

Markku Saarinen¹, Sauli Valkonen², Sakari Sarkkola², Mika Nieminen²,
Timo Penttilä² ja Raija Laiho²

Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen mahdollisuudet ojitetuilla turvemilla

Saarinen M., Valkonen S., Sarkkola S., Nieminen M., Penttilä T., Laiho R. (2020). Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen mahdollisuudet ojitetuilla turvemilla. Metsätieteen aikakauskirja 2020-10372. Katsaus. 21 s. <https://doi.org/10.14214/ma.10372>

Tiivistelmä

Avohakkuut ja kunnostusojitukset turvemilla aiheuttavat suurimman osan metsätalouden vesistökuormituksesta. Avohakkuun jälkeen turvemaa vedenpinta voi nousta korkealle, jolloin ravinteiden sekä humuksen huuhtoumat lisääntyvät ja hapettomissa turvekerroksissa syntyvää metaania pääsee ilmakehään. Toisaalta turpeen alhaalla oleva vedenpinta edistää hajotustoimintaa, mikä lisää turpeen hajotuksen aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä. Turpeen vedenpintaa ei siis pitäisi päästää nousemaan liian korkealle tai laskemaan tarpeettoman syväälle. Viime vuosina kehittyneen näkemyksen mukaan jatkuvapeitteisellä metsänkasvatuksella voidaan mahdollisesti tasoittaa suurinta vedenpinnan vaihtelua ja siten vähentää turvemaiden metsätalouden ympäristöongelmia. Esitämme artikkelissamme jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen soveltamismahdollisuuksia erilaisissa suometsissä. Suometsissä kuivatusta edeltäneen vesitalouden vaikutus on yleensä selvästi havaittavissa vanhojenkin ojitusaluepuustojen rakennevaihteluna. Vesitalouden historia ilmenee varsinkin korpjen ojitusalueilla. Siksi monessa korpikuusikossa (pääpuulajina *Picea abies* (L.) H. Karst.) on mahdollista siirtyä melko nopeasti säännöllisen eri-ikäiskasvatuksen läpimittajakautaan esimerkiksi yläharvennuksia soveltamalla. Jatkovaa peitteisyyttä voidaan korpikuusikoissa ylläpitää myös ryhmittäistä erirakenteisuutta edustavin kaistale- ja pienaukkohakkuin sekä niiden ja poimintahakkuiden yhdistelmillä. Myös monet ns. II-tyypin mäntyvaltaiset (pääpuulajina *Pinus sylvestris* L.) turvekankaat (puuttomista nevoista ja osin nevapintaisista harvapuustoista rämeistä kehittyneet turvekankaat) ovat kuusialikasvosten ansiosta hyviä poimintahakkuisiin siirtymisen kohteita. Säännölliseen eri-ikäisrakenteeseen siirtymisen vaihtoehtona niissä on tehtävissä myös alikasvosten vapauttamiseen tähtäävä ylispuuhakkuu, joka sekin voidaan lukea jatkuvapeitteiseen metsätalouteen kuuluvaksi. Mäntyvaltaisten suometsien joukossa on kuitenkin paljon myös puolukkaturvekankaita, joilla jää avoimeksi kuusen varaan rakentuvan kasvatuksen taloudellinen kannattavuus männyn kasvatukseen verrattuna. Puolukka- ja varputurvekankaiden mäntyvaltaisten puustojen jatkuvapeitteisyyden toteuttamiseksi esitämme ensisijaisesti erilaisia pienaukko- ja kaistalahakkuita sekä niiden ja ylispuukasvatuksen yhdistelmiä. Suometsien jatkuvassa peitteisyydessä on kuitenkin menetelmästä riippumatta otettava huomioon turpeen vedenpinnan vaihtelun minimointi. Meneillään olevien tutkimusten alustavat tulokset viittaavat siihen, että jatkuvan peitteisyyden menetelmillä on mahdollista vähentää suometsien ympäristövaikutuksia avohakkuuseen verrattuna.

Asiasanat eri-ikäiskasvatus; kaistalahakkuu; metsätalouden ympäristövaikutukset; pienaukkohakkuu; suometsät

Yhteystiedot ¹Luonnonvarakeskus (Luke), Tampere; ²Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki

Sähköposti markku.saarinen@luke.fi

Hyväksytty 10.10.2020

1 Johdanto

Valtakunnan metsien 12. inventoinnin (VMI12, 2014–2017) mukaan Suomen kasvullisesta metsämaasta oli turvemaata 24 % eli 4,9 milj. ha. Kasvullisen metsämaan sijasta puhumme tässä artikkelissa lyhyemmin suometsistä, mikä kattaa sekä ojittamattomien että ojitettujen soiden kasvulliset metsämaat. Tästä 83 % (4,1 milj. ha) oli ojitettua ja 17 % (0,8 milj. ha) ojittamatonta. Näissä luvuissa ei ole mukana heikkotuottoisia kitu- tai joutomaita, joita oli ojitettuna 0,6 milj. ha ja ojittamattomana 3,3 milj. ha. Suometsien osuus kaikista valtakunnan metsistä oli sekä puuston määrästä, vuotuisesta kasvusta että suurimmasta kestävästä hakkuumahdollisuudesta laskettuna 20–25 %. Turvemaiden kokonaispuusto oli lähes 600 milj. m³ ja sen laskennallinen arvo vuosien 2017–2019 keskimääräisten kantohintojen perusteella arvioituna yli 13 mrd. €. Suometsien puuston arvosta 84 % oli ojitusalueilla, mikä korostaa soiden kuivattamisen ja metsätalouden piirissä olevien suometsien suurta merkitystä maamme metsätaloudessa.

Metsänkasvatuksen kustannukset ovat yleensä ojitusalueiden kasvupaikoilla korkeammat kuin kivennäismailla. Kustannuksia lisäävät mm. ojaverkostojen kunnostukset sekä niiden ja metsän uudistamisen edellyttämät vesiensuojelun rakenteet. Hakkuutulojen osalta kannattavuutta heikentävät ensiharvennuskohteille tyypilliset pienet hakkuukertymät, pieni keskimääräinen runkotiavuus sekä puulajisuhteet (hieskoivua (*Betula pubescens* Ehrh.) usein runsaasti). Näitä ongelmia liittyy erityisesti puustoihin, joita ei ole hoidettu ensiojituksen jälkeen (Kojola ja Penttilä 2012; Kojola ym. 2013). Puunkorjuun osalta ongelmia ja kustannuksia aiheuttaa myös turvemaan huono kantavuus (Uusitalo ym. 2015), jolloin korjuu edellyttää joko turpeen jäätymistä, paksua lumikerrosta tai poikkeuksellisen kuivia sulan maan kauden sääoloja. Lisäksi tarvitaan enemmän heikosti kantaville maille soveltuvaa konekalustoa. Näiden kustannuksia kasvattavien tekijöiden vastapainoksi ovat runsasravinteisimmat suometsät toisaalta puun tuotokseltaan parhaita metsämaitamme. Niillä puuston laatuakaan ei poikkeakaan kangasmetsistä ainakaan huonompaan suuntaan (Rikala 2003).

Metsätaloudesta aiheutuu turvemaiden enemmän haitallisia ympäristövaikutuksia kuin kivennäismailla. Avohakkuu, metsän uudistaminen ja kunnostusojitukset turvemaiden aiheuttavat suurimman osan metsätalouden vesistökuormituksesta (Finér ym. 2010; Kaila ym. 2014; Nieminen ym. 2015). Avohakkuun jälkeen turvemaan vedenpinta voi nousta korkealle, jolloin ravinteiden ja humuksen huuhtoumat lisääntyvät. Toisaalta alhaalla oleva vedenpinta edistää hajotustoimintaa, mikä puolestaan heikentää maaperän hiilitasetta (Ojanen ym. 2010, 2013; Ojanen 2015) ja lisää turpeen hajotuksen aiheuttamaa vesistökuormitusta (Nieminen ym. 2017, 2018). Kasvihuonekaasujen osalta turvemaiden maaperä on tunnistettu kohteeksi, jossa täytyy pyrkiä päästövähennyksiin hiilineutraalia yhteiskuntaa tavoiteltaessa. Tämä koskee sekä metsä- että maataloutta. Metsätaloudessa nimenomaan runsasravinteisimmat turvemaat tuottavat maaperäpäästöjä, kun taas keski- ja niukkaravinteisten turvemaiden päästöt ovat vähäisiä ja niiden maaperän hiilivarasto voi ojituksesta huolimatta jopa kasvaa (Ojanen 2015).

Biotalous toimintaympäristössä edellytetään yhä pidemmälle vietyä ympäristövastuullisuutta sekä vesiensuojelun että kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen näkökulmasta. Toisaalta puun kysynnän oletetaan kasvavan siirryttäessä yhä enemmän uusiutumattomista uusiutuvien luonnonvarojen käyttöön. Kumpikin tavoite korostaa ojitusalueiden metsien käsittelyn merkitystä. Ympäristövastuullisten toimintatapojen kehittämisen tarve korostuu lähivuosikymmenten aikana, kun Suomen ojitusalueiden puustot varttuvat kiihtyvällä tahdilla uudistuskypsään vaiheeseen. Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen vaihtoehdot nähdään nykyisin osana sitä keinovalikoimaa, jolla pyritään turvemaiden metsätaloustaloudelliseen ja ekologiseen kestävyteen (Nieminen ym. 2018). Vaihtoehtoja on useita; joitakin, kuten kaistalehakkuuta, voidaan soveltaa hyvin erityyppisissä suometsissä, kun taas toiset, kuten säännöllisen erirakenteisen metsän kasvatus, saattavat sopia rajatummalle joukolle suometsiä.

Esitämme tässä artikkelissa jatkovapeitteisen metsänkasvatuksen soveltamismahdollisuuksia erilaisissa suometsissä. Käsittelemme aluksi niitä ekologisia ja metsätalouden ympäristövaikutuksiin liittyviä taustatekijöitä, jotka voivat osaltaan puoltaa jatkovapeitteiseen metsänkasvatukseen siirtymistä. Tältä osin artikkelimme on ns. integroiva kirjallisuuskatsaus (Salminen 2011), johon koottu lähdeaineisto perustuu sekä kirjoittajien asiantuntemukseen että kirjallisuustietokannoista tehtyihin julkaisuhakuihin. Joiltain osin artikkelissa viitataan toistaiseksi julkaisemattomiin tutkimusraportteihin mutta samalla mainitaan, että kyse on alustavista tutkimustuloksista. Olemassa olevaan kirjallisuuteen, erilaisiin verkkojulkaisuihin ja kirjoittajien omiin näkemyksiin pohjautuen näimme tarpeelliseksi tarkentaa myös jatkuvaan peitteellisyteen ja puustorakenteisiin liittyvää käsitteisisältöä ja määritelmiä. Julkisessa keskustelussa, metsäalan ammattilaispiireissä ja myös tutkijoiden keskuudessa näiden käsitteiden käyttö ja sisällön määrittely on niin kirjavaa, että tämän aihepiirin yksiselitteinen tarkastelu on mahdotonta ilman käsitteiden tarkentamista.

Erilaisten ojitettujen soiden turvekangastyypien esittelyn osalta noudatamme Laineen ym. (2018) ojitettujen soiden kasvupaikkaluokittelua, mutta artikkelimme pääosa, joka kuvailee metsänkäsittelyn menetelmävaihtoehtoja, on varsinaisesta kirjallisuuskatsauksesta poikkeava. Eri-tyyppisillä turvekankailla esiintyvien metsiköiden ja niiden puustorakenteen kuvaus on pelkästään kirjoittajien kokemukseen ja asiantuntemukseen pohjautuvaa kuvausta suometsille ominaisista yleisimmistä puustorakenteista ja niille mahdollisesti soveltuvista jatkovapeitteisistä käsittelyvaihtoehtoista. Vastaavaa kokonaisvaltaista kuvausta eri menetelmien soveltamismahdollisuuksista erilaisissa suometsissä ei aiemmin ole tehty.

