

Monimuotoinen metsänuudistaminen

Uudistamismenetelmien perustan tarkastelua

Markku Nygren

Matti Ahonen

Raimo Koskinen

Eero Kubin

Eino Mälkönen

VANTAAN TUTKIMUSKESKUS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Jalostusosasto

Monimuotoinen metsänuudistaminen

Uudistamismenetelmien perustan tarkastelua

Markku Nygren
Matti Ahonen
Raimo Koskinen
Eero Kubin
Eino Mälkönen

Markku Nygren, Matti Ahonen, Raimo Koskinen, Eero Kubin ja Eino Mälkönen 1997. Monimuotoinen metsänuudistaminen – Uudistamismenetelmien perustan tarkastelua. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 636.

Avainsanat: Luontainen uudistaminen, metsänviljely, uudistumispotentiaali, monimuotoisuus, kestävä puuntuotanto

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, hanke 3209. Hyväksynyt: Matti Kärkkäinen, tutkimusjohtaja, 16.5.1997.

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa. Puhelin (09) 857 051. Telekopio (09) 8572 575.

Alkusanat

Metsänuudistamisen tavoitteet ja työtavat ovat suuresti muuttuneet viimeisen vuosikymmenen aikana. Uuden puuston aikaansaamisen lisäksi keskeisiksi uudistamisvaiheen tavoitteiksi ovat kiteytyneet metsäluonnon monimuotoisuuden, vesiensuojelun ja maisemakuvan parantaminen, tuotettavan puuraaka-aineen laadun kohottaminen ja uudistamisen kustannustehokkuuden lisääminen. Uudistamisen tavoitteiden monipuolistumisen ja työtapojen muuttumisen vuoksi on jouduttu arvioimaan tutkimustiedon riittävyttä toiminnan tuloksellisuuden turvaamiseksi.

Metsäteollisuus ry:n aloitteesta metsänuudistamisen perusteita kartoitti ryhmä, johon kuuluivat

Matti Ahonen, Enso Oy,
Raimo Koskinen, UPM-Kymmene Oy,
Eero Kubin, Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema,
Eino Mälkönen, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus ja
Markku Nygren, Helsingin yliopisto, Metsäekologia laitos.

Tämä raportti on laadittu ryhmän käymän keskustelun tuloksena Markku Nygrenin laatiman luonnoksen pohjalta. Raportti on tarkoitettu yleiskatsaukseksi metsänuudistamisessa huomioon otettavista ja uudistamistavan valintaan vaikuttavista tekijöistä, jotka julkisessa metsäkeskustelussa jäävät monesti vähälle huomiolle.

Kiitämme professori Erkki Annilaa ja metsänhoitopäällikkö Fred Kallandia raporttiluonnosta koskeneista kommentteista ja parannusehdotuksista. Olemme suuresti kiitollisia Sari Elomalle julkaisun tekstinkäsittelystä ja piirroksista sekä Soile Kärhälle ja Erkki Oksaselle valokuvista.

Huhtikuussa 1997

Tekijät

Sisällys

Alkusanat	3
1. Johdanto	5
Metsien merkitys	5
Pohjoinen havumetsävyöhyke	6
Suomalainen havumetsä	7
Ilmasto, maaperä ja kasvillisuus	7
Luontainen puulajikehitys	11
Metsien käyttö	12
2. Metsänuudistaminen	17
Uudistamisen tavoitteet	17
Metsien palautuvuus uudistamisen perustana	18
Metsien luontainen uudistumispotentiaali	18
Siemensadon määrä ja laatu	18
Siementen itäminen	20
Maan taimettumiskunto	21
Metsien uudistumispotentiaalin hyödyntäminen	25
Tavoitetaimikko	25
Uudistamisstrategia	27
Uudistaminen eri kasvupaikoilla	29
Luontaisesti uudistuvat kohteet	30
Luontaisen uudistumisen edistäminen	30
Metsänviljelyllä varmistettava uudistaminen	31
3. Metsänuudistamisen kehittämistarpeita	33
Kokemukset metsänuudistamisesta	33
Tutkimus- ja kehittämistarpeita	35
Kirjallisuus	37

I. Johdanto

Metsien merkitys

Metsä on ekosysteemi, joka koostuu kasvupaikasta sekä ympäristönsä ja toistensa kanssa monipuolisessa vuorovaikutuksessa olevista puista, pensaista sekä muista kasvilajeista ja eliöistä. Samalla metsä on uudistuva luonnonvara, jota voidaan käyttää hävittäen tai kestävästi. Kestävyysden havainnollistamiseksi käytetään usein vertailua kaivos – metsä. Edellinen on uudistumaton, äärellinen luonnonvara, jälkimmäinen on oikein hoidettuna uudistuva.

Maapallon mittakaavassa metsien merkitys on viime vuosina korostunut ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvun ja ilmastomuutoksen vuoksi. Kasvaessaan puut sitovat ilmakehän hiilidioksidia ja muodostavat siitä orgaanisia yhdisteitä. Osa sitoutuneesta hiilestä varastoituu puusta valmistettaviin tuotteisiin. Kun loppuun kulutetut puujalosteet lahoavat tai poltetaan, niihin sitoutunut hiili palaa uudelleen ilmakehään. Ekologinen kierto jatkuu vapautuneen hiilen sitoutuessa uudelleen kasvien yhteyttämisessä. Metsät sitovat hiiltä erityisesti parhaimmalla kasvun vaiheessa, nuorina ja keski-ikäisinä ja hidastavat siten ilman hiilidioksidipitoisuuden kohoamista ja kasvihuoneilmiön etenemistä (Kauppi 1994).

