



Pentti Niemistö



Eero Poutiainen

Pentti Niemistö ja Eero Poutiainen

Hieskoivikon käsittelyn vaikutus kuusialikasvoksen kehitykseen Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan viljavilla ojitusalueilla

Niemistö, P. & Poutiainen, E. 2004. Hieskoivikon käsittelyn vaikutus kuusialikasvoksen kehitykseen Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan viljavilla ojitusalueilla. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2004: 441–459.

Viidellä hieskoivukokeella tutkittiin harvennuksen ja taimikon vapautuksen vaikutusta kuusialikasvoksen kehitykseen ja verrattiin verhopuuston käsittelyvaihtoehtojen kannattavuutta.

Hieskoivikon alle istutetuista kuusista 70–90% säilyi terveenä ja teknisesti hyvinä 10–15 vuoden tutkimusjaksolla riippumatta koivikon tiheydestä. Alle 2 metrin pituisena kuusten kasvu riippui vain vähän verhopuuston tiheydestä. Tämän jälkeen kuuset hyötyivät selvästi koivikon harvennuksesta. Vapautuksen jälkeen kuusten pituuskasvu pysyi ennallaan noin kolme vuotta ja elpyi 5–10 vuodessa samalle tasolle mustikkatyypillä vapaana kasvaneiden yhtä suurten kuusten kanssa.

Kokonaan harventamaton hieskoivutiheikkö oli taloudellisesti huonoin vaihtoehto. Nuorelle hieskoivikolle sopivin tiheys on 2000–2500 kpl ha⁻¹. Kuuset kannattaa istuttaa pian koivikon ensiharvennuksen jälkeen, jolloin koivut ovat 30–35 vuoden ikäisiä ja niitä on noin 1000 kpl ha⁻¹. Koivukuitupuuta tuotettaessa toista harvennusta ei tarvita ja kuusikko vapautetaan noin 15 vuoden kuluttua 2–3 metrin pituisena. Erityisen viljava ja hyvälaatuinen hieskoivikko voidaan tällöin harventaa toisen kerran ja kasvattaa koivutukkia kuusten päällä. Koivut poistetaan kuitenkin ennen kuin lahoviat oleellisesti lisääntyvät ja kuusten latvat kärsivät liiaksi koivujen piiskauksesta.

Ensiharvennuksen aikoihin syntynyt tai viljelty kuusialikasvos niveltyy hyvin hieskoivikon normaaliin kasvatukseen. Varhemmin syntyneessä kuusentaimikossa on valittava joko hieskoivujen aikainen poisto tai voimakas harventaminen, jolloin koivikon tuotos jää normaalia pienemmäksi. Sen sijaan kuusen istutus päätehakkuuta lähestyvään hieskoivikkoon ei näytä kannattavalta. Avohakkuun jälkeen istutetut kuuset kasvavat paremmin ja lehtipuuesakko suojaa niitä hallalta.

Asiasanat: alikasvos, harvennus, hieskoivu, kuusi, kaksijaksoisuus, kannattavuus, turvemaa, uudistaminen, pituus, vapautus

Yhteystiedot: Niemistö: Metla, Parkanon tutkimusasema, Kaironientie 54, 39700 Parkano; Poutiainen: Metla, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos

Sähköposti pentti.niemisto@metla.fi, eero.poutiainen@metla.fi

Hyväksytty 15.11.2004

I Johdanto

Hieskoivu muodostaa usein ensimmäisen ojituksen jälkeisen puusukupolven alunperin puuttoilla tai vähäpuustoisilla avo- tai sekatyypin soilla. Kasvatuskelpoiset hieskoivikot ovat syntyneet lähinnä ruohoisille ja varsinaisille saranevoille tai vastaavan viljavuustason nevakorpiin tai nevarämeille (Keltikangas ja Seppälä 1977, Keltikangas ym. 1986, Saarinen 1997).

Hieskoivuvaltaisia suometsiä oli vuosina 1986–94 Suomessa 873 500 ha ja ne muodostivat 12,8 % metsä- ja kitumaan soista (Hökkä ym. 2002). Lisäksi hieskoivikoita oli ojitamattomilla soilla 250 000 ha ja ojitetuilla kivennäismailla 119 000 ha. Hieskoivikoiden osuus oli Etelä-Suomen korpisoilla yli 20 % ja niistä kehittyneillä turvekankailla 32 %. Pohjois-Suomen korpisoilla hieskoivu oli vallitseva puulaji noin puolella muuttumista ja turvekankaista sekä neljänneksellä ojikoista ja ojitamattomista soista. Rämeillä hieskoivuvaltaisten metsien osuus koko maassa oli vain noin 4 %.

Hieskoivun alkukehitys on nuorella iällä nopeaa, mutta kasvu hidastuu muita taloudellisesti merkittäviä puulajeja varhemmin (Koivisto 1959, Niemistö 1998). Turvemaiden hieskoivikoissa joudutaan tyytymään useimmiten kuitupuun kasvattamiseen, koska tukkikokaisen puun tuotos jää pieneksi (Niemistö 1991) ja rungot täyttävät harvoin tukin laatuvaatimukset (Verkasalo 1997). Kuitupuun kasvatuksessa suositellaan verraten lyhyttä, noin 50 vuoden kiertoaikaa (Niemistö 1998). Runsaasti 1960–70-luvun ojitusalueiden varttuneita hieskoivikoita on tulossa päätehakkuihin, mutta tutkimustulokset ja kokemukset metsän uudistamisesta ovat vähäisiä näillä kohteilla.

Hieskoivikon avohakkuualalle syntyy nopeasti tiheä vesakko, mutta turvekankaiden taimettuminen siemensyntyisillä koivuilla on epävarmaa (Saarinen 1997). Hieskoivuvaltaisen ojitusalueen puuston uudistamisessa pyritään useimmiten vaihtamaan puulajia. Kuusta pidetään sopivimpana puulajina mustikka- tai ruohoturvekankaiksi kehittyvillä ojitusalueilla. Karummille, puolukkaturvekankaiksi kehittyville ojitusalueille hieskoivikoita on syntynyt avo- ja sekatyypin soiden lisäksi myös aidoille rämetyypeille kuten pallosara- ja kangasrämeille

(Ferm 1989), mutta niiden tuotos ja kasvatuksen taloudellinen kannattavuus jää verraten alhaiseksi mäntyyn verrattuna (Keltikangas ja Seppälä 1977, Saramäki 1977). Myös kuusen kasvatukseen näitä kasvupaikkoja pidetään liian karuina, koska vastaavan ravinteisuustason kivennäismaat – puolukkatyypin kankaat – on todettu kuuselle liian karuiksi kasvupaikoiksi (mm. Koivisto 1959).

Yksi varteenotettava suokoivikon uudistamisvaihtoehto on sinne usein luontaisesti syntyneen kuusialikasvoksen hyödyntäminen. Maan eteläpuoliskon varttuneissa ja uudistuskypsissä ojitusaluemetsissä oli VMI 8:n mukaan kuusialikasvoksia noin 8 prosentilla pinta-alasta. Kehityskelpoisiksi niistä luokiteltiin yli puolet, noin 25 000 hehtaaria. Nuorissa kasvatusmetsissä vastaava pinta-ala oli noin 20 000 ha.

Mustikka- ja puolukkaturvekankailla oli Keltikankaan ym. (1986) mukaan noin 40 000 ha kuusialikasvoksia, joiden tiheys ylitti 1 500 kpl ha⁻¹. Hieskoivuvaltaisissa metsiköissä kuusialikasvos on yleisempää kuin havupuuvaltaisissa. Noin 60 prosentilla Etelä- ja Keski-Pohjanmaan ojitusalueiden hieskoivikoista esiintyi 1970-luvulla kasvatuskelpoisia kuusialikasvoksia, mutta pohjoiseen päin mentäessä niiden osuus selvästi väheni (Seppälä ja Keltikangas 1978, Keltikangas ym. 1986).

Käytännön uudistamisalojen kuusentaimikoista huomattava osa – jopa 50–85 % – on syntynyt alikasvokseksi valtapuuston alle jo ennen varsinaista uudistamishakkuuta (Lukkala 1946, Räsänen ym. 1985). Ojikko- ja muuttumavaiheen metsiköissä kasvualusta on yleensä riittävän kostea ja siten suhteellisen herkkä taimettumaan. Kuivumisen edistyessä olosuhteet muuttuvat taimettumisen kannalta yleensä epäedulliseen suuntaan, kun kosteat rahkasammalkasvustot väistyvät ja eristävä raakahumuskerros kasvaa turpeen pinnalle (Kaunisto 1984, Saarinen 1997). Tämä on havaittu myös niissä hieskoivikon harvennuskokeissa, joista alikasvos on kokeen perustamisvaiheessa raivattu pois ja uusi luontainen alikasvos on jäänyt useimmiten syntymättä.

Kuusen viljely verhopuuston alle on viljavien mutta hallanarkojen kasvupaikkojen perinteinen uudistamistapa. Kuusi voidaan istuttaa joko ylispuukoivikon alle sen kasvatusvaiheessa tai avohakkuun jälkeen uudistamisalalle kehittyvän vesasyntyisen verhopuuston suojaan (Moilanen ja Saksa 1998).

Verhopuuston tiheyden ja käsittelyn vaikutuksia kuusikon kehitykseen ei kuitenkaan tunneta riittävästi turvemaan kasvupaikoilla (vrt. Heikurainen 1985).

Käytännön metsänuudistamisohjeissa suositellaan nykyisin luontaisen kuusialikasvoksen hyväksikäyttöä edellyttäen, että taimet ovat elinvoimaisia ja kehityskelpoisia (Hyvän metsänhoidon suositukset 2001, Hyppönen ym. 2001). Tutkimustulosten puuttuessa menetelmästä ei ole kuitenkaan voitu antaa selkeitä ohjeita. Samasta syystä esimerkiksi kuusen viljely kasvatettavan koivikon alle ei kuulu suositusten piiriin. Ohjeissa kuitenkin korostetaan avohakkuualalle luontaisesti syntyvän lehtiverhopuuston edullista vaikutusta kuusen istutustaimien alkukehitykseen etenkin hallanaroilla alueilla.

Alikasvoskuusten käyttökelpoisuutta ja hyödyntämistä hieskoivikoiden kasvatuksessa ja uudistamisessa ei tunneta riittävästi. Tässä tutkimuksessa pyritään vastaamaan kysymyksiin, miten alikasvoskuusikko menestyy hieskoivujakson alla ja millaisella puuston käsittelyllä päästään puuntuotannollisesti hyvään lopputulokseen. Myös taloudellista tulosta arvioidaan, mutta sen osalta varsinainen analyysi jää myöhemmin tehtäväksi.

Tutkimushypoteesit muotoiltiin seuraavasti:

1. Hieskoivikko voidaan uudistaa istuttamalla kuusentaimet koivikon alle ja kasvattamalla metsikköä kaksijaksoisena koivujen päätehakkuuikään saakka.
2. Koivikon harventaminen edistää alikasvoskuusten kasvua ja kuntoa verrattuna hoitamattomaan koivikkoon.
3. Alikasvosasemasta vapauttamisen jälkeen kuusten kasvu elpyy samalle tasolle vapaana kasvaneiden kuusten kanssa.