Artikkelimme painopiste on metsänhoidollisessa ja ekologisessa tarkastelussa. Siten puuston eri käsittelyvaihtoehtoihin liittyvät korjuutekniset ja kokonaistaloudelliset kysymykset jäävät tämän tarkastelun ulkopuolelle. Molemmat ovat olennaisen tärkeitä kysymyksiä ratkaistaviksi, jotta jatkovapeitteisuuden menetelmävaihtoehtoilta voidaan laatia teknisesti ja taloudellisesti mielekkäät ja toteuttamiskelpoiset suositukset. Metsänkäsittelyn eri vaihtoehtojen kannattavuusvertailuja ei ojitettujen soiden kasvupaikoilta ole kuitenkaan toistaiseksi julkaistu. Kangasmaiden metsille vertailuja on tehty useita erilaisiin kasvu- ja tuotosmalleihin, prosessimalleihin sekä nettonykyarvolaskelmiin ja optimointeihin perustuvilla menetelmillä. Siitä huolimatta tutkimustulokset ovat olleet vaihtelevia, eikä selvää vastausta vaihtoehtojen kannattavuuseroista ole pystytty antamaan (Hietala ym. 2014). Toisaalta kaikkien vaihtoehtojen optimoitu yhdistäminen on nähty taloudelliselta kannattavuudeltaan parhaimmaksi (Pukkala 2018). Kaikista vertailuista kuitenkin puuttuvat erilaiset luonnon monimuotoisuuteen, maisemaan ja ympäristövaikutuksiin liittyvät arvot, joista viimeksi mainittujen merkitys korostuu erityisesti turvemaiden metsätaloudessa (Nieminen ym. 2018). Tämä tekee vertailujen teon turvemaiden erityisen vaativaksi, sillä ympäristöarvojen merkitys korostuu voimakkaasti, kun arvioidaan eri menetelmävaihtojen kokonaistaloudellista kannattavuutta. Näistä syistä johtuen tarkastelemme tässä artikkelista vain niitä kasvupaikkaan ja puustorakenteisiin liittyviä erityispiirteitä, jotka joidenkin kasvatustieteen menetelmien kohdalla on otettava huomioon kannattavuusvertailuja tehtäessä.

2 Miksi erityisesti suometsiin jatkovapeitteistä metsänkasvatusta?

Viime vuosien aikana on vähitellen kehittynyt näkemys, että jatkovapeitteisellä metsänkasvatuksella voidaan mahdollisesti vähentää turvemaiden metsätalouden ympäristöongelmia ja parantaa suometsien kasvatuksen taloudellista kannattavuutta (Nieminen ym. 2018). Nämä edut saavutettaisiin välttämällä kunnostusojituksia ja avohakkuita niihin liittyvine metsänuudistamiskustannuksineen. Ensikertainen ojitus on aikanaan ollut tarpeen puuston kasvun parantamiseksi (Seppälä 1969; Heikurainen ja Seppälä 1973; Seppälä 1976; Heikurainen 1980). Runsaspuustoiksi kehittyneillä

turvemailla kuivatusta ei kuitenkaan tarvitse enää ylläpitää ojaverkostolla samassa määrin, koska puuston haihdutus pitää vedenpinnan riittävän syvällä (Sarkkola ym. 2012). Tämän hetkinen tieto puuston kuivatusvaikutuksesta perustuu suurelta osin ojitusaluemänniköissä (pääpuulajina *Pinus sylvestris* L.) mitattuun vedenpinnan tason vaihteluun. Aineistosta laadittujen mallien mukaan puusto, joka on tilavuudeltaan vähintään 100–120 m³ ha⁻¹, ylläpitää riittävää ”biologista kuivatusta” sateisimpia ja kylmimpiä kasvukausia lukuun ottamatta (Sarkkola ym. 2010). Riittävänä kuivatuksena voidaan pitää 30–40 cm:n syvyydessä olevaa vedenpinnan tasoa kasvukauden aikana, sillä vedenpinnan laskiessa syvemmälle lisäkuivatuksen kasvuvaste heikkenee (Sarkkola ym. 2013). Näiden tutkimustulosten pohjalta on päätelty, että jatkovapeitteisessä metsänkasvatuksessa vedenpinta voisi pysyä riittävän syvällä puuston ylläpitämisen biologisen kuivatuksen avulla, jolloin kunnostusojitusten tarve olisi vähäisempi. Peitteisellä kasvatuksella vähennettäisiin siten kunnostusojitusten aiheuttamia kustannuksia ja vesistökuormitusta. Samoin vältettäisiin avohakkuuta seuraavat tilanteet, joissa vedenpinta nousee lähelle maan pintaa (Dubé ym. 1995). Veden pinnan nousu käynnistää pintaturpeessa hapettomat pelkistysreaktiot, joiden seurauksena suometsästä voi huuhtoutua suuria määriä esimerkiksi fosforia ja liuenneita orgaanisia aineita (Kaila ym. 2014; Nieminen ym. 2015).

Vedenpinnan noustessa metaanin muodostumiselle välttämättömät hapettomat olot siirtyvät lähemmäksi maan pintaa (esim. Lähde 1971) ja turvekerroksen hapellisen pintaosan tilavuus pienee. Tällöin metaanin hapettajamikrobit eivät enää ehdi hapettaa kaikkea syvemmistä kerroksista kohti pintaa nousevaa metaania, ja ojitusalue muuttuu metaanin lähteeksi. Mikäli vedenpinta pysyy lämpimänä vuodenaikana syvemmällä kuin 30 cm, merkittäviä metaanipäästöjä ei synny. Jos vedenpinta ei vajoa kovin paljon syvemmälle, vältetään myös osa hiilidioksidipäästöistä (Ojanen ym. 2013; Ojanen 2015). Tämä vedenpinnan tason raja-arvo osuu hyvin yhteen puuston kasvun edellyttämän vedenpinnan tason kanssa. Ympäristövaikutusten näkökulmasta ojitusalueiden metsätaloudessa on siten olennaista estää tavalla tai toisella vedenpinnan nousu sellaiselle tasolle, joka heikentää puuston kasvua, lisää kunnostusojitusten tarvetta ja lisäksi kasvattaa metaanipäästöjä sekä vesistöille haitallisten aineiden huuhtoutumista. Toisaalta vedenpinnan taso pitää pyrkiä optimoimaan siten, että sen laskemisella ei lisätä turpeen hajoamisen tuottamia vesistö- ja kasvihuonekaasupäästöjä. Jatkovapeitteisen kasvatuksen määritelmä ja menetelmät suometsissä poikkeavatkin tässä suhteessa kangasmaista (Valkonen 2017). Suometsissä puuston jatkovapeitteisyyttä siis arvioidaan ennen kaikkea siitä näkökulmasta, kuinka hyvin sen avulla pystytään pitämään yllä vedenpinnan suotuista tasoa ilman kunnostusojitustarvetta ja edellä kuvattuja ympäristöhaittoja.

3 Mitä suometsän jatkovapeitteinen metsänkasvatus tarkoittaa?

Jatkovapeitteinen kasvatus on metsänhoitoa ilman laajoja avohakkuuta. Jyrkästi luokitellen se voidaan nähdä vastakohtana tasarakenteisen metsän kasvatukselle, joka päättyy tietyn kasvatustajan eli ”kiertoajan” jälkeen päätehakkuuna tehtävään avohakkuuseen ja sen jälkeisen uuden tasarakenteisen puusukupolven perustamiseen. Tätä jo yli seitsemän vuosikymmentä vallinnutta metsänkasvatuksen periaatetta on yleensä kutsuttu joko avohakkuumetsätaloudeksi, tasarakenteisen metsän kasvatukseksi tai kiertoaikametsätaloudeksi. Koska nykyisessä metsälaissa ei enää edellytetä noudatettavan tiettyä puulajiin ja kasvupaikkatyyppiin sidottua kiertoaikaa, emme tässä artikkelissa käytä kiertoaikametsätalouden käsitettä. Emme myöskään puhu tasarakenteisen metsän kasvatuksesta, sillä usein ”tasarakenteisena” kasvatettavassa metsikössä on paljonkin yksittäisten puiden ikään, runkoläpimittaan ja pituuteen liittyvää vaihtelua. Tässä artikkelissa sovellamme käsitettä jaksollinen kasvatus, jonka mukaisesti puustoa kasvatetaan päätehakkuun erottamina peräkkäisinä eli ajallisesti erillisinä ja metsikön koko pinta-alaa koskevinä yhtenäisinä jaksoina.

Jatkovapeitteisessä kasvatuksessa (Pukkala ym. 2011; Äijälä ym. 2019; Valkonen 2020) voi olla samanaikaisesti kaksi tai useampia jaksoja ”päällekkäin” latvuserroksen eri tasoilla tai useampia saman metsikön sisäisiä pienialaisia jaksoja vierekkäin eri-ikäisinä puustoryhminä. Olennaista on, että metsikkö on aina osittain tai kokonaan puuston peitossa. Tärkein ero avohakkuilla toteutettavaan jaksolliseen kasvatukseen onkin, että suometsissä tehtävissä jatkovapeitteisen kasvatuksen hakkuissa säästetään riittävän suuri osa puustosta ylläpitämään ojitusalueen biologista kuivatusta. Tämän perusteella uuden kasvatusjakson aloittaminen luontaiseen uudistumiseen perustuvalla siemenpuuhakkuulla on rinnastettavissa avohakkuihin perustuvaan jaksolliseen kasvatukseen. Avo- tai siemenpuuhakkuiden sijasta vaihtoehtoisia jatkovapeitteisiä metsänkäsitteily- ja hakkuutapoja ovat mm. eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatusta toistuvilla poimintahakkuilla sekä pienaukko- ja kaistalehakkuu. Nämä menetelmät perustuvat yleensä luontaiseen uudistumiseen ilman maanmuokkausta. Pienaukko- ja kaistalehakkuiden osalta mikään ei tarpeen vaatiessa estä taimettumisen edistämistä myös maan pintaa käsittelemällä tai jopa viljelemällä, mikäli sen katsotaan olevan taloudellisesti järkevää. Kyseisissä tapauksissa metsänkäsitteilyn ei välttämättä tarvitse poiketa jaksollisesta kasvatuksesta millään muulla tavalla kuin että aukot ovat selvästi pienempiä kuin avohakkuissa. Olemassa olevien alikasvosten hyödyntäminen ja niiden kehittymisen edesauttaminen ylispuuhakkuin, yläharvennuksin tai suojuspuuhakkuin ovat myös jatkovapeitteistä kasvatusta. Niitä on tosin jo pitkään sovellettu myös jaksollisen metsänkasvatuksen yhteydessä. Tämän vuoksi käsitteellinen raja jatkovapeitteisen metsänkasvatuksen ja jaksollisen metsänkasvatuksen välillä on liukuva ja tulkinnanvarainen. Tuon rajan vetäminen on monessa tilanteessa myös tarpeetonta, ja suometsissä olennaisimmaksi toimintaperiaatteeksi jää vain turpeen vesipinnan tasoa voimakkaimmin nostavien avo- ja siemenpuuhakkuiden välttäminen. Näin ajatellen tarkoitamme jatkossa jaksollisella kasvatuksella avo- ja siemenpuuhakkuihin perustuvaa metsän kasvatusta.

Säännöllisen eri-ikäisrakenteisen metsän kasvattaminen poimintahakkuin on pienipiirteisin ja peitteisyyden tasaisimmin säilyttävä menetelmä. Käsite ”jatkuva kasvatusta” on usein mielletty synonyymiksi tälle eri-ikäiskasvatukselle, vaikka se sopinee paremmin synonyymiksi kaikkia peitteisyyden muotoja sisältävälle jatkovapeitteisyyden yleiskäsitteelle (esim. Pukkala 2014). Säännöllisen eri-ikäisrakenteisessa metsässä kasvaa sekaisin kaiken kokoisia ja ikäisiä puita. Tätä puustorakennetta ylläpitävissä poimintahakkuissa poistetaan pääasiassa suuria puita ja jätetään pienempiä puita kasvamaan. Samalla tehdään tilaa taimettumiselle. Tiheitä pienempien puiden ryhmiä voidaan harventaa, jos taimien kasvua halutaan nopeuttaa ja totuttaa niitä tuulen- ja lumenkestävyyteen. Vialliset puut poistetaan koosta riippumatta tai jätetään monimuotoisuutta lisäämään. Jos kasvamaan jätettävät puut ovat hyväkuntoisia, niiden kasvu vähitellen elpyy ja metsä tihentyy mahdollistaen taas seuraavan poimintahakkuun. Eri-ikäiskasvatusta sopii parhaiten kuuselle (*Picea abies* (L.) H. Karst.), joka varjoa sietävänä puulajina pärjää verrattain hyvin alikasvosasemassa.