Ihmisen näkökulmasta metsä ei ole pelkästään yksittäinen luonnonvara tai puuvarasto. Puuaineksen ja puusta saatavien tuotteiden lisäksi metsän muita arvoja ovat metsämaa ominaisuuksineen, metsien luonnonsuojeluarvot ja geenivarannot, metsän ympäristö- ja suojavaikutukset, metsien maisemalliset ja kulttuuriarvot sekä metsien merkitys ulkoilun ja muun virkistyksen ympäristönä.

Metsien monipuolisuus hyödykkeiden tuottajana on viime vuosina noussut keskeiseksi metsien hoitoa ja käyttöä ohjaavaksi tekijäksi. Metsien biologisen monimuotoisuuden ylläpitäminen kuuluu tällä hetkellä kaikkien metsätalouden organisaatioiden metsänhoitosuosituksiin (Ympäristönhoito 1992, Vihreä... 1993, Luonnonläheinen... 1994, Metsätalouden ympäristöohjelma 1994, Metsätalous... 1995, Metsätalouden ympäristöopas 1997). Metsälainsäädäntömme on äskettäin uudistettu ympäristönhoidon periaatteet huomioon ottaen. Suomen metsätaloudessa jo varhain omaksuttu puuntuotannollisen kestävyysperiaate on voitu helposti laajentaa kattamaan myös muut metsän tuottamat hyödykkeet (Metsätalouden ympäristöohjelman... 1997).

Yleiseurooppalaisiin sopimuksiin perustuen Suomessa on sitouduttu noudattamaan kestävän metsätalouden kriteereitä, joissa otetaan huomioon:

1. Metsävarojen ylläpitäminen ja tarkoituksenmukainen lisääminen sekä metsien merkitys hiilenkierrolle.
2. Metsien terveyden ja elinvoimaisuuden ylläpitäminen.
3. Metsien tuotannollisten toimintojen ylläpitäminen ja tarkoituksenmukainen lisääminen (puutuotteet ja muut tuotteet).
4. Luonnon monimuotoisuuden ylläpitäminen, suojelu ja tarkoituksenmukainen lisääminen metsäekosysteemissä.
5. Metsien suojelutoimintojen ylläpitäminen ja tarkoituksenmukainen lisääminen metsien hoidossa (erityisesti maaperä ja vesistö).
6. Muiden sosiaalisten, taloudellisten ja kulttuurillisten toimintojen ja edellytysten ylläpitäminen.

(Ministerikonferenssi... 1994)

Puuntuotannossa metsätalouden kestävyden ylläpito on toimimista tulevaisuuden hakkuumahdollisuuksien hyväksi. Pohjoisessa havumetsävyöhykkeessä kestävän ja taloudellisesti kannattavan metsätalouden harjoittamiselle on hyvät luontaiset edellytykset. Pääpuulajiemme uudistumis- ja kasvubiologisiin ominaisuuksiin perustuen metsien uudistamista ja kasvatusta voidaan luontaisen puulajikehityksen mukaisesti ohjata hakkuilla taloudellisesti ja ekologisesti edulliseen suuntaan. Metsien hakkuukierrolla pidetään yllä metsäkuvioiden välistä, eri-ikäisten metsien vaihtelua ja samalla metsiköiden välistä monimuotoisuutta.

Pohjoinen havumetsävyöhyke

Maapallon 13 mrd. ha maa-alasta noin 4 mrd. ha on metsää. Metsiä esiintyy luontaisesti kaikkialla, missä lämpötila, sademäärä ja sateen jakautuminen ovat suotuisia puiden ja muun metsäkasvillisuuden kasvun ja uudistumisen kannalta. Paitsi luontaiset tekijät, metsien esiintymiseen vaikuttavat myös ihmisen toimenpiteet: nykyisin trooppiset metsät vähenevät FAO:n arvioiden mukaan 17 milj. ha vuodessa – lähes Suomen metsämaan pinta-alan verran – laiduntamisen, polttopuun käytön tai kaskiviljelyn seurauksena (Westoby 1993).

Boreaalinen havumetsä kattaa noin neljänneksen koko maapallon metsäpinta-alasta; yhteensä noin 1 mrd. ha, josta kuitenkin vain noin 600 milj. ha on selvästi puustoista, lopun ollessa soistuneita, palaneita

tai ihmisen hävittämiä alueita. Suomessa metsäpinta-ala on viimeisimmän valtakunnan metsien inventoinnin mukaan 23,0 milj. ha (Metsätilastollinen...1996).

Suomi kuuluu lähes kokonaan viileään, boreaaliseen havumetsävyöhykkeeseen, jossa vuoden keskilämpötila vaihtelee keskimäärin -5 – $+5$ °C ja vuotuinen sademäärä 300–1500 mm. Lämpimimmän kuukauden keskilämpötila on yli 10 °C, mutta kesä on korkeintaan 4 kk mittainen. Vyöhykkeen kasvillisuuden pääformaatio on havumetsä. Se ulottuu Alaskasta Labradorin niemimaalle ja Skandinaviasta Kamtšatkalle. Metsille leimaa-antavia ovat havupuut: männyn (*Pinus*) kuusen (*Picea*), lehtikuusen (*Larix*) ja jalokuusen (*Abies*) sukuun kuuluvat puulajit ovat yleisiä sekä Euraasian että Pohjois-Amerikan kangasmetsissä. Lehtipuista menestyvät koivut (*Betula*), lepät (*Alnus*), pajut (*Salix*) ja haavat (*Populus*).