Tutkimusongelman selvittämiseksi on perustettu pitkäaikaisia ja toistuvasti mitattuja kasvatuskokeita, joissa on seurattu kuusialikasvosten kehitystä tiheydeltään ja kehitysvaiheeltaan erilaisissa hieskoivikoissa. Kokeisiin sisältyy myös hieskoivikosta vapautettuja taimikoita. Tutkimus rajattiin hieskoivikoiden yleisyyden ja ongelman ajankohtaisuuden vuoksi ojitetuille turvemaille. Kivennäismailla ai-
hettä on jo tutkittu (Valkonen 2000).

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Kokeiden perustaminen

Tutkimuksen aineisto (taulukko 1) on kerätty viideltä vuosina 1974–1991 Pohjois- ja Keski-Pohjanmaalle perustetulta hieskoivikon harvennuskokeelta, joille on istutettu kuusi alikasvokseksi. Tasaikäisissä istutustaimikoissa kuusten kokovaihtelu on pienempää kuin luontaisesti syntyneissä kuusialikasvoksissa, mikä vähentää aineiston sisäistä vaihtelua helpottaen tulosten tulkintaa. Kasvupaikat vaihtelevat ruoho- ja puolukkaturvekankaan viljavuustasojen välillä.

Koivut on mitattu kokeiden perustamisesta alkaen. Vanhemmilla kokeilla kuusentaimikon mittaus on aloitettu sitä mukaa, kun kuusten keskipituus on ylittänyt rinnankorkeuden 1,3 m. Myöhemmin perustetuissa kokeissa kuusia on mitattu alusta pitäen. Mittausväli on ollut yleensä viisi kasvukautta.

Kokeissa 1–4 hieskoivujaksoa harvennettiin juuri ennen kuusen istutusta tai osa käsittelyvaihtoehdoista oli koejärjestelyn mukaisesti jo valmiina (koe 2 ja 3). Kokeessa 5 kuusen istutus oli tehty selvästi ennen kokeen perustamista yhtenäisen verhopuuston alle ja

Taulukko 1. Kokeiden perustamistiedot ja mittausajankohdat (s = syksy, k = kevät).

Koe	Kasvu- paikka ^{a)}	Koe perustettu	Koivikon ikä	Kuuset viljelty	Koivut mitattu	Kuuset mitattu	Kuusikoe- alat, m ²	Luont. kuusta
1. Utajärvi	Mtkg	s1991	52	1992	5 v. välein	s96, k02	1000	on
2. Kärsämäki	Rhtkg	s1976	63	1987	5 v. välein	s91,s96,s01	1000	ei
3. Pyhäjärvi	RhSNmu	s1976	41	1987	5 v. välein	s91,s96,s01	1000	ei
4. Kälviä	PsRmu	k1986	n. 25	1986	k86,k91,s01	k91, s01	100	ei
5. Haapavesi	Rhtkg	s1974	44	1967	5 v. välein	s88,s93, s98	1000	on

^{a)} Kasvupaikkojen kuvaus ks. Laine & Vasander (1990)

Taulukko 2. Koivujakson käsittelyn voimakkuus ja ajankohta (s = syksy, k = kevät).

Koe	Harventamaton, kpl ha ⁻¹	Ajan- kohta	Ensiharvennus		Toinen harvennus		Vapautetut kuusikoealat kpl/ajankohta
			Minimi kpl ha ⁻¹	Käsittelyt/ toistot	Ajan- kohta	Minimi kpl ha ⁻¹	
1. Utajärvi	3600	s1991	800	5/2	–	–	4/s91 ^{a)}
2. Kärsämäki	2000	s1976	650	5/2–4	s1986	400	4/k97
3. Pyhäjärvi	3400	s1976	850	3/3	s1986	400	
4. Kälviä	4300	k1986	1000	5/5	k2002	300	5/k02
5. Haapavesi	2050	s1974	700	7/4	k1985	500	3/k89, 10/s94

^{a)} avohakkuu, kahdella koealalla kuusen istutus

alikasvoskuuset olivat verhopuuston ensiharvennuksessa alle metrin pituisia. Kokeissa 1–4 käytettiin paakkutaimia ja kokeessa 5 paljasjuurisista taimia.

Harventamattomien verhopuustojen tiheydet käyvät ilmi taulukosta 2. Harvennusvoimakkuudet määritettiin runkoluvun perusteella (esim. harventamaton, 2 500, 2 000, 2 500 ja 1 000 kpl ha⁻¹). Tuloksia koivikon kehityksestä kokeilla 2, 3 ja 5 on julkaistu aikaisemmin (Niemistö 1991 ja 1998). Toinen harvennus on tehty vanhemmilla kokeilla useimmiten 10 vuoden kuluttua ensiharvennuksen jälkeen. Osa alikasvoskuksesta on vapautettu tutkimusjakson aikana kokeissa 2 ja 5. Koivikon harvennusten lisäksi kokeessa 1 tehtiin avohakkuu neljällä koealalla, joista kahdelle istutettiin kuuset ja toiset kaksi jätettiin uudistumaan luontaisesti. Kokeessa 4 hirvet katkoivat runsaasti kuusten latvoja talvella 1999–2000 koko kokeen alueella.

2.2 Mittaukset

Kokeessa 4 alikasvoskuuset on mitattu koivuruutujen sisälle rajatuilta 100 m²:n ympyräkoeloilta ja muilla kokeilla alkuperäisiltä keskimäärin 1 000 m²:n koeruuduilta. Nuoremmissa alikasvoskissa on koealojen kaikista kuusista mitattu pituus (cm) ja 5 vuoden pituuskasvu sekä yli 1,3 metrin pituisista kuusista myös rinnakorkeusläpimitta (mm). Kokeessa 5 kuuset olivat varttuneempia ja niistä mitattiin läpimitta kaikista puista ja pituus sekä pituuskasvu joka kolmannelta tai neljännestä puusta (keskimäärin 32 koeputa/koeala). Koemetsikössä 5 luontaiset kuuset on pystytty erottamaan istutetuista taimista kohtuullisen luotettavasti sijainnin ja pituuden perusteella. Metsikössä 1 taimien alkuperää ei eroteltu ja muissa metsiköissä luontaisia kuusia ei ollut.

Kuusten kunto luokiteltiin seuraavasti: 1 = hyväkuntoinen, 2 = latvanvaihto viimeisellä 5-vuotisjaksolla, 3 = mutkainen tai haarainen, 4 = latva vioittunut tai sairas, 5 = kuivalatvainen, 6 = taimi kuollut.

Koealat ja niiden ympärillä oleva 5 metrin levyinen vaippavyöhyke on käsitelty yhtäläisesti. Kaikista koivujakson puista on mitattu läpimitta rinnankorkeudelta (mm) sekä etäisyys (cm) ja suunta koealan keskipisteestä. Noin 30 koeputa/koeala on mitattu lisäksi pituus (dm), elävän latvuksen alaraja (dm) sekä läpimitta 6 metrin korkeudelta (mm) (ks. Niemistö 1991). Kokeessa 4 käsittelyruutuja (30×30 m) on vierekkäin ilman vaippaa, mutta koivuja ei mitattu koko ruudulta, vaan kahdelta 7,0 m säteiseltä ympyrältä. Koivupuuston tilavuus ja keskitunnukset laskettiin KPL-ohjelmalla (Heinonen 1994).

2.3 Menetelmät

Koivujakson käsittelyn vaikutukset kuusentaimien aritmeettiseen kekipituuteen ja keskiläpimittaan tutkimusjakson lopussa sekä viimeisen 5-vuotiskauden kasvuun ja taimien kuntoon analysoitiin kokeittain yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla (GLM/SPSS 11.0). Jakaumien normalisuus tutkittiin Kolmogorov-Smirnov-testillä ja eri käsittelyjen välisten erojen merkitsevyyttä tutkittiin Tukeyn testillä. Tilastolliset analyysit tehtiin erikseen jokaiselle kokeelle, koska koivujakson käsittelyt, molempien puujaksojen kehitysvaiheet ja kasvujaksojen ajoittuminen poikkesivat kokeittain toisistaan.

Kokeittain hieskoivikon käsittely sisälsi useimmiten 4–5 alkuperäistä harvennusvaihtoehtoa, jotka ryhmiteltiin varianssianalyysiä varten yleensä kahteen (tiheä ja harva) tai kolmeen luokkaan (harventamaton, lievästi harvennettu ja voimakkaasti har-

vennettu). Muussa tapauksessa koealavaintojen lukumäärä olisi jäänyt analyysissä liian pieneksi. Varttuneissa koivikoissa harvennusluokat määritettiin hieskoivujakson tilavuuden perusteella, nuoremmista runkoluvun perusteella. Kokeissa 2 ja 5 hieskoivikon alta vapautettu kuusentaimikko muodosti oman luokkansa koivikon tiheysluokkien rinnalle. Analyysissä käytetyt käsittelyvaihtoehdot ja koealämäärät käyvät ilmi kokeittain variaanssitauluista (taulukot 4–6).

Harvennuksen vaikutusta pienten kuusten rinnan korkeusläpimittaan ei tutkittu kokeissa 2 ja 3, koska niissä oli liian paljon alle 1,3 m pituisia taimia. Kuusten runkomuotoa tutkittiin solakkuuden (pituus, dm / läpimitta, mm) avulla. Käsittelyjen vertailua vaikeutti se, että taimivaiheessa solakkuuden arvo riippui voimakkaasti puun koosta. Kahden metrin pituisilla taimilla solakkuuden arvo oli keskimäärin noin 1,5 ja yli neljän metrin pituisilla sen keskiarvo vakiintui arvon 1,0 alapuolelle.

Hieskoivikon käsittelyvaihtoehtojen taloudellinen vertailu perustui puuston tuotokseen ja nettotulojen nykyarvoihin. Ne laskettiin koealoittain kokeiden viimeiseen mittaussajankohtaan olettaen, että pystyssä olevat koivut poistettaisiin tässä vaiheessa haittaamasta kuusten kehitystä. Käyttöpuun kertymän oletettiin koostuvan ainoastaan koivukuitupuusta (läpimitta > 6 cm), koska Pohjanmaan turvemaiden hieskoivikoista saadaan harvoin laadultaan tukkipuiksi kelpaavaa koivua (Verkasalo 1997). Ennen kokeen perustamista koivikossa syntyneitä kustannuksia tai tuottoja ei otettu huomioon, koska taloudellista vertailua tehdään vain käsittelyjen välillä, ei koemetsiköiden välillä.

Kantohinta porrastettiin harvennusten ja päätehakkuun välillä ottaen huomioon alikasvoksen aiheuttamat korjuuhaitat ja taimikon varomisesta johtuvat kustannukset. Tahvanaisen (2001) tutkimuksessa harvennuskustannukset kohosivat 250–500 mk ha⁻¹, kun hakkuuta haittaavan alikasvoksen tiheys oli 2 000 kpl ha⁻¹. Kertymästä riippuen korjuun lisäkustannus on tämän mukaan 1–3 euroa m⁻³. Lisäksi kasvatettavaa alikasvosta pitää varoa puunkorjuussa, joten kustannukset kasvavat vielä suuremmiksi. Tällä perusteella ja tiedustelemalla Pohjanmaalla vuonna 2003 toteutuneita hieskoivuleimiköiden kantohintoja päädyttiin laskelmassa käyttämään seuraavia hintoja:

Ensiharvennus	11,7 euroa m ⁻³
Myöhemmät harvennukset	12,8 euroa m ⁻³
Kuusentaimikon vapautus	13,5 euroa m ⁻³ (myös pysty-puusto viimeisessä mittauksessa)
Avohakkuu	15,5 euroa m ⁻³

Uudistamiskustannukset arvioitiin vuoden 2003 kustannustason mukaan:

Kuusentaim. istutus	540 euroa ha ⁻¹
Mätästys	250 euroa ha ⁻¹ (avohakkuuvaihtoehdossa)
Perkaus	230 euroa ha ⁻¹ (avohakkuuvaihtoehdossa)

Nykyarvot laskettiin vakiohinnoin 3 ja 5 prosentin koroilla vuoden 2003 hintatason mukaan. Herkkyyssanalyyysissä käytettiin hintatilastojen perusteella tasoitettuja trendihintoja vuodesta 2003 taaksepäin (Metsätalastollinen vuosikirja 2002 ja edeltävät).