Säännöllistä eri-ikäisyyttä tavoittelevassa metsätaloudessa pyritään siis metsän rakennetta ja kasvatustiheyttä säätelemällä optimoimaan kahta toisilleen ristiriitaista ja eri suuntaan vaikuttavaa tavoitetilaa. Toisaalta tavoitellaan hakattavissa olevien järeiden puiden mahdollisimman suurta määrää ja toisaalta luontaisen uudistumisen edellyttämää avaraa kasvutilaa sekä pienten puiden hyvää kuntoa ja kehittymistä. Puulajista ja kasvupaikasta riippuu, kuinka tiheässä eri ikäluokkien puita voidaan kasvattaa niin, että puusto vähittäin uudistuu ja pienet puut kasvavat suuremmiksi samassa tahdissa kuin vanhimpia poistuu poimintahakkuissa. Uudistumista ja pienten puiden kasvua edistävä puustorakenne erottaa säännöllisen eri-ikäisrakenteisen metsän kasvattamisen selkeästi määrämittaharsinnasta, johon tämä jatkuvan peitteellisuuden muoto toisinaan yhä yhdistetään. Yksittäisten puiden poiminnan lisäksi voidaan puita poimia myös erikokoisina ryhminä, esimerkiksi pienaukkoina tai kaistaleina eli harjoittaa säännöllisestä eri-ikäisrakenteisuudesta poikkeavaa ryhmittäin eri-ikäisrakenteista metsätaloutta.

Suometsissä säännöllisen eri-ikäisrakenteisessa metsässä puuston haihdunta ja vaikutus ojitusalueen vesitalouteen jakautuu suhteellisen tasaisesti koko metsikkökuvion pinta-alalle. Puuston haihduntakapasiteetti vaihtelee ajallisesti hakkuiden voimakkuuden ja hakkuukierron pituuden määrittelemässä rytmissä. Poimintahakkuissa hakkuun jälkeen jäljelle jäävän puuston tiheyden on oltava riittävän pieni, jotta metsässä voi tapahtua riittävässä määrin luontaista uudistumista. Tämä saattaa kuitenkin edellyttää sen verran pientä puustotiheyttä, että haihdunta alenee muutaman vuoden ajaksi hakkuun jälkeen. Tuona aikana puuston haihdunta ei välttämättä riitä ylläpitämään puuntuotoksen kannalta parasta mahdollista kuivatustilaa. Puuntuotoksen näkökulmasta poimintahakkuun jälkeen tapahtuva vedenpinnan nousu voi siis olla haitallista, erityisesti jos se jatkuu heinäkuusta kasvukauden loppupuolelle. Loppukesän aikana puiden juuriston kasvu on voimakainta, jolloin korkean vesipinnan tason haittavaikutukset ovat suurimmillaan. Alkukesän aikana korkea vedenpinnan taso ei vielä haittaa puuston kasvua mutta parantaa kosteusoloja siementen itämisen ja sirkkataimien syntymisen näkökulmasta varsinkin pitkään turvekangasvaiheessa olleilla ojitusalueilla (Saarinen 2013).

Mänty ei valopuuna menesty alikasvosasemassa yhtä hyvin kuin kuusi, sillä sen taimilla ja pienillä puilla täytyy olla paljon enemmän isoista puista vapaata kasvutilaa ympärillään. Säännölliseen eri-ikäisrakenteeseen pyrkivä kasvatusta ei siten sovellu männiköille kuin poikkeustapauksissa. Männikön jatkuvapeitteistä kasvatusta on ainakin kangasmailla helpointa toteuttaa ns. ylispuukasvatusta soveltaen (ks. Metsänhoidon suositukset, Äijälä ym. 2019). Se aloitetaan uudistamalla männikkö luontaisesti siemenpuu- tai suojuspuuhakkuulla. Jos metsässä on jo hyväkuntoista alikasvosta ja pientä puustoa, ne säästetään hakkuussa mahdollisimman hyvin. Aukkoapaikat taimettuvat siementävän puuston avulla. Näin siementävän puuston alle kehittyy muutaman vuosikymmenen aikana kaksijaksoisuuden ja erirakenteisuuden välimuotoa edustava ja pituusjakaumaltaan vaihteleva puusto. Siementävää puustoa harvennetaan taimettumisen varmistuttua, mutta sitä ei poisteta kokonaan, kuten jaksollisessa kasvatuksessa. Osa siemenpuista jätetään kasvamaan uuden sukupolven päällä peitteisyyden vaikutelman ylläpitämiseksi ja korkealaatuisen tukkipuun tuottamiseksi. Pieni osa voidaan kasvattaa uuden sukupolven hakkuukypsytyteen asti ja jättää lopulta säästöpuiksi.

Ylispuukasvatuksen menetelmä ei kuitenkaan sovellu suometsiin aivan samanlaisena kuin kankaille. Aloitusvaiheen pelkkä siemenpuusto on liian harva riittävän haihdutuksen ylläpitämiseksi. Turvemaidilla menetelmää täytyy soveltaa niin, että riittävä puusto säilytetään esimerkiksi yhdistämällä siemenpuuhakkuu kaistale- tai pienaukkohakkuun kanssa. Männyn pienaukko- ja kaistalehakkuissa avoimeksi hakattavien käsittelyalojen täytyy olla selvästi suurempia kuin kuusikoissa. Reunametsän kilpailu vaikuttaa männyn taimiin hyvin voimakkaasti, ja aukkoja täytyy varsin pian laajentaa tai reunametsää harventaa. Vanhasta puusukupolvesta on muutaman hakkuukerran jälkeen vain vähän jäljellä, ja ero yhdistettyyn siemenpuuhakkuuseen ja ylispuukasvatukseen ei enää olekaan kovin suuri.

Kaistale- tai pienaukkohakkuihin perustuvaa jatkuvapeitteisyyttä tavoiteltaessa tulee siis ottaa huomioon kasvualustan vesitalous. Suometsissä olisi tärkeä tietää, kuinka leveällä aukolla tai kaistaleella reunametsän kuivatusvaikutus on vielä riittävän suuri pitämään pienaukon tai kaistan keskiosan vedenpinnan suotuisalla tasolla. Tähän ei ole vielä yksiselitteistä vastausta, ja se voi riippua myös turpeen ominaisuuksista. Vanhan ojitusalueen turve on painunutta, maatunutta ja tiivistynyttä (Minkkinen ja Laine 1998; Laiho ym. 1999), jolloin sen vedenläpäisevyys on varsin heikkoa (Päivänen 1973; Liu ja Lennartz 2019). Pienaukkojen tai kaistaleiden välissä olevan puuston haihdunnan vaikutus vedenpinnan tasoon voi ylittää varsin rajoittuneelle alueelle aukon reunasta aukon keskusta päin. Näin ollen mitä isompi pienaukko tai leveämpi kaistale, sen laajempi on todennäköisesti sen keskiosiin jäävä korkean vedenpinnan tason alue. Samalla sitä heikommin voidaan torjua metaanipäästöjä sekä pelkistysreaktioille alttiiden aineiden huuhtoumia vesistöihin. Toisaalta vedenpinnan nousu voi edesauttaa sirkkataimien syntymistä sellaisilla ojitusalueilla, joiden

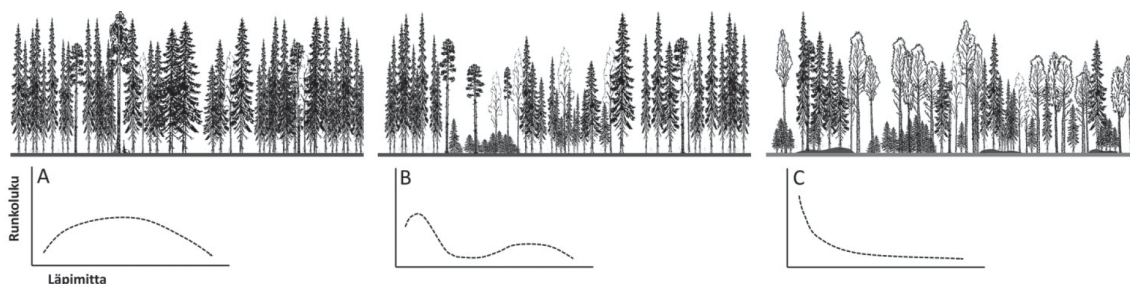
pintaosat ovat kangashumuksen kaltaista raakahumusta ja siksi taimettuvat heikosti. Kuitenkin jo varsin pian taimikon myöhemmissä kehitysvaiheissa turpeen vedenpinnan taso pitäisi saada laskemaan noin 30–40 cm:n syvyyteen (Saarinen 2013). Vaikka aukkojen tai kaistaleiden koosta ei voikaan vielä antaa yksiselitteisiä ohjeita, eivät esimerkiksi monien hehtaarien kokoiset siemenpuuhakkuualat kuulu turvemaille jatkovapeitteisen metsänkasvatuksen keinovalikoimaan. Puuston haihdutus aukoissa ja siemenpuualoilla on liian vähäistä vaikuttaakseen riittävästi vesitalouteen.

4 Jatkovapeitteiseen kasvatukseen siirtyminen

Jatkovapeitteiseen metsänkasvatukseen siirtymisen mahdolliset toteutustavat riippuvat olemassa olevan puuston rakenteesta ja käsittelyhistoriasta. Ne riippuvat myös edellä jo aiemmin mainitusta jatkuvan kasvatuksen tai jatkuvan peitteisyyden käsitelmääritelmästä. Väljimmän määritelmän mukaan mitään siirtymäaikaa ei tarvita missään tilanteessa (esim. ”Miten hoidan metsää jatkuvalla kasvatuksella?”, Silva ry. 2019). Tämän ajattelutavan mukaan ”nykyaikaisessa jatkuvassa kasvatuksessa ei tähdätä mihinkään tiettyyn puuston rakenteeseen, johon pitäisi siirtyä”. Samoin ajatellaan, että metsä voi olla jopa vuosikymmeniä myös melko tasarakenteinen. Hakkuutapa voi olla esimerkiksi ala- ja yläharvennuksen yhdistelmä ”tai jopa alaharvennus hyvin tiheässä nuoressa metsässä”. Erilaisia hakkuutapoja mukautetaan näin ollen joustavasti metsän rakenteen ja metsänomistajan tavoitteiden mukaisesti. Esiin on nostettu myös ”vapaan tyylin” metsätalouden ajattelu (”any-aged forest management”, Haight ja Monserud 1990 ja ”freestyle silviculture”, Boncina 2011). Sen mukaan irtaudutaan kokonaan jatkovapeitteisen ja jaksollisen kasvatuksen jyrkästä rajanvedosta soveltamalla ja optimoimalla avohakkuut mukaan lukien kaikkia mahdollisia hakkuumenetelmiä vapaamuotoisesti puuston ja puustoryhmien kehitysvaiheiden ja rakennevaihtelun tarjoamien mahdollisuuksien mukaan (esim. Pukkala 2018). Metsätalouden ympäristövaikutusten minimointia tavoiteltaessa tätä vapaan tyylin periaatetta olisi luonnollisesti turvemaille sovellettava avohakkuuden ja siemenpuuhakkuuden osalta mahdollisimman rajoitetusti.

Ymmärrettiin metsien hoidon eri menetelmät miten vapaamuotoisesti hyvänsä, ainakin jatkuvan kasvatuksen tai peitteellisyyden erityisluontona pidettävää säännöllistä eri-ikäisrakennetta tavoiteltaessa puuston läpimittajakaumalla on olennainen vaikutus siirtymävaiheen pituuteen. Merkitystä on myös sillä, kuinka pitkän ja voimakkaan varjostuksen alla pienimpien läpimittaluokkien puut ovat kasvaneet. Monilla ojitusalueilla esiintyy alun perin luonnontilaisen suon puustorakenteesta peräisin olevaa rakenteellista vaihtelua (kuva 1), joka näkyy esimerkiksi ”leveinä” yksihuippuisina, monihuippuisina tai laskevinä läpimittajakaumina (Sarkkola ym. 2003, 2005).

Tietyissä tilanteissa puusto voi mahdollistaa suoran siirtymisen säännöllisen eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatukseen yläharvennustyyppisten hakkuiden kautta (kuva 1C). Puusto on



Kuva 1. Esimerkkejä suopuustojen läpimittajakaumista: (A) Leveän yksihuippuinen, (B) kaksihuippuinen ja (C) laskeva, joista viimeksi mainittu edustaa teoreettista säännöllisen eri-ikäisrakenteisen puuston läpimittajakaumaa.

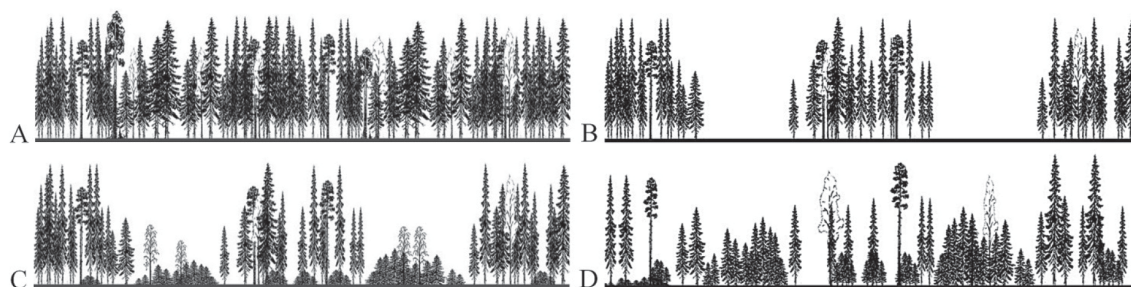
mahdollista kasvattaa myös pidemmän siirtymävaiheen aikana vähitellen kohti eri-ikäisrakenteisuutta esimerkiksi pienaukkohakkuuin tai alikasvoksia vapauttamalla. Yksi ja sama menetelmä ei sovellu kaikkialle. Onnistunut siirtymä edellyttää, että hyödynnetään harkiten kaikkea sellaista puuston rakennevaihtelua, joka mahdollistaa siirtymisen edes osittain peitteellisuuden säilyttäviin metsänhoitomenetelmiin joko välittömästi tai siirtymävaiheen kautta.

5 Esimerkkejä suometsien puustorakenteista ja niille mahdollisesti soveltuvista jatkuvapeitteisistä käsittelyvaihtoehdoista

5.1 Kuusivaltaiset ja kuusen kasvatukseen soveltuvat kasvupaikat

Aitojen korpityyppien ojitusalueilla, joista on kehittynyt I-tyyppin ruoho- tai mustikkaturvekankaita, puuston rakenne vaihtelee melko paljon alkuperäisen korpityypin ja metsän käsittelyhistorian mukaan. Ohutturpeiset ja melko kuivat lehto- ja kangaskorvet voivat jo ennen ojitusta olla puustoltaan melko tasarakenteisia (kuva 2A). Ojitushetkellä vallinnut erirakenteisuus ja ryhmittäisyys ovat suurimmillaan märissä ja paksuturpeisissa ruohokorvissa, joissa yleensä on myös aitojen korprien suurimmat lehtipuuosuudet. Myös joidenkin märkiin mustikkakorpiin kuuluvien kasvupaikkojen, kuten metsäkortekorprien, lähtöpuustot voivat olla rakenteeltaan hyvin vaihtelevia (kuva 5A). Koko ojitusiän harventamattomina kasvaneissa korpikuusikoissa on usein myrskyjen sekä sieni- ja hyönteistuhojen aikaansaamia latvusaukkoja, joiden vuoksi erirakenteisuus on lisääntynyt alikasvoksen ja pienempien puiden kunnan ja kasvun parannuttua.

Suhteellisen tasarakenteinen korpikuusikko on mahdollista muuttaa erirakenteiseksi pienaukkohakkuulla, jonka lisäksi välimetsää väljennetään yläharvennuksella (kuvat 2A–B). Tähän tosin liittyy tuuliturhoriski, joka tulee ottaa huomioon poistettavien puiden valinnassa ja leimikon rajauksessa. Myöhemmin, kun pienaukkoihin on syntynyt varttunut taimikko ja väljennetyin puuston alle taimiainesta, voidaan välimetsään tehdä voimakkaampi yläharvennus (kuvat 2C–D). Ruohoturvekankailla pienaukot tosin saattavat olla hyvin hitaasti taimettuvia, jos niihin syntyy runsas vadelma- (*Rubus idaeus* L.) ja kastikkakasvusto (*Calamagrostis* spp. Adans.). Näillä kasvupaikoilla on varauduttava myös taimikon varhaishoitoon. Suurimmissa aukoissa, jotka ovat läpimitaltaan yli ympäröivän puuston valtapituuden, saattaa hieskoivua tulla hyvin runsaasti varsinkin aukon valoisalle pohjoispuoliskolle. Pienemmissä aukoissa kuusen taimettuminen voi varsinkin mustikkaturvekankailla olla runsasta sekä jo ennestään olemassa olevan taimiaineksen että kasvupaikan taimettumisherkkyuden vuoksi (Hökkä ym. 2011, 2012). Toisaalta taimien kasvu ja kehitys on vastaavasti hitaampaa kuin suuremmissa aukoissa. Tästä syystä voi olla mielekästä tehdä pienaukkoja jo kuusikon viimeisen harvennuksen yhteydessä. Näin ollen pienaukkohakkuuden tekemiseksi ei



Kuva 2. Pienaukkohakkuuseen ja yläharvennuksen perustuva toimintamalli (A→B→C→D) puustoltaan suhteellisen tasarakenteisessa korpikuusikossa.



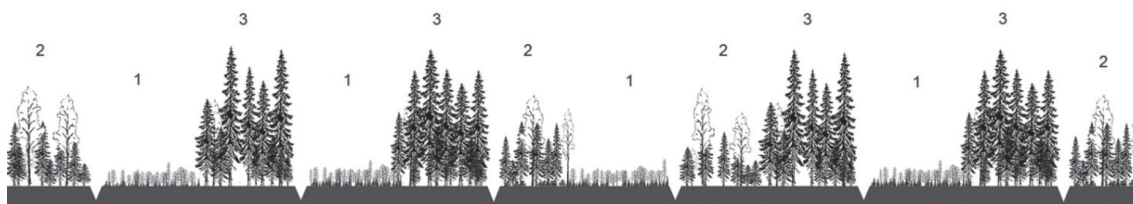
Kuva 3. Kapean korpikaistaleen uudistaminen luontaisesti hieskoivikon ja sen alle kehittyvän kuusialikasvoksen kautta kuusikoksi (vaiheiden A, B ja C tarkempi kuvaus tekstissä).

tasarakenteista metsää tarvitse kasvattaa päätehakuuvaiheeseen asti, sillä puuston rakennemuutosta voidaan edistää jo eri harvennusvaiheissa. Jatkovapeitteiseen kasvatukseen siirtymisen ajankohdalla on todettu olevan vaikutusta myös kasvatuksen taloudelliseen kannattavuuteen (Wikström 2000; Andreassen ja Øyen 2002; Tahvonen ym. 2010). Siirtyminen saattaa olla kannattavampaa tehdä silloin, kun tasaikäinen metsikkö on lähempänä kehitysvaiheensa alku- kuin loppupäätä.

Kapeissa korpinoikoissa voidaan tehdä kaistalehakkuu, varsinkin jos reunametsät ovat siemenniskykyistä kuusikkoa. Hieskoivun luontainen uudistuminen on yleensä varsin runsasta ja kaistaleelle saadaan nopeasti tiheä hieskoivutaimikko (kuva 3A). Mikäli kuusen taimia syntyy runsaasti lähes samanaikaisesti hieskoivutaimikon kanssa, kasvatetaan koivua varhaisperkauksen jälkeen verhopuustona, joka poistetaan pahimman hallavaurioriskin väistyttyä (Heikurainen 1985, kuva 3B). Mikäli kuusitaimikko syntyy myöhemmin, koivutaimikko harvennetaan, jolloin puusto on kasvatettavissa kaksijaksoisena erilaisilla tavoitteilla riippuen siitä, missä vaiheessa kasvatuskelpoinen kuusialikasvos on koivun alle syntynyt (Niemistö ym. 2017).

Kehittyvän kuusialikasvoksen kokovaihtelua on hyödynnettävissä kaikissa edellä kuvatuissa tapauksissa, jos halutaan tavoitella säännöllistä eri-ikäisrakenteisuutta. Kuusen taimettumisen edistyessä ylispuukoivuja voidaan poistaa yhdessä tai kahdessa hakkuussa. Niillä alueilla, joissa kookkaimpia kuusen taimia on runsaasti, voidaan poistaa kaikki hieskoivut kuusten kasvun nopeuttamiseksi. Koivuja voidaan vastaavasti jättää enemmän huonosti taimettuneisiin kohtiin sekä kohtiin, joissa taimet ovat vielä pieniä ja hallavaurioille alttiita.

Edellä esitelty yksittäisen korpijuotin kaistalehakkuukäytäntö eri muodoissaan on sovellettavissa myös laajempiin korpikuvioihin jakamalla käsittelykokonaisuus eri ajankohtina hakattaviin kaistoihin. Perinteisesti kaistat on hakattu kahdessa vaiheessa joka toisella kaistalla. Siinä vaiheessa, kun hakatuilla kaistoilla on jo runsaasti puustoa, voidaan aloittaa hakkaamattomien kaistojen käsittely. Sitä ennen niiden voimakasta käsittelyä tulee välttää, jotta hakkuulla ei aiheuteta epäsuotuisaa vedenpinnan nousua. Tämän kahden hakkuuajankohdan kaistajaon sijaan on mahdollista toteuttaa myös useamman kaistan ja ajankohdan hakkuukierto. Kuvassa 4 on esitetty kolmessa vaiheessa tehty kaistalehakkuukierto, jossa kahden tasarakenteisen puustokaistan asemesta käsittelyalueelle saadaan kolme eri kasvuvaiheessa olevaa puusukupolvea ja siten enemmän ryhmittäistä erirakenteisuutta. Samalla vähennetään käsittelykuviolla yhdellä hakkuukierrolla kokonaan avoimeksi hakattavien kaistaleiden pinta-alaa.



Kuva 4. Kolmessa vaiheessa (1, 2 ja 3) tehty kaistalehakkuu usean saran laajuudessa korpikuusikossa. Kaistaleiden leveys noin 20 m.

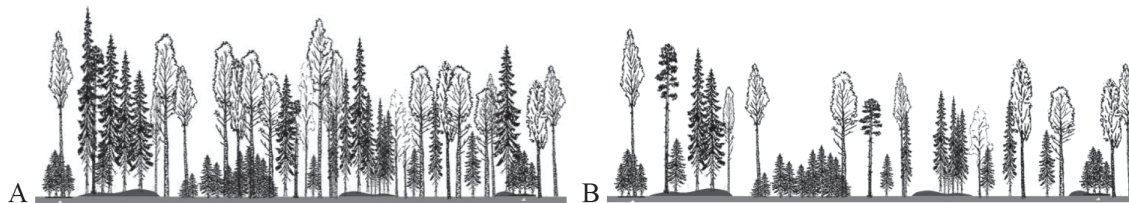


Kuva 5. Korpikuusikko, jossa runsasta rakennevaihtelua: (A) ennen hakkuuta, (B) yläharvennuksen jälkeen ja (C) tavoitetilä.

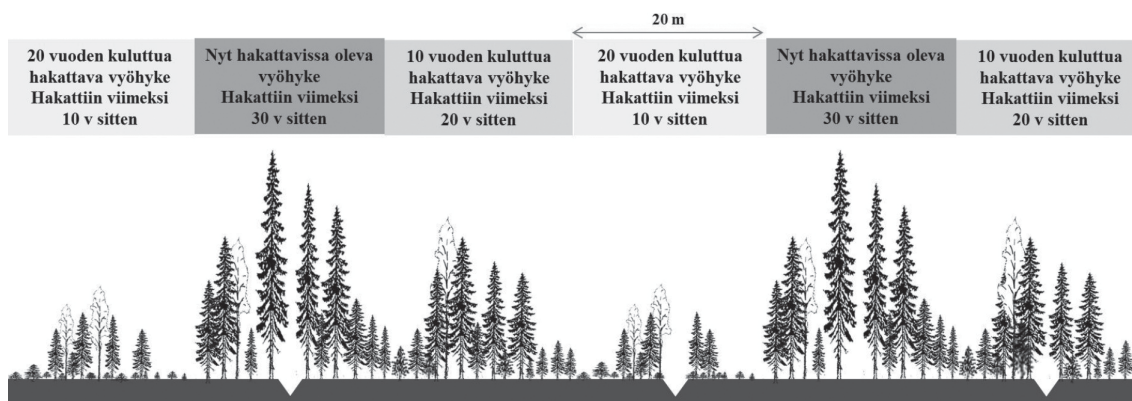
Paksuturpeisilla ja alun perin märemmistä ruoho- tai metsäkortekorvista kehittyneillä ruoho- tai mustikkaturvekankailla on puustossa yleensä melko runsaasti rakenteellista vaihtelua (kuva 5A). Näillä kohteilla saavutetaan nopeammin säännöllisen eri-ikäinen puustorakenne vapauttamalla olemassa olevia taimiryhmiä ja tekemällä väljennyshakkuuta yläharvennusperiaatteella (kuvat 5A–C). Näillä toimenpiteillä jäljitellään luonnon omaa, ennen suon ojitusta vallinnutta peitteistä puustodynamiikkaa.

Luonnontilaiselta lähtökohdaltaan kaikkein märimmät sekatyypin korvet eli mätät ja osin puuttomia nevapintoja sisältäneet sarakorvet (ruohoinen sarakorpi ja varsinainen sarakorpi) kehittyvät kuivatuksen myötä II-typin ruoho- tai mustikkaturvekankaiksi. Niissä on kuusivaltaisista suometsistä yleensä eniten metsikkökuvion sisäistä puuston rakennevaihtelua niin läpimittajakauman, puulajijakauman kuin ryhmittäisyyden osalta (kuva 6A). Näillä kohteilla saattaa jo yksi yläharvennus olla riittävä toimenpide säännöllisen eri-ikäisrakenteisen ja poimintahakkuut mahdollistavan läpimittajakauman saavuttamiseksi (kuva 6B).

Pukkala ym. (2011) ovat esitelleet ajatuksen ns. heterogeenisestä eri-ikäisrakenteisuudesta, jossa poimintahakkuuta toteutetaan vyöhykkeittäin. Tämä vastaa edellä kuvassa 4 esitettyä kaistalehakkuukäytäntöä sillä erotuksella, että heidän mallissaan kunkin vyöhykkeen (= kaistaleen) tasarakenteisuuden ja ”avohakkuun” sijasta puustoa ylläpidetään eri-ikäisrakenteisena ja jatkuvasti peitteisenä myös vyöhykkeen sisäisesti. Kunkin vyöhykkeen sisällä voidaan puuston pohjapinta-ala nostaa korkeammalle ennen hakkuuta kuin yhtenä käsittelykuviona hakattavassa säännöllisen eri-ikäisrakenteisessä metsässä. Vastaavasti sillä vyöhykkeellä, joka vuorollaan hakataan, voidaan pohjapinta-ala pudottaa keskimääräistä alemmaksi. Tämä edistää hakatulle vyöhykkeelle syntyneen taimikon kehitystä, ja koko menettelytapa muistuttaa kaistalehakkuukäytäntöä. Ojitusalueille sovellettuna tämä voisi noudattaa esimerkiksi kuvan 7 mukaista mallia. Siinä eri-ikäisrakenteisuutta on aikaansaatu metsikköön siten, että kolmen vyöhykkeen hakkuukierron periaatetta on sovellettu 40 metrin sarkaleveydellä ojitetulle turvemaalle. Jokainen vyöhyke hakataan 10–15 vuoden välein, jolloin metsikkökohtainen hakkuukierto on 30–45 vuotta. Kukin vyöhyke yltyä 10 m sen keskellä olevan korjuu-uran molemmille puolille. Yksi vyöhyke sijaitsee keskellä sarkaa ja yksi saran kummankin ojan varressa. Hakkuu tehdään ajourilta siten, että vyöhykkeiden rajapinta olisi mahdollisimman liukuva. Tällaista eri-ikäisrakennetta tavoitteleva siirtymävaiheen hakkuu on tasaikäisrakenteisesta metsiköstä lähtien tehtävissä esim. siten, että suurimpaan puustotiheyteen jätettävästä kaistaleesta hakataan vain hakkuukypsyyden saavuttanut järein puusto (esim. läpi-



Kuva 6. Sekatyypin korvesta kehittynyt II-typin ruoho- tai mustikkaturvekangas, jossa on yleensä eniten jo valmiiksi metsikkökuvion sisäistä puuston rakennevaihtelua (A). Eri-ikäisrakenteisuuden ylläpitoa voidaan jatkaa yläharvennuksella (B).

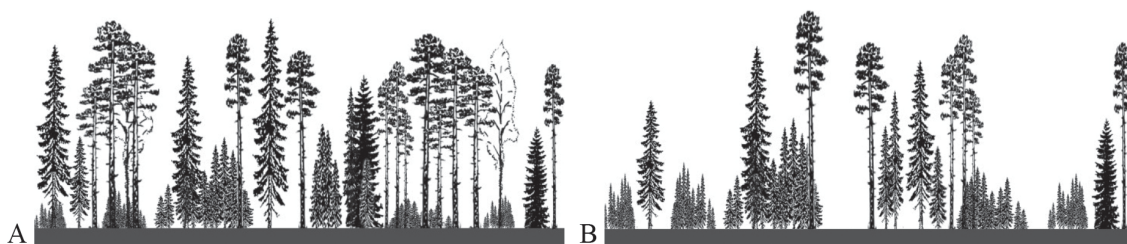


Kuva 7. Heterogeeninen (Pukkala ym. 2011) eri-ikäisrakenteinen ojitusaluemetsikkö, jossa on sovellettu kolmen vyöhykkeen hakkuukierron periaatetta 40 metrin sarkavälein ojitetulle turvemaalle. Käsiteltävässä metsikössä käydään kymmenen vuoden välein hakkaamassa kolmasosa vyöhykkeistä, jolloin metsikkökohtainen hakkuukierto on 30 vuotta. Kukin vyöhyke ylittää 10 m korjuu-uran molemmille puolille. Yksi vyöhyke sijaitsee keskellä sarkaa ja yksi saran kummankin ojan varressa.

mitaltaan yli 30 cm:n rungot). Seuraavassa vyöhykkeessä puuston pohjapinta-ala jätetään normaalia suuremmaksi (esim. 15–17 m² ha⁻¹). Sitä seuraava vyöhyke hakataan harvaksi (esim. 10–12 m² ha⁻¹). Tässä mainitut pohjapinta-alat ovat vain esimerkkejä suuruusluokista. Hakkuun voimakkuus sovitetaan metsän ominaisuuksien mukaiseksi (hakkuuta edeltävä tiheys, puuston rakenne, taimiaineksen määrä, alttius tuulituhoille jne.). Myöhemmissä hakkuissa pienimmän puuston kaistaleella voi soveltaa vielä pienempiä pohjapinta-aloja.

5.2 Mänty- ja hieskoivuvaltaiset kuusen kasvatukseen soveltuvat kasvupaikat

Korpirämeistä syntyneillä I-tyyppin puolukkaturvekankailla kuusta on sekä alikasvoksena että osin valtapuustoonkin kuuluvana ja metsikkö on usein rakenteeltaan laskevan läpimittajakauaman muotoinen (kuvat 1C ja 8A). Eri-ikäisrakenteiseen puustoon siirtyminen (kuva 8B) ei näissä tapauksissa vaadi pitkää siirtymävaihetta. Kuusen puuntuotoskyky on mahdollisesti mäntyä alempi puolukkaturvenkaan ravinteisuustasolla, mutta ei tiedetä, onko tuotosero mäntyyn verrattuna yhtä suuri kuin vastaavasti puolukkatyypin kivennäismailla. Todellisesta puolukkaturvekankaalla ilmenevästä tuotoserosta riippuu, kuinka paljon kuusen kasvatukseen perustuvassa peitteellisyyden ylläpidossa taloudellisesta kannattavuudessa joudutaan tinkimään männyn kasvatukseen verrattuna. Jatkokehitystä mietittäessä on otettava huomioon myös se, että kuusen taimettumisedellytykset ovat huonontuneet, kun ojituksesta on kulunut aikaa. Vanhan ojitusalueen runsas kuusialikasvos on näissä tapauksissa syntynyt osin jo luonnontilaiselle korpirämeelle ja osin sellaisina ojituksen jälkeisinä vuosikymmeninä, jolloin pintakasvillisuus oli vielä rakkasammalvaltainen (*Sphagnum* spp. L.). Myöhemmissä turvekangasvaiheessa kuusen taimettuminen ei välttämättä ole enää yhtä runsasta kuin ensiojituksen aikaansaaman kasvillisuusmuutoksen käynnistyessä.



Kuva 8. Korpirämeestä kehittyneellä I-tyyppin puolukkaturvekankaalla on yleensä jo valmiiksi eri-ikäisrakenteinen puusto.

Myös sekatyypin rämeistä (ruohoiset ja varsinaiset sararämeet) kehittyneillä mänty- ja hieskoivuvaltaisilla II-tyyppin mustikka- ja puolukkaturvekankailla on usein erilaisia kuusialikasvoksia (kuva 9A). Korpirämeistä lähtöisin olevista turvekankaista poiketen alikasvos on pääosin ensiojituksen jälkeen syntynyttä, jolloin sen ominaisuudet vaihtelevat kuivatushistorian ja -tehokkuuden mukaan. Toisinaan harvapuustoinen ja aukkoinenkin alikasvos kannattaa kuitenkin hyödyntää ennemmin kuin tehdä avohakkuu, raivaus, maanmuokkaus, istutus, varhaisperkaus ja taimikonhoito. Hyvälaatuinen alikasvos on usein mielekästä hyödyntää riippumatta siitä, onko tavoitteena jaksollisen vai peitteellisen metsänkasvatuksen malli. II-tyyppin puolukkaturvekankaiden kohdalla on otettava kuitenkin huomioon samat kannattavuuden varaukset kuin edellä mainituilla I-tyyppin puolukkaturvekankailla. Vaikka jo olemassa olevan alikasvoksen hyödyntäminen ja kasvattaminen olisikin avohakkuuta ja männyn viljelyä kannattavampi ratkaisu, voi kuusen erikikäiskasvatukseen perustuvan peitteellisuuden pitkäaikainen ylläpitäminen olla taloudelliselta kannattavuudeltaan heikompaa kuin männyn kasvatus varsinkin puolukkaturvekankaiden suuren sisäisen viljavuusvaihtelun karummalla laidalla.

Päättehakkukypsiksi varttumassa olevat suometsät ovat tällä hetkellä suurelta osin juuri edellä kuvattuja II-tyyppin mänty-koivu-sekapuustoisia turvekankaita. Avohakkuun ja metsänviljelyn sijaan niillä on usein verrattain helppoa siirtyä jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen kuusialikasvoksia hyödyntämällä. Alikasvosten osittaista vapauttamista seuraa siirtymäkauden kasvatusvaihe, jossa osa kuusista varttuu ylempiin latvuskerroksiin. Ensimmäisen hakkuun jälkeen puuston läpimittajakauma on yleensä vielä kaksihuippuinen, ja metsä on paremminkin kaksijaksoinen kuin säännöllisen eri-ikäisrakenteinen. Erotuksena tavanomaisessa jaksollisessa kasvatuksessa tehtävään ylispuuhakkuuseen ja alikasvosten vapauttamiseen on vain metsänomistajan valitsema tavoite jatkuvaan peitteellisyteen siirtymisestä eli tässä erityistapauksessa metsän kehittämisestä säännöllisen eri-ikäisrakenteiseksi. Tavoite voidaan saavuttaa vasta vähitellen vuosien ja vuosikymmenten kuluttua edistämällä eri-ikäisrakenteiselle puustolle ominaisten piirteiden lisääntymistä. Sen sijaan, että alikasvos vapautettaisiin kokonaan, on tämän tavoitteen saavuttamiseksi syytä jättää ylimpään puustojaksoon sellaisia hyvälaatuisia lisävaltapuita, joille saadaan arvokasvulisää rungon järeytyessä (kuva 9B). Kyseeseen tulevat lähinnä männyn, sillä hieskoivut ovat varttuneissa ojitusaluepuustoissa usein jo saavuttaneet taloudellisen kasvatuskelpoisuuden rajat.

Kun kuusialikasvos varttuu, puita siirtyy suurempiin kokoluokkiin ja metsään kehittyä siitä aiemmin puuttunut välikoon puusto (kuva 9C). Tämä kasvatusvaihe on sitä lyhyempi, mitä enemmän alikasvoksessa on jo valmiiksi kokovaihtelua. Tätä ikä- ja kokovaihtelua on sitä enemmän, mitä hitaampaa ojitusalueen pintakasvillisuuden muutos on ensiojituksen vaikutuksesta ollut, eli mitä kauemmin taimettumiselle otolliset rahkasammalpinnot ovat säilyneet. Kasvillisuusmuutoksen eri vaiheissa vielä jäljellä olevien rahkasammalpinnojen laikuttaisuus saa aikaan alikasvosten tilajakaumaan ryhmittäisyyttä.



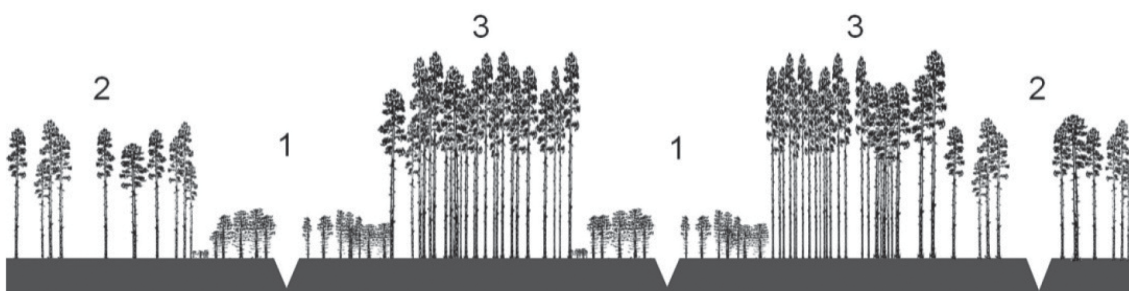
Kuva 9. II-tyyppin mustikka- ja puolukkaturvekankailla kehittyä yleensä samankaltainen mänty- ja hieskoivuvaltainen puusto (A). Niinpä ruohoisesta sararämeestä kehittyvä mustikkaturvekangas II on joskus vaikea tunnistaa ensisijaisesti kuusen kasvupaikaksi. Molemmilla turvekangastyypeillä voidaan hyödyntää kuusialikasvoksia joko uuden tasarakenteisen kuusisukupolven aikaansaamiseksi tai eri-ikäisrakenteisuuteen siirtymiseksi (A→B→C).



Kuva 10. II-tyyppin mustikkaturvekankaalla hieskoivualikasvosta (A) voi hyödyntää verhopuustona luontaisesti syntyvälle kuusitaimikolle (B).

Osalla avo- ja sekatyypin soista syntyneistä II-tyyppin turvekankaista on tiheitä koivualikasvoksia, jotka ovat riukumaista ja latvustoltaan voimakkaasti supistunutta hieskoivua (kuva 10A). Niistä ei ole kasvatuskelpoiseksi ja vapautettavaksi puustoksi. Raivattuina ne tuottavat hakkuun jälkeen runsaasti vesoja, ja luontaisesti syntyneiden koivujen kanssa ne mahdollistavat täystiheän verhopuuston luontaisesti syntyvälle kuusitaimikolle (kuva 10B). Tässä tapauksessa voidaan jatkaa samalla periaatteella kuin korpikuusikoissa (kuva 3).

Jos puolukkaturvekankaalla ei ole kuusialikasvosta ja puusto on suhteellisen tasarakenteinen männikkö tai hieskoivu–mäntysekapuusto, on säännöllisen eri-ikäisrakenteisuuden tavoittelemisen hidasta. Voidaan kysyä, onko se edes mielekästä ja tarpeellista, sillä yksinkertaisin vaihtoehto jatkuvapeitteisyyteen siirtymiseksi on tehdä kaistale- tai pienaukkohakkuu, joka edellä esitettyjen kuusikkoesimerkkien mukaan voidaan toteuttaa joko kahdessa tai useammassa vaiheessa (kuva 11).



Kuva 11. Kolmeen hakkuuajankohtaan (1, 2 ja 3) vaiheistettu kaistalehakkuu männikössä.

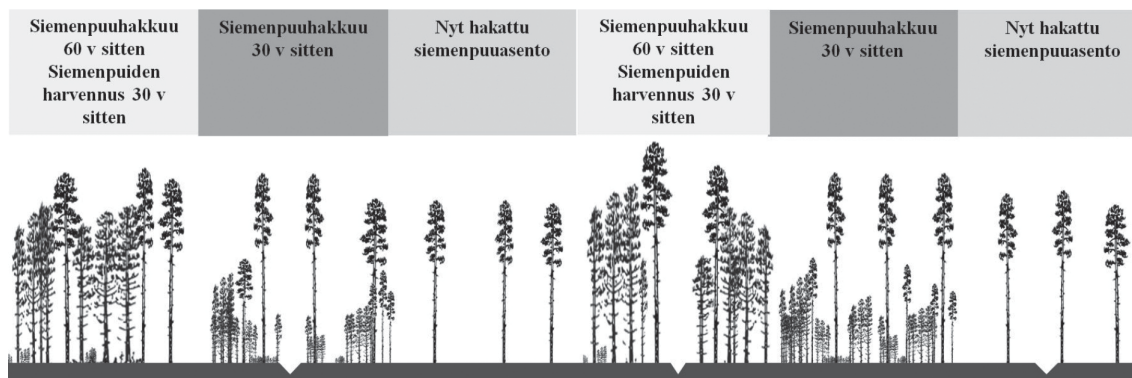


Kuva 12. Siemenpuuhakkuu- ja ylispuukasvatusten menetelmä osana männyn jatkovapeitteisen kasvatuksen vaihtoehtoja (vaiheiden A, B ja C tarkempi kuvaus tekstissä).

Metsäpalojen vaikutuksesta esiintyy vanhoissa luonnontilaisissa männiköissä rakennevaihtelua, jota on mahdollista jäljitellä siemenpuuhakkuulla ja jo aiemmin kuvatulla männyn ylispuukasvatuksella (kuvat 12A–C sekä kuva 13). Silloinkin on kyse kuitenkin vasta kaksitai kolmijaksoisesta puustosta, jonka alimmat jaksot kehittyvät siemenpuiden ja reunametsän kilpailuvaikutuksen takia pituusjakaumaltaan vaihteleviksi (kuva 12B). Todellista säännöllistä eri-ikäisrakenteisuutta on vaikea saavuttaa eikä siihen ole tarpeen pyrkiäkään tällä kasvupaikalla ja puulajin yhdistelmällä. Ylispuukasvatuksella tavoitellaan jonkinlaista kaksijaksoisuuden ja säännöllisen eri-ikäisrakenteisuuden välimuotoa. Vanhan sukupolven ylispuista kasvatetaan järeää laatupuuta, ja niitä harvennetaan alemman jakson varttuessa (kuva 12C). Kun nuori sukupolvi on varttunut hakkuukypsäksi, aloitetaan uusi kierros uudella siemenpuuhakkuulla. Taloudellisen kannattavuuden näkökulmasta voidaan kuitenkin kysyä, saadaanko ylispuiksi jätetyille männyille riittävän suuri arvokasvu. Ylispuumäntyjen kasvattaminen suositeltuja päätehakkuuläpimittoja järeämmiksi lienee perusteltua siinä tapauksessa, että tukin järeydestä ja laadusta on odotettavissa keskimääräistä selvästi parempi kantohinta.



Kuva 13. Esimerkkejä mäntymetsän puustorakenteen vaihtelusta siemenpuuhakkuun jälkeen, kun siemenpuusto on jätetty uudistamisalalle kolmeksi vuosikymmeneksi. Vasemmalla kanervatyypin kangas, jossa laaja taimikon ikä- ja kookajakauma. Oikealla puolukkaturvekangas II, jolla on vastaava käsittelyhistoria (kuvat: Markku Saarinen).



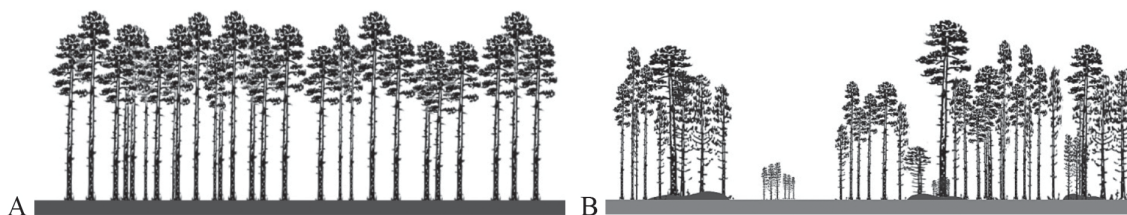
Kuva 14. Männyn ylispuukasvatusta toteutettuna kolmen vaiheen kaistalehakuksi.

Turvemaiden ylispuukasvatuksen ongelmana on myös lähtökohtana oleva siemenpuuhakkuu, joka vastaa laaja-alaisesti toteutettuna avohakkuuta turpeen vedenpinnan nousun vuoksi. Mikäli tätä metsänhoitosuosituksissa esitettyä kasvatustapaa halutaan tavoitella osana turvemaiden sovellettavaa jatkovapeitteisyyttä, on se syytä toteuttaa pienaukoittain tai kaistaleittain esimerkiksi kuvan 14 mukaisesti. Sitä voitaneen kutsua myös eräänlaiseksi kaistalehakuksi ja ylispuukasvatuksen välimuodoksi.

Edellä kuvattuun ja siemenpuuhakkuilla aloitettavaan männyn ylispuukasvatukseen liittyy turpeen vedenpinnan nousun lisäksi toinenkin suometsien ongelma, jota esiintyy melko yleisesti II-tyyppin mustikka- ja puolukkaturvekankailla. Hieskoivun suuri vesatiheys yhdessä sen siemensyntyisen taimettumisen kanssa voi olla erittäin merkittävä männyn luontaista taimettumista haittaava ongelma. Runsas vesottuminen saattaa edellyttää kahta taimikonhoitokertaa vakiintuneen männyn taimikon aikaan saamiseksi. Vaikka tässä yhteydessä ei taimikonhoidon laiminlyönti ole luonnollisestikaan mikään tavoite, ei runsas hieskoivu aiheuta jatkovapeitteiseen metsänkasvatukseen siirryttäessä yhtä suuria haasteita kuin tasarakenteisen metsänkasvatuksen taimikoissa. Näin lähinnä siksi, että myöhästyneestäkin taimikon perkaamisesta seuraava mäntytaimikon aukkoisuus ja männyn taimille syntyvät pituuserot mahdollistavat uusien taimien syntymisen myös myöhemmin. Se taas sopii erirakenteisen metsän uudistumisen ja kasvun dynamiikkaan paremmin kuin tasarakenteisessa metsässä (kuvat 15A–C).



Kuva 15. Erirakenteisuutta tavoitteleva siirtymävaihe II-tyyppin puolukkaturvekankaan vesoittuvalla siemenpuualalla (lähtötilasta A edetään vaiheisiin B ja C).



Kuva 16. Vasemmalla suhteellisen tasarakenteinen aidosta mätäspintaisesta rämetyyppistä (isovarpuräme) kuivatuksen kautta syntynyt I-tyyppin varputurvekangas (A). Oikealla sekatyypin karusta rämeestä (esim. lyhytkorsiräme) kehittynyt II-tyyppin varputurvekangas, jonka puustossa suurempi läpimitan vaihtelu ja ryhmittäisyys (B).

5.3 Mäntyvaltaiset ja vain männyn kasvatukseen soveltuvat kasvupaikat

Isovarpurämeistä kehittyä kuivatuksen myötä puustoltaan varsin tasarakenteisia I-tyyppin varputurvekankaita (kuva 16A), joilla luontaisen taimettumisen mahdollisuudet ovat usein melko huonot. Vahva varpukasvillisuus, seinäsammalen (*Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.) runsaus ja varpujen juurihuovaston kuohkeuttama paksu raakahumuskerros vaikeuttavat uudistumista oleellisesti muokkaamattomilla kasvillisuuspinnoilla. Sekatyypin soista eli lähinnä lyhytkorsirämeistä syntyneillä II-tyyppin varputurvekankailla taimettumisot ovat paremmat ja puusto on jo valmiiksi erirakenteinen (kuva 16B). Ne kuitenkin edustavat yleensä varputurvekankaiden viljavuusvaihtelun karuimpia kasvupaikkoja ja ovat usein puuston jatkokasvatusta ajatellen metsätaloudellisen kannattavuuden rajamailla.

Laajat varputurvekankaan ojitusaluekuviot ovat tyyppillisesti kummankin rakennetyypin (kuvat 16A ja B) yhdistelmiä. Mikäli käsiteltävän ojitusalueen hakkuukertymä mahdollistaa kannattavan korjuun, on niillä mahdollista soveltaa kaistale- tai pienaukkohakkuuta kuvan 11 mallin mukaan tai niiden ja ylispuukasvatuksen yhdistelmää kuten kuvassa 14. Kaistaleiden leveys ja pienaukkojen läpimitta pitää rajoittaa sellaisiksi, että turpeen vedenpinnan taso ei avoimeksi hakatulla osalla nouse liian korkealle. Tällä hetkellä meneillään olevien seurantatutkimusten alustavat havainnot osoittavat, että ainakin 20 metrin levyisiin kaistaleisiin asti turpeen vedenpinta pysyy keskimäärin selvästi alempana kuin kokonaan avoimeksi hakatuilla uudistamisaloilla.

6 Päätelmiä

Suometsien puustot ja kasvupaikat vaihtelevat rakenteeltaan suuresti. Siksi kasvatus- ja hakkuumenetelmät on hyvä valita ja toteuttaa niiden mukaisesti. Eri-ikäiskasvatus (säännöllisen eri-ikäisrakenteen ylläpitäminen) sopii yleensä vain kuusikoiden kasvattamiseen. Valoa vaativilla puulajeilla täytyy käyttää menetelmiä, joissa taimilla on paljon enemmän valoa ja kasvutilaa käytettävissään. Puuston on säilyttävä riittävän tiheänä haihdunnan ylläpitämiseksi. Männiköissä on siis mahdollista käyttää erilaisia ryhmittäiseen eri-ikäisyyteen perustuvia ylispuukasvatuksen, pienaukkohakkuun ja kaistalehakkuun yhdistelmiä.

Suon kuivatusta edeltävän vesitalouden vaikutus puuston rakennevaihteluun on selvästi havaittavissa monissa ensimmäisen ojituksen jälkeisen puusukupolven suometsissä. Esimerkiksi korpisoilla vedenpinnan taso vaihtelee jo aitojen korprien sisällä merkittävästi, ja sekatyypin nevakorvissa vielä enemmän. Sen seurauksena osa korpikuusikoista on ojitettunakin puustoltaan aukkoisia ja eri vaiheissa kehittyneiden taimiryhmien myötä myös eri-ikäisrakenteisia. Niihin on melko pienellä viiveellä kehitettävissä säännöllisen eri-ikäisrakenteisen metsän poimintahakkuisiin soveltuva kuusivaltainen läpimittajakauma. Samat mahdollisuudet ovat myös monilla viljavimmilla

II-tyyppin mäntyvaltaisilla turvekankailla. Niillä suurimmassa osassa lähtökohtana ovat ojituksen jälkeen syntyneet kuusen alikasvokset, eli jatkuva peitteellisyys on mahdollista tavoittaa muutamalla kaksijaksoinen metsikkö vähitellen monijaksoiseksi.

Sekä alikasvosten hyödyntämisen että säännölliseen eri-ikäisrakenteisuuteen siirtymisen päätöksentekotilanteissa turvekankaiden alaluokat (I- ja II-tyypit) on hyvä tunnistaa, koska ne kertovat ennen ojitusta vallinneesta vesitaloudesta. Tästä on hyötyä varsinkin puolukka- ja mustikkaturvekankailla, joiden puusto voi vaihdella hieskoivikoista mänty-koivusekapuustoihin ja puhtaisiin kuusikoihin. Varsinkin II-tyypin mustikkaturvekankaiden mänty- ja hieskoivuvaltaisilla kohteilla voidaan helposti valtapuuston perusteella aliarvioida kasvupaikalla usein esiintyvän kuusialikasvoksen käyttökelpoisuus.

Vaikka kuusi usein mahdollistaa kohtalaisen nopean siirtymisen eri-ikäiskasvatukseen myös puolukkaturvekankailla, jää kuitenkin avoimeksi se, kuinka kannattavaa kuusen varaan rakentuva kasvatus on kyseisellä kasvupaikalla. Tähän on vaikea vastata, koska suora rinnastus kuusen ja männyn kasvueroihin kangasmaiden puolukkatyyppillä ei toimi verrattaessa kuusen ja männyn tuotosta puolukkaturvekankaalla. Puolukkaturvekankaalla kuusen kasvua ei rajoita typen niukuus ja ajoittainen veden saatavuus samalla tavoin kuin puolukkatyyppin kangasmailla. Onko siis kuusen koko kiertoajalle laskettu keskimääräinen vuotuinen kasvu puolukkaturvekankaalla noin kiintokuutiometrin verran pienempi kuin männyllä, kuten puolukkatyyppin kangasmaalla (Vuokila 1980), sitä suometsien kasvu- ja tuotosaineistot eivät kerro.

Riittävän hyvä luontainen taimettuminen ja sen jatkuvuus ovat taloudellisen kannattavuuden lisäksi avaimia eri-ikäisrakenteisen metsänkasvatuksen menestymisessä. Ojitettuja soita on yleensä pidetty kasvupaikkoina, joilla jatkovapeitteisen metsänkasvatuksen edellytykset olisivat paremmat kuin kangasmailla, koska niillä taimettumisolot ja alikasvosten hyödyntämisen mahdollisuudet näyttävät hyviltä. Ojitetun turvemaan luontainen taimettuminen onkin useimmiten hyvä varsinkin korpikuusikoissa (Höckkä ym. 2011, 2012), mutta myös ongelmia voi esiintyä turpeen pinnalle ojituksen jälkeen kerrostuneiden karikkeiden määrästä ja ominaisuuksista riippuen. Metsäsamalten ja havupuiden jäännöksistä muodostunut raakahumuskerros on huono taimettumisalusta niin kangas- kuin turvemaillakin (Saarinen 2013).

Viime vuosiin asti on arveltu, että suometsät olisivat jostakin syystä vastustuskykyisiä juurikäävälle (*Heterobasidion* spp. Bref.), eikä siitä voisi muodostua yhtä suurta ongelmaa kuin kangasmailla. Nyt juurikäävää on kuitenkin löydetty myös suometsistä (Silver ja Piri 2017). Niissä sitä ei vielä ole aiemmin havaittu, koska suometsissä on tehty hakkuita pääasiassa vain talvella, tai niitä ei ole hakattu vielä ollenkaan. Juurikäävän lisääntyminen kangasmetsissä on erityisesti lämpimän vuodenajan hakkuiden syytä. Samaa virhettä ei kannata toistaa turvemailla. Hakkuut pitää joko tehdä kylmänä vuodenaikana, kun juurikäävän itiöitä ei ole ilmassa, tai kantopinnat on kangasmetsien tapaan käsiteltävä torjunta-aineilla. Näin juurikäävän leviäminen suometsään voidaan estää, mikäli sitä ei vielä kasvupaikalla esiinny.

Pitkän hakkuuhistorian omaavat ja vuosikymmeniä säännöllisen eri-ikäisrakenteisina ylläpidetyt suopuustot ovat hyvin harvinaisia. Siksi ei vielä ole kokemuseräistä tietoa siitä, miten taimettumiselle otollinen puustotiheys ja poimintahakkuut mahdollistava läpimittajakauma toimivat käytännössä. Sama koskee sitä, miten eri latvuserrosten puut elpyvät poimintahakkuun jälkeen silloin, kun ne ovat syntymästään lähtien varttuneet eri-ikäisrakenteisessa metsässä. Siirtyminen jatkovapeitteiseen kasvatukseen edellyttääkin toistaiseksi vielä jonkinlaista valistunutta arvailua. Kokemuseräisen ja tutkitun tiedon kartuttaminen vie aikaa. Monet jatkovapeitteisyyden nimissä tehdyistä hakkuista edustavat vielä siirtymävaiheita, joiden kohdalla uusien taimien syntyminen ja alikasvosasemassa olevien puiden elpyminen sekä niihin perustuva eri-ikäisrakenteisuuden ”toimivuus” selviää vasta myöhemmin. Osaa hakkuista voidaan hyvinkin oikeutetusti arvostella erilaisista virheistä. Ne voivat synnyttää paljon keskustelua, mutta niiden perusteella tapahtuva

jatkovapeitteisuuden tuomitseminen ei edistä objektiivista ymmärrystä eikä tutkimuksiin ja käytännön kokemuksiin perustuvaa tietämystä menetelmien toimivuudesta.

Malttia ja objektiivista asennetta on toisaalta syytä odottaa myös niiltä tahoilta, jotka jo nyt näkevät jatkovapeitteisuuden valmiina ratkaisuna kaikkiin turvemaiden metsätalouden ympäristöhaittoihin. Tutkittu tieto ja käytännön kokemukset ovat toistaiseksi varsin vähäisiä. Siksi eri tavoin toteutetun jatkovapeitteisuuden vaikutuksista turpeen vesipinnan vaihteluun ja sen myötä ympäristövaikutuksiin ei vielä voi tehdä kovin pitkälle yltäviä johtopäätöksiä. Alustavat tutkimustulokset viittaavat kuitenkin siihen, että avohakkuuseen verrattuna vesistökuormitusta on mahdollista vähentää merkittävästikin siirtymällä jatkovapeitteisyyteen.

Jos jatkovapeitteistä metsänkasvatusta ajatellaan laajasti ja metsänkäsittely suunnitellaan joustavasti eri menetelmiä hyödyntäen, moniin tilanteisiin lienee löydettävissä kasvupaikan ominaisuuksiin ja puustoon rakenteeseen sopiva ratkaisu. Eri ratkaisujen pitkäkestoisista vaikutuksista puuntuotokseen, metsänkasvatuksen kokonaistalouteen ja ympäristövaikutuksiin voimme tässä vaiheessa todeta vain, että niitä pitää edelleen tutkia.

Kirjallisuus

- Andreassen K., Øyen B.-H. (2002). Economic consequence of three silvicultural methods in uneven-aged mature coastal spruce forests of central Norway. *Forestry* 75(4): 483–488. <https://doi.org/10.1093/forestry/75.4.483>.
- Boncina A. (2011). History, current status and future prospects of unevenaged forest management in the Dinaric region: an overview. *Forestry* 84(5): 467–478. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpr023>.
- Dubé S., Plamondon A.P., Rothwell R.L. (1995). Watering up after clear-cutting on forested wetlands of the St. Lawrence lowland. *Water Resources Research* 31(7): 1741–1750. <https://doi.org/10.1029/95WR00427>.
- Finér L., Mattsson T., Joensuu S., Koivusalo H., Laurén A., Makkonen T., Nieminen M., Tattari S., Ahti E., Kortelainen P., Koskiaho J., Leinonen A., Nevalainen R., Piirainen S., Saarelainen J., Sarkkola S., Vuollekoski M. (2010). A method for calculating nitrogen, phosphorus and sediment load from forest catchments. *The Finnish Environment* 10/2010. 33 s. <http://hdl.handle.net/10138/37973>.
- Haight R.G., Monserud R.A. (1990). Optimizing any-aged management of mixed-species stands. II. Effects of decision criteria. *Forest Science* 36(1): 125–144. <https://academic.oup.com/forestscience/article-abstract/36/1/125/4642597>.
- Heikurainen L. (1980). Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. *Acta Forestalia Fennica* 167: 1–38. <https://doi.org/10.14214/aff.7614>.
- Heikurainen L. (1985). Verhopuuston vaikutus kuusitaimikon kehitykseen. *Silva Fennica* 19(1): 81–88. <https://doi.org/10.14214/sf.a15412>.
- Heikurainen L., Seppälä K. (1973). Ojitusalueiden puuston kasvun jatkumisesta ja alueellisuudesta. *Acta Forestalia Fennica* 132: 1–36. <https://doi.org/10.14214/aff.7566>.
- Hietala J., Kosenius A.-K., Rämö A.-K., Horne P. (2014). Metsätalouden taloudellinen tulos eri kasvatustavoissa. Pellervon taloustutkimus PTT työpapereita 164. 76 s. ISBN 978-952-224-156-6.
- Hökkä H., Repola J., Moilanen M., Saarinen M. (2011). Seedling survival and establishment in small canopy openings in drained spruce mires in Northern Finland. *Silva Fennica* 45(4): 633–645. <https://doi.org/10.14214/sf.97>.
- Hökkä H., Repola J., Moilanen M., Saarinen M. (2012). Seedling establishment on small cutting areas with or without site preparation in a drained spruce mire – a case study in northern

- Finland. *Silva Fennica* 46(5): 695–705. <https://doi.org/10.14214/sf.920>.
- Kaila A., Sarkkola S., Laurén A., Ukonmaanaho L., Koivusalo H., Xiao L., O’Driscoll C., Asam Z., Tervahauta A., Nieminen M. (2014). Phosphorus export from drained Scots pine mires after clear-felling and bioenergy harvesting. *Forest Ecology and Management* 325: 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.025>.
- Kojola S., Penttilä T. (2012). Harvennusten ajoittaminen ojitetuilla soilla – metsiköittäin vai kunno-
stusojituksen yhteydessä kerralla kuntoon? *Suo* 63(2): 45–55. <http://www.suo.fi/article/9880>.
- Kojola S., Haavisto M., Uusitalo J., Penttilä T. (2013). Vähäpuustoisten ojitusalue metsiköiden
harvennuspuunkorjuun ja jäävän puuston kasvatuksen kannattavuus kolmessa esimerkkilei-
mikossa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2013: 19–31. <https://doi.org/10.14214/ma.6029>.
- Laiho R., Sallantausta T., Laine J. (1999). The effect of forestry drainage on vertical distri-
butions of major plant nutrients in peat soils. *Plant and Soil* 207: 169–181. <https://doi.org/10.1023/A:1026470212735>.
- Laine J., Vasander H., Hotanen J.-P., Nousiainen H., Saarinen M., Penttilä T. (2018). Suotyypit
ja turvekankaat – kasvupaikkaopas. Metsäkustannus Oy. 160 s. ISBN 978-952-338-036-3.
- Liu H., Lennartz B. (2019). Hydraulic properties of peat soils along a bulk density gradient – a
meta study. *Hydrological Processes* 33(1): 101–114. <https://doi.org/10.1002/hyp.13314>.
- Lähde E. (1971). Anaerobisten olosuhteiden ja aerobisuusrajan esiintymisestä erilaisilla luonnon-
tilaisilla turvemaidella ja merkityksestä suotyypin kuvaajana. *Silva Fennica* 5(1): 36–48. <https://doi.org/10.14214/sf.a14625>.
- Minkkinen K., Laine J. (1998). Effect of forest drainage on the peat bulk density of pine mires in
Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 28(2): 178–186. <https://doi.org/10.1139/x97-206>.
- Miten hoidan metsää jatkuvalla kasvatuksella? (2019). [Verkkosivusto]. Silva ry. Saatavissa:
<https://www.jatkuvakasvatus.fi/jatkuvakasvatus-fi-miten-hoidan-metsaa-jatkuvalla-kasvatuk-sella>. [Viitattu 9.10.2020].
- Niemistö P., Kojola S., Ahtikoski A., Laiho R. (2017). From useless thickets to valuable resource?
– Financial performance of downy birch management on drained peatlands. *Silva Fennica*
51(3) article 2017. 28 s. <https://doi.org/10.14214/sf.2017>.
- Nieminen M., Koskinen M., Sarkkola S., Laurén A., Kaila A., Kiikkilä O., Nieminen T., Ukon-
maanaho L. (2015). Dissolved organic carbon export from harvested peatland forests with
differing site characteristics. *Water, Air, & Soil Pollution* 226 article 181. 12 s. <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2444-0>.
- Nieminen M., Sallantausta T., Ukonmaanaho L., Nieminen T., Sarkkola S. (2017). Nitrogen and
phosphorus concentrations in discharge from drained peatland forests are increasing. *Science
of the Total Environment* 609: 974–981. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.210>.
- Nieminen M., Sarkkola S., Hellsten S., Marttila H., Piirainen S., Sallantausta T., Lepistö A. (2018).
Increasing and decreasing nitrogen and phosphorus trends in runoff from drained peatland
forests – is there a legacy effect of drainage or not? *Water, Air, & Soil Pollution* 229 article
286. 10 s. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3945-4>.
- Nieminen M., Hökkä H., Laiho R., Juutinen A., Ahtikoski A., Pearson M., Kojola S., Sarkkola
S., Launiainen S., Valkonen S., Penttilä T., Lohila A., Saarinen M., Haahti K., Mäkipää R.,
Miettinen J., Ollikainen M. (2018). Could continuous cover forestry be an economically and
environmentally feasible management option on drained boreal peatlands? *Forest Ecology
and Management* 424: 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.046>.
- Ojanen P. (2015). Metsäojituksen vaikutuksesta ilmastoon. *Suo* 66(2): 49–55. <http://www.suo.fi/article/9898>.
- Ojanen P., Minkkinen, K., Alm J., Penttilä T. (2010). Soil–atmosphere CO₂, CH₄ and N₂O fluxes in
boreal forestry-drained peatlands. *Forest Ecology and Management* 260(3): 411–421. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.03.011>.

- doi.org/10.1016/j.foreco.2010.04.036.
- Ojanen P., Minkkinen K., Penttilä T. (2013). The current greenhouse gas impact of forestry-drained boreal peatlands. *Forest Ecology and Management* 289: 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.008>.
- Pukkala T., Lähde E., Laiho O. (2011). *Metsän jatkuva kasvatusta*. Joen Forest Program Consulting. 229 s. ISBN 978-952-6103-04-4.
- Pukkala T. (2014). [Verkkojulkaisu]. Kuinka aloitan jatkuvan kasvatuksen? Arvometsä. Saatavissa: <http://arvometsa.fi/blogi/kuinka-aloitan-jatkuvan-kasvatuksen>. [Viitattu 9.10.2020].
- Pukkala T. (2018). Instructions for optimal any-aged forestry. *Forestry* 91(5): 563–574. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy015>.
- Pulliaainen L. (2019). Taimikon laatu ja jatkokehityksen edellytykset turvemaakuusikoiden pienaukkohakkuissa Pohjois-Suomessa. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Metsätieteiden laitos. 67 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201904021573>.
- Päivänen J. (1973). Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. Seloste: Turpeen vedenläpäisevyys ja vedenpidätyskyky. *Acta Forestalia Fennica* 129. 70 s. <https://doi.org/10.14214/aff.7563>.
- Rikala J. (2003). Spruce and pine on drained peatlands – wood quality and suitability for the sawmill industry. Helsingin yliopisto, Metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 35. 147 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-45-9092-9>.
- Saarinen M. (1997). Kasvupaikkatekijöiden vaikutus vanhojen ojitusalueiden taimettumiseen. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. *Suo* 48(3): 61–70. <http://www.suo.fi/article/9766>.
- Saarinen M. (2013). Männyn kylvö ja luontainen taimettuminen vanhoilla ojitusalueilla – turvemaiden uudistamisen erityispiirteitä. *Dissertationes Forestales* 164. 64 s. <https://doi.org/10.14214/df.164>.
- Salminen A. (2011). Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston opetusjulkaisuja 62. 44 s. ISBN 978-952-476-349-3.
- Sarkkola S., Alenius V., Hökkä H., Laiho R., Päivänen J., Penttilä T. (2003). Changes in structural inequality in Norway spruce stands on peatland sites after water-level drawdown. *Canadian Journal of Forest Research* 33(2): 222–231. <https://doi.org/10.1139/x02-179>.
- Sarkkola S., Hökkä H., Laiho R., Päivänen J., Penttilä T. (2005). Stand structural dynamics on drained peatlands dominated by Scots pine. *Forest Ecology and Management* 206(1–3): 135–152. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.064>.
- Sarkkola S., Hökkä H., Ahti E., Koivusalo H., Nieminen M. (2012). Depth of water table prior to ditch network maintenance is a key factor for tree growth response. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27(7): 649–658. <https://doi.org/10.1080/02827581.2012.689004>.
- Sarkkola S., Hökkä H., Jalkanen R., Koivusalo H., Nieminen M. (2013). Kunnostusojitustarpeen arviointi tarkentuu - puuston määrä tärkeä kriteeri. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2013: 159–166. <https://doi.org/10.14214/ma.6884>.
- Seppälä K. (1969). Kuusen ja männyn kasvun kehitys ojitetuilla turvemaidella. *Acta Forestalia Fennica* 93: 1–89. <https://doi.org/10.14214/aff.7611>.
- Seppälä K. (1976). Relationship between stem diameter of trees at time of draining and their post-drainage increment. *Suo* 27(3): 55–60. <http://www.suo.fi/article/9457>.
- Silver T., Piri T. (2017). Havaintoja tyvitervastaudista turvemaiden männiköissä. *Suo* 68(1): 1–12. <http://www.suo.fi/article/10110>.
- Tahvonon O., Pukkala T., Laiho O., Lähde E., Niinimäki S. (2010). Optimal management of uneven-aged Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management*. 260(1): 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.04.006>.

- Uusitalo J., Salomäki M., Ala-Ilomäki J. (2015). Variation of the factors affecting soil bearing capacity of ditched pine bogs in Southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 30(5): 429–439. <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1012110>.
- Valkonen S. (2020). *Metsän jatkuvasta kasvatuksesta*. Metsäkustannus. 127 s. ISBN 978-952-338-087-5.
- Vuokila Y. (1980). *Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät*. WSOY, Porvoo. 256 s. ISBN 978-951-0099-16-2.
- Wikström P. (2000). A solution method for uneven-aged management applied to Norway spruce. *Forest Science* 46(3): 452–463. <https://academic.oup.com/forestsience/article/46/3/452/4617168>.
- Äijälä O., Koistinen A., Sved J., Vanhatalo K., Väisänen P. (toim.) (2019). *Metsänhoidon suosituks*. Tapion julkaisuja. 253 s. ISBN 978-952-5632-75-0.

50 viitettä.