Boreaalinen havumetsä rajoittuu pohjoisessa arktiseen, puuttomaan tundraan. Etelään siirryttäessä havumetsät vaihtuvat vähitellen lauhkean vyöhykkeen lehtometsiksi, jotka ilmasto- ja maaperätekijät sekä erilainen puulajisto erottavat selvästi pohjoisesta havumetsävyöhykkeestä.

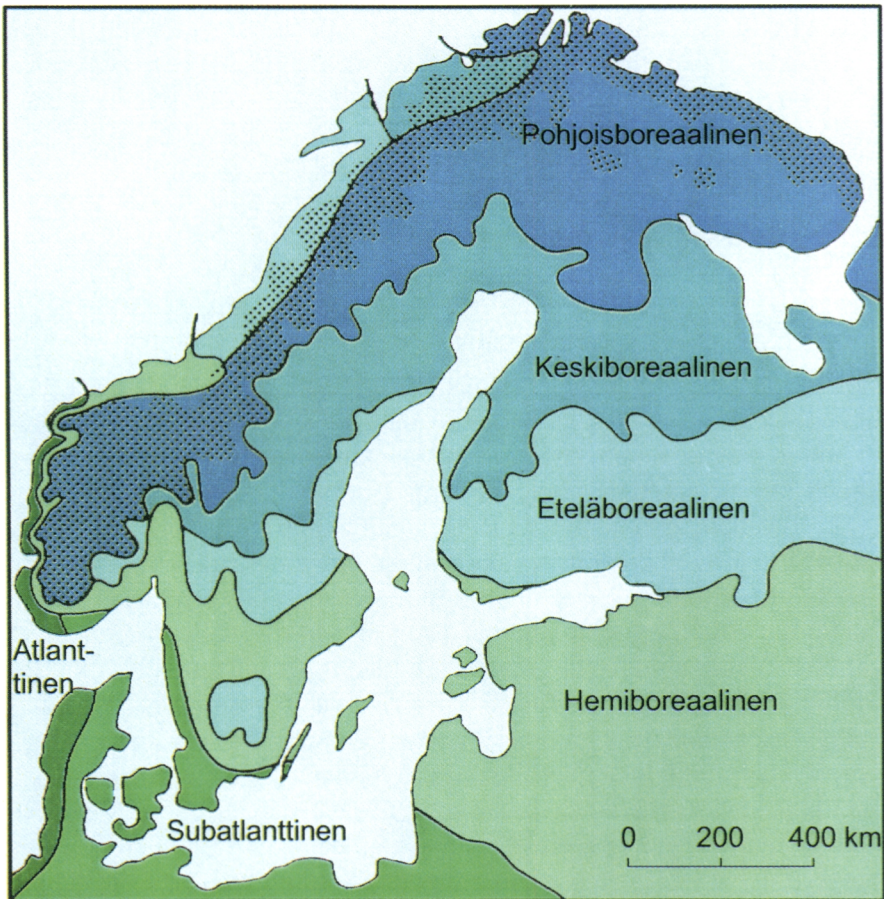
Suomalainen havumetsä

Ilmasto, maaperä ja kasvillisuus

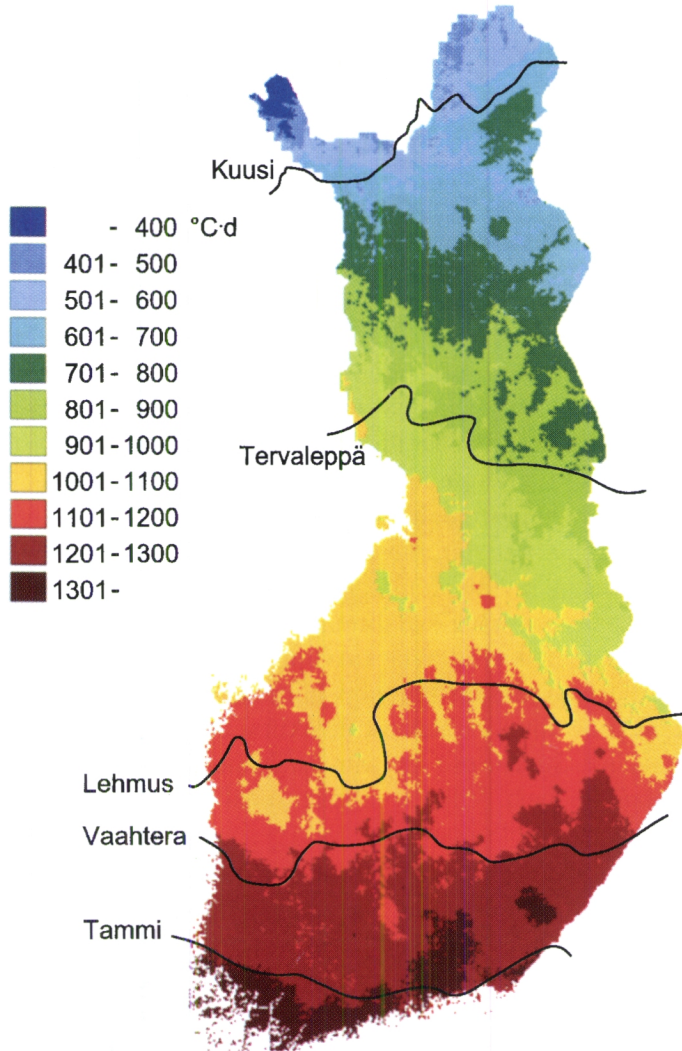
Suomessa havumetsävyöhyke jaetaan etelä-, keski- ja pohjoisboreaaliseen alavyöhykkeeseen (kuva 1). Jaottelun perusteena on kasvukauden pituus eli niiden päivien lukumäärä, jolloin keskilämpötila on vähintään $+5$ °C. Kapea kaistale maamme etelärannikkoa kuuluu viileään ja lauhkean vyöhykkeen välialueeseen, missä kasvukauden pituus on vähintään 175 vrk. Pääosa Etelä-Suomesta on eteläboreaalista alavyöhykettä (160–175 vrk), Pohjanmaa, Kainuu ja Peräpohjola keskiboreaalista (140–160 vrk) ja muu osa Pohjois-Suomea pohjoisboreaalista (100–140 vrk). Pohjoisimmassa Lapissa tullaan alpiiniselle, maaston korkeudesta aiheutuvalla metsänrajalle; varsinaista arktista metsänrajaa ei Suomessa esiinny.