Vastaavat taloudelliset tunnusluvut laskettiin myös siinä tapauksessa, että verhopuuston alle viljelyn sijasta puusto olisikin avohakattu ja kokeessa 5 ollutta valmista alikasvosta ei olisi hyödynnetty. Hakkuun jälkeen alueet olisi mätästetty (250 euroa ha⁻¹), istutettu kuuselle (540 euroa ha⁻¹) ja taimikko perattu seitsemän vuotta istutuksen jälkeen (230 euroa ha⁻¹). Taimikon keskipituuden oletettiin kehittyvän MT-kankaille laaditun istutuskusikon pituuskehitysmallin mukaisesti (Valkonen 1997) kuitenkin niin, että paakkutaimien alkukehitys oletettiin kolme vuotta joutuisammaksi verrattuna mallin aineistona käytettyihin paljasjuuritaimiin.

Kuusentaimikon kehityserojen taloudellinen vaikutus otettiin huomioon vähentämällä hieskoivujakson nettotulojen nykyarvosta keskipituaisen taimikon aikaansaamiseen tarvittavalta ajalta prolongatut taimikon perustamiskustannukset. Taimikon pituuskehityksen erot koealojen välillä ikään kuin poistettiin korjaamalla laskennallisesti niiden ikää. Taimikon ikäkorjaukset laskettiin viimeksi mitatun keskipituuden ja pituuskasvun avulla koealoittain ja korjauksen suuruus minimoitiin valitsemalla tavoitepituudeksi taimikon keskimääräinen pituus kussakin koemetsikössä. Suurimmillaan tarvittava ikäkorjaus oli ±6 vuotta.

Vertailussa sovellettiin tällaista ”upotettujen kustannusten” menetelmää, koska vapautettujen alikasvoskusiköiden kehityksestä ja kiertoajan mittaisesta tuotoksesta ei ole käytettävissä luotettavia malleja. Vertailussa oletettiin yksinkertaistaen, että samanpituisen kuusentaimikko tiettyssä metsikössä

kehittyä jatkossa yhtä nopeasti riippumatta siitä, kuinka tiheän hieskoivujakson alla se on kasvanut vapautushetkeen mennessä.

Oletuksen pitävyyttä voitiin testata kokeessa 5, jossa 2–4 metrin pituiset kuusentaimet vapautettiin vuonna 1994 yhdeksältä eri tiheyksissä kasvatetulta hieskoivukoelalalta. Poistetun koivujakson tilavuuden ja kuusten keskipituuden välistä riippuvuutta tutkittiin korrelaatiokertoimen (Pearson) avulla heti vapautuksen jälkeen ja viisi vuotta myöhemmin. Lisäksi korrelaatiokerrointa käytettiin tutkittaessa kuusen taimien pituuden ja pituuskasvun yhteisvaihtelun voimakkuutta eri kokeissa ja käsittelyissä.

3 Tulokset

3.1 Hieskoivikon käsittelyn vaikutus alikasvoskuusten kasvuun

Hieskoivikoiden runkotilavuus hehtaarilla vaihteli ennen kuusten istutusta 60 ja 200 kuutiometrin välillä ja valtapituus vastaavasti 11 ja 17 metrin välillä (taulukko 3). Kuitupuun kasvatukseen sopivassa tiheydessä (noin 1000 kpl ha⁻¹, Niemistö 1991) hieskoivikoiden vuotuinen tilavuuskasvu oli tutkimusjakson lopussa 2,4–4,4 m³ ha⁻¹ ja käyttöpuun siihenastinen tuotos 128–187 m³ ha⁻¹ 41–86 vuoden iässä. Istutuksesta kuluneesta ajasta ja koivikon käsittelystä riippuen istutuskuusten keskipituus tutkimusjakson lopussa vaihteli 1,5 ja 6 metrin välillä (taulukko 3).

Kokeet 1–4, joissa kuuset on istutettu hieskoivikon alle harvennuksen jälkeen:

Kuusten keskipituus vaihteli 15–16 vuoden kuluttua istutuksesta 1,5 ja 2,6 metrin välillä. Koivikon voimakkaampi harventaminen on jouduttanut johdonmukaisesti kuusten pituuskehitystä (taulukko 4 ja 6). Ero keskipituudessa ja pituuskasvussa oli tilastollisesti merkitsevä kuitenkin vain kokeessa 4, jossa kuuset ovat ehtineet yli 2 metrin keskipituuteen ja koelajoja oli eniten. Kokeissa 3 ja 4 alikasvoskuusten keskipituuden kasvu oli voimakkaasti harvennetussa hieskoivikossa lähes 1,5-kertainen harventamattomaan verrattuna. Lievän harvennuksen vaikutus samaan suuntaan oli vähäinen.

Kokeessa 1 istutuksesta on kulunut 10 vuotta ja 600 pisintä kuusta hehtaarilla vastasivat pituudeltaan aritmeettista keskipituutta kolmella muulla kokeella. Tällä kokeella hieskoivikon harvennuksella ei ollut vielä johdonmukaista vaikutusta alikasvoskuusten pituuskehitykseen, mutta sen sijaan vertailussa mukana olevien avohakattujen koalojen istutuskuuset olivat noin metrin alikasvoksena kasvaneita pitempiä. Kokeessa 2 kuusialikasvos oli vapautettu 10 vuoden kuluttua istutuksesta neljällä koelalalla. Vapautuksen jälkeisellä 5-vuotisjaksolla näiden koalojen kuuset eivät lisänneet merkittävästi pituuskasvuun verrattuna samassa kokeessa edelleen alikasvoksena kasvaneisiin kuusiin, joiden verhojuustoa oli harvennettu.

Keskiläpimitan erot olivat saman suuntaiset kuin pituuserotkin (taulukko 5). Kokeessa 1 alusta saakka vapaana kasvaneet kuuset olivat keskimäärin 1 cm paksumpia, mutta samassa pituusvaiheessa

Taulukko 3. Koemetsiköiden puusto ennen kuusten istutusta ja viimeisimmän mittauksen yhteydessä.

Koe ja paikkakunta	Puusto ennen kuusen istutusta		Koivujakso viimeisimmässä mittaauksessa tiheydessä 1000 kpl ha ⁻¹			Kuusikon tiheys kpl ha ⁻¹	Kuusijakson keskipituus viimeisimmässä mittaauksessa, m		
	Valta- pituus m	Puuston tilavuus m ³ ha ⁻¹	Koivujen valtapituus m ^{a)}	Tilavuus kasvu ^{b)} m ³ ha ⁻¹ a ⁻¹	Käyttöp. tuotos m ³ ha ⁻¹		Aika istutuk- sesta, v	Harva koivikko	Tiheä koivikko
1. Utajärvi	16,4	195	17,2/17,2	3,8	187	1570	10	1,54	1,65
2. Kärämäki	16,7	71–150	18,9/18,0	2,4	128	1540	15	1,74	1,52
3. Pyhäjärvi	15,0	76–155	17,9/17,7	4,3	173	1880	15	2,16	1,62
4. Kälviä	12,0	118	17,0/16,5	4,4	161	2380	16	2,60	1,78
5. Haapavesi	n. 11,5	n. 60–70	18,6/18,6	3,3	177	1140	32	5,66	4,85

^{a)} Ensimmäinen luku on valtapituus kokeen keskiarvona, toinen käsittelyssä 1000 kpl ha⁻¹.

^{b)} Edeltävän 10-vuotisjakson keskimääräinen kasvu

Taulukko 4. Hieskoivikon käsittelyn (harvennus ja/tai taimikon vapautus) vaikutus istutettujen alikasvoskuusten aritmeettiseen keskipituuteen. Varianssitaulu kokeiden viimeisimmän mittauksen tuloksista, kun käsittelyvaihtoehtojen vaikutus on kestänyt 10–16 vuotta.

Vaikutusaika		Vaihtelun lähde: hieskoivikon käsittely		Keskipituus, m	Keskivirhe	Luokka ^{b)}
		Koealoja				
Koe 1: 10 v	Utajärvi ^{a)}	Tilavuus –92				
N	10	0 (avohakkuu)	2	2,46	0,13	A
F-arvo	13,1	63 m ³ ha ⁻¹	2	1,54	0,33	B
p-arvo	0,005	80 m ³ ha ⁻¹	2	1,20	0,16	B
R ² = 0,87 S _m = 0,47 S _f = 0,17		105–115 m ³ ha ⁻¹	4	1,65	0,09	B
Koe 2: 15 v	Kärsämäki	Tilavuus –86				
N	9	0 (vapautus) ^{c)}	4	1,85	0,14	A
F-arvo	1,1	68–96 m ³ ha ⁻¹	4	1,74	0,05	A
p-arvo	0,40	143 m ³ ha ⁻¹	1	1,52	–	A
R ² = 0,26 S _m = 0,21 S _f = 0,18						
Koe 3: 15 v	Pyhäjärvi	Tilavuus –86				
N	9	48–78, m ³ ha ⁻¹	2	2,16	0,42	A
F-arvo	1,1	95–105 m ³ ha ⁻¹	3	1,90	0,14	A
p-arvo	0,39	128–155 m ³ ha ⁻¹	4	1,62	0,24	A
R ² = 0,27 S _m = 0,44 S _f = 0,38						
Koe 4: 16 v	Kälviä	Runkoluku –87				
N	22	1000 kpl ha ⁻¹	7	2,60	0,17	A
F-arvo	9,6	1400 kpl ha ⁻¹	3	2,25	0,10	A B
p-arvo	0,001	2000–2500	8	1,87	0,06	B
R ² = 0,62 S _m = 0,45 S _f = 0,28		harventamaton	4	1,78	0,12	B
Koe 5: 14 v	Haapavesi	Tilavuus –88				
N	30	0 (vapautus) ^{d)}	3	6,22	0,26	A
F-arvo	3,82	alle 140 m ³ ha ⁻¹	12	5,66	0,28	A B
p-arvo	0,035	yli 140 m ³ ha ⁻¹	15	4,85	0,26	B
R ² = 0,22 S _m = 1,05 S _f = 0,93						

^{a)} Kuusentaimikon tiheysvaihtelun takia käytetty 600 pisimmän taimen keskipituutta hehtaarella

^{b)} Luokkien A ja B sisällä eivät käsittelyjen väliset erot ole tilastollisesti merkitseviä

^{c)} Vapautuksesta kulunut 5 vuotta. ^{d)} Vapautuksesta kulunut 10 vuotta

tarkasteltuna myös solakampia kuin alikasvoskuuset. Sen sijaan kokeissa 2 ja 5 alikasvoskuuset olivat solakampia verrattuna vapautettuihin kuusiin. Alikasvoskuusten keskinäisessä vertailussa tiheän koivujakson alla kasvaneet kuuset olivat muita samanpituisia taimia solakampia kokeissa 2 ja 4. Eräissä tapauksissa koivikon voimakas harvennus on lisännyt alikasvoskuusten pituuskasvua siten, että ne puolestaan kehittyivät muita alikasvotaimia solakammiksi (koe 3 ja 4). Tiheimmissäkään hieskoivikoissa ei havaittu juroville kuusille ominaista pituuskasvun taantumista ja korvautumista oksien kasvulla.

Koe 5, jossa kuusentaimikon alussa yhtenäisenä peittänyttä verhopuustoa on hakattu eri voimakkuuksin:

Koivikon ensiharvennuksessa vuonna 1974 kuuset ovat olleet arviolta 0,5 metrin pituisia ja toisessa harvennuksessa vuonna 1985 keskipituus oli 1–2 m (Niemistö 1995). Viimeisimmässä mittauksessa kuusten keskipituus vaihteli käsittelyittäin 4,8–6,2 metrin välillä. Vapautettu kuusentaimikko kehittyi kymmenessä vuodessa 1,4 metriä pitemmäksi kuin samassa metsikössä tiheän koivikon alla kasvavat kuuset ja ero lievästi harvennettuun koivikkoon oli noin puolet pienempi. Vapautettujen kuusten keskipituus tai ainakin viimeisen 5-vuotisjakson pituuskasvu oli merkittävästi alikasvoskuusia suurempi

Taulukko 5. Hieskoivikon käsittelyn (harvennus ja/tai taimikon vapautus) vaikutus istutettujen alikasvoskuusten keskiläpimittaan. Varianssitaulu kokeiden viimeisimmän mittauksen tuloksista, kun käsittelyvaihtoehtojen vaikutus on kestänyt 10–16 vuotta.

Vaikutusaika		Vaihtelun lähde: hieskoivikon käsittely	Koealoja	Keskilpm, cm	Keskiwirhe	Luokka ^{b)}
Koe 1: 10 v	Utajärvi ^{a)}	Runkoluku –87				
N	10	0 (avohakkuu)	2	2,15	0,10	A
F-arvo	13,6	63 m ³ ha ⁻¹	2	1,14	0,05	B
p-arvo	0,004	80 m ³ ha ⁻¹	2	1,12	0,19	B
R ² = 0,87 S _m = 0,42 S _f = 0,15		105–115 m ³ ha ⁻¹	4	1,46	0,10	B
Koe 4: 16 v	Kälviä					
N	22	1000 kpl ha ⁻¹	7	2,57	0,27	A
F-arvo	12,0	1400 kpl ha ⁻¹	3	2,04	0,08	A B
p-arvo	0,000	2000–2500	8	1,32	0,10	B
R ² = 0,67 S _m = 0,74 S _f = 0,43		harventamaton	4	1,18	0,15	B
Koe 5: 14 v	Haapavesi	Tilavuus –88				
N	30	0 (vapautus) ^{c)}	3	8,90	0,34	A
F-arvo	6,16	alle 140 m ³ ha ⁻¹	12	7,16	0,39	B
p-arvo	0,006	yli 140 m ³ ha ⁻¹	15	5,95	0,42	B
R ² = 0,31 S _m = 1,68 S _f = 1,39						

^{a)} Kuusentaimikon tiheysvaihtelun takia käytetty 600 pisimmän taimen keskiläpimittaan hehtaarilla

^{b)} Luokkien A ja B sisällä eivät käsittelyjen väliset erot ole tilastollisesti merkitseviä

^{c)} Vapautuksesta kulunut 10 vuotta

(taulukko 4 ja 6). Kuuset kasvoivat kuitenkin koh- tuullisen hyvin pituutta myös harventamattomassa koivikossa (noin 2000 koivua hehtaarilla).

Käsittelyn vaikutus näiden varttuneempien kuus- ten keskiläpimittaan oli saman suuntainen kuin pituuteenkin (taulukko 5). Hieskoivujakson poista- misen tai harventamisen vaikutus kuusentaimien lä- pimitan kehitykseen on suhteellisesti suurempi kuin vaikutus pituuskehitykseen. Samanpituisia taimia verrattaessa alikasvoskuuset olivat vapautettuja so- lakampia, mutta koivujakson harvennusvoimakkuus ei vaikuttanut solakkuuteen.

3.2 Kuusten pituuskasvun vaihtelu

Kokeessa 4 kuusten pituuskavu kiihtyi tasaisesti heti viljelyn jälkeen kaikissa käsittelyissä lukuunottamat- ta hirvituhon ohimenevää vaikutusta vuonna 2000 (kuva 1). Koivikon harventamisen vaikutus alkoi nä- kyä kuusten pituuskasvussa neljäntenä kasvukautena kuusen viljelyn ja koivikon käsittelyn jälkeen. Ero voimakkaasti harvennettujen ja harventamattomien koealojen välillä lisääntyi tasaisesti koko tarkastelu- jakson ajan. Lievä harvennus tiheyteen 2000–2500

kpl ha⁻¹ ei lisännyt kuusten kasvua käsittelemät- tömään koivikkoon verrattuna. Myöskään erittäin voimakas harvennus tiheyteen 500 kpl ha⁻¹ ei lisän- nyt alikasvosken pituuskasvua tiheyteen 1000 kpl ha⁻¹ verrattuna, joskin vain yhteen koealahavaintoon perustuva tulos on epävarma.

Kokeessa 5 koivikkoa harvennettiin 8 ja 18 vuo- den kuluttua kuusen viljelystä. Alikasvoskuuset vapautettiin kolmella koealalla 22 vuoden kuluttua istutuksesta 2,2 metrin keskipituudessa. Yhdeksäl- lä koealalla kuuset vapautettiin viisi vuotta myö- hemmin 2,7 metrin keskipituudessa. Molemmissa tapauksissa vapautettujen kuusten ensimmäisen 5- vuotisjakson pituuskasvu oli suurempi verrattuna harvennetussa koivikossa kasvaviin alikasvoskuu- siin, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Sen sijaan toisella 5-vuotisjaksolla kasvuero oli vapau- tettujen kuusten hyväksi merkitsevä, 35 cm viidessä vuodessa.

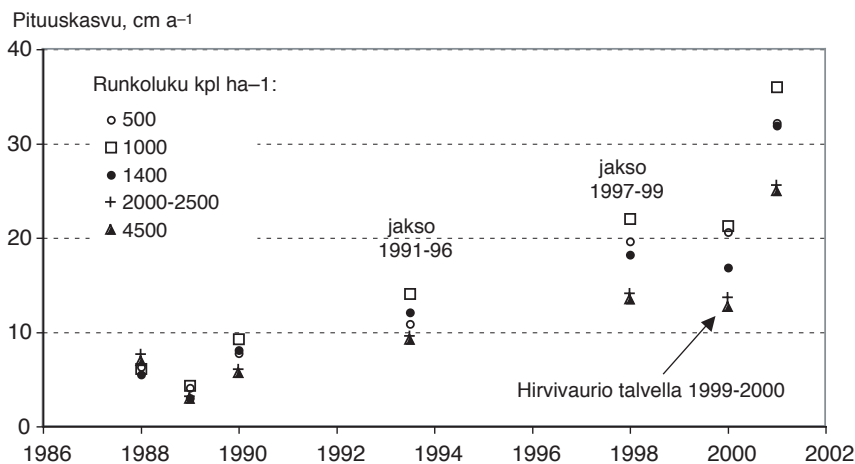
Kuvan 2 mukaan hieskoivikon harvennusvoi- makkuus ennen vapautusta ei vaikuttanut kuusten pituuskasvuun ensimmäisen 5-vuotiskauden aikana vapautuksesta. Aikaisemmin syntyneet pituuserot koealojen välillä säilyivät ennallaan. Keskimääräi- nen pituuskasvu oli 45 cm a⁻¹ eikä se riippunut mer-

Taulukko 6. Hieskoivikon käsittelyn (harvennus ja/tai taimikon vapautus) vaikutus istutettujen alikasvoskuusten pituuskasvuun. Varianssitaulu kokeiden viimeisimmältä kasvujaksolta. Taulukon lopussa on tarkasteltu lisäksi läpimitan kasvua kokeessa 5.

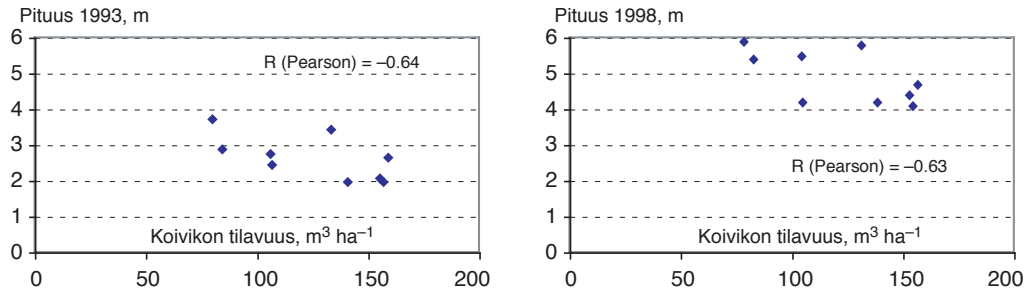
Kasvujakso		Vaihtelun lähde: hieskoivikon käsittely	Koealoja	Pit.kasv., cm a ⁻¹	Keskivirhe	Luokka ^{a)}
Koe 2: 5 v	Kärsämäki	Tilavuus -86				
N	9	0 (vapautus) ^{b)}	4	16,1	3,1	A
F-arvo	0,13	68-96 m ³ ha ⁻¹	4	14,9	1,2	A
p-arvo	0,88	143 m ³ ha ⁻¹	1	13,7	-	A
R ² = 0,04	S _m = 4,1	S _f = 4,0				
Koe 3: 5 v	Pyhäjärvi	Tilavuus -86				
N	9	48-78 m ³ ha ⁻¹	2	19,7	3,6	A
F-arvo	0,56	95-105 m ³ ha ⁻¹	3	15,6	2,5	A
p-arvo	0,60	128-155 m ³ ha ⁻¹	4	13,8	3,8	A
R ² = 0,16	S _m = 6,0	S _f = 5,5				
Koe 4: 1 v	Kälviä	Runkoluku -87				
N	22	1000 kpl ha ⁻¹	7	36,2	2,2	A
F-arvo	12,0	1400 kpl ha ⁻¹	3	31,9	0,2	A B
p-arvo	0,000	2000-2500	8	25,6	0,8	B
R ² = 0,67	S _m = 6,2	S _f = 3,6	4	24,8	1,4	B
Koe 5: 5 v	Haapavesi	Tilavuus -88				
N	30	0 (vapautus) ^{c)}	3	48,3	2,8	A
F-arvo	3,24	alle 140 m ³ ha ⁻¹	12	44,0	1,8	A B
p-arvo	0,055	yli 140 m ³ ha ⁻¹	15	39,4	1,7	B
R ² = 0,19	S _m = 6,9	S _f = 6,2				
Koe 5: 5 v	Haapavesi	Tilavuus -88		Keskiläpimitan kasvu, mm a ⁻¹		
N	30	0 (vapautus) ^{c)}	3	5,69	1,22	A
F-arvo	2,16	alle 140 m ³ ha ⁻¹	12	5,03	0,54	A
p-arvo	0,135	yli 140 m ³ ha ⁻¹	15	3,96	0,36	A
R ² = 0,13	S _m = 1,73	S _f = 1,61				

^{a)} Luokkien A ja B sisällä eivät käsittelyjen väliset erot ole tilastollisesti merkitseviä.

^{b)} Vapautuksesta kulunut 5 vuotta. ^{c)} Vapautuksesta kulunut 10 vuotta



Kuva 1. Harvennusvoimakkuuden vaikutus heti hieskoivikon käsittelyn jälkeen keväällä 1987 istutettujen alikasvoskuusten keskimääräiseen pituuskasvuun, koe 4 Kälviä.



Kuva 2. Keväällä 1994 vapautettujen yhdeksän alikasvoskoelan kuusten keskipituuden riippuvuus poistetun koivujakson runkotilavuudesta hakkuun yhteydessä 1993 ja 5 vuotta myöhemmin, koe 5 Haapavesi.

Taulukko 7. Alikasvoskuusten pituuden ja pituuskasvun väliset korrelaatiokertoimet (R_{Pearson}) ja pituuden variaatiokertoimet (C) käsittelyittäin eri kokeissa.

Koe	Puuston käsittely: voimakas				harventamaton
2. Kärämäki	Vapautus ^{a)}		68–96 m ³ ha ⁻¹	143 m ³ ha ⁻¹	
N	499		593	171	
R (Pearson)	0,25		0,34	0,74	
C (pituus–96)	0,53		0,60	0,51	
C (pituus–01)	0,42		0,45	0,47	
3. Pyhäjärvi			48–78 m ³ ha ⁻¹	95–105 m ³ ha ⁻¹	128–155 m ³ ha ⁻¹
N			297	546	642
R (Pearson)			0,94	0,85	0,79
C (pituus–96)			1,04	1,01	0,99
C (pituus–01)			0,84	0,77	0,71
4. Kälviä	1000 kpl ha ⁻¹		1400 kpl ha ⁻¹	2000–2500 kpl ha ⁻¹	harventamaton
N	173		68	184	96
R (Pearson)	0,76		0,79	0,50	0,67
C (pituus–91)	0,22		0,21	0,22	0,19
C (pituus–96)	0,27		0,31	0,27	0,24
C (pituus–01)	0,29		0,34	0,22	0,24
5. Haapavesi	Vapautus ^{b)}	Vapautus ^{a)}	< 110 m ³ ha ⁻¹	110–150 m ³ ha ⁻¹	> 150 m ³ ha ⁻¹
N	99	257	109	196	188
R (Pearson)	0,44	0,55	0,77	0,86	0,69
C (pituus–93)	0,27	0,47	0,38	0,38	0,41
C (pituus–98)	0,20	0,32	0,33	0,34	0,33

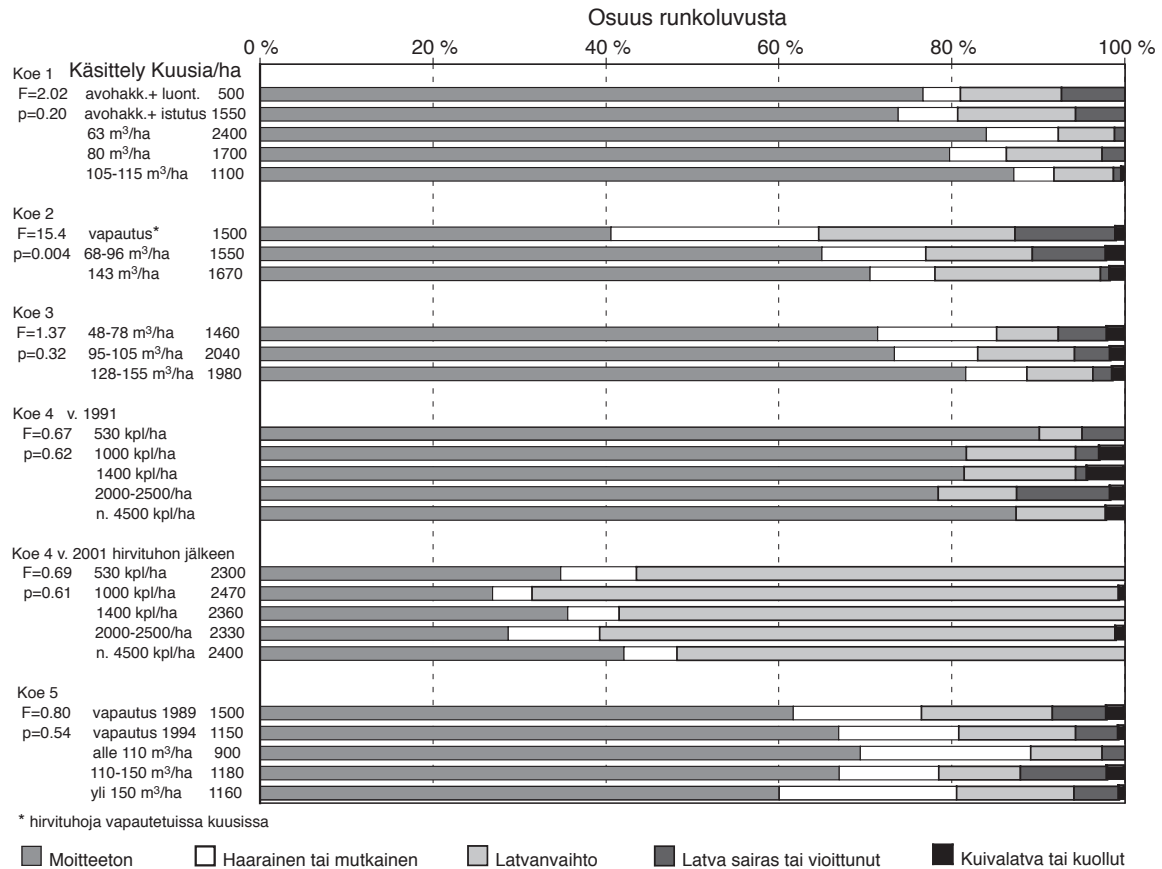
Kuusten vapautus tehty: ^{a)} kasvujakson alussa, ^{b)} 5 vuotta ennen kasvujakson alkua

kitsevästi poistetun koivikon tilavuudesta. Myöskään vapautetun kuusikon keskipituudella (2,0–3,7 m) ei ollut vaikutusta kuusten pituuskasvuun.

Taimien välistä pituuskasvuvaihtelua tutkittiin kokeissa 2–5. Alikasvoskuusten pituuden ja tulevan jakson pituuskasvun välinen riippuvuus metsikön sisällä oli voimakas ja lähes suoraviivainen. Kookkaimmilla taimilla pituuskasvu oli kuitenkin samalla tasolla pituudesta riippumatta. Alikasvosasemassa

kasvavilla kuusilla pituuden ja pituuskasvun välinen korrelaatiokerroin oli yleensä 0,7–0,9 (taulukko 7). Ylemmän koivujakson tiheys ei vaikuttanut korrelaation voimakkuuteen. Vapautetuilla kuusilla kasvun riippuvuus pituudesta oli edelleen havaittavissa, mutta korrelaatiokertoimen arvo (0,25–0,55) oli selvästi pienempi kuin vastaavilla alikasvoskuusilla.

Eripituisten taimien kasvuerot metsikön sisällä lisäsivät taimikon absoluuttista pituusvaihtelua kai-



Kuva 3. Hieskoivuverhoppuuston harvennusvoimakkuuden ja avohakkuun vaikutus kuusentaimikon tiheyteen ja kuntoon. Kokeittain tehdyn varianssianalyysin F- ja p-arvot koskevat moitteettomien taimien osuutta runkoluvusta.

kissa tapauksissa, mutta taimikon varttuessa kuusten suhteellinen pituusvaihtelu (variaatiokertoimet taulukossa 7) hieman väheni lukuunottamatta koetta 4. Hieskoivujakson harvennusvoimakkuus ei vaikuttanut alikasvoskuusten pituusvaihtelun suuruuteen, mutta vapautuksen seurauksena suhteellinen pituusvaihtelu pieneni.

3.3 Verhoppuuston hakkuiden vaikutus alikasvoskuusikon tiheyteen ja kuntoon

Verhoppuuston tiheys ei vaikuttanut alikasvoskuusikon tiheyteen eikä kuolleisuuteen tutkimusjakson aikana (kuva 3). Taimikon tiheys vaihteli kokeittain. Kuusen viljely on onnistunut hyvin, mutta sitä ei kuitenkaan voitu erikseen tutkia, koska tarkkaa

istutustiheyttä ei tunneta koaloittain. Kokeessa 1 luontaiset taimet aiheuttivat eroja käsittelyjen välille. Kokeessa 5 istutustaimia oli selvästi vähiten, mutta viljely on siellä ollut ainakin osittain luontaisen taimikon täydentämistä.

Vikaisuutta esiintyi hieman enemmän vapaana kasvaneissa kuusissa kokeessa 1 ja vapautetuissa kuusissa kokeessa 2 verrattuna alikasvokseen (kuva 3). Verhoppuuston määrällä ei ollut vaikutusta kuusten vikaisuuteen. Moitteettomien kuusten osuus oli yleensä 70–90 %, mutta kokeen 5 varttuneemmissa kuusissa niitä oli vähemmän, 60–70 %. Kokeessa 4 kuusten kuntoa on tarkasteltu erikseen vuosina 1991 ja 2001, koska alueella tapahtunut hirvituho vaikutti oleellisesti jälkimmäisen ajankohdan tulokseen. Myös kokeen 2 vapautetut kuuset kärsivät hirvivaurioista.

Taulukko 8. Hieskoivikoiden kuitupuutuotoksen keskiarvot ja viimeiseen mittaukseen lasketut nettotulojen nykyarvot (NPV) käsitteilyttään 3 ja 5 prosentin korolla. Kuusentaimikon kehityserojen taloudellinen vaikutus huomioitiin vertailuluvussa VL vähentämällä koivikon nykyarvosta keskipituusen taimikon aikaansaamiseen tarvittavalta ajalta prolongatut istutuskustannukset. Taimikon keskipituuden saavuttamiseen tarvittava laskennallinen aika istutuksesta perustui taimikon pituuskehitykseen koealoittain.

Koivikon käsittely ja siitä kulunut aika	Koealoja kpl	Harv. kertymä m ³ ha ⁻¹	Kuitupuun tuotos m ³ ha ⁻¹	NPV 3% korolla €	NPV 5% korolla €	VL 3% €	VL 5% €
1. Utajärvi (10 v)							
avoh. + luont.	2	0	169,7	3566	4392*	3366*	4192*
avohakkuu+ ist.	2	0	170,7	3589	4420*	2551	3229*
63 m ³ ha ⁻¹	2	87,8	177,8	2727	3078*	1972	2127*
80 m ³ ha ⁻¹	2	78,2	187,6	2823	3136	2034	2110*
105–115 m ³ ha ⁻¹	4	81,2	219,6*	3267	3590	2529	2677
2. Kärsämäki (15 v)							
0 (vapautus) ^{a)}	4	10,5	140,5	2650	3112	1802	1958
68–96 m ³ ha ⁻¹	4	31,7	165,6	2514	2875	1654	1694
143 m ³ ha ⁻¹	1	0	180,0*	2501	2529	1595	1237
3. Pyhäjärvi (15 v)							
48–78 m ³ ha ⁻¹	2	31,1	155,6	2403	2820	1575	1707
95–105 m ³ ha ⁻¹	3	26,4	176,3	2645	2987	1801	1839
128–155 m ³ ha ⁻¹	4	6,9	186,0	2594	2712	1637	1282
4. Kälviä (16 v)							
1000 kpl ha ⁻¹	7	46,5	144,4	2255	2597	1405	1438*
1400 kpl ha ⁻¹	3	37,2	144,0	2188	2462	1327	1275
2000–2500	8	29,7*	168,5*	2470	2689*	1564	1396
harventamaton	4	0	159,6	2154	2154*	1241	845*
5. Haapavesi (14 v)							
0 (vapautus) ^{b)}	3	28,2	156,2	3413	4396*	2357	2725*
alle 140 m ³ ha ⁻¹	12	52,0	173,3	2961	3577	1824	1715
yli 140 m ³ ha ⁻¹	15	10,0	184,7	2868	3126*	1687	1103*

* merkitsevä ero näiden käsittelyjen välillä 5%:n riskillä

a) vapautuksesta kulunut 5 vuotta

b) vapautuksesta kulunut 10 vuotta

Yleisin yksittäinen vika oli viimeisen viiden vuoden aikana tapahtunut latvanvaihto. Ilman hirvivaurioita niitä esiintyi yleensä alle 13 prosentilla alikasvoskuusista ja vapautetuilla kuusilla vähän useammin. Koivikon käsittelyllä ei ollut selvää vaikutusta muuhun vikaisuuteen. Sairaiden tai vioittuneiden latvojen osuus oli harvoin yli 10%. Kuivalatvaisia tai kuolleita kuusia oli yli metrin pituisissa taimikoissa hyvin vähän, mutta kokeessa 4 niiden osuus oli viiden vuoden kuluttua viljelystä 2–4%. Mutkaisuus tai haaraisuus liittyy viittä vuotta vanhempiin häiriöihin latvakasvaimissa. Nuoremmissa kuusissa niitä esiintyi 5–13 prosentilla, varttuneemmissa kuusissa 12–20 prosentilla.

Kokeessa 1 latvavikaiset kuuset olivat keskimäärin 30–40 cm muita pitempiä. Vain osa erosta selittyy sillä, että latvavikoja esiintyi enemmän vapaana kasvaneilla ja siitä syystä muita pidemmällä kuusilla. Myös kokeessa 2 latvanvaihdot olivat suurilla taimilla yleisempiä kuin pienillä, mutta siellä ero johtui pääasiassa vapautettujen kuusten hirvivaurioista. Sitä vastoin kokeessa 3 ja 5 latvavikaiset puut olivat keskimääräistä lyhyempiä ja läpimitaltaan ohuempia. Ero selittyy osittain latvavian aiheuttamalla kasvun hidastumisella. Kokeessa 4 latvavikaisten kuusten pituus ei eronnut muista, mutta hirvien vaurioittamien kuusten pituuskasvu on luonnollisesti hidastunut.

Taulukko 9. Koemetsiköiden kuitupuutuotos ja viimeiseen mittaukseen laskettu nettotulojen nykyarvo (NPV) 3 ja 5 prosentin korolla siinä tapauksessa, että hieskoivikot olisi avohakattu ja viljelty tutkimusta aloitettaessa. Laskenta-asetelma on sama kuin taulukossa 8 lukuunottamatta kuusentaimikon pituuskehitystä, joka ennustettiin Valkosen (2000) kasvumallilla.

Koe (ikä tutkimuksen alussa)	Koelohja kpl	Kuitupuukertymä m ³ ha ⁻¹	NPV 3% korolla €	NPV 5% korolla €	VL 3% €	VL 5% €
1. Utajärvi (52 v)	12	166	3023	3724	1747	2448
2. Kärsämäki (73 v)	14	119	1699	2293	423	1017
3. Pyhäjärvi (51 v)	9	116	1280	1716	4	440
4. Kälviä (25 v)	3	81	1770	2471	454	1155
5. Haapavesi (54 v)	30	84	2549	4079	870	2400

3.4 Hieskoivuverhoppuuston käsittelyn kannattavuus

Käyttöpuun tuotos (läpimitta yli 6 cm) oli korkein harventamattomissa tai hyvin lievästi harvennetuissa hieskoivikoissa (taulukko 8). Varttuneissa puustoissa (kokeet 1, 2 ja 5) hieskoivikon tuottoarvo oli korkein niillä koelohjoilla, joilla koivujakso oli pätehakattu jo aikaisemmin. Sitä vastoin eri harvennusvaihtoehtojen välillä ei ollut johdonmukaisia eroja. Nuoremmissa puustoissa (kokeet 3 ja 4) ei pätehakkuuvaihtoehtoa ollut ja niissä hieskoivujakson tuottoarvo oli korkein keskimääräisesti tai lievästi harvennetuilla koelohjoilla.

Varttuneissa hieskoivikoissa taimikon kehityksen sisällyttäminen taloudelliseen tarkasteluun vahvisti edellä saatua tulosta, jonka mukaan verhopuusto kannatti poistaa aikaisessa vaiheessa. Kokeessa 1 avohakkuuvaihtoehto ja kuusen luontainen uudistuminen mätästyksen jälkeen oli taloudellisesti ylivoimainen vaihtoehto, mutta avohakkuu+kuusen viljely ohitti kannattavuudessa tiheän verhopuuvaihtoehdon vasta sitten, kun korko kohosi 4–5 %:n tasolle. Taimikon kehityksen huomioon ottaminen ja korkoprosentin kohoaminen vahvistivat myös hieskoivikon voimakkaan harvennuksen kannattavuutta verrattuna lievästi harvennetuihin tai harventamattomiin, mutta näiden käsittelyjen keskinäiset erot eivät olleet merkittäviä 3 tai 5 prosentin korolla.

Nuoremmissa koivikoissa verhopuuston voimakas harvennus ei ollut kannattavaa 3 prosentin korolla, mutta toisessa metsikössä se ohitti lievemmat käsittelyt 5 %:n korolla. Täysin harventamaton verhopuusto oli yleensä taloudellisesti huonoin vaihtoehto.

Kun vakiohintojen sijasta käytettiin trendihintoja, käsittelyvaihtoehtojen erot pienivät ja erojen tilastollinen merkitsevyys osittain hävisi. Hieskoivikon kasvatuksessa ilman kuusen viljelyä näytti trendihintojen käyttö suosivan tiheän koivikon kasvatusta etenkin 3 % korkokantaa käytettäessä.

Hieskoivikon kasvatusta ja kuusen viljelyä koivikon alle oli kaikissa koemetsiköissä kannattavampaa 3 prosentin korolla kuin välitön avohakkuu ja kuusen istutus (taulukko 9). Koron noustessa 5 prosenttiin tulos oli edelleen useimmiten sama. Poikkeuksena olivat kuitenkin harvennettu varttunut koivikko kokeessa 1, nuori harventamaton koivikko kokeessa 4 ja 2–3 metrin pituusvaiheessa vapauttamatta jätetty alikasvosvaihtoehto kokeessa 5. Välitön avohakkuu ja kuusen viljely olisi ollut verhopuuston alle istutusta kannattavampi vaihtoehto vain näissä kolmessa tapauksessa ja vähintään 5 %:n korolla.

4 Tulosten tarkastelu

4.1 Tulosten yleistettävyys

Tutkimusaineisto painottui nuoriin alikasvoskuusi-koihin. Sen sijaan yli kahden metrin pituisten taimikoiden kehitystä tutkittiin vain yhdessä, vaikkakin hyvin laajassa kokeessa. Eräistä varttuneemmista alikasvosista tehdyt havainnot kuitenkin tukevat tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia (Heikurainen 1985, Hilli ym. 2003, Pääntalo ym. 2003). Hieskoivikon eri kehitysvaiheet ja harvennusvoimakkuudet olivat tutkimusaineistossa hyvin edustettuina. Tutkimusaineiston varttuneimmat koivikot olivat

jo ohittaneet taloudellisesti edullisimman pääte-hakkuuään, joka on kuitupuun kasvatuksessa noin 50 vuotta (Niemistö 1998).

Hieskoivikon käsittelyn vaikutukset kuusialikasvokseen olivat kaikissa kokeissa saman suuntaisia, mikä vahvistaa tuloksia, vaikka erot eivät yksittäisissä kokeissa olleet aina tilastollisesti merkitseviä. Tulokset soveltuvat ruoho- ja mustikkaturvekankaille ja vastaavan viljavuustason muuttumille.

Käsittelyvaihtoehtojen taloudellisessa vertailussa tehtiin yksinkertaistavia oletuksia. Käyttöpuun olettaminen kuitupuuksi on perusteltua valtaosalla turvemaan hieskoivikoista (Verkasalo 1997). Sen sijaan Etelä- ja Keski-Suomessa viljavimpia ja teknisesti hyvälaatuisia hieskoivikoita on todennäköisesti edullisempaa kasvattaa tukkipuun vuoksi harvempana ja pitempään verrattuna tämän tutkimuksen tuloksiin.

Taimikon taloudellisessa arvottamisessa tehtiin oletus, ettei samanpituisina vapautettujen alikasvosten arvo riipu hieskoivujakson siihenastisesta tiheydestä. Ainoa käytettävissä ollut koetulos tuki oletusta, vaikka yleensä kuusentaimien pituuskasvu on todettu sitä suuremmaksi mitä paremmin ne kasvoivat ennen vapautusta. Koeaineistossa ei havaittu myöskään harvennusvoimakkuudesta johtuvia eroja kuusten terveydentilassa tai teknisessä kunnossa, joten em. oletus on hyväksyttävissä. Sen sijaan varhemmin vapautettu taimikko on jo valmiiksi elpynyt, joten sen tuleva kasvu on nopeampaa kuin samanpituisessa kuusikossa heti vapautuksen jälkeen (Valkonen 2000). Tästä syystä taimikon aikaisen vapautuksen kannattavuus on tuloksissa esitettyä parempi (kokeet 2 ja 5), joskin tämä vaihtoehto osoittautui muutenkin kannattavimmaksi.

Laskentakoron nousu 3–5 prosentin välillä lisäsi vaihtoehtojen eroja siten, että hieskoivujakson voimakkaan ja aikaisemman käsittelyn kannattavuus parani. Välitön avohakkuu ja kuusen viljely ei kuitenkaan ohittanut verhopuuston alle istutuksen kannattavuutta. Kantohinnoissa ja kustannuksissa sovellettiin vaihtoehtisesti vuoden 2003 mukaisia vakiohintoja tai tilastoista tasoitettuja trendihintoja. Viljelykustannukset ovat kohonneet kantohintaa nopeammin, joten tiheän koivikon kasvatuksen kannattavuus parani muihin vaihtoehtoihin verrattuna. Trendihintojen käyttö pienensi käsittelyjen kannattavuuseroja, mutta ei muuttanut niiden järjestystä.

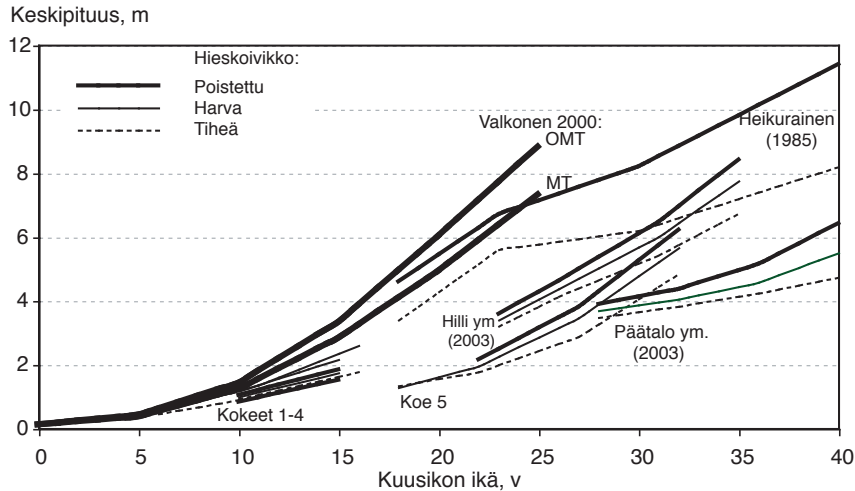
Avoalalle istutettujen kuusentaimien hallariskiä ei tutkimuksessa otettu huomioon eikä tutkimusjaksolla ilmeisesti esiintynyt pahoja kevähallvoja. Käytännössä hallanaroilla alueilla kuusen istutusta ei voida suositella ilman verhopuuston suojaa (Leikola ja Rikala 1983). Tämä seikka tukee verhopuuston alle istutuksen järkevyyttä. Toisaalta päinvastaiseen suuntaan vaikuttavia alikasvoskuusten korjuuvaurioita ei myöskään otettu laskelmassa huomioon. Taimikon vapautuksessa kokeella 5 tuhoutui keskimäärin 15 % kuusista ja lievemmin vaurioitui 5 % (Niemistö 1995). Korjuuvauriot lisääntyivät, kun poistettavan hieskoivujakson tiheys kasvoi. Alikasvoskuusikosta syntyy viljelytaimikkoa epätasaisempi metsä ajourien ja puiden suuremman kokovaihtelun vuoksi, mikä voi vähentää sen taloudellista arvoa.

4.2 Tulosten yhteenveto ja vertailu aikaisempiin tutkimuksiin

Alikasvoskuusten kuolleisuus oli vähäistä eikä koivujakson tiheydellä ollut selvää vaikutusta taimien terveyteen tai latvojen kuntoon. Yleisin vika oli latvanvaihto, jota esiintyi vapautetuilla kuusilla enemmän kuin alikasvoskella. Koivikon harvennusvoimakkuus vaikutti vain vähän alikasvoskuusten pituuskehitykseen kahden metrin pituusvaiheeseen mennessä. Leikolan ja Rikalan (1983) tulokset kivennäismaalta tukevat havaintoa. Tämän pituusvaiheen jälkeen hieskoivikon voimakas harventaminen edisti selvästi kuusten pituuskasvua ja harventamattomuus vastaavasti hidasti sitä.

Kuusten vapautuksen viivästyminen lisäsi niiden pituusvaihtelua, mutta koivikon harvennusvoimakkuus ei vaihteluun vaikuttanut. Kuusten rinnankorkeusläpimittaan koivujakson tiheydellä oli suhteellisesti voimakkaampi vaikutus kuin pituuteen, joten tiheän verhopuuston alla kuusentaimet kehittyvät hennomiksi. Eräissä tapauksissa koivikon voimakas harvennus kuitenkin lisäsi taimien pituuskasvua siten, että niistä tuli solakampia (pituus/läpimittasuhde suurempi) kuin tiheämmän puuston alla.

Kuusentaimet reagoivat nopeasti hieskoivujakson poistamiseen. Niiden pituus- ja paksuuskasvu lisääntyi selvästi jo ensimmäisen viiden vuoden aikana vapautuksen jälkeen. Pituuskasvun toipumisvaiheen pituudeksi arvioitiin kolme vuotta, jonka jälkeen se



Kuva 4. Verhupuuston alle istutettujen kuusten keskipituuden kehitys tutkimusaineistossa verrattuna avohakkuualalle istutettuihin taimiin Etelä-Suomen MT- ja OMT-kanakilla (Valkonen 2000), istutettuihin alikasvoskuusiin (Hilli ym. 2003) sekä luontaisesti syntyneisiin alikasvoskuusiin Pääatalon ym. (2003, kuusten ikä selvitetty ko. aineistosta) ja Heikuraisen (1985) tutkimuksissa.

elpyi selvästi. Jo 5–10 vuotta vapautuksen jälkeen tämän tutkimuksen istutuskuusten kasvu vastasi samanpituisten vapaana kasvaneiden viljelykuusten kasvua mustikkatyyppin kivennäismaalla (kuva 4). Luontaisesti syntyneiden kuusten keskipituuden kasvu ruohoturvekankaalla oli tätä hitaampaa Heikuraisen (1985) ja Pääatalon ym. (2003) tutkimuksissa. Selityksenä voi olla luontaisen kuusikon tiheyden ja pituusvaihtelun aiheuttama viive keskipituuden kehityksessä.

Tässä ja muissa vastaavissa tutkimuksissa vapautetut kuuset kasvoivat 15 vuoden aikana keskimäärin metrin pidemmiksi kuin alikasvoskuuset voimakkaasti harvennetussa hieskoivikossa. Tiheässä koivikossa kasvaviin kuusiin verrattuna pituusero oli noin kaksinkertainen (Hilli ym. 2003, Pääatalo ym. 2003, Heikurainen 1985). Kivennäismaiden koivikoista vapautetut nuoret kuuset ovat elpyneet 4–7 vuodessa (Mielikäinen ja Valkonen 1995).

Sen sijaan kivennäismaan kuusikon alta vapautetun kuusialikasvoksen toipuminen ja elpyminen on ollut hidasta (Koistinen ja Valkonen 1993). Myös kivennäismaiden männiköissä ja eräässä mustikkatyyppin rauduskoivikossa on kuusialikasvoksen kasvureaktio ylemmän jakson harvennukseen ollut hitaampaa kuin tämän tutkimuksen hieskoivikois-

sa (Niemistö 2003). Ilmeisesti hieskoivun kilpailuvaikutus alikasvoskuusiin on pienempi verrattuna kuusen, männyn ja ehkä myös rauduskoivun vaikutukseen. Rauduskoivut nimittäin hyödyntävät harvennuksessa vapautuvia kasvutekijöitä hieskoivua ja mäntyä tehokkaammin ja nopeammin (Niemistö 1991 ja 1997), mikä saattaa vähentää alikasvoskuusten kasvuedellytyksiä rauduskoivikon alla.

Cajanderin (1934) mukaan nuori, tiheä ja nopeasti kasvava rauduskoivikko on alikasvoskuusille selvästi voimakkaampi kilpailija kuin vanha, hitaasti kasvava hieskoivikko. Myös Mielikäisen ja Valkosen (1995) tutkimuksessa harventamaton rauduskoivikko on kivennäismaalla kova kilpailija alikasvoskuusille, mutta voimakkaasti harvennettuna se antoi yhdessä kuusijakson kanssa parhaan lopputuloksen. Vastaavasti kivennäismaan varttuneen hieskoivikon harvennus tai poistaminen eivät aiheuttaneet läheskään yhtä voimakasta muutosta alikasvoskuusten kehitykseen.

Koivikoissa alikasvoskuuset ovat useimmiten hyväkuntoisia, jolloin vapauttamista seuraavat toipumisvaihe ja elpymisvaihe jäävät lyhyiksi ja kuuset saavuttavat nopeasti samankokoisten vapaana kasvavien puiden kasvunopeuden (Cajander 1934, Skoklefeld 1967, Bergan 1971). Alikasvospuut

voivat jäädä vapaana kasvaneita puita ohuemmiksi, vaikka paksuuskasvun on todettu reagoivan vapauttamiseen nopeammin kuin pituuskasvun (Andersson 1984, Mielikäinen ja Valkonen 1995). Koivikosta vapautettujen kuusten pituuskasvu saattaa joskus jopa ylittää vapaana kasvavien samankokoisten kuusten pituuskasvun (Bergan 1987, Tham 1988).

Tämä tutkimus ei anna vastausta siihen, vähentääkö kuusialikasvos ylempään koivujakson tuotosta. Kokeessa 4 oli mukana viisi koealaa, joissa ei ollut lainkaan alikasvosta. Alikasvoskuusikon ei havaittu alentavan nuorehkon hieskoivikon kasvua 16 vuoden aikana kuusen istutuksesta. Eräässä harmaalepikossa kuusialikasvos lisäsi kasvuaan silloin kun leppien kasvu alkoi taantua 25–30 vuoden iässä (Kalela 1936). Lyhytikäisten puulajien, esim. hieskoivun ja lepän kohdalla on kuitenkin vaikea erottaa niiden luontaista kasvun taantumista mahdollisesta alikasvoksen kilpailuvaikutuksesta. Pyrolatyyppin (OMT) männikössä hyvin tiheän alikasvoksen on havaittu vähentäneen männikön kasvua ja etenkin tukkipuun tuotosta noin $1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Isomäki 1979). Myös mustikkatyyppin männikössä havaittiin samansuuntainen tulos, mutta harvennettu kuusialikasvos ei alentanut männikön kasvua (Niemi 2003).

Sekametsävaikutusta pidetään edullisena koivun ja kuusen muodostamissa metsissä. Syynä ovat juuristojen erilainen syvyysjakauma, puulajien toisistaan poikkeava ravinteiden ja veden käyttö, koivun lehtikarikkeen maata parantava vaikutus ja puulajien kasvurytmin erilaisuus (Laitakari 1935, Mielikäinen 1980 ja 1985, Agestam 1991, Mielikäinen ja Valkonen 1995). Kaksijaksoisessa metsikössä korostuu kasvurytmin lisäksi juuristojen rakenne-ero, koska alikasvoskuusten juuristo on todettu tavanomaistakin pinnallisemmaksi (Örlander ja Karlsson 2000). Koivun edulliset vaikutukset maan vesitalouteen (Huikari 1959, Päivänen ja Sarkkola 2000) ja ravintilaan (Mikola 1954 ja 1973, Priha 1999) saattavat myös edistää kaksijaksoisen metsikön kehitystä turvemailla.

4.3 Johtopäätöksiä

Lievästi tai keskimääräisesti harvennettuna pelkän hieskoivujakson tuotos oli korkeampi ja sen kasvatus taloudellisesti kannattavampaa kuin voimak-

kaasti harvennettuna tai kokonaan harventamatta. Alikasvoksen hyödyntäminen paransi voimakkaan harvennuksen asemaa kahdessa nuoressa hieskoivikoissa, mutta lievä tai keskimääräinen harvennus jäi sitä heikommaksi vain toisessa tapauksessa ja silloinkin vasta laskentakoron kohotessa kolmesta prosentista viiteen prosenttiin. Täysin harventamaton verhopuusto kuusentaimiton päällä oli aina harvennettua huonompi vaihtoehto.

Ilman alikasvosta kuitupuukoivikko kannattaa päätehakata noin 50 vuoden iässä. Alikasvoskuusikon esiintyminen ja kehittäminen seuraavaksi puusukupolveksi vahvisti päätehakkuun kannattavuutta varttuneissa hieskoivikoissa verrattuna edelleen kasvattamiseen. Pitkään ylitiheänä kasvaneen hieskoivikon varhainen päätehakkuu on usein harvennusta kannattavampi vaihtoehto (Niemi 1998). Tällaisessa tapauksessa alikasvoksen hyödyntäminen jouduttaa päätehakkuuta entisetään. Pienikokoisen alikasvoksen vapauttamiseen liittyy kuitenkin hallatuhon (Leikola ja Rikala 1983) tai kuivumisen riski.

Kuusen istutus hieskoivuverhopuuston alle osoitautui avohakkuuta ja kuusen viljelyä kannattavammaksi kaikissa koemetsiköissä 3 % korolla ja myös 5 % korolla lukuunottamatta yksittäisiä, taloudellisesti epäedullisimpia verhopuuston käsittelyvaihtoehtoja.

Kuusen istutus muokkaamattomaan turvemaahan hieskoivikon alle onnistui hyvin. Menetelmän kannattavuutta lisää huomattavasti se, ettei siinä tarvita maanpinnan muokkausta, heinäntorjuntaa eikä taimikon varhaisperkausta. Nuoremmista hieskoivikoissa myös laskentakorkoa suurempi koivujakson arvokasvu paransi menetelmän kannattavuutta. Kuusen viljely hieskoivikon alle kannattaa tehdä 10–15 vuotta ennen koivikon edullisinta päätehakkuuajankohtaa. Koivukuitupuun kasvatuksessa suositeltava ainut kaupallinen harvennushakkuu (Niemi 1991) ja kuusen viljely osuvat samaan ajankohtaan eli noin 35 vuoden ikään. Lisäksi koivikolle edullinen harvennustiheys noin 1 000 kpl ha^{-1} sopii hyvin verhopuuston tiheydeksi. Voimakkaampi harvennus alentaisi taloudellista tuottoa ja lisäisi kasvupaikan vesottumista ja sitä kautta taimikonhoidon tarvetta.

Kuusentaimitikko kehittyy verhopuuston alla yli 2 metrin pituiseksi edellä mainitun 10–15 vuoden

aikana. Alikasvosasemassa kuusen neulaset sopeutuvat varjostukseen ja vasta vapautuksen jälkeen syntyvät uudet neulaset pystyvät käyttämään lisääntyneen valon tehokkaasti hyväkseen (Katurusenko 1965, Tucker ym. 1987, Seryakov 1994, Saarinen ja Sarjala 1999). Koemetsiköissä ei kuitenkaan todettu vapauttamisen jälkeistä kasvun taantumista tai neulasten kuivumista, joten kuitupuukoivikossa alikasvoskuusikko kannattaa vapauttaa kerralla. Puuston monivaiheinen käsittely lisäisi kustannuksia ja kuusten vaurioitumisriskiä.

Luontainen kuusialikasvos syntyy usein hieskoivujakson uudistamisen kannalta turhan aikaisin ja on rakenteeltaan istutustaimikkoa epätasaisempi. Tämän tutkimuksen mukaan ylempään koivujakson harventaminen ja kasvattaminen hakkuukypsäksi on tässäkin tapauksessa kannattavampaa, kuin normaalia aikaisempi päätehakkuu. Kahden metrin pituudesta eteenpäin kuusikon kehitys riippuu kuitenkin selvästi koivujaksosta, jota kannattanee tässä tilanteessa harventaa normaalia voimakkaammin (Heikurainen 1985).

Kirjallisuus

- Agestam, E. 1991. Blandskogens production. Skog & Forskning 2: 44–51.
- Andersson, S.-O. 1984. Om lövröjning i plant och ungskogar. Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift 82(3–4): 69–95.
- Bergan, J. 1971. Skjermforyngelse av gran samenlignet med plantning i Grane I Nordland. Summary: Natural Norway spruce regeneration under shelterwood compared with plantations at Grane in Nordland. Meddeler fra det Norske skogsforsöksvesen 28(104): 194–211.
- 1987. Virkningen av bjørkeskjerm på etablering og vekst hos bartraer utplantet i Nord-Norge. Summary: The influence of birch shelter trees on establishment and growth of conifers planted in North Norway. Norsk Institutt for Skogsforskning. Rapport 10. 47 s.
- Cajander, E. 1934. Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 19(5). 59 s.
- Ferm, A. 1989. Hieskoivun kasvatus soilla. Julkaisussa: Ferm, A. & Ala-Pönttiö, M. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1988. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 322: 40–52.
- Heikurainen, L. 1985. Verhoppuuston vaikutus kuusitaimikon kehitykseen. Silva Fennica 19(1): 81–88.
- Heinonen, J. 1994. Koalojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL, käyttöohje. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 80 s.
- Hilli, A., Pääatalo, M.-L., Moilanen, M., Piironen, M.-L., Issakainen, J. & Tillman-Sutela, E. 2003. Verhoppuuston tiheyden ja lannoituksen vaikutus kuusen taimien pituuskasvuun ojitetulla turvemaalla. Suo 54(2): 69–79.
- Huikari, O. 1959. On the effect of anaerobic media upon the roots of birch, pine and spruce seedlings. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 50(9). 28 s.
- Hypönen, M., Härkönen, J., Keränen, K., Riissanen, N. & Tikkanen, J. (toim.). 2001. Pohjois-Suomen metsänhoitosuosituksset. 60 s. ISBN 951-98731-1-2.
- Hyvän metsänhoidon suositukset, 2001. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 95 s. ISBN 952-9891-76-8.
- Hökkä, H., Kaunisto, S., Korhonen, K.T., Päivänen, J., Reinikainen, A. & Tomppo, E. 2002. Suomen suomet-sät 1951–1994. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2002: 201–357.
- Isomäki, A. 1979. Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotoksen ja tuottoon. Folia Forestalia 392. 12 s.
- Kalela, E. 1936. Tutkimuksia Itä-Suomen kuusi-harmaaleppä sekametsiköiden kehityksestä. Acta Forestalia Fennica 44(2). 206 s.
- Katurusenko, I.V. 1965. [The photosynthetic adaptation to light of old needles of Picea abies underwood]. Botanicheskii Zhurnal 50(8): 1119–1121. (Venäjänkielinen).
- Kaunisto, S. 1984. Suometsien uudistaminen turvekan-gasvaiheessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 137: 7–21.
- Keltikangas, M. & Seppälä, K. 1977. Ojitusalueiden koi-vikoiden kasvatus taloudellisena vaihtoehtona. Silva Fennica 11(1): 49–68.
- , Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930–1978 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Acta Forestalia Fennica 193. 94 s.
- Koistinen, E. & Valkonen, S. 1993. Models for height development of Norway spruce and Scots pine advance growth after release in southern Finland. Silva Fennica 27(3): 179–194.
- Koivisto, P. 1959. Kasvu- ja tuottotalukoita. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 51(8). 49 s.

- Laine, J. & Vasander, H. 1990. Suotyypit. Kirjayhtymä. 80 s. ISBN 951-26-3396-5.
- Laitakari, E. 1935. Koivun juuristo. *Acta Forestalia Fennica* 41(2). 216 s.
- Leikola, M. & Rikala, R. 1983. Verhoppuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin ja kuusen taimien menestymiseen. *Folia Forestalia* 559. 33 s.
- Lukkala, O.J. 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 34(3). 150 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2002. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus. 378 s. ISBN 951-40-1861-3.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty–koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(3). 82 s.
- 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakentamiseen ja kehitykseen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 133. 79 s.
- & Valkonen, S. 1995. Kaksijaksoisen kuusi–koivusekametsän kasvu. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1995(2): 81–97.
- Mikola, P. 1954. Kokeellisia tutkimuksia metsäkarikkeiden hajaantumisnopeudesta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 43(1). 50 s.
- 1973. Koivu suopuuna. *Suo* 24(1): 1–3.
- Moilanen, M. & Saksa, T. 1998 (toim.). Alikasvokset metsänuudistamisessa – Varjosta valoon. Pihlaja-sarja 3. 123 s. ISBN 952-5118-18-5.
- Niemistö, P. 1991. Hieskoivikoiden kasvatusihteys ja harvennussmallit Pohjois-Suomen turvemailla. *Folia Forestalia* 782. 36 s.
- 1995. Turvemaan hieskoivikon tiheyden vaikutus alikasvoskuusikon kehitykseen. Julkaisussa: Poikolainen, J. & Väärä, T. (toim.). *Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552: 87–103.
- 1997. Ensiharvennuksen ajankohdan ja voimakkuuden vaikutus istutetun rauduskoivikon kasvuun ja tuotokseen. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 4/1997: 439–454.
- 1998. Varttuneen hieskoivikon harventaminen ja kiertoaika Pohjois-Suomen turvemailla. Julkaisussa: Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.). *Hieskoivun uudistamisvaihtoehdot ja alikasvosten hyödyntäminen*. *Metsäntutkimuspäivät Muhoksella 1997*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 717: 5–16.
- 2003. Kuusialikasvosten kehitys harvennuseksissä. Julkaisussa: Saramäki, J., Niemistö, P. & Kokko, A. (toim.). *100 vuotta tutkimuksen ja opetuksen yhteistyötä Tuomarniemellä*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 891: 39–56.
- Priha, O. 1999. Microbial activities in soils under Scots pine, Norway spruce and silver birch. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 731. 50 s.
- Päivänen, J. & Sarkkola, S. 2000. The effect of thinning and ditch network maintenance on the water table level in Scots pine stand on peat soil. *Suo* 51(3): 131–138.
- Päätaalo, M.-L., Hilli, A., Moilanen, M. & Tillman-Sutela, E. 2003. Koivuverhoppuuston tiheyden ja kuusialikasvoksen pituuden tasauksen vaikutus taimikon pituuskasvuun ojitusalueella. *Suo* 54(3): 105–115.
- Räsänen, P.K., Pohtila, E., Laitinen, E., Pelttonen A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–1979 inventointitulokset. *Folia Forestalia* 637. 30 s.
- Saarinen, M. 1997. Kasvupaikkatekijöiden vaikutus vanhojen ojitusaluiden taimettumiseen. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. *Suo* 48(3): 61–70.
- & Sarjala, T. 1999. Effects of fertilization and removal of overstorey on foliar nutrient status and chlorophyll fluorescence of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) underwood on drained peatlands. *International Peat Journal* 9: 83–93.
- Saramäki, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91(2). 59 s.
- Seppälä, K. & Keltikangas, M. 1978. Alikasvostaimistot Pohjanmaan ojitusaluiden hieskoivikoissa. *Suo* 29(1): 11–16.
- Seryakov, A.D. 1994. [Survival and adaptation of thin spruce trees after cutting of small-leaved tree layer]. *Lesovedenie* 4: 11–18. (Venäjänkielinen).
- Skoklefald, S. 1967. Fristilling av naturlig gjenvæst av gran. Summary: Release of natural Norway spruce regeneration. *Meddelser fra det Norske skogsforsöksvesen* 23(85): 385–409.
- Tahvanainen, M. 2001. Alikasvoksen ennakkoraivauksen vaikutukset koneellisessa harvennushakkuussa. *Työtehosteuran metsätiedote* 10. 4 s.
- Tham, Å. 1988. Yield prediction after heavy thinning of birch in mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and birch (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research. Report 23. 36 s.

- Tucker, G., Hinckley, T., Leverenz, J. & Jiang, S. 1987. Adjustments of foliar morphology in the acclimation of understory Pacific silver fir following clearcutting. *Forest Ecology and Management* 21: 249–268.
- Valkonen, S. 1997. Viljelykuusikoiden alkukehityksen malli. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 3/1997: 321–347.
- 2000. Kuusen taimikon kasvattamisen vaihtoehdot Etelä-Suomen kivennäismailla: Puhdas kuusen viljelytaimikko, vapautettu alikasvos ja kuusi–koivusekataimikko. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 763. 83 s.
- Verkasalo, E. 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 632. 483 s + liitteet 59 s.
- Örlander, G. & Karlsson, C. 2000. Influence of shelterwood density on survival and height increment of *Picea abies* advance growth. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 20–29.

54 viitettä