puuta, ohuet pölkyt katkeilevat ja läpimitaltaan alamittaiset pätkät menevät kuoriaukkojen läpi kuoren joukkoon ja edelleen polttoon. Täten läpimitaltaan kuoriaukon leveyttä ohuemmillä puun osilla on vain polttoaineen arvo.

4. PUUN BIOMASSA KUITURAAKA-AINEENA

Koska valkaistun sulfaattisellun valmistuksessa vähäiset kuorimäärät eivät juuri häiritse prosessin toimintaa eivätkä merkittävästi huononna tuotteen laatua, puun maanpäällisen biomassan ns. kokopuun käyttö sellun raaka-aineena on ollut innokkaan tutkimuksen kohteena, kuva 6.



Kuva 6. Puun biomassan jakautuminen havupuussa.

Veitsiluodon kaikilla sellutehtailla on kuoripäällistä metsähaketta käytetty sellun raaka-aineena jo useiden vuosien ajan. Kokopuuhake seulotaan huolellisesti tehtaalla, jolloin siitä poistetaan kuorta, hienojaetta ja oksanpätkiä voimalaitokselle poltettavaksi.

Kemijärven sellutehtaalla on koemielessä syötetty oksaista, noin 5 metrin kuljetuspituuteen katkottua puuta eli

ns. karsimatonta rankaa kuorimarumpuun muutaman vuoden aikana. Tänä vuonna valmistuneet Veitsiluodon sellutehtaan kuorimon uudistus ja Oulun sellutehtaan uusi kuorimo on toteutettu siten, että myös ne voivat käyttää tätä raaka-ainetta.

Oksaiset mäntypuut kuoriutuvat erittäin hyvin rummussa. Karsimattoman koivun ja kuusen kuoriutuminen on sitkeiden oksien vuoksi huonompaa kuin karsimattoman männyn. Karsimattoman puun kuorinnassa oksat katkeilevat ja poistuvat kuorilinjoille. Jonkin verran oksia tulee puiden mukana rummusta hakkuun, mutta nämäkin ovat kuoriutuneita. Polttoon menevän kuori- ja oksajätteen määrä on karsimattomia rankoja käytettäessä moninkertainen pöllipuun kuorimäärään verrattuna.

Tuleeko kokopuu tehtaalle hakkeena vai karsimattomana rankana, riippuu mm. kuljetuskustannuksista. Sellun tekemisen kannalta kokopuuhakkeen heikkous on kuoren ja oksien joutuminen prosessiin. Karsimattomia rankoja käytettäessä kuori ja oksat menevät pääasiassa polttoon ja keittoon menevän hakkeen kuoripitoisuus on pieni.

Kummankin menetelmän etuna on puun biomassan lisääntynyt käyttö sekä kuituraaka-aineeksi että energiaksi. On huomattava, että tehtaan korkeapainevoimalaitoksessa tämä jätteen lisäenergia saadaan talteen huomattavasti paremalla hyötysuhteella kuin pienvoimaloissa, kotikäyttöpoltosta puhumattakaan.

On selvää, ettei kokopuu ole niin hyvää kuitupuuraaka-ainetta kuin runkopuu. Oksien ja puun latvan kuitu on rungon kuitua lyhyempää, joten siitä saatava massa on huonompaa ja sen valmistuskustannukset ovat suuremmat kuin runkopuumassan. Rajoitettu noin 10 %:n osuus ei kuitenkaan aiheuta vaikeuksia massan laadulle. Kokopuun käytön

edellytys on, että se tuo säästöjä kuitupuuraaka-aineen hankintaan metsäpäässä. Käytön kannattavuus on laskettava kannolta valmiiksi tuotteeksi.

Kantojen ja juurien käyttö kuituraaka-aineena tai polttoaineena ei ole taloudellisesti mahdollista niiden mukana prosessiin tulevan kiviaineksen ja hiekan vuoksi.

5. PUIDEN MUKANA TULEVAT EPÄPUHTAUDET

Puiden mukana tehtaalle tulevat epäpuhtaudet ja vieraat aineet kuten kivet, hiekka, metallit, muovi jne. ovat tällä hetkellä puuraaka-aineen suuri ongelma. Tätä vain ei jostakin syystä metsäpäässä tajuta. Liekö vika tiedonkulussa? Näiden vieraiden aineiden poistamiseksi on jokaisen puunhankinnan ja toimitusten parissa työskentelevän tehtävä parhaansa.

Kivet ja hiekka aiheuttavat paljon käyttöhäiriöitä sekä laitteiden kulumista ja särkymistä. Nämä epäpuhtaudet saadaan pääosin erotetuksi puuvirrasta rummussa tai rummun jälkeisessä kiviloukussa. Erottaminen merkitsee kuitenkin kiviaineksen joutumista kuorilinjoille ja edelleen kuoren polttoon. Tämän vuoksi metsissä on toimittava siten, että kivien ja hiekan tulo puiden mukana tehtaalle saataisiin estetyksi.

Ehkä yleisin syy, joka pysäyttää sellutehtaan kuorimon rumpu-hakkulinjan, on hakun suojaksi rakennettu magneettinen metallinilmaisin. Kun pinoihin lyödään nauvoja, puihin piikkilankaa tai johtimia jne, kyse on joko tietämättömyydestä tai välinpitämättömyydestä. Samaa voidaan todeta myös puukuormien mukana tehtaalle tulevista naualaisista aidanseipäistä, siltalankuista jne. Näiden tulo tehtaalle on saatava loppumaan. Raudanilmaisimien aiheut-

tamien pysäytysten vuoksi menetetään useita prosentteja rumpu-hakkulinjan vuotuisesta tuotantotehosta.

Vakavin valkaistuja laatuja valmistavien sellutehtaiden ja päällystettyjä papereita valmistavien paperitehtaiden puun laatuongelma on puuraaka-aineen, joko hakkeen tai pinotavaran, mukana tehtaalle tuleva muoviroska. Muovi ei liukene valmistusprosessissa, se ainoastaan pehmenee korkeissa lämpötiloissa. Muovi jauhautuu prosessissa pieniksi hiukkasiksi, joita ei nykyisillä massanpuhdistuslaitteilla voi massasta poistaa. Pienet, vain tuhannesosagrammaa painavat muovihiukkaset voivat täysin pilata paperin tai myyntisellun koko valmistuserän.

Muovia tulee prosessiin useista lähteistä, sillä muovia käytetään mitä moninaisimpiin tarkoituksiin. Puuraaka-aine on todettu suurimmaksi muovin lähteeksi. Puun mukana on tehtaalle tullut metsälantasäkkejä, öljykanistereita, moottorisahojen teräsuojia, muovikintaita, muovinauhaa ja -köysiä, ruokapakkauksia jne. Prosessissa vähitellen muuriksi jauhautuvasta muovikanisterista voi tulla noin puoli miljoonaa muovihiukkasta, jotka voivat pilata vuorokausien tuotannon. Huolimatta sekä valtakunnallisista kampanjoista että yhtiöiden järjestämistä tietoisuista muovin tulo tehtaalle ei ole sanottavasti vähentynyt. On ilmeistä, että muoviroska ei vähene puu- eikä hakekuormista, ellei muovin löytyminen kuormasta merkitse toimittajalle selviä taloudellisia sanktioita.

Epäpuhtauksista puhuttaessa voidaan lopuksi todeta, että lumikin on epäpuhtaus, jonka sulattaminen vaatii energiaa. Sietäisi siis ainakin miettiä, miten lumen tuloa tehtaalle puiden mukana voitaisiin vähentää.

6. KUITUPUUN TEHDASMITTAUS

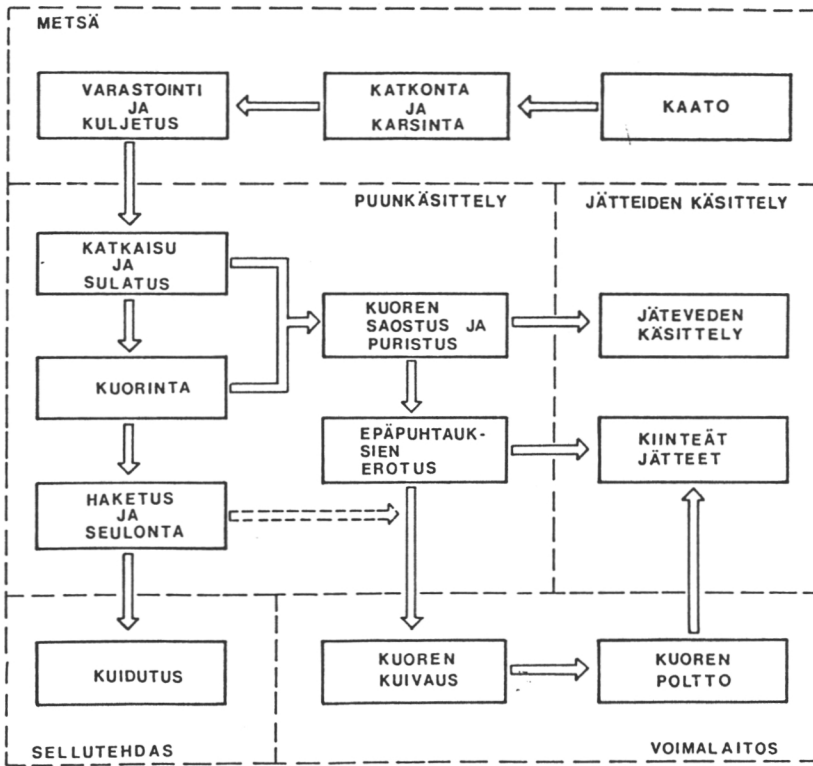
Puumassan valmistuksen kannalta katsoen eräs puunhankinta- ja käsittelyketjun suurimmista ongelmista on prosessiin tulevan raaka-aineen määrän mittaaminen. Vanhoihin perinteisiin perustuva puun tilavuusmitta ei kerro sellun ja paperin valmistajalle käyttöön tulevan raaka-aineen määrää. Oksaista puuta käytettäessä tilavuusmitta ei anna enää edes visuaalista kuvaa raaka-aineen määrästä.

Koska kuitutuotteet myydään niiden kuivamassan perusteella, kuivamassa olisi myös puuraaka-aineen luonnollinen mitta. Pyrkimyksenä täytyy siis olla kuivamassamittaukseen siirtyminen tehtaalle tulevan raaka-ainemäärän toteamisessa. Ideaalinen kuitupuuraaka-aineen mittaustapa edellyttäisi, että tehtaalle tulevan puuvirran kaikkien puulajien, kaikkien aineosien kuivamassa ja niiden vesipitoisuudet voitaisiin mitata erillisinä kaikkia toimitusmuotoja käytettäessä kaikissa oloissa.

7. YHTEENVETO

Kuitupuun kulku metsästä tehtaalle ja edelleen valmiiksi tuotteeksi muodostaa yhtenäisen toimintaketjun (kuva 7).

Kaikkien osien pitäisi toimia siten, että ketjun kokonaistuotto olisi mahdollisimman suuri. Tämä edellyttää, että yhteistyö metsän ja tehtaan välillä on saumatonta. Asiakas esittää tietyt laatuvaatimukset tuotteelle. Sekä metsäpään että tehtaan on pystyttävä toimimaan niin, että puuraaka-aineesta voidaan valmistaa vaadittava tuote. Asiakkaiden kiristyvät laatuvaatimukset on voitava täyttää myös tulevaisuudessa ja siten turvata yrityksen toiminnan taloudellisuus.



Kuva 7. Puun kulku metsästä tehtaalle.

KIRJALLISUUTTA

Lönnerberg, B. & Ala-Porkunen, A.. Puun varastointi ja massan valmistus. Oy Keskuslaboratorion seloste 1374. Helsinki 1979.

Pentti Savilampi

KÄRSÄMÄEN VILJELYTAIMIKKOJEN TILA 5 JA 10 VUODEN IÄLLÄ

1. JOHDANTO

Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusasema on toimialueellaan viidellä paikkakunnalla jo kymmenen vuoden ajan inventoinut käytännön metsänviljelyjä. Kesällä 1986 tarkastettiin Kärsämäellä 5- ja 10-vuotiaita uudistusaloja 108 kpl. Viisi vuotta aikaisemmin tehdyssä samanlaisessa inventointityössä oli mukana samanikäisiä taimikoita kuin nytkin. Toiseen tarkastukseen tulivat siten vuoden 1981 5-vuotiaat taimikot, jotka olivat 10-vuotiaita (48 uudistus-alaa). Yhtä männyn paakkutaimen- ja kahta kuusen istutus-aluetta ei voitu varmuudella paikallistaa, joten edellisen kerran taimikoista alueiden määrä väheni kolmella. Uusia 5-vuotiaita alueita oli 60 kpl. Kaikkien uudistus-alojen keskokoko on 1,88 ha.

Viljelytaimien tavoiteltu viljelytiheys on ollut 2 000 tainta/ha ja elossaoloprosentit on laskettu sen mukaan. Todellista viljelytiheyttä ei tiedetä.

2. AINEISTO

Kärsämäellä oli vuonna 1976 metsän viljelyaloja 270 ha, josta tarkastettiin 32 %. Vastaavat luvut vuodelta 1981 olivat 229 ha ja 51 % (taulukko 1). Viljelyalue jaettiin osiin kasvupaikan, viljelytavan tai maanmuokkauksen vaihtuessa uudistus-alalla.

Viisivuotiaista männyn paljasjuurisina istutetuista taimikoista oli 37 uudistus-alaa viljelty 2A + 1A- ja 14 alaa

2A-taimilla. Kymmenen vuoden ikäisistä viljelyaloista on viljelyt tehty myös koulituilla ja koulimattomilla taimilla, joita ensin mainittuja aloja oli 7 ja jälkimmäisiä 6. Kaikki kuusen uudistusalat oli viljelty 2A + 2A -taimilla.

Taulukko 1. Vuosina 1976 ja 1981 viljeltyjen ja v. 1986 inventoitujen uudistusalojen pinta-alat ja lukumäärät viljelytapa- ja taimilajeittain.

Viljelytapa ja taimilaji	Viljely- ja inventointivuosi					
	1976/1986			1981/1986		
	Viljelty ha	Inventoitu ha	kpl	Viljelty ha	Inventoitu ha	kpl
Mä kylvö	171	40.2	21	30	11.6	3
Mä istutus paljasj.		13.6	13		99.2	51
Mä istutus paakku	69	20.3	7	185	5.4	4
Ku istutus		26	12.2		7	14
Ko istutus	4	-	-	-	-	-
Yht.	270	86.3	48	229	117.1	60

3. TUTKIMUSMENETELMÄ

Inventointityössä käytettiin linjoittaista ympyräkoelamemetelmää, jossa koelajien lukumäärä määräytyi uudistusalan pinta-alasta. Koelalle pyrittiin saamaan vähintään neljä kehityskelpoista viljelytainta, minkä vuoksi koelajan koko oli 20, 50 tai 100 m². Vain kehityskelvottomat luontaiset taimet luettiin 10 m² koelalta.

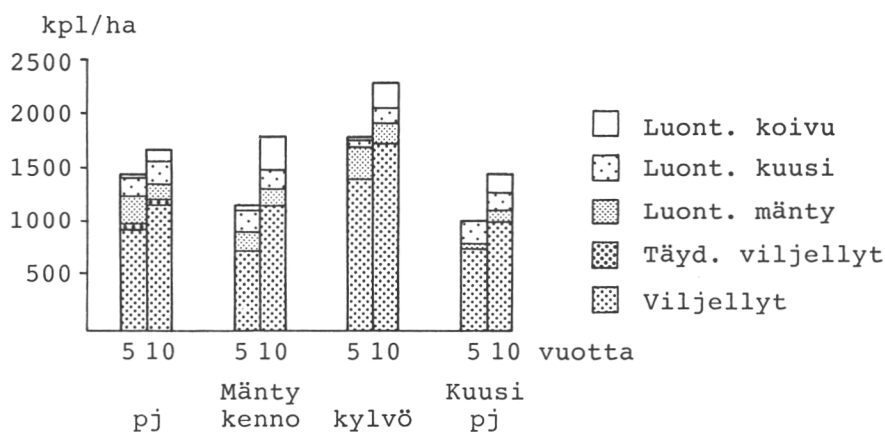
4. TAIMIEN ELOSSAOLO

Metsäntutkimuslaitoksen perustamalla koekentillä metsänviljelyn yhteydessä merkitään inventoitavat viljelytaimet,

jolloin ne voidaan myöhemmin erottaa luontaisista taimista. Käytännön metsänviljelyn inventointityössä on 10 vuoden ikäisten viljelytaimien erottaminen luontaisista taimista joskus epävarmaa. Erityisen vaikeaa se on niillä männyn pistekylvöaloilla, joilla kylvötyö on paikoin lähellä hajakylvöä. Lisäksi kylvötuppaiden hajanaisuudesta johtuen saattaa kasvatustaimien valinnoissakin tulla eroja eri inventointikerroilla. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi viljelytaimet keskimäärin ovat lisääntyneet samoilla uudistusaloilla 5 vuoden takaisesta tarkastuksesta 323 kpl/ha. Männyn istutustaimilla lisäys on ollut 146 kpl/ha, kylvössä 564 kpl/ha ja kuusella vain muutama prosentti. Lisäys ei ole siis todellinen, vaan se johtuu inventointivirheestä; ts. luonnontaimia on luettu viljelytaimiksi.

Männyn 10-vuotiaita paljasjuuritaimia on 1 163 kpl/ha, paakkutaimia 1 150 kpl/ha ja kuusen istutustaimia 1 018 kpl/ha. Eniten on männyn kylvötaimia. Taimettuneita kylvöpisteitä on 1 733 kpl/ha, joka nostaa keskimääräisen taimien elossaolon 69 %:iin. Viisi vuotta aikaisemmin saatiin 10-vuotiailla taimikoilla 15 %-yksikköä heikompi tulos.

Tarkasteltaessa viljely- ja taimilajeittain ovat kaikki 5-vuotiaat viljelytaimet menestyneet 10-vuotiaita heikommin. Jos pidetään lähtökohtana, että viljelytiheys on ollut 2 000 kpl/ha, niin taimia on elossa seuraavasti. Männyn paljasjuuritaimia on elossa 47 % ja männyn paakku- sekä kuusen paljasjuuritaimien elossaoloprosentti jää alle 40. Parhaiten ovat selviytyneet tässäkin ikäluokassa kylvötaimet, joita on elossa 70 % (kuva 1). Tämän ikäryhmän taimet ovat elossa keskimäärin 47 %, kun vastaava luku v. 1981 oli 52 %.



Kuva 1. Kehityskelpoisten taimien hehtaarikohtainen määrä ikäluokittain.

5. KASVATETTAVAT LUONNONTAIMET

Viljelyalojen metsittymiselle on luontaisilla taimilla suuri merkitys. Vanhemmilla uudistusaloilla on kasvatettaviksi hyväksytyistä taimista luontaisia taimia 30 %. Niistä havupuuta on n. 40 %. Koivuista rauduskoivuja on vain n. 10 %. Viljelytaimien tavoiteltu taimimäärä 2 000 kpl/ha on luontaisten taimien kanssa keskimäärin saavutettu ja ylitettykin vain männyn kylvössä. Männyn paljasjuuri- ja paakkutaimilla tavoiteltu tulos luontaisten taimien kanssa saavutettiin n. 90 %:sesti ja kuusella se jäi n. 70 %:iin.

Nuoremmilla uudistusaloilla kasvatettavista taimista luontaisten taimien keskimääräinen osuus on 30 %, joista 90 % on havupuun taimia. Myös tässä ikäryhmässä paras tulos saavutettiin männyn kylvössä, jossa lopullinen metsittäminen luontaisten taimien kanssa nousi n. 90 %:iin tavoittelusta viljelytiheydestä. Vastaava luku paljasjuuritaimilla

on 72 %, paakkutaimilla 59 % ja kuusella 51 %. Luontaisista koivuista olisi ollut valittavana kasvatettavia taimia enemmänkin. Tätä ei kuitenkaan tehty silloin, kun taimien arveltiin nopeasti kasvavan männyn viljelytaimia varjostavaksi puuksi. Täydennystaimien osuus oli kummankin ikäryhmien kasvatettavista taimista vain muutama prosentti.

6. KASVUPAIKKA

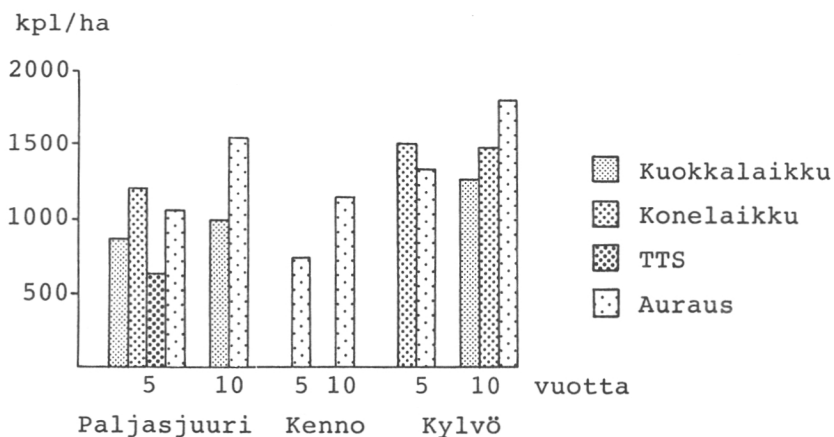
Kuivan ja tuoreen kasvupaikan välillä ei ollut suurta eroa männyn istutustaimilla, mutta kylvön tulokset poikkesivat selvästi. Kuivalla kasvupaikalla 10-vuotiaita kylvötaimia oli 1 920 kpl/ha, mutta tuoreilla vain 1 430 kpl/ha. Samansuuntainen tulos saatiin nuoremmille kylvötaimille eron jäädessä n. 10 %:n.

7. MAANMUOKKAUS

Kymmenen vuoden ikäisistä viljelytaimista ovat parhaiten selviytyneet aurasaloilla olevat männyn paljasjuuri- ja kylvötaimet. Samansuuntainen tulos saatiin samoilta viljelyaloilta viisi vuotta aikaisemmin tehdyssä tarkastuksessa. Männyn paakkutaimilla viljellyt uudistusalat olivat kaikki aurattuja ja kuusen taimet oli viljelty käsin tehtyyn kuokkalaikkuun.

Myöskin 5-vuotisilla viljelyaloilla oli useita maanmuokkauksia vain paljasjuuri- ja kylvöaloilla. Aurasaloilla on lähes 20 % enemmän paljasjuuritaimia kuin käsin tehdyissä laikuissa. Kahdella konelaikutusalueella on keskimäärin taimia yli 10 % enemmän kuin aurasaloilla. Myös männyn kylvössä konelaikutus on aurausta parempi (kuva 2). Aurasaloilla kasvavia paljasjuuritaimia on nyt 330 tainta vähemmän kuin viisi vuotta sitten tehdyssä inventoinnissa

oli 5-vuotiailla aloilla. Kylvöaloilla vastaava tulos on hiukan noussut. Maanmuokkauksen välistä vertailua vaikeuttaa uudistusalojen vähyys eräissä viljely- ja taimilajeissa.



Kuva 2. Kehityskelpoisten männyn viljelytaimien määrä maanmuokkaustavoittain.

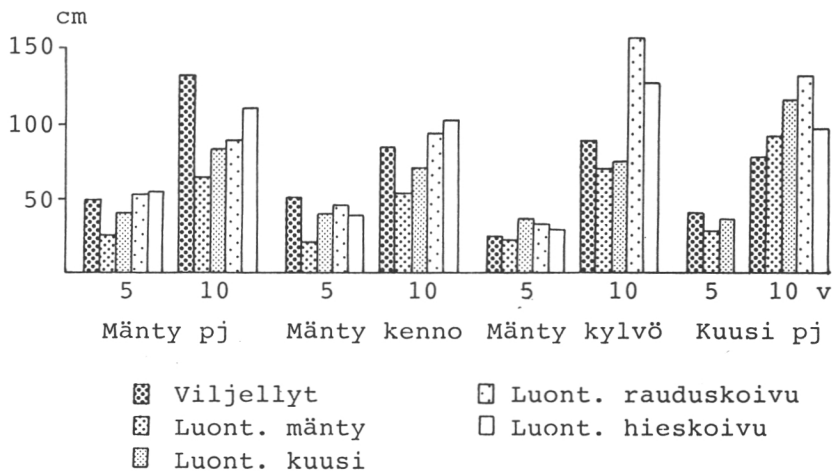
8. PITUUS

Männyn 5-vuotisaloilla sekä paljasjuuri- että paakkutaimien keskipituus on 50 cm ja kylvötaimilla se jää siitä puoleen. Kuusella pituus on 42 cm. Luontaisten kasvatettavien taimien keskipituus taimilajeittain ei juuri ylitä viljelytaimien keskipituutta (kuva 3).

Vanhemmilla uudistusaloilla keskipituus männyn paljasjuuritaimilla on 132 cm, paakkutaimilla 84 cm, männyn kylvötaimilla 88 cm ja kuusen taimien keskipituus on 77 cm. Viljelytaimia pitempiä luontaisia kasvatettavia taimia on valittu suurempiin aukko paikkoihin. Siitä johtuu varsinkin luontaisten koivujen suurempi pituus männyn kylvö- ja kuusen istutusaloilla, joilla rauduskoivuja keskimäärin on alle 30 kpl/ha.

Useita maankäsittelyjä oli vain männyn paljasjuuri- ja kylvöaloilla. Niillä auraus paransi pituuskasvua. Vanhemmilla uudistusaloilla suhteellinen pituus aurauksen hyväksi on parempi kuin vastaavilla 5 vuoden ikäisillä uudistusaloilla.

Myös kasvupaikan viljavuus parantaa viljelytaimien pituuskasvua.

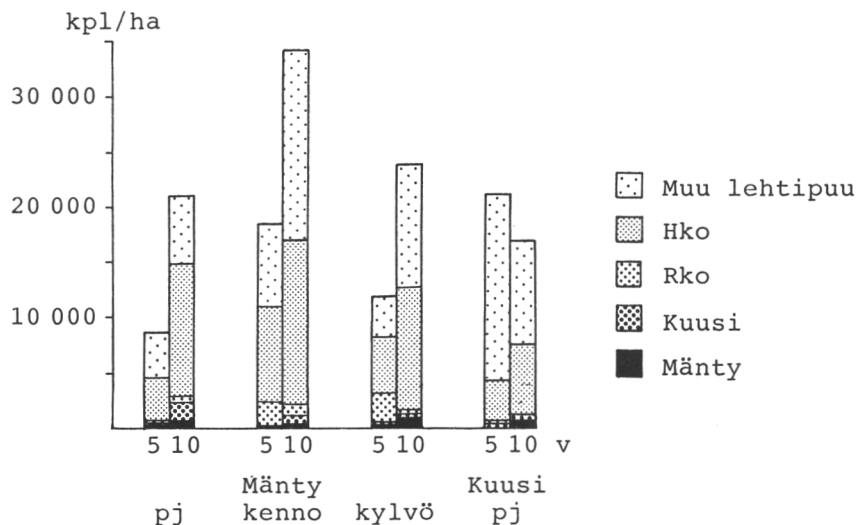


Kuva 3. Kehityskelpoisten kasvatettavien taimien pituus ikäluokittain.

9. KEHITYSKELVOTTOMAT TAIMET

Tilanpuutteen tai kasvupaikalle sopimattoman puulajin vuoksi osa luontaisista taimista luokiteltiin kehityskelvottomiksi. Niitä on nuorilla männyn viljelyaloilla keskimäärin n. 9 000 kpl/ha ja vanhoilla n. 25 000 kpl/ha. Molemmissa ikäryhmissä männyn, kuusen ja rauduskoivun taimia on jokaista n. 3 %. Hieskoivuja on melkein puolet ja loput haapaa, leppää, pihlajaa ja pajua. Männyn 5-vuoti-

silla viljelyaloilla haitallisen haavan osuus on 16 % ja 10-vuotisilla se jää 5 %:iin. Männyn, kuusen ja koivun taimissa on hyvä reservi, jos nyt kasvatuskelpoisiksi valittuja taimia jatkossa tuhoutuisi (kuva 4). Viljelytaimista männyn 10-vuotiaita paljasjuuri- ja paakuttaimia luokiteltiin keskimäärin kehityskelvottomiksi 20 kpl/ha.



Kuva 4. Kehityskelvottomien taimien hehtaarikohtainen määrä.

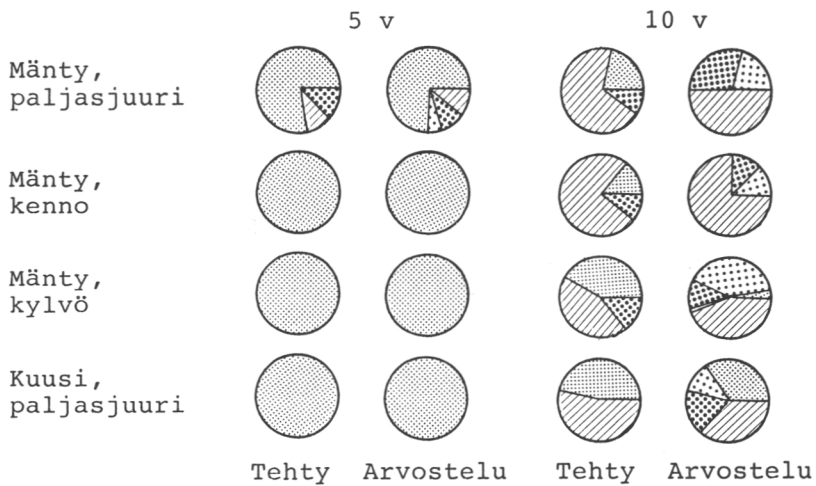
10. TAIMIKONHOITO

Vanhemmista taimikoista oli perattu mekaanisesti keskimäärin 56 % ja kemiallisesti 11 %. Nuoremmilla uudistusaloilla perkauksia oli tehty vain paljasjuuritaimilla viljelyillä aloilla, jossa mekaanista perkausta oli 8 % ja kemiallista 12 % (kuva 5).

Tehdyt ja tekemättömät työt arvosteltiin 10-vuotiailla uudistusaloilla seuraavasti:

Työt tehty hyvin ajoissa 52 %
 Työt tehty puutteellisesti 14 %
 Työt tehty liian myöhään 1 %
 yht. 67 %

Ei tehty, olisi tarvittu 27 %
 Ei tehty, ei tarvittu 6 %
 yht. 33 %

Tehty

- Ei tehty
- Perattu mekaanisesti
- Perattu kemiallisesti

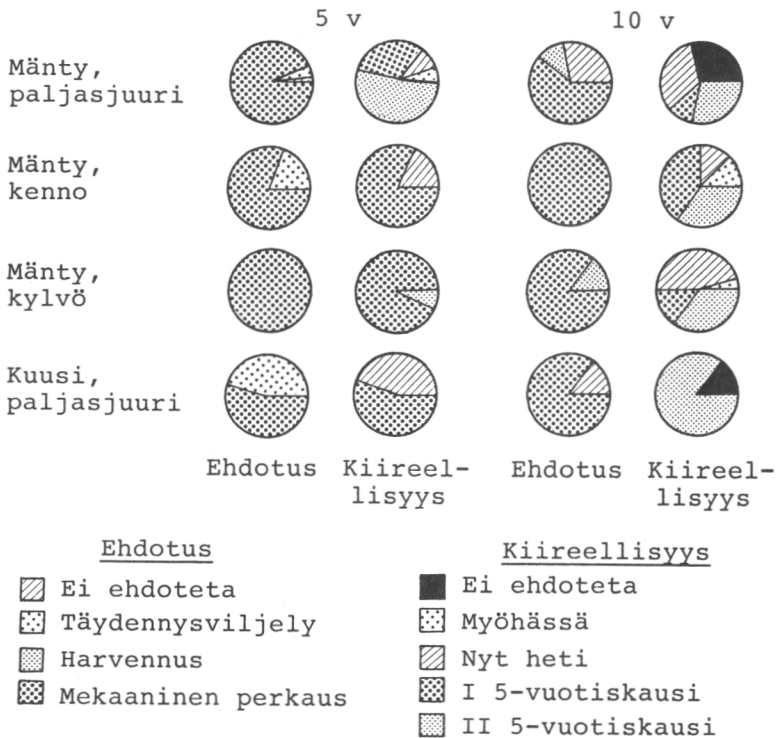
Arvostelu

- Ei tarvittu
- Olisi tarvittu
- Tehty puutteellisesti
- Tehty liian myöhään
- Tehty hyvin ja ajoissa

Kuva 5. Uudistusaloilla tehdyt taimikonhoitotyöt sekä niiden arvostelu.

Vaikka 10 vuoden ikäisistä viljelyaloista oli aikaisemmin perattu kaksi kolmasosaa pinta-alasta, on taimikonhoitotyön tarvetta paikoin toisenkin kerran ennen harvennushakuita. Mekaanista perkausta tarvitaan 85 %, harvennusta 8 % ja vain 7 % uudistusaloista ei kaipaa mitään toimenpiteitä (kuva 6).

Edellä olevien töiden kiireellisyys arvioitiin siten, että myöhässä on 4 %, nyt heti on perattava 29 %, ensimmäisellä 5-vuotiskaudella 20 % ja toisella 5-vuotiskaudella 40 %. Lisäksi 7 % uudistusaloista ei perata.



Kuva 6. Ehdotus uudistusaloille tehtävistä taimikonhoitotoista sekä niiden kiireellisyydet.

11. TIIVISTELMÄ

Kesällä 1986 inventointiin Kärämäellä 5- ja 10-vuotiaita uudistusaloja 108 kpl, joista mäntyä oli 99 ja kuusta 9 aluetta. Vuoden 1976 viljelystä tarkastettiin 32 %, kun vastaava luku vuodelta 1981 on 51 %. Vuonna 1981 tehdyssä inventoinnissa tarkastettiin samoin 5- ja 10-vuotiaita taimikoita, joten v. 1976 viljeltyt alueet tarkastettiin nyt toiseen kertaan.

Männyn 10-vuotiaita paljasjuuritaimia oli 1163 kpl/ha, paakkutaimia 1 150 kpl/ha, kylvötaimia 1 733 kpl/ha ja kuusen istutustaimia 1 080 kpl/ha. Tämän ikäisten viljelytaimien erottaminen luontaisista taimista oli joissakin tapauksissa epävarmaa, mistä johtuen viljelytaimiksi luetujen määrät olivat lisääntyneet viiden vuoden takaisesta tarkastuksesta keskimäärin 323 kpl/ha. Eniten taimia oli lisääntynyt kylvöaloilla.

Männyn 5-vuotiaita paljasjuuritaimia oli 2 000 taimen viljelytiheyden mukaan laskien elossa 47 %, paakkutaimia 40 %, kylvötaimia 70 % ja kuusen istutustaimia alle 40 %.

Molemmissa ikäryhmissä vain paljasjuuri- ja kylvöaloilla oli useita maanmuokkauksia, joista 10-vuotiailla aurasalueilla oli eniten viljelytaimia. Nuoremmilla kahdella konelaukutusalueella oli keskimäärin 10 % enemmän taimia kuin aurasaloilla, ja kuokkalaikutus oli heikoin.

Vanhemmilla viljelyaloilla männyn paljasjuuritaimien keskipituus oli 153 cm, paakkutaimien 84 cm, kylvötaimien 88 cm ja kuusen istutustaimien 77 cm.

Viisivuotiaitten männyn paljasjuuri- ja paakkutaimien pituuskehitys oli ollut yhtä suotuisa eli 50 cm. Kylvötaimien keskipituus jää siitä vain puoleen. Kuusen taimien pituus oli 42 cm.

Kummassakin ikäryhmässä kasvatettaviksi hyväksytyistä taimista luontaisten taimien osuus oli keskimäärin 30 %. Vanhemmilla viljelyaloilla tavoiteltu viljelytaimien taimimäärä 2 000 kpl/ha ylitettiin luontaisten taimien kanssa männyn kylvössä, ja istutustaimilla se saavutettiin n. 90 %:sesti. Kuusella se jää n. 70 %:iin. Viisivuotiailla vastaava tulos lähes saavutettiin vain männyn kylvössä kun se paljasjuuritaimilla jäi n. 70 %:iin, paakkutaimilla n. 60 %:iin ja kuusen istutustaimilla n. 50 %:iin.

Klaus Silfverberg

ERILAISTEN TUHKIEN OMINAISUUKSISTA JA KÄYTTÖKELPOISUUDESTA SUOMETSIIEN LANNOITUKSESSA

1. TARKASTELTAVAT TUHKALAJIT

Tunnettu melko hyvin puun ja turpeen tuhkan syntysijat ja -määrät (Hakkila & Kalaja 1983). Tietomme eri tuhkalojien laadusta ja sen vaihtelusta ovat hatarammat ja usein satunnaisten analyysien varassa. Tähän esitykseen on valittu esimerkkinä neljä Pohjanmaalla ja Pohjois-Suomessa yleistä ja runsaasti syntyvää tuhkatyyppiä: Vihannin kokopuuhaaken tuhka, Oulu Oy:n sammutettu kuorituhka, Kajaani Oy:n sekotuhka ja Toppilan lämpövoimalan turvetuhka. Kolme viimeksi mainittua syntyy jatkuvasti, mutta Vihannissa on nykyään siirrytty tuontipolttoaineisiin. Kuorituhkan analyysit on tehty Viljavuuspalvelussa 1970-luvun lopussa, muiden tuhkien näytteet ovat pääosin 1980-luvun alusta ja analysoitu Muhoksen tutkimusasemalla syksyllä 1983. Jokaisesta tuhkalajista oli 10 näytettä, joista analysoitiin pää- ja tärkeimmät hivenravinteet (Halonen & Tulkki 1981). Lisäksi tuhista määritettiin pH sekä veden ja palamattoman aineksen osuus.

2. TUHKALAJIEN METSÄLLINEN KÄYTTÖ

Yllämainittujen tuhkien käyttö metsissä on toistaiseksi suuntautunut kahtaalle. Kaikkia tuhkalajeja on käytetty runsaasti Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tuhkakokeissa, joiden enemmistö sijoittuu Muhokselle ja muualle Pohjois-Pohjanmaalle. Kajaani Oy:n valtaosin puuperäistä sekotuhkaa ja Toppilan turvetuhkaa on levitetty metsiin myös käytännön lannoitustyönä. Viimeksi mainittua

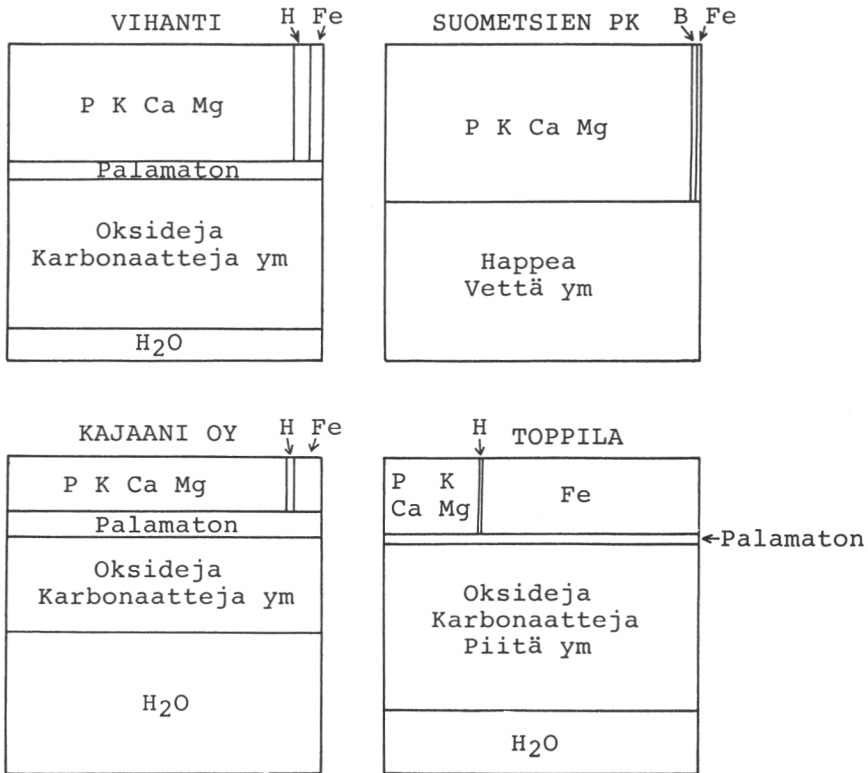
tuhkaa Oulun kaupunki levitti $40 \text{ m}^3/\text{ha}$ vuosina 1980 - 85 noin 800 hehtaarille, mikä saattaa olla alansa Suomen-, ellei peräti maailmanennätys (Silfverberg & Issakainen 1987). Myös Kajaanin kaupunki on levittänyt huomattavia määriä tuhkaa.

3. LEVITETTYJEN TUHKIEN YLEISOMINAISUUDET JA RAVINNE- SISÄLTÖ

Tärkeimmät tuhkan laatuun vaikuttavat tekijät ovat poltettavan aineen alkuperä ja esikäsitteleminen, polttoprosessi sekä syntyneen tuhkan talteenotto ja varastointi. Kaikissa näissä vaiheissa tuhkan laatuun voidaan merkittävästi vaikuttaa (Hakkila & Kalaja 1983). Jo puutavaran kuljetuksessa kuoreen joutuu usein hiekkaa ja varastoinnin aikainen kastelu aiheuttaa ravinteiden huuhtoutumista. Myös uitto johtaa helposti ravinnetappioihin. Suurten polttolaitosten korkeat lämpötilat aiheuttavat ravinteiden hävikkiä ja/tai saattavat ne vaikealiukoiseen muotoon.

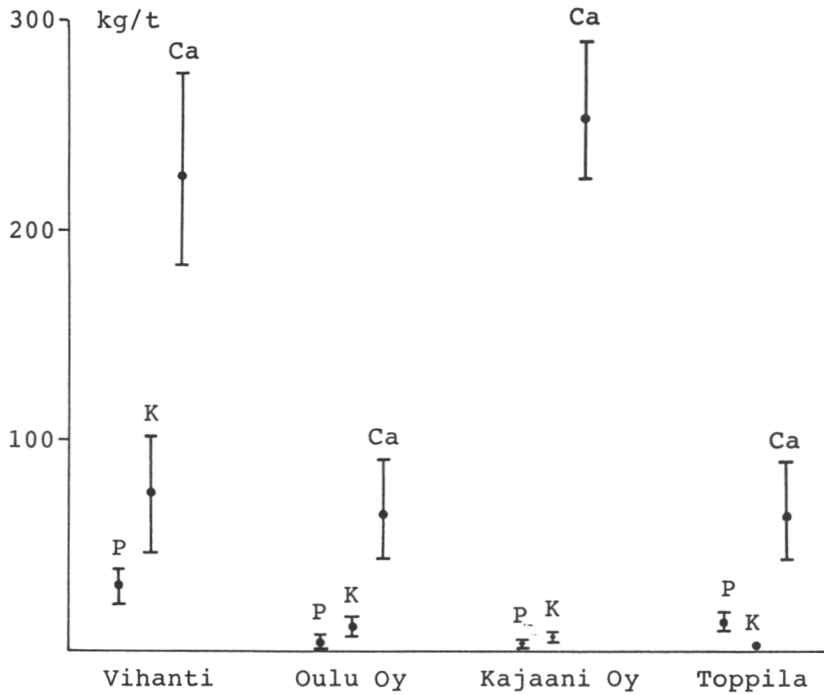
Tuhkan talteenottovaiheessa kastelu lisää sen palamattomuutta ja useiden ravinteiden huuhtoutumista. Liiallinen kastelu tuo myös mukanaan hukkapainoa tuhkaan. Kuivan tuhkan tilavuuspaino on $300 - 600 \text{ kg/m}^3$. Vesipitoisuuden nousu ei kuitenkaan vaikuta tilavuuteen, joten sen käyttö anostelussa on mahdollista ja suositeltavaakin. Liian korkeasta vesipitoisuudesta aiheutuva paakkuuntuminen ja muut kiinteät kappaleet vaikeuttavat kuitenkin suuresti tuhkan levitystä. Sopivin tuhkan kosteus on noin 20 prosenttia. Puuntuhkan pH oli 13 vaiheilla, turvetuhkan noin 9.

Vihannin kokopuuhakkeen tuhka oli hyvin palanutta, varsin kuivaa (kuva 1) ja myös ravinnesisällöltään selvästi parasta. Kokopuuhakkeen tuhka sisälsi pääravinteita (P, K, Ca, Mg) yli kolmanneksen tuhkan tuorepainosta. Fosforia



Kuva 1. Kolmen tuhkalajin yleisominaisuudet metsään viettäessä. Vertailuna Kemira Oy:n valmistama Suometsien PK-lannos. H = hivenravinteita.

oli keskimäärin 30, kaliumia 70 ja kalsiumia 230 kg tonnissa kuivaa tuhkaa. Fosforin ja kaliumin määrä oli heikoimmissakin näytteissä suurempi kuin muiden tuhkalajien parhaimmissa näytteissä (kuva 2). Myös hivenravinteita (Mn, Zn, B, Cu) oli runsaasti (kuva 1). Rautaa oli melkein yhtä paljon kuin muita hivenravinteita yhteensä. Palamaton aineesta oli viitisen ja vettä noin 10 prosenttia. Loput eli 47 % lienee liukenematonta ainesta ja erilaisia anioneja. Verrattaessa Vihannin tuhkan pääravinnepitoisuutta Suometsien PK:n pääravinnepitoisuuteen (47 %) ero on yllättävän pieni (kuva 1). Hivenravinteiden osalta Vihannin tuhka lienee sekä laadullisesti että määrällisesti parempaa kuin Suo-PK. Mikäli vertailu tehdään tilavuus-



Kuva 2. P:n, K:n ja Ca:n määrät (keskiarvo ja vaihteluväli) tuhkan kuivapainosta.

pohjalta, ero Suometsien-PK:n hyväksi on varsin selvä tuhkan alhaisen tilavuuspainon takia.

Oulu Oy:n tuhka oli runsaan kastelun takia huonosti palanutta ja erittäin kosteaa. Vettä oli noin 60 %. Sammutettu kuorituhka oli vähäravinteisempaa kuin kokopuuhakkeen tuhka. Fosforia ja kaliumia oli vain 4 ja 11 kg tonnissa (kuva 2). Kalsiumiakin oli hyvin niukasti, ainoastaan 65 kg tonnissa. Heikon laadun vastapainona oli vaihtelun vähyyks eli tuhkan tasalaatuisuus. Ravinnetietojen puutteellisuuksien takia Oulu Oy:n kuorituhka jätettiin pois kuvasta 1.

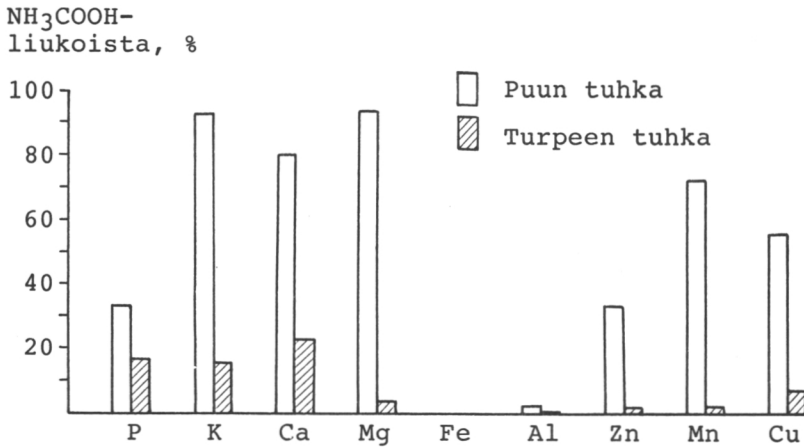
Kajaani Oy:n sekatuhka vastasi fosfori- ja kaliummääriltään Oulu Oy:n kuorituhkaa, mutta kalsiumia oli peräti 270 kg tonnissa sellujätteen poltosta johtuen (kuva 2). Myös Kajaani Oy:n tuhkassa oli runsaasti (40 - 50 %) vettä, koska tuhka täälläkin sammutettiin talteenottovaiheessa. Raudan suurehko osuus heijastanee turpeen polttoa. Hivenravinteita oli varsin vähän (kuva 1).

Oulun kaupungin lämpövoimala (= Toppilan turvevoimala) tuottaa tasalaatuista tuhkaa, jonka merkillepantavin ominaisuus on fosforin runsaus (> 10 kg/t). Fosforia ja rautaa lukuun ottamatta ravinteita oli selvästi vähemmän kuin puuntuhkissa (kuvat 1 ja 2). Kaliumin vähyys on silmiinpistävä, vaikka tuhkaa ei sammuteta. Rautaa oli odotettiin paljon, lähes 20 %. Muuta ainesta, varsinkin silikaatteja, oli runsaasti johtuen ilmeisesti turvesoiden minerotrofiasta. Tuhka oli varsin kuivaa sisältäen 15 - 20 prosenttia vettä.

Tuhkien ravinteet analysoitiin sekä totaaleina että ammoniumasetaattiliukoisina. Ammoniumasetaattiin (pH 4.65) liukenevien ravinteiden osuus totaalista oli turpeen tuhkassa paljon vähäisempi kuin puuntuhkassa (kuva 3). Ero puuntuhkaan oli pienin fosforilla ja suurin hivenaineilla. Myös kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin liukoisuus asetaattiin oli moninkertainen puun tuhkassa turpeen tuhkaan verrattuna. Rauta ja alumiini olivat erityisen huonoliukoisia sekä puun- että turpeen tuhkassa.

4. TUHKALAJIEN KÄYTTÖKELPOISUUS

Tuhkan laatu muodostuu useasta tekijästä (kuva 1). Laadun tunnuksiksi on käytännön tarpeeseen valittu helppokäyttöinen tunnus, useimmin fosforin määrä. Tuhkan käyttömahdol-



Kuva 3. Ammoniumasetaattiin liukeneva %-osuus kokonaisravinnemäärästä puun (Vihanti) ja turpeen (Toppila) tuhkalla.

lisuudet eivät kuitenkaan riipu pelkästään sen laadusta. Saannin on oltava sekä runsasta että jatkuvaa jotta palautusprosessi luontoon sujuisi kitkattomasti. Kun turpeesta syntyy noin kymmenen kertaa enemmän tuhkaa kuin vastaavasta painomäärästä puuta, turpeen tuhkaa tuottavat suurvoimalat täyttävät jatkuvan levityksen vaatimukset paremmin kuin pieniä, joskin hyvälaatuisia tuhkaeria tuottavat paikalliset lämpövoimalat. Turpeentuhka soveltuu parhaiten suometsiin ja hyvälaatuinen puuntuhka pienimuotoisempaan käyttöön, esim. kalkitusaineeksi turvemaan pelloille. Turpeentuhkan käyttöarvoa heikentäneet sekä ravinteiden absoluuttinen niukkuus että niiden vaikealiukoisuus. Puuston kannalta sen tärkein ravinne on fosfori ja vähemmässä määrin myös kalsium. Oulu Oy:n kuorituhka ja Kajaani Oy:n sekaturhka ovat ongelmallisia suuren hiili- ja kosteuspiitoisuuden sekä ravinteiden vähäisen määrän vuoksi. Suuria

määriä käytettäessä ne saattaisivat kuitenkin olla metsätaloudelle käyttökelpoisia. Levityksen yhteydessä tai myöhemmin tuhkalannoituksen vaikutusta voidaan tehostaa lisäämällä siihen esim. kalisuolaa. Haitta-aineita eli lähinnä raskasmetalleja on sekä puun että turpeen tuhassa (Moberg & Tideström 1985). Eräille muille jätteille, kuten lietteelle, on olemassa raskasmetallien korkeimmat sallitut pitoisuudet (esim. Lehtovaara 1985). Tuhkan raskasmetallipitoisuudet voi helposti tarkistuttaa laboratoriossa.

Kuvista 1 ja 2 voidaan arvioida kuinka paljon eri tuhkalajeja tulisi levittää jos fosforin määräksi lasketaan suositusten mukaisesti 45 kg/ha. Suositukset olisivat:

Vihanti	Oulu Oy	Kajaani Oy	Toppila	
2	15	20	4	t/ha

Näin laskien Toppilan turvetuhkaa riittäisi vuodessa ainakin 4 000 hehtaarille (ks. taulukko 1). Tämä riittäisi yhden tuhkaurakoitsijan ympärivuotiseen työllistämiseen.

Taulukko 1. Toppilan voimalassa syntyneen turpeen tuhkan käyttö (m³) vuosina 1984-86.

Käyttökohde	1984	1985	1986
Metsänlannoitus (Oulu)	5374	9100	6700
" (yksit.)	-	1140	-
Peltolannoitus	16645	8600	10900
Ruokamulta (Oulu)	-	5960	-
" (yksit.)	2692	10900	3000
Lujabetoni	-	860	200
Kaatopaikka	9383	740	11200
YHTEENSÄ	34094	35400	32000

KIRJALLISUUTTA

- Hakkila, P. & Kalaja, H. 1983. Puu- ja kuorituhkan palauttamisen tekniikka. Summary: The technique of recycling wood and bark ash. *Folia Forestalia* 552: 1-37.
- Halonen, O. & Tulkki, H. 1981. Ravinneanalyysien työohjeet. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 36: 1-23.
- Lehtovaara, J. 1985. Kirjallisuuteen perustuva yhteenveto turvetuhkan käyttömahdollisuuksista, erityisesti käyttö lannoitteena ja maanparannusaineena. VAPU Oy, keskuhallinto. 13 s.
- Moberg, P.-O. & Tideström, H. 1985. Användningsmöjligheter för bioaska som skogsgödsel. Statens Energiverk, projektrapporter SB-86/3. 81 s.
- Silfverberg, K. & Issakainen, J. 1987. Turpeentuhkan vaikutuksesta puuston kasvuun ja ravinnetilaan käytännön lannoitustyömailla. (Summary: Growth and foliar nutrients in peat-ash fertilized stands.) *Suo* 38(3-4): 53-62.

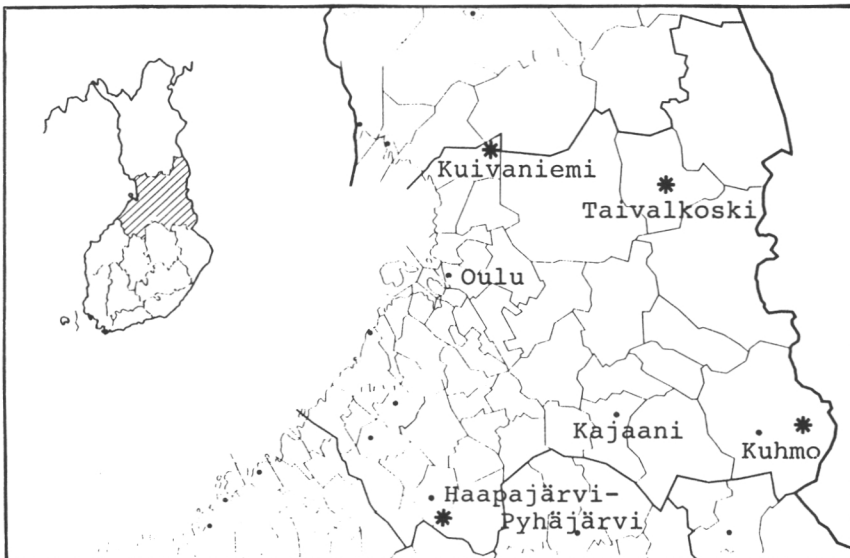
Tapani Tasanen

METSÄNVILJELYN RUNKOTUTKIMUS 2:N TULOKSIA OULUN LÄÄNISSÄ

1. TUTKIMUKSEN TAVOITE JA MENETELMÄN KUVAUS

Metsäntiljelyn runkotutkimuksen 2. vaiheen tarkoituksena on etsiä metsäntiljelyn lopputuloksen kannalta edullisimmat maanmuokkaus-tiljelymateriaaliyhdistelmät yleisimmille kangasmaiden kasvupaikoille. Tutkimuksessa vertailtiin seuraavia maanmuokkausmenetelmiä:

- metsäauration (Marttiini KLM-240)
- lautasauration (TTS metsä-äes)
- konelaikutus (Sinkkilä-laikkuri)
- kuokkalaikutus.



Kuva 1. Tiljelykokeiden sijaintipaikkakunnat.

Viljelytavoista vertailtiin seuraavia:

- istutus paljasjuuritaimilla (1M + 1A)
- istutus paakkutaimilla (1Mk)
- vakokylvö
- hajakylvö.

Vertailtavana oli kaikkiaan 16 erilaista maanmuokkausviljelytapayhdistelmää.

Kokeet perustettiin vuosina 1975 - 77 neljälle paikkakunnalle Kainuun-Pohjanmaan alueille (kuva 1).

Tutkimuksessa keskityttiin yksinomaan männyn viljelyyn. Maanmuokkaukset tehtiin kesällä ja syksyllä 1974. Viljely tapahtui kolmena muokkausta seuraavana keväänä vuosina 1975 - 77. Koealojen rakenne selviää kuvasta 2. Eri viljelytavat sijoitettiin muokkausruuduille arpomalla. Kullekin paikkakunnalle perustettiin kaksi koealaa - toinen tuoreelle kankaalle (VMT) ja toinen kuivahkolle kankaalle (EVT).

Yleistietoja koealoista (tarkempi sijainti, korkeus merenpinnasta ja lämpösomma sekä uudistushakkuun, muokkauksen ja viljelyn ajankohdat) on koottu liitteeseen 1.

Koetaimikoiden kehitystä on seurattu kolmen vuoden välein tapahtuvin mittauksin. Tärkeimpiä taimikoiden kehitystä kuvaavia mitattuja tunnuksia ovat:

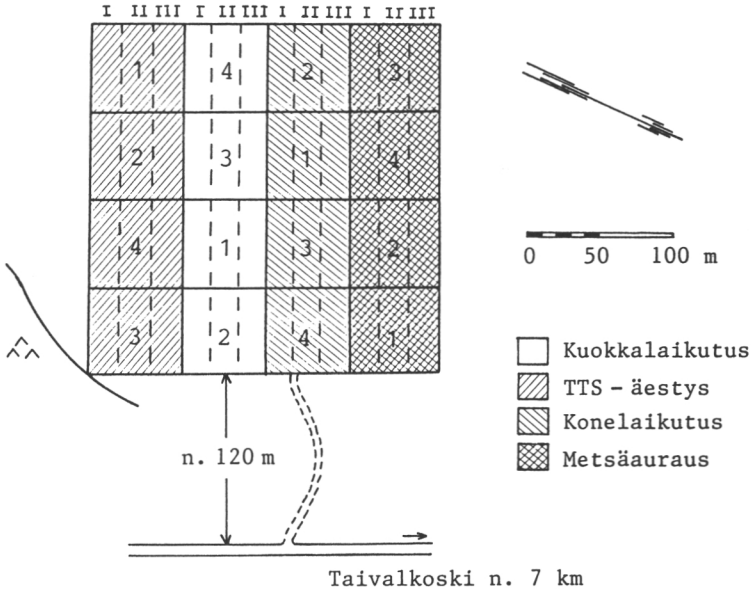
- elossaolosadanneksen kehitys
- pituuskehitys
- taimien kunto ja niissä esiintyvät tuhot
- muokkausjäljen ja pintakasvillisuuden kehitys.

Mahdollisimman hyvän vertailukelpoisuuden takaamiseksi eri koealojen välillä on koetaimikoissa tehty vesakontorjunta aina tarpeen vaatiessa, ettei vesakko pääsisi vaikuttamaan koetaimien kasvuun lainkaan. Tältä osin koetaimikoita on hoidettu tavanomaisia käytännön metsänviljelyalueita tehokkaammin.

Metsähallinnon Taivalkosken hoitoalue
Nälkäaho
Kuivahko

Puulaji: mänty
Ruutukoko: n. 60 m x 60 m = 0.36 ha
Kokonaisala: 240 m x 234 m = 5.83 ha

I = viljely 1975
II = " 1976
III = " 1977



1 = Hajakylvö 1500 g/ha Istutustiheys: 2 m x 2 m,
2 = Vakokylvö 350 - 400 g/ha 2500 kpl/ha
3 = Istutus 1M + 1A 300 kpl/ruutu/v
4 = Istutus 1Mk 300 kpl/ruutu/v

Kuva 2. Esimerkki koealan rakenteesta.

2. TULOKSET

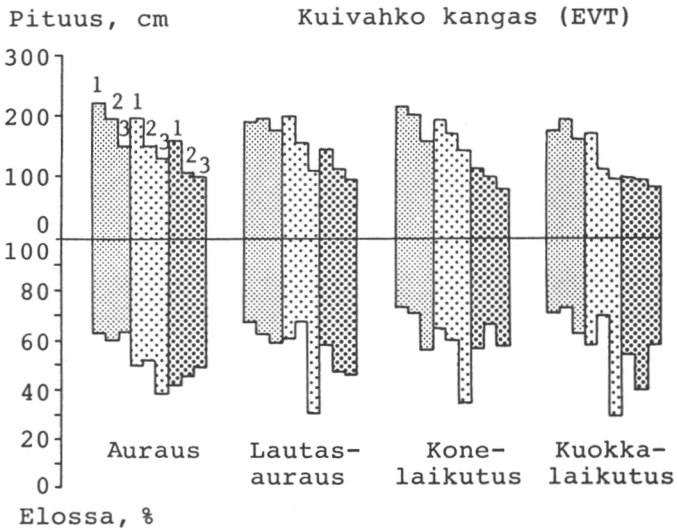
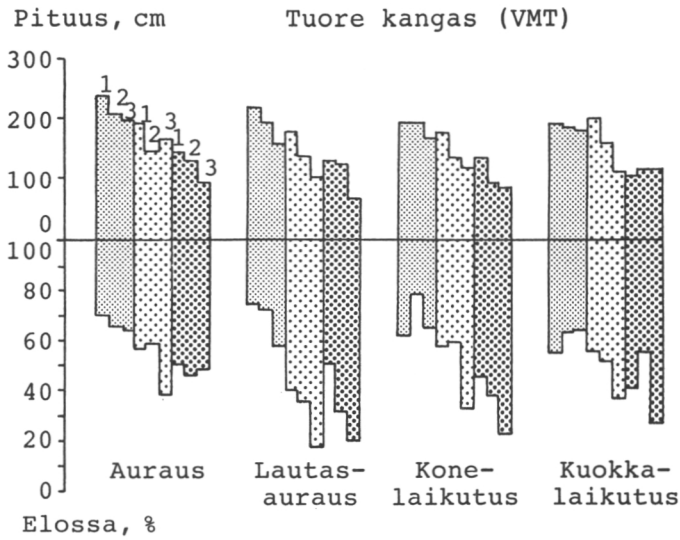
21. Viljelyn onnistuminen




Metsänviljelyn onnistumista tarkasteltiin seuraamalla taimikoiden elossaolosadanneksen kehitystä koeruuduilla. Kuvassa 3 on esitetty tuoreen ja kuivahkon kankaan koelalojen elossaolosadannekset syksyllä 1986 tehdyn inventoinnin tuloksina. Taimikot olivat inventointihetkellä 10 - 12 kasvukauden ikäisiä. Kaikkien neljän koepaikkakunnan tulokset on yhdistetty. Hajakylvön tuloksia ei esitetä em. kuvien pylvädiagrammeissa, koska se todettiin erittäin epävarmaksi ja muita viljelytapoja selvästi heikommaksi menetelmäksi jo tutkimuksen alkuvaiheessa. Hajakylvön tuloksena syntyneitä taimia on lisäksi vaikea erottaa luontaisesti syntyneistä taimista, joita koelaloille myös syntyi runsaasti ensimmäisinä maanmuokkausta seuranneina vuosina.

Suurimmat elossaolosadannekset ovat paljasjuurisilla taimilla. Muokkausmenetelmällä ei näytä olevan sanottavaa vaikutusta paljasjuuristen elossapysymiseen. 10 - 12 vuoden kuluttua viljelystä niiden elossaolosadannes on 65 %:n tasolla.

Myöskään paperikennotainten elossaolosadannes ei tunnu olevan riippuvainen muokkauksen voimakkuudesta. Pylväskuvasta voidaan havaita, että keväällä 1977 istutetuista kennotaimista on kuollut suurin osa. Taimet lienevät olleet sairaita jo taimitarhailta lähtiessään, mutta varmaa kuolinsyytä ei kuitenkaan onnistuttu selvittämään.

Vakokylvön elossaolosadannekset ovat pienempiä kuin istutustaimilla, keskimäärin n. 50 %. Viljelyvuosien välillä esiintyy suurempaa vaihtelua kuin istutuksessa. Erityisesti rehevimmillä tuoreen kankaan koelaloilla voitiin todeta,



-  Paljasjuurinen 1M + 1A
-  Paperiksenno 1MK
-  Vakokylvö

1 = V. 1975 viljelyt (12 kasvukautta mittaushetkellä)
 2 = V. 1976 " (11 " ")
 3 = V. 1977 " (10 " ")

Kuva 3. Koetaimikoiden keskipituudet ja elossaolosadannekset syksyllä 1986.

että viljelytulos heikkenee ratkaisevasti, jos maanmuokkauksen ja viljelyn välinen aika pääsee venymään useiksi vuosiksi. Syynä tähän on heinien ja muun pintakasvillisuuden taholta tulevan kilpailun voimistuminen.

22. Taimien pituuskehitys

Taimien keskipituus maanmuokkaus/viljelytapayhdistelmitäin on esitetty kuvassa 3. Istutus- ja kylvötainten välillä on havaittavissa selvä ero 10 - 12 vuotta viljelyn jälkeen. Myös verrattaessa istutusruutujen taimilajeja keskenään voidaan niiden keskipituudessa todeta pieni, mutta säännöllinen ero paljasjuuristen hyväksi. Kennotaimien heikko laatu vuonna 1977 näkyy selvästi myös pituuskehityksessä.

Muokkausruutujen välinen ero pituuskehityksessä on vähäinen.

23. Taimien kunto ja niissä esiintyvät tuhot

Kolmen vuoden välein tapahtuvissa inventoinneissa havainnoitiin myös taimien kuntoa ja niissä esiintyviä tuhoja. Taimikoiden alkukehityksen aikana todettiin ainakin seuraavat tuhonaiheuttajat:

- routa (rouste)
- pintakasvillisuuden kilpailu
- hirvi
- männyn versoruoste
- männyn versosyöpä
- lumikariste
- liiallinen kosteus.

Syksyllä 1986 tehtiin tarkempi selvitys taimien jakautumisesta kuntoluokkiin sekä kartoitus sillä hetkellä havaittavista tuhoista. Myös puiden tulevaa laatua pyrittiin arvioimaan. Selvitys rajattiin vanhimpaan vuositoukseen 1. vuoden 1975 viljelyihin. Tarkasteltavien taimikoiden ikä oli tuolloin 12 vuotta.

Kuntoluokitus oli seuraava: 1 = voimakas, rehevä, 2 = normaali, 3 = tyydyttävä, 4 = heikko, kituva. Valtaosa taimista sijoittui kuntoluokkiin 2 ja 3. Muokkausmenetelmällä ja viljelymateriaalilla ei näyttänyt olevan sanottavaa vaikutusta kuntoluokkajakaumaan (vrt. kuolleisuus).

Tuhokartoituksessa todettiin vakavimmiksi tuhonaiheuttajiksi lumikariste ja männyn versoruoste. Noin 3/4 taimista oli jommankumman tai molempien saastuttamia (vrt. Heikkilä 1981, Pohtila & Pohjola 1983). Näitä tuhoja esiintyi jokseenkin tasaisesti kaikilla maankäsittely/viljelytaparuuduilla.

Erityisesti männyn versoruosteen aiheuttamien poikaoksien ja rungon mutkien vuoksi noin viidennes taimista voitiin jo 12 kasvukauden iällä todeta niin heikkolaatuisiksi, ettei niistä tule jatkossa tukkipuita. Myös lumikariste ja muut tuhot vaikuttavat osaltaan taimien heikkoon laatuun.

Edellä mainittujen tuhonaiheuttajien lisäksi taimia vaivasivat mm. uudistusalan soistumisesta johtuva liika kosteus, pintakasvillisuuden kilpailu (heinät, karhunsammalet, ruohot ja paikoin vesakko), hirvituhot (melko vähäisiä) sekä kylvötuppaiden osalta ylitiheys.

3. JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Tutkimuksen tuloksista yllättävin on havainto, että taimien elossapysymisen ja kasvun suhteen ei syntynyt mainittavia eroja eri maankäsittelyruuduilla. Kun tästä poikkeavia tuloksia on saatu muissa selvityksissä (Pohtila 1977, Parviainen 1984, Tasanen 1980, Valtanen 1983), ovat jatko-tutkimukset tarpeen.

Tutkimuksen tulosten pohjalta voidaan tehdä kuitenkin seuraavat maankäsittelyä koskevat johtopäätökset:

- herkästi soistuvilla ja vedenvaivaamilla viljelyaloilla on vesitalouden korjaaminen välttämätöntä
- Oulun läänin eteläisimmässä osassa heinien ja muun pin-takasvillisuuden taholta tuleva kilpailu on rehevillä kasvupaikoilla (VMT, GOMT) syytä ottaa huomioon maanmuokkausta suunniteltaessa ja puulajivalintaa tehtäessä. Koivun viljely on harkinnan arvoinen vaihtoehto
- kuivahkolla kankaalla ja karummilla kasvupaikoilla selvittää useimmiten kevyillä maankäsittelymenetelmillä, samoin myös ohutkunttaisilla tuoreilla kankailla, jos niiden soistumisesta ei ole pelkoa.

Vertailussa mukana olleista viljelymateriaaleista osoit-tautui luotettavimmaksi ja parhaiten kasvavaksi paljasjuu-rinen taimi. Sen käyttäminen viljelymateriaalina tulee kyseeseen etenkin routivilla mailla, joilla kennotainten irtoaminen kasvualustastaan on ongelma. Myös rehevillä, helposti heinittyvillä kasvupaikoilla on syytä käyttää paljasjuurisia tai isoja paakkutaimia (Valtanen & Engberg 1987).

Paperikennotaimia voidaan istuttaa kuivahkolle kankaalle ja karummille kasvupaikoille, kun maa ei ole pahasti routivaa. Kennotaimet ovat kehittyneet 1970-luvun puolivälissä tähän päivän myönteiseen suuntaan. Paperin laatua on parannettu, jotta sen häviäminen maassa olisi varmaa. Varminta on kuitenkin käyttää taimia, joissa paakun ympärille ei jää lainkaan maahan pantavaa kuorta. Taimitarhoilta luovutettavissa kennoissa ei enää nykyisin ole enempää kuin yksi taimi kussakin.

Kylvötaimista käyttökelpoisin on muokattuun maahan tehtävä vakokylvö. Kylvön yhteydessä taimikonhoidon merkitys korostuu. Tarpeellisia töitä ovat:

- heinäntorjunta ensimmäisinä vuosina
- vesakontorjunta
- kylvötuppaiden harvennus riittävän ajoissa.

Hajakylvöä on syytä välttää sen epävarmuuden vuoksi. Se sopii kuitenkin hyvin luontaisen uudistamisen yhteyteen varmistamaan uudistusalan tasaista taimettumista.

Käyttökelpoisia muokkausmenetelmä/viljelymateriaali -vaihtoehtoja on yleensä useampia kuin yksi kutakin kasvupaikkaa kohti. Kuitenkin kasvupaikan kosteus, paksu kunta ja rehevä pintakasvillisuus ovat tekijöitä, jotka rajoittavat kevyempien muokkausmenetelmien, kylvön ja pienten paakuntainten käyttöä.

Männyn taimikkoja uhkaavien tuhojen monipuolisuus ja voimakkuus osoittautui tässä tutkimuksessa yllättävän suureksi. Useimpia tuhonaiheuttajia vastaan ei toistaiseksi ole olemassa tehokkaita torjuntakeinoja. Tällaisia tuhoja ovat mm. männyn versosyöpä ja lumikariste. Viimeksi mainitun leviämistä voidaan rajoittaa kylvötaimikoissa harventamalla ylitiheät kylvötuppaat mahdollisimman aikaisin. Myös taimien fysiologiaan taimitarhavaiheessa olisi syytä kiinnittää nykyistä enemmän huomiota niiden sienituhojen kestävyyden parantamiseksi.

Männyn versoruoste tappaa harvoin taimia, mutta sen aiheuttamat poikaoksat ja pahat mutkat rungon tyviosassa heikentävät merkittävästi puun laatua. Noin viidennes koetaimista luokiteltiin 12 vuoden ikäisinä sellaisiksi, joista ei tule kehittymään tukkipuuta. Yleisimmäksi syyksi tähän katsottiin versoruosteen aiheuttamat viat. Haavanvesakon tehokas poistaminen uudistusalan raivauksessa ja riittävän usein toistuvissa taimikon perkauksissa on tehokas versoruosteen torjuntakeino. Haapoja ei saisi esiintyä myöskään männyn taimikon lähiympäristössä.

Viljelyalan soistuminen todettiin useilla koelohjoilla selvästi taimikon kehitystä haittaavaksi tekijäksi. Taimet kärsivät liikakosteuden aiheuttamasta hapenpuutteesta ja karhunsammalkasvustojen taholta tulevasta kilpailusta. Tulevaa soistumista voi ennakoida maalajin ja maaston topografian perusteella. Mikäli soistuminen on todennäköistä, on syytä ojittaa alue tai käyttää muokkausmenetelmää (vrt. Valtanen & Engberg 1987). Myös rehevillä mailla, missä on odotettavissa voimakasta heinittymistä, voidaan pintakasvillisuuden kilpailua rajoittaa palteita tai mätäitä muodostavilla muokkausmenetelmillä.

Erilaiset tuhot kohdistuivat koealoilla tasapuolisesti eri maanmuokkausmenetelmillä ja viljelymateriaaleilla perustettuihin taimikoihin. Näin ollen mitään erityistä vaihtoehtoa ei voida suositella tuhoja paremmin kestäväenä. Joka tapauksessa tämän tutkimuksen aineiston perusteella voidaan tehdä se johtopäätös, että asianmukaisesti perustettu ja hoidettu taimikko on vahvempi tuhoja vastaan kuin hoitamaton ja huolimattomasti viljelty taimikko.

Tämän tutkimusaineiston perusteella on tehtävissä johtopäätös, että männyntaimikoiden varttuessa 15 vuoden ikään, kuolee Pohjanmaan-Kainuun alueella keskimäärin puolet viljelytaimista (vrt. Huuri, Lähde & Huuri 1987). Näin heikko viljelytulos ei sinällään mahdollista Kml Tapion yksityismetsille ja metsähallituksen valtion metsille asettamien taimikoiden vähimmäistiheyksien toteutumista. Luontaisia männyn ja muiden puulajien taimia syntyy muokatuille uudistusaloille yleensä runsaasti. Näiden joukossa on tavallisesti siinä määrin kehityskelpoisia taimia, että tiheyden puolesta vähintään tyydyttävä taimikko on tavallisesti saavutettavissa, etenkin jos koivun ja kuusen taimet voidaan katsoa kasvupaikan puolesta kasvatuskelpoisiksi. Mikäli halutaan kasvattaa laadukasta sahapuuta pelkästään viljelytaimista, on viljelytiheys nostettava 1,5 - 2-kertaiseksi nykyisestä.

Kasvupaikalle sopivan muokkausmenetelmän ja viljelytavan valinta on vasta osa puuntuottamisen toimenpideketjusta. Vasta huolella toteutettu viljely, riittävä viljelytiheys ja riittävän usein toistuva taimikonhoito takaavat sellaisen taimikon, jolla on edellytyksiä sahapuuksi kasvattamiseen.

KIRJALLISUUS

- Heikkilä, R. 1981. Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa. Summary: Damage in Scots pine plantations in Northern Finland. *Folia For.* 497.
- Huuri, O., Lähde, E. & Huuri, L. 1987. Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen. Summary: Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations. *Folia For.* 685.
- Parviainen, J. 1984. Männyn taimilajien menestyminen eri tavoin muokatuilla uudistamisaloilla. Summary: The success of different types of pine nursery stock on regeneration sites prepared in different ways. *Folia For.* 593.
- Pohtila, E. 1977. Reforestation of ploughed sites in Finnish Lapland. Seloste: Aurattujen alojen metsänviljely Lapissa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91.
- Pohtila, E. & Pohjola, T. 1983. Vuosina 1970-72 perustetun aurattujen alojen viljelykokeen tulokset. Summary: Results from the reforestation experiment on ploughed sites established in Finnish Lapland during 1970-1972. *Silva Fenn.* 17(3): 201-224.
- Tasanen, T. 1980. Männyn viljelyn onnistuminen eteläsuomalaisilla aurasaloilla. Metsänhoitotieteen laudaturtyö yleistä metsätutkintoa varten. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Konekirjoite.
- Valtanen, J. 1983. Muokkaustavat ja metsänuudistamisen tulos. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 119: 63-72.
- & Engberg, M. 1987. Vuosina 1970-72 perustetun aurasalueiden metsänviljelykokeen tulokset Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: The results from Kainuu and Pohjanmaa of the ploughed-area reforestation experiment begun during 1970-72. *Folia For.* 686.

Jukka Valtanen

TAIMIEN KALLISTUMINEN JA PUIDEN TYVILENKOUS KIVENNAISMAIL- LA

Maaperäongelman tarkastelua

1. KIRJALLISUUSTIETOJA

Sateisen kesän jälkeen 1974 ilmeni kautta Suomen poikkeuksellisen paljon taimien kallistumista. Professori Olavi Huuri tiedusteli 1975 ilmiön yleisyyttä ja laatua ja mielipiteitä ja sai metsämiesten vastaukset 441 kunnasta. Vastausten peittävyys oli 94 %. Kunnista 69 % oli "puhtaita" eli kallistumisilmiötä ei ollut havaittu, 25 %:ssa kunnista ilmiötä tavattiin alle 10 %:ssa taimikoista (huomaa: ei taimista). 6 % kunnista oli sellaisia, joissa ilmiötä oli 10 - 70 %:ssa taimikoista. 93 %:ssa kunnista arvioitiin, että kallistumisesta ei ole haittaa tai se on merkityksetön metsikön kehitystä ja puutavaran laatua ajatellen (Huuri 1976).

Vastaajien havainnot ja käsitykset kallistumisen syistä Huuri kiteytti muutamaksi pääkohdaksi:

- kostea, hienojakoinen ja pehmeä maa
- hiesuiset maat, savikot, peltoheitot, suot
- routa muokkauksen jälkeen
- istutusta haittaava runsas kivisyys
- paljasjuuriset koulitut taimet, myös muut taimet
- kallistumisen laukaisee märkä lumi ja voimakas tuuli.

Lisäksi todettiin:

- kallistuneilla taimilla juuristo on yksipuolinen ja pinnallinen
- myös kylvö- ja luonnontaimikoissa kallistumista on, mutta vähän
- perkauksen jälkeen tuuli kallisti taimia.

Kallistuneisuus voi myös korjautua. Huuri mainitsee joitakin vastauksia:

- "7 vuoden iällä kallistuminen oli silmäänpistävä, 15 vuoden iällä vahinko on korjautunut hyvin"
- "taimet nousevat pystyyn ennen kuin 20 vuotta on kulunut".

Jari Parviainen ja Jukka Antola (1986) tutkivat 12 - 16 vuoden ikäisiä männyn istutusalueita Hämeessä ja Savossa. Vertailuksi otettiin luontaisia ja kylvötaimikoita. Taimikoiden keskipituus oli 2,5 - 3,5 m. Tulosten mukaan rungot olivat suorimpia luontaisissa ja kylvötaimikoissa. Lenkoutta oli eniten paljasjuuritaimikoissa. Kennoviljelyissä lenkoutta oli enemmän kuin turveruokkuviljelyissä. Kennotaimet oli istutettu harventamattomina, ja se lisäsi kennotuppaan taimien lenkoutta ulospäin.

"... tyvilenkous näytti olevan selkein maanpäällinen tunnus selittämään morfologisia juuristoepämuodostumia". (Parviainen & Antola).

Eräässä Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa (Hulten & Jansson 1978) 4 - 8 -vuotiaissa männyntaimikoissa oli suorarunkoisia tai enintään heikosti mutkaisia taimia:

paljasjuuriset	92 %
kennotaimet	96 %
luontaiset	99 %

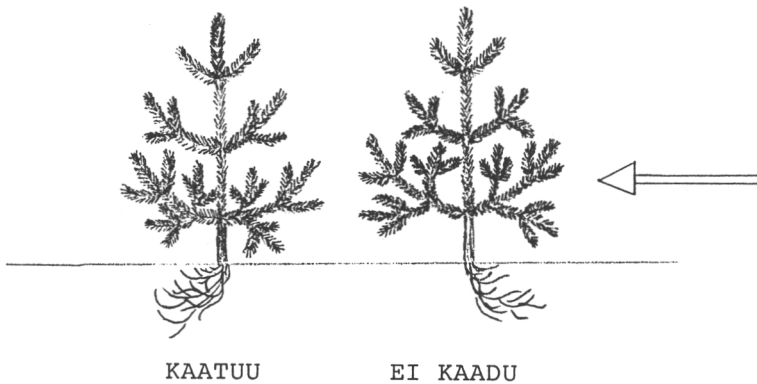
Kaltevaan asentoon istuttamista on usein pidetty lenkotypisyyden syynä. Huuri (1972) totesi laajassa istutusvirheitä koskevassa kokeessa, että männyn ja kuusen vinoon istutetut taimet nousivat pystyyn ensimmäisen kesän aikana, ja sen jälkeen ne kasvoivat aivan pystyyn.

2. HAVAINTOJA

Taimet ovat pystyjä noin metrin pituuteen asti. Kallistelu alkaa ilmetä 1,5 metrissä. Taimet jäävät kaltevaan asentoon, kääntävät latvansa pystyyn ja rakentavat lenkotypisen rungon. Aikanaan tukkirungosta menee tyveykseksi 2 - 3 m. Lenkotypisyyden takia laadultaan ala-arvoisia metsiä on nimitetty juopuneiksi metsiksi.

Hirvaalla metsäopistolta 200 m Rovaniemelle päin on 4-tien varressa alavalla soistuneella maalla luontaisesti syntynyt riukuvaiheessa oleva männikkö. Nuorena taimikkona se kallisteli vuosittain eri suuntiin. Syynä lienee ollut routimisesta johtuva maaperän liikkuminen ja epätasainen paisuminen. Liike asettui vähitellen siinä vaiheessa, kun taimikossa syntyi yhtenäinen latvuskatos ja maassa juuristot ilmeisesti valloittivat koko kasvualan. Nyt metsikkö on vakaa. Lenkoutta ja kaltevuutta on vain vähän. Harvenushakkuilla laatusaadaan rungon suorutta ajatellen virheettömäksi.

Olin 13.8.1974 klo 18 Pudasjärven pohjoisosassa Korteväärassa, missä oli 10 - 12 vuoden ikäisiä paljasjuuritainten koeviljelyjä. Taimien pituus oli 2 - 2,5 metriä. Tuli kova ukkostuuli, jonka voimaa kuvaa mm. se, että viereiseltä siemenpuualalta kaatui muutamia tukevia siemenpuita, lähes aiheja. Tuulen suunta oli sama kuin istutusrivien. Joiltakin koeruuduilta taimia kallistui joka toisesta rivistä jopa 45°. Myöhemmin lumi painoi muutamia niistä maahan, ja ne kuolivat.



Kuva 1. Tuuli kaataa helpommin ne taimet, joiden juuristo on tuulen suuntaan yksipuolinen.

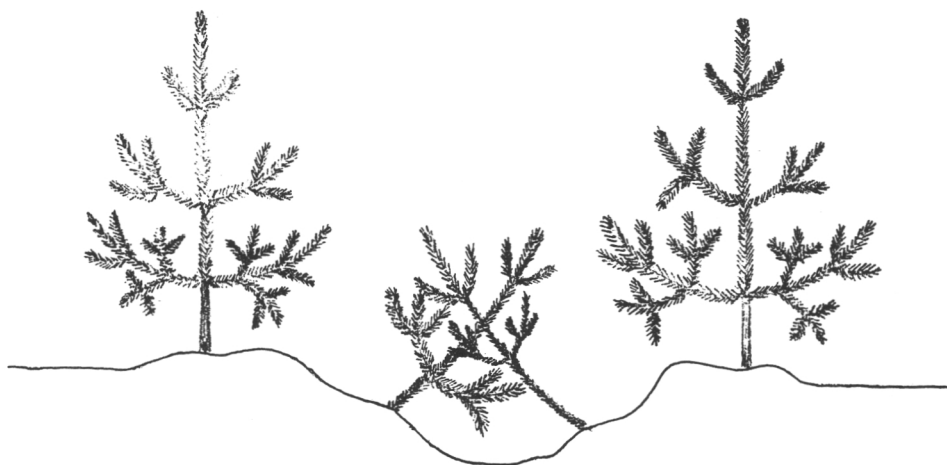
Taimien kallistumisen syyt olivat:

- sadekesä, sateen pehmittämä maa
- kourukuokkaistutus, juuret yksipuolisesti kehittyneet (ns. hanhenjalka- eli suksijuuritaimia).

Taimet kallistuivat niissä riveissä (jonoissa), joissa tuulen suunta oli istuttajan kulkusuuntaa vastaan.

Muutamana vuotena 1970-luvun alkupuolella kallistui aurasalueilla 0,5 - 1 metrin pituisia piennartaimia vakoon päin palletaimien pysyessä yleensä pystyssä. Kallistuminen oli osoitettavissa kevättalvella palteelta vakoon valuvan lumen (lumihangen) aiheuttamaksi. Myöhemmiltä vuosilta, jolloin vakoja ei aurattu enää yhtä syviksi kuin aurauksen alkuvuosina 1960-luvun loppupuoliskolla, ei vastaavaa kallistumista liene samassa määrin havaittu.

Kallistuneet taimet ovat paikoin kasvaneet jopa vaon yli ristikkäin, niin että niiden alle on syntynyt tunneli (kuva 2). Kasvu palletaimiin verrattuna on ollut heikko. Tuhoutuminen on ollut yleistä.



Kuva 2. Auraspienareeseen istutetut taimet voivat kallistuessaan muodostaa tunnelin.

Edellä esitettyä yleisempää piennartaimien kallistuminen vakoon päin on maan valumisen ja syöpmisen takia.

Useilla uudistusaloilla olen todennut, että kaltevia taimia on alueen alavassa reunassa, missä ne topografisen sijainnin ja viereisen suojaavan metsän takia ovat tuulelta suojassa. Tuuli ei siis ole yksin kallistelun aiheuttaja.

Pelloilla lenkotyvisyys on yleistä. Erään havainnon mukaan hienojakoisella kivennäispellolla ensiharvennusta lähentelevässä 18-vuotiaassa männikössä oli vaikeata löytää 500 riittävän suoraa karsittavaa puuta, vaikka istutustiheys oli 3 500 ja elossaolosadannes jokseenkin 100. Lenkous oli suurin hylkäämisen syy.

Yhdellä uudistusosalalla Kärsämäen Alajoella on muokkaamattoman maan taimia kallistunut, mutta saman aukon auratulla osalla taimet ovat pystyssä.

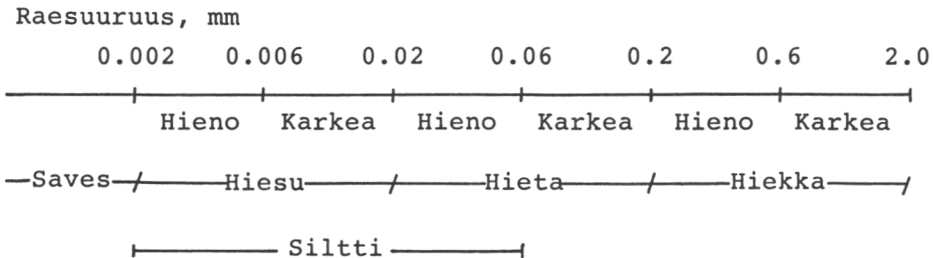
3. MAAPERÄ

Yleisen käsityksen mukaan kallistelu ja tyvilenkous ovat tyypillisiä hienojakoisilla, alavilla ja kosteilla mailla.

0,06 mm on se maan raesuuruusraja, jonka kohdalla maa-aineisten käyttäytyminen muuttuu. Sitä hienommissa maissa veden kapillaarinen nousu on voimakasta ja painovoima ja koheesiovoima menettävät merkitystään. Hienot maapartikkelit tavallaan kelluvat vedessä.

Maa, missä hienoja aineksia on paljon, on kelvotonta mm. rakennusmaaksi. Ojan luiskissa ja aurauspenkoissa se valuu. Kansa puhuu savesta, vaikka raekokoa ajatellen saveen on vielä pitkä matka. Keväin syksyin rousteilmiö on voimakas. Jääpilaristo voi pakkasyön jälkeen olla 10 - 12 cm. Ohjeiden vastaisesti liian matalaan istutetut paakkutaimet voivat yhdessä yössä nousta kokonaan ylös, ja päivän lämmitettyä ja jääpilariston sulettua kennot jäävät kumolleen maan pinnalle. Tästä ei lenkotypisyyttä kuitenkaan synny; vrt. edellä Huurin istutusvirhetutkimus.

Voimakas kapillaarisuus, rouste ja maan valuminen ovat ominaisia siltille. Silttiin kuuluvat maan raekokoluokat 0,002 - 0,06 mm eli hieno ja karkea hiesu ja hieno hieta. Karkeassa hiedassa veden nousu on jo heikkoa.



Kuva 3. 2 mm hienompien maalajitteiden raesuuruudet.

Taulukko 1. Tutkittujen mäntymetsiköiden kuvaus ja maa-analyysin tulos.

Paikka	Kuvaus	Pituus, m	Näyt- teitä	Maalaji	H-a-o, % 1)	Lenkous 2)
Muhos, Kirkkosaari	Alava kangas	7 - 8	1	hkHt	33	Pystyjä
"	"	7 - 8	3	Ht	45 - 56	"
"	Puoli metriä alavampi	7 - 8	4	Ht	40 - 51	Paha
Piippola, Isoaho	Kuiva mäki	8 - 9	1	srHKMr	8	Lievä
Reisjärvi, Jäppiperä	Isokivinen kangas	4 - 5	1	hkht	43	Keskinkert.
"	"	4 - 5	1	HkMr	20	"
Liminka, Shell	Tasainen pelto	6 - 7	1	Ht	23	"
"	"	6 - 7	1	HtMr	35	"
Kärsämäki, Alajoki	Alava kangas	1.2 - 2	2	htHKMr	18 - 20	Kallistuneita
"	"	1.2 - 2	1	HkMr	13	"
Nivala, Piala	Tasainen pelto	6 - 7	2	htHk	6 - 7	Keskinkert.
Sievi, Jyrinki	Mäki	7 - 8	1	HtMr	47	Lievä
"	"	7 - 8	1	srHKMr	23	"
Muhos, Pieni Ansasaari	Kangas	5 - 7	2	htHKMr	12 - 17	Keskinkert.
Pudasjärvi, Kortevaara	"Ylätasanko"	2 - 2.5	12	hkHtMr	19 - 34	Kallistuneita
" , Sarvivaara	"	8 m asti	12	htHKMr	14 - 24	Pystyjä

1) H-a-o = hienoainesosuus eli 0.06 mm pienempien ainesten osuus

2) Keskinkertainen lenkous = tukkia tehtäessä tyveyskappale leikattava pois

Lievä lenkous = Järeäksi kasvatettaessa ei tarvinne tyvetä. Kasvatushakuissa lengot puut poistuvat.

Kun maassa on hienoja aineksia paljon, maan ilmanvaihto on heikko. Männyn ja yleensä puiden juuret (lukuun ottamatta hieskoivua) eivät pysty kasvamaan hyvin. Koska sellainen maa on yleensä runsasravinteista, ei juuriston tarvitsekaan kasvaa suureksi, vaan pienellä juuristolla saadaan aikaan iso taimi. Puun maanpäällinen osa on liian suuri juuristoon verrattuna.

MAA-ANALYYSIEN TULKINTAA

Lenkotypisten eli juopuneiden metsien tutkimusta varten on analysoitu 22 maanäytettä. Niistä ei saada irti oikeastaan mitään. Hienoin maa oli hietaa ja karkeimmat soraista

hiekkamoreenia. Hienoainesosuus vaihteli välillä 6 - 51 %. Pahinta lenkous on Muhoksen Kirkkosaarella, jossa hietamaan hienoainesosuus on 40 - 51 %. Vieressä 50 metrin päässä samalla kankaalla, mutta 30 - 50 cm korkeammalla, on maa samaa hietaa ja hienoainesosuus jopa 56 %, mutta puut ovat aivan suoria. Maaperäeroksi on voitu osoittaa vain topografiasta johtuva suurempi kosteus lenkojen puuden alueella.

Kahdessa paikassa lenkoutta tavattiin mäellä ja mäen rinneessä. Piippolassa oli maa soraista hiekkamoreenia, hienoainesta 8 % ja lenkous lievää. Kasvatushakkuissa lengot puut poistetaan. Sievissä mäen maa oli hietamoreenia ja soraista hiekkamoreenia. Hienoainespitoisuudet olivat 47 ja 23 %. Lenkous oli selvästi pahempaa kuin Piippolassa, mutta kasvatushakkuilla puuston laatu saataneen kuntoon.

Peltomänniköitä on kaksi. Kummastakaan ei ehkä saada 500 suoraa tukkipuuta. Hienoainesosuus oli Nivalassa vain 6 - 7 % ja Limingassa 23 - 35 %.

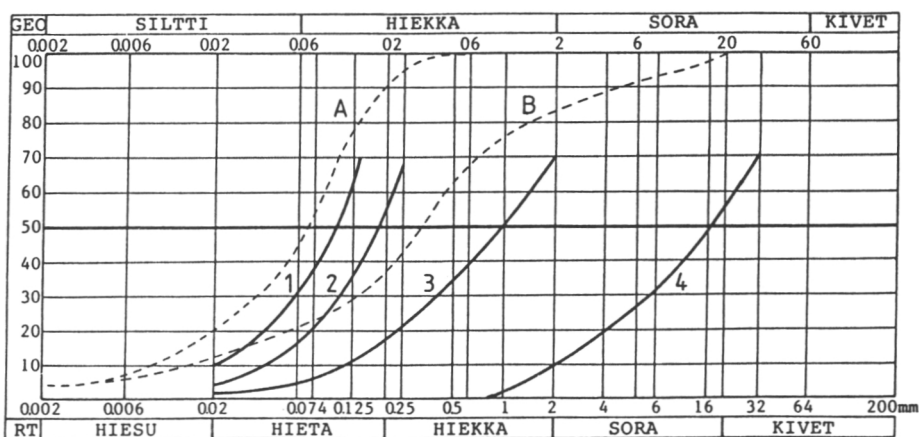
Verrattaessa noin 150 maanäytteeseen, joita olemme ottaneet uudistusaloilta eri puolilta toimialuettamme, todetaan, että esille tulleet juopuneet metsät ovat aivan vähän keskimääräistä hienommalla maalla kasvavia. Kun maaperä yleensä on hietaista hiekkamoreenia ja vähän harvemmin hiekkaista hietamoreenia ja vain harvoin hietaa, on juopuneiden metsien maaperänäytteissä hiedan osuus painavampi. Kuitenkin vaihtelu on niin laajaa, että maanäytteen perusteella ei voi ennustaa kallistelusta mitään. Toisaalta yhtään lenkotyviseen metsän esimerkkiä ei ole tullut puhtaalta hiekka- ja soramaalta.

TVL (Tie... 1985) on luokitellut routivat maat ja kuvannut ne analyysikäyrissä (kuva 4). Tutkimuksen maa-analyysikäyriä verrattiin TVL:n käyrästöön. Todettiin seuraavaa:

- useimmat maat ovat TVL:n luokituksen mukaan routivia, eli käyrä asettuu kuvan alueelle 1 tai käyrän alapää leikkaa vasemmalle
- Muhoksen Kirkkosaaren kaikki näytteet ovat routivalla alueella 1, vaikka puusto olisi aivan suoraa.

Monien muissa tutkimuksissa piirrettyjen maanäytteiden käyrät leikkaavat TVL:n käyriä rajustikin, mutta silti taimikot ovat kunnossa.

Routivuus ei siis käytettävissä olevan aineiston perusteella ratkaise kallisteluilmiötä.



Kuva 4. TVL:n routivuusluokituksen mukaan routivia ovat kaikki alueen 1 maalajit ja ne alueiden 2, 3 ja 4 maalajit, joiden rakeisuuskäyrän alapää ulottuu hienomman alueen puolelle (leikkaa vasemmalle). Käyrä A = Muhos, Kirkkosaari, käyrä B = Reisjärvi, ks. taulukko 1.

5. ROUSTE JA KENNOTAIMET

Keski-Pohjanmaalla tarkastettiin syksyllä 1983 rousteen merkityksen selvittämiseksi 16 äestysaluetta ja yksi kuokatyöalue, jotka oli istutettu vuosi aikaisemmin syksyllä 1982. Työssä arvioitiin ja määritettiin mm. taimen paikan märkyys ja roustealttius sekä rousteen aiheuttama kennopaakun nousu. 2 791 tainta tarkastettiin.

Mm. seuraavat tulokset saatiin:

- mitä märempi paikka oli, sitä rousteisemmaksi se arvioitiin
- mitä märempi paikka oli, sitä enemmän paakkuja oli nousut.

Taulukko 2. Rouste ja kennopaakun nousu yhdessä vuodessa. Luvut prosentteja.

Paakun nousu	Arvioitu roustealttius				Jakauma
	ei	vähän	paha		
Ei	62	37	1	100	76
< 1/3	13	80	7	100	17
1/3 - 2/3	9	72	19	100	4.5
> 2/3	-	83	17	100	1
Kaatunut	5	53	42	100	1.5
\bar{x}	50	46	4	100	100

Tämä ns. roustetutkimus ei anna minkäänlaista selvyyttä kallistumisilmiöön, koska työ tehtiin yhden vuoden kuluttua viljelystä. Myöhemmin siitä voidaan ehkä saada pohjaa, jos samat alueet tarkastetaan taimien saavutettua parin metrin pituuden.

6. TIIVISTELMÄ JA JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Taimien kallistumiseen ja lenkotypisten eli juopuneiden metsien syntyyn ei maa-analyyseillä saatu selvyyttä. Eräitä näkökohtia saatiin esiin:

- kaikki tietoon tulleet taimikot ja metsät, joissa kallistumisilmiötä oli, oli perustettu istuttaen
- parhaiten vettä läpäisevillä mailla (hiekkä ja sora) ilmiötä ei todettu
- hienoaineksen määrällä ja kallistumisilmiöllä oli lievä positiivinen korrelaatio
- alavalla ja kostealla maalla kallistuminen on todennäköisempää kuin kuivalla mäkimaalla.

Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen eivät sovi alavalle ja kostealle kasvupaikalle ilman kuivattavaa muokkausta. Istutustaimia niissä uhkaa kallistuminen ja tyvilenkous. Jos lenkojen mäntyjen syntyminen halutaan torjua, mutta alue halutaan uudistaa männylle, on menetelmäksi ko. paikoilla valittava auraus tai ojitusmätästys sekä kylvö tai luontainen uudistaminen. Istutus merkitsee edelleenkin riskin ottamista.

KIRJALLISUUTTA

- Hulten, H. & Jansson, K.-Å. 1978. Stabilitet och rotdeformation hos tallplantor. Summary: Stability and root deformation of pine plants (*Pinus silvestris*). Institut. för Skogsför. Rapporter och Uppsatser 93. Stockholm.
- Huuri, O. 1972. Istutuksen suoritustavan vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. Summary: The effect of deviating planting techniques on initial development of seedlings of Scots pine and Norway spruce. Commun. Inst. For. Fenn. 75 (6): 92 s.
- Huuri, O. 1976. Kallistumisilmiö istutusmänniköissä. Tiedustelun tuloksia. Summary: Tilting of planted pines. Survey results. Folia For. 265.
- Parviainen, J. & Antola, J. 1986. Taimien kehitys ja juuriston morfologia eri taimilajeilla perustetuissa mäntyistutuksissa. Summary: The root system morphology and stand development of different types of pine nursery stock. Folia For. 671.
- Tie- ja vesirakennushallitus. 1985. Teiden suunnittelu. TVL:n ohjeet. Kansio B, kohta IV: Tien rakenne, 1. Maaluokitukset.

Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja-sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- N:o 1. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1971.
- N:o 2. Tutkimuspäivän alustukset. 1972.
- N:o 3. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1972.
- N:o 4. Kalevi Karsisto. Esituloksia suometsien fosforilannoitelajikokeista. 1973.
- N:o 5. Kalevi Karsisto. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. 1973.
- N:o 6. Kalevi Karsisto. Kokeita typpilannoitteiden häviämisestä säkeistä. 1973.
- N:o 7. Kalevi Karsisto. Isorakeisen typpilannoitteen uppoamisesta lumeen. 1975.
- N:o 8. Markku Turtiainen ja Jukka Valtanen. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsäaurausalueilta. 1974.
- N:o 9. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1974.
- N:o 10. Esteri Ohenoja ja Niilo Takkunen. Alustavia tietoja lannoituksen vaikutuksesta kangasmetsien sienisatoon. 1974.
- N:o 11. Kalevi Karsisto ja Jorma Issakainen. Riistan tuottaminen metsänparannusalueilla. 1974.
- N:o 12. Kalevi Karsisto. Peatland forestry experiments in Pyhäkoski experimental area. 1974.
- N:o 13. Kalevi Karsisto. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. 1974.
- N:o 14. Tutkimuspäivän esitykset 1975.
- N:o 15. Metsäntutkimuspäivä Haapavedellä 1976.
- N:o 16. Metsäntutkimuspäivä Sotkamossa ja Ämmänsaareissa 1977.
- N:o 17. Metsäntutkimuspäivä Haukiputaalla ja Muhoksella 1978.
- N:o 18. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1980.
- N:o 19. Mikko Moilanen ja Matti Oikarinen. Perkausajankohdan vaikutuksesta hieskoivun ja haavan vesomiseen kangasmaalla 1980.
- N:o 20. Tuhka metsälannoitteena. Toimittaneet Pekka Pietiläinen ja Markku Tervonen. 1980.
- N:o 21. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1980.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- N:o 3. Jussi Saramäki. Hieskoivun kasvu ja kasvatus pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.
- N:o 17. Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen. Lentolannoituksen levitystasaisuudesta ja työjäljen valvontamenetelmän kehittämisestä. 1981.
- N:o 24. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1981.
- N:o 29. Mikko Moilanen ja Kalevi Karsisto. Lannoitteen levitystasaisuuden vaikutuksesta nuoren suomännikön pituuskasvuun. 1981.
- N:o 70. Metsäntutkimuspäivä Oulaisissa 1982.

- N:o 101. Jarmo Poikolainen ja Eero Kubin. Tuloksia kapealatvaisen kuusen juurruttamisesta. 1983.
- N:o 119. Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983.
- N:o 133. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeellä. 1984.
- N:o 158. Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
- N:o 198. Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.
- N:o 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.
- N:o 204. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levi-tysajankohdasta nuorissa rämemänniköissä. 1985.
- N:o 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1985. Kannuksen ja Muhoksen tutkimus-
asemien yhteinen julkaisu.
- N:o 222. Matti Oikarinen ja Yrjö Norokorpi. Vuosina 1956—65 viljeltyjen männyntaimi-
koiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. 1986.
- N:o 255. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986.
- N:o 281. Mikko Moilanen, Ari Ferm ja Jorma Issakainen. Kasvihuonekokeita erilaisten
jäteaineiden vaikutuksesta hieskoivun alkukehitykseen turvealustalla. 1987.
- N:o 290. Pentti Niemistö. KTP-84 tiedonkeruupäätteen metsässä kerättävän tiedon tallen-
nusvälineenä. 1988.