Itä-länsisuunnassa maamme ilmasto luonnehtii mantereisuuden ja mereisyyden vaihtelu. Ahvenanmaa ja osin Lounaissaaristo ovat mereisiä, rannikko lievästi mereinen ja sisämaa lievästi mantereinen. Maamme sijainti mantereisen ja mereisen ilmastoalueen rajalla aiheuttaa myös vuosivaihtelua: toisinaan selvästi mantereisia kuumia keskiä ja kylmiä talvia, toisinaan taas mereisiä, sateisia keskiä ja pitkiä syksyjä.

Kasvukauden lämpöoloja kuvataan lämpösommakäsitteen avulla. Sillä tarkoitetaan summaa, joka saadaan kun vuorokauden keskilämpötilalukemasta vähennetään 5 °C ja saadut positiiviset lukuarvot lasketaan kumulatiivisesti yhteen. Lämpösommaa ei siis kerry, jos vuorokauden keskilämpötila jää alle + 5 °C:een. Maamme lämpimintä aluetta on Kaakkois-Suomen Parikkalan-Simpeleen alue, missä kasvukauden keskimääräinen lämpösomma on noin 1300 °C·d-yksikköä. Pohjoista kohti siirryttäessä lämpösomma vähenee kunnes havumetsänrajalla arvo on noin 650 °C·d-yksikköä (kuva 2). On huomattava, että kasvukaudesta toiseen lämpöolot vaihtelevat suuresti ja että lämpösommayksiköissä mitattuna absoluuttinen vaihtelu on Etelä- ja Pohjois-Suomessa lähes samansuuruisia. Kasvukausien välinen vaihtelu korostuu täten erityisesti pohjoisessa: poikkeuksellisen lämpiminä kasvukausina lämpöolot metsänrajallakin voivat vastata eteläsuomalaisen normaalin vuoden ilmastoa.



Kuva 1. Luoteis-Euroopan kasvimaantieteellinen vyöhykejako (Ahti ym. 1968). Boreaalinen havumetsä erottuu selvästi Keski-Euroopan lehtometsävyöhykkeestä: niin ilmasto, maaperä kuin puulajivalikoimakin ovat erilaisia.



Kuva 2. Keskimääräinen vuotuinen lämpösumma vaihtelee huomattavasti maamme eri osissa: Pohjois-Lapin lämpösumma on vain noin puolet Etelä-Suomen arvoista. Puulajivalikoima vähenee lämpösumman myötä pohjoista kohti: vain hieskoivua ja haapaa tavataan koko maassa. Lämpösummakartta (H. Salminen Metla).

Ilmastollisesti metsän kasvun luontaiset edellytykset heikkenevät siirryttäessä etelästä pohjoiseen. Muutokset näkyvät kasvillisuuskuvassa ja myös muiden eliölajien esiintymisessä: esimerkiksi puuston keskimääräinen vuotuinen kasvu ja putkilokasvien tai pesimälinnuston lajimäärä vähenevät siirryttäessä etelästä pohjoiseen (Kalliola 1973). Puulajien lukumäärä vähenee niinkään: siirryttäessä hemiborealiselta Ahvenanmaalta pohjoisborealiseen Inariin kohdataan yhdeksän eri puulajin pohjoisraja seuraavassa järjestyksessä (kuva 2): marjakuusi (*Taxus baccata*),

metsätammi (*Quercus robur*), metsäsaarni (*Fraxinus excelsior*), vuorijalava (*Ulmus glabra*), metsävaahtera (*Acer platanoides*), metsälehmus (*Tilia cordata*), tervaleppä (*Alnus glutinosa*), kuusi (*Picea abies*) ja mänty (*Pinus silvestris*). Haapaa (*Populus tremula*), raudus- (*Betula pendula*) ja hieskoivua (*Betula pubescens*) tavataan lähes koko maassa.

Ilmaston ohella maaperätekijät vaikuttavat kasvupaikan puuntuotuskykyyn sekä kasvillisuuskuvaan ja eliölajien esiintymistiheyteen. Sekä maalaji että humuskerroksen paksuus ja koostumus vaikuttavat olennaisesti kasvupaikan vesi-, lämpö- ja ravinneoloihin. Humuskerroksen vaikutus riippuu ennen kaikkea sen sisältämän typen määrästä sekä kasvillisuuden tuottaman, humusta muodostavan karikkeen määrästä ja laadusta. Havupuiden karike hajoaa suuren ligniinipitoisuuden takia hitaasti ja muodostaa vaikeasti mineralisoituvan ravinnevaraston, kun taas lehtipuiden karike hajoaa helpommin (Mikola 1954, Viro 1955).

Yleisimmät maalajimme, hieta- ja hiekkamoreenit, sisältävät vaihtelevasti hienoimpia lajitteita, hiesua ja savesta. Niiden määrän lisääntyessä maan veden ja ravinteiden pidätyskyky kasvaa. Kuivat ja kuivahkot kankaat ovat pääasiassa karkealajitteisia ja samalla vähän kasveille käyttökelpoisia ravinteita sisältäviä kasvupaikkoja, tuoreet ja lehtomaiset kankaat puolestaan runsaasti hienoja lajitteita sisältäviä, ravinnerikkaita maita. Lajitekoostumus vaihtelee kuitenkin suuresti samankin kasvupaikatyyppin sisällä. Suurin osa metsämaistamme on lajittumattomia hiekk- tai hietamoreeneja. Viljavat ja kivettömät hieta-, hiesu- ja savimaat on pääosin raivattu pelloiksi.

Maaperän pintakerros on muuttunut vähittäisen maannoskehityksen seurauksena. Kangasmailla on vallitsevana podsolimaannos, joka kehittyy humidisessa ilmastossa vuotuisen sademäärän ollessa haihduntaa suurempi (kuva 3). Vesi liikkuu tällöin maaperässä enimmäkseen ylhäältä alaspäin ja kuljettaa maan pintakerroksesta mukanaan aineksia, joita pidättyy syvemmälle ns. rikastumiskerrokseen. Maavesi ja sen sisältämät hapot rapaattavat maaperää ja aiheuttavat kemiallisia muutoksia. Jo muutamassa sadassa vuodessa maahan kehittyi luontaisesti kerroksellinen rakenne, jossa päällimmäisenä on hajoavasta eloperäisestä aineesta muodostunut kangashumuskerros ja sen alla kivennäismaan huuhtoutumis- ja rikastumiskerrokset sekä muuttumaton pohjamaa. Vuosituhansien kuluessa huuhtoutumiskerros voi kehittyä kymmeniä senttimetrejä paksuksi.

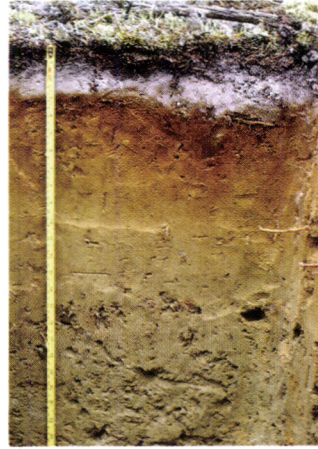
Myös kangashumuskerroksen paksuus vaihtelee ilmasto- ja maaperätekijöistä riippuen. Alhainen lämpötila hidastaa maaperän pieneliöiden toimintaa ja orgaanisen aineen hajoamista. Hajoamisen ollessa hidasta orgaanista ainetta kertyy vähitellen yhä runsaammin, humuspeitteen paksuus kasvaa ja maan lämpötila pysyy alhaisena. Pohjois-Suomessa paksusammalkuusikot ovat tyypillinen esimerkki tällaisesta kehityksestä.



Ruskomaannos,
lehto Bromarv



Podsolimaannos,
tuore kangas Tuusula



Podsolimaannos,
kuiva kangas Ilomantsi

Kuva 3. Metsämaillamme podsolimaannos on vallitseva. Vain paikon lehdossa voi esiintyä lauhkean vyöhykkeen lehtometsille tyypillistä ruskomaannosta.

Voimakkaasta eloperäisen aineen kertymisestä kertovat myös borealisille havumetsille luonteenomaiset suot. Veden vaivaamilla alueilla kasvillisuuden tuottama orgaaninen aine ei ehdi hajota, vaan muuttuu vähitellen, suon hapettomissa oloissa turpeeksi vesipinnan alaiseen kerrokseen, missä hajotustoiminta on hyvin hidasta.

Luontainen puulajikehitys

Borealisen metsän vallitsevat puulajit Suomessa ovat mänty, kuusi sekä raudus- ja hieskoivu. Ne muodostavat sekä yhden puulajin metsiköitä että sekametsiköitä. Luontaisen puulajikehityksen perusteella metsät voidaan jakaa muuttuviin ja pysyviin metsikkölajeihin seuraavasti (Kalela 1945):

I Muuttuvat metsikkölajit - sukcession alkuvaiheen metsiköitä

1. Puhtaat lehtipuumetsiköt (koivikot, haavikot, lepikot)
2. Tuoreiden kankaiden sekametsiköt
3. Tuoreiden kankaiden männiköt
4. Kuivien kankaiden männynsekaiset metsiköt

II Pysyvät metsikkölajit - päätemetsävaiheen metsiköitä

1. Tuoreiden kankaiden kuusikot
2. Kuivien kankaiden männiköt

Metsikkölaji-käsite perustuu boreaalisen havumetsän sukkessioon, jossa paljaan maan metsittävät ensinnä ns. pioneerivaiheessa lehtipuista koivut, lepät ja haapa, havupuista mänty. Pioneerivaiheen lehtimetsissä sekä lehtipuiden ja mäntyjen muodostamisessa sekametsissä puulajisuhteet vähitellen muuttuvat. Tuoreilla kankailla kuusi biologisesti vahvimpana puulajina kykenee muutaman vuosikymmenen kuluessa valtaamaan kasvupaikan uudistamalla luontaisesti alikasvokseksi ja pitämällä sen hallussaan, jolloin päätemetsävaiheena näillä kasvupaikoilla on puhdas kuusikko. Kuivilla kankailla mänty puolestaan vähitellen syrjäyttää lehtipuut ja päätemetsävaiheessa tuloksena on puhdas männikkö.

Muuttuvien metsikkölajien perusominaisuudet antavat luonnonläheiselle metsänhoidolle suuret mahdollisuudet ja niitä voidaan käyttää hyväksi myös metsien uudistamisessa. Nämä metsikkölajit ovat niinkään perustana monimuotoisuuden kannalta tärkeiden sekametsien syntymiselle ja kehitykselle.

Borealisessa metsässä luontaiset muutostekijät – metsäpalot, myrsky- ja hyönteistuhot – aiheuttavat metsäpeitteeseen aukkoja, joissa kasvutilaa ja ravinteita vapautuu pintakasvillisuuden ja pioneeripuulajien käyttöön. Muutoksen luonteesta ja laajuudesta riippuu, mitkä lajit valtaavat vapautuneen kasvutilan ja valtaavatko ne alueen suvullisesti vaiko kasvullisesti uudistamalla.

Aukeita aloja luontaisesti metsittäviä, tyypillisiä puulajeja ovat koivu, haapa, harmaaleppä ja mänty. Ne kykenevät joko runsaasti siemeniä tuottaen tai kasvullisesti vesoja muodostamalla uudistumaan laajoillakin alueilla. Pienialaisemmin uusia puusukupolvia kehittyy pysyvien metsikkölajien pienialaisissa aukoissa, joissa varjoa sietävien puulajien – ennen kaikkea kuusen – taimettuminen on mahdollista.

Metsien käyttö

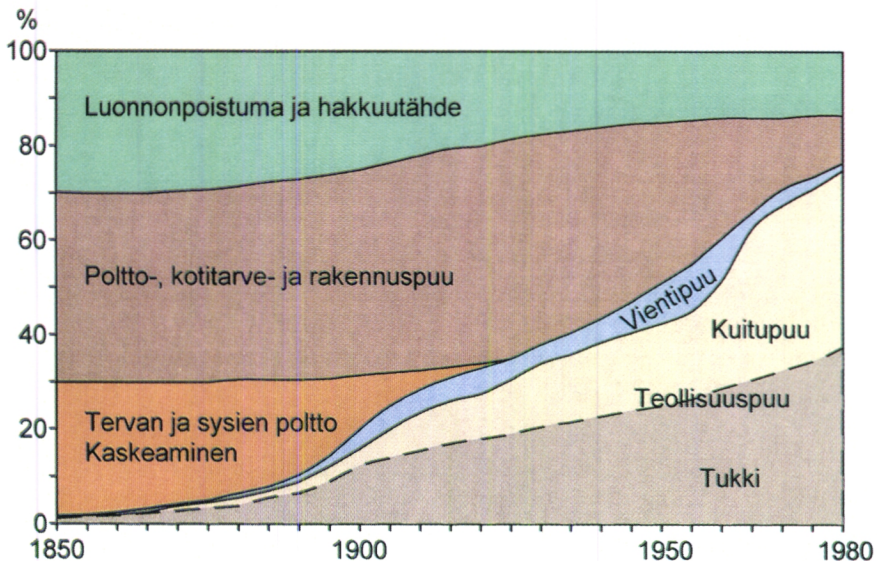
Paitsi luontainen puulajikehitys, metsien rakennetta ja puulajikoostumusta on ohjannut voimakkaasti ihmisen toiminta. Metsien käyttö on määrätyn yhteiskunnan kulloistenkin tarpeiden ja arvostusten mukaan, jotka yhdenkin puusukupolven aikana ovat ehtineet muuttua hyvin paljon.

Varhaisin metsänkäyttö oli erätaloutta ja puun kotitarvekäyttöä. Metsät olivat suurimmaksi osaksi luonnontilaisia erä- ja riistamaita ja ihmisen vaikutus metsäkuvaan oli vähäinen. Tervanpoltosta tuli merkittävä tulonlähde Pohjanmaalla, Savossa ja Kainuussa aina 1600-luvulta lähtien. Raaka-aineena olivat nuorista kolotuista mäntymetsistä saatavat pihka-puut. Kolottuihin mäntymetsiin levittäytyi helposti kuusialikasvos. Vähitellen näillä alueilla alkoi olla puutetta järeästä rakennuspuusta. On arvioitu, että tervanpolttoon käytettiin enimmillään puuta noin 10 milj. m³ vuodessa.

Kaskitalouden saavutettua suurimman laajuutensa 1700-luvulla metsänkäyttö muuttui lähes koko Suomessa lukuunottamatta läntisintä rannikkoaluetta ja pohjoisinta Suomea. Kaskiviljelyn seurauksena kuusi vaihtui pioneeripuulajeihin, tuoreilla mailla lehtipuihin ja kuivemmillä kasvupaikoilla mäntyyn. Kasketut maat lähinnä asutusta olivat yleensä lähes puhtaita lepiköitä, näiden ulkopuolella oli tavallisesti pidemmällä kierrolla kaskettu vyöhyke, jossa koivu oli vallitseva puulaji. Tämän ulkopuolella tavattiin männiköitä ja uloimpana kuusimetsiä. Kasketun pinta-alan arvioidaan olleen suurimmillaan noin 4 milj. ha ja kaskeamisessa palaneen puumäärän noin 10 milj. m³ vuotta kohti (Heikinheimo 1915).

Kaskiviljelyn päätyttyä 1900-luvun alussa karjan laiduntaminen metsissä jatkui aina vuosisadan puoliväliin saakka. Laidunnettujen alueiden metsät kehittyivät epätasaisesti ja vallitsevana puulajina oli usein leppä tai kataja. Joissakin tapauksissa laiduntaminen edisti havupuiden uudistumista, koska karja söi lehtipuuesat, mutta ei kajonnut havupuihin.

Teollinen puunkäyttö kasvoi nopeasti 1800-luvun lopulla (kuva 4). Sahojen tuotantorajoitusten poistuttua sahatavarasta tuli pian Suomen tärkein vientituote. Lisääntyneet hakkuut ja metsien arvon kohoaminen vaikuttivat ratkaisevasti muuhun metsänkäyttöön; tervanpoltto ja kaskeaminen loppuivat. Varhainen sahateollisuus käytti järeää puuta. Kun ainoastaan järeillä sahatukeilla oli kysyntää, vallitseva hakkuu oli ns.



Kuva 4. Puunkäytön likimääräinen kehittyminen (Kuusela 1994). Puunkäytön kokonaisuus on tällä vuosisadalla muuttunut yllättävän vähän. Sitä selvempi muutos on tapahtunut käyttömuodoissa: puun teollinen käyttö on korvannut kaskeamisen ja puun kotitarvekäytön.

hirrenharsinta, jossa vain riittävän järeät puut poimittiin yksittäin metsäkuviolta. Koska selväpiirteisiä uudistushakkuita ei tehty, uusia taimikoita syntyi jätepuustojen aukoissa, paloalueilla ja kuusettumisen myötä (Sarvas 1944).

Tervanpoltto, kaskeaminen ja myöhemmin yksipuolisesti parhaaseen puuston osaan kohdistuneet poimintahakkuut antoivat aiheita vakavaan huolestumiseen maamme metsien tilasta ja puuvarojen riittävydestä. Ensimmäiset arviot metsiemme tilasta ja puuvarojen määrästä tehtiin jo 1850-luvulla (von Berg 1859). Tulokset osoittivat järeän puuston vähäisyyden ja suoranaisen puutteen tietyillä alueilla sekä todistivat suomalaisten oppineen “tuiki taitaviksi metsänhävittäjiksi”. Viranomaisten huoli metsien käsittelytavoista johti metsälainsäädännön ja metsäntutkimuksen suunnitelmalliseen kehittämiseen vuosisadan vaihteen molemmin puolin. Tutkimustieto maamme puuvaroista, luontaisten puulajiemme kasvu- ja uudistumisominaisuuksista ja metsänkäsittelytavoista lisääntyi.

Valtakunnan metsien ensimmäinen inventointi 1920-luvun alussa osoitti yksityismetsien olleen metsänhoidollisesti heikossa tilassa. Vähäpuustoisia hakamaan metsiköitä oli lähes 3 milj. ha. Varsinaisia metsänhoidollisia hakkuita oli tehty ainoastaan 19 %:lla metsäalasta ja määrämittahakkuilla oli käsitelty 52 %. Pilalle hakattuja ja hävitettyjä metsiä oli noin 29 % kaikkien hakkuilla käsiteltyjen metsien pinta-alasta. Pilalle hakattujen ja hävitettyjen metsien kokonaispinta-ala oli lähes 2 milj. ha (Heikinheimo 1924). Puuston kehitysmahdollisuuksia heikentävät käsittelytavat eivät olleet kohdistuneet yksinomaan vanhoihin, vaan myös keski-ikäisiin ja nuoriin metsiköihin. Tästä johtuen yksityismetsien puuvarasto oli kasvullisilla metsämailla keskimäärin vain 70 m³/ha (Ilvessalo 1924) .

Vuosisadan alussa harsitut, vähäpuustoiset metsiköt hallitsivat metsänkuvaa aina 1950-luvulle asti. Vuonna 1948 annettu harsintajulkilausuma merkitsi käännettä metsien hoidossa (Julkilausuma 1948). Harsinta pyrittiin korvaamaan luonnonmukaiseen metsänhoitoon tukeutuvilla, selväpiirteisillä uudistus- ja kasvatushakkuilla. Hakkuissa päähuomio oli kiinnitettävä jäävään puustoon ja sen käsittelyyn kasvatusta ja uudistamista silmälläpitäen. Kasvatusmetsien hoidossa johtavaksi menetelmäksi vakiinnutettiin alaharvennus, mikä merkitsi metsikön parhaiden ja elinvoimaisimpien puiden säästämistä ja kilpailussa jälkeen jääneiden puiden poistamista harvennushakkuissa.

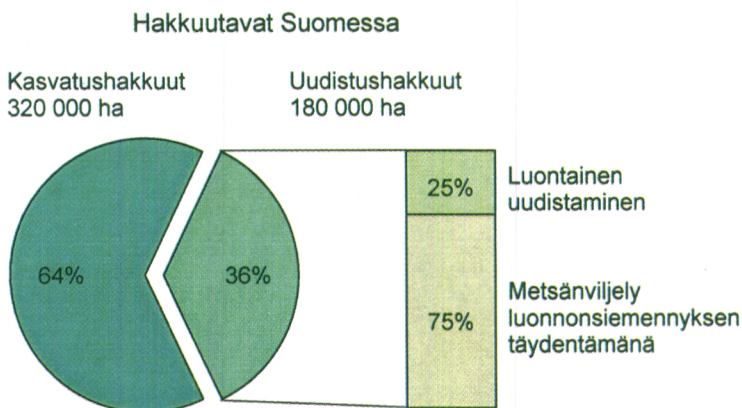
Uudistushakkuissa suosittiin luontaista uudistamista siemen- ja suospuuhakkuin. Koska maata ei vielä tuolloin yleisesti muokattu, luontaisen uudistamisen tulokset jäivät usein heikoiksi: taimettumisajat olivat varsin pitkiä ja taimikot usein epätasaisia ja aukkoisia. Sarvas (1949) totesikin esimerkiksi männyn siemenpuuhakkuusta seuraavan: “Siemenpuuhakkuu oikein ja huolellisestikin suoritettuna ilman siihen liittyvää

maanpinnan erityistä valmistamista on Etelä-Suomessa kaikilla tärkeimillä kasvupaikoilla männikön uudistushakkuuna epävarma. Mustikka-tyypin metsiköissä männyn luontainen uudistaminen tätä uudistushakkuumenetelmää sovellettaessa jokseenkin poikkeuksetta epäonnistuu”.

Metsiemme kehitykseen ovat voimakkaasti vaikuttaneet 1950-luvulta lähtien selväpiirteiset kasvatushakkuut, määrätietoinen metsänuudistaminen sekä soiden ojitus. Kasvua pienemmät hakkuut ovat osaltaan lisänneet puuston kokonaismäärää. Leimaa-antava piirre on se, että lehtipuiden osuus on säilynyt huomattavan korkeana (noin 18 % nykypuuston tilavuudesta) huolimatta kaskikauden jälkeen kehittyneiden koivikoiden vähittäisestä kuusettumisesta. Uusia luontaisia lehtipuustoja on kehittyneet havupuiden joukkoon erityisesti muokatuille uudistusaloille ja ojitusalueille (Kuusela ja Salminen 1991). Pääosa metsistämme – noin 80 % metsämaan pinta-alasta – on edelleen luontaisesti siementyneitä.

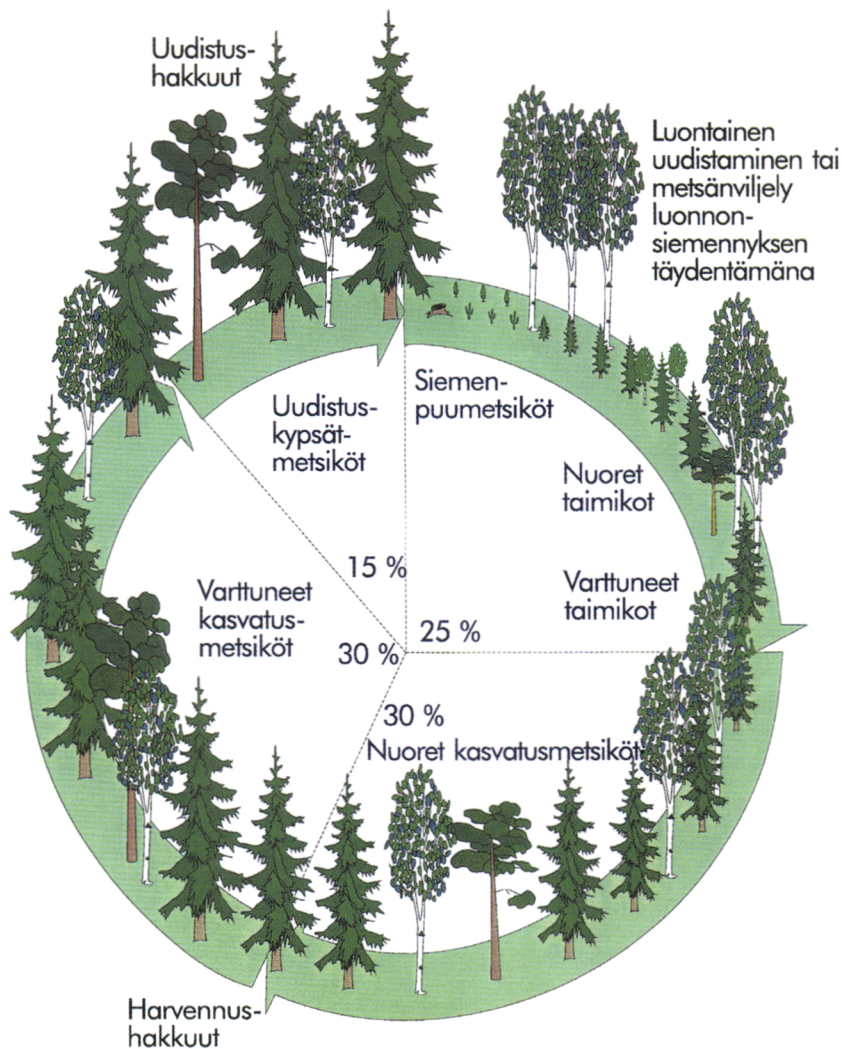
Metsiemme vuotuinen kasvu on lisääntynyt voimakkaasti viime vuosikymmeninä ja on 1990-luvulla ylittänyt 75 milj. m³ tason (Tomppo ja Henttonen). Suunnitelmallinen metsänuudistaminen, puuston täystiheyttä ylläpitävät hakkuutavat, metsänviljely ja metsäojitus ovat olleet kasvunlisäyksen perustana. Talousmetsien käsittely on vakiintunut metsiköittäiseksi hoitamiseksi, jossa samalla metsäkuviolla seuraavat toisiaan kasvatus- ja uudistamisvaiheet metsien luontaisen kehityskierron mukaisesti.

Kasvatushakkuuta tehdään vuosittain runsaan 300 000 ha alalla (Metsätilastollinen...1996). Tämä on noin 2/3 hakkuilla vuosittain käsiteltävää kokonaispinta-alasta. Uudistushakkuiden kokonaispinta-ala on noin 180 000 ha vuodessa (kuva 5). Kasvatus- ja uudistushakkuissa korjattava puumäärä jakaantuu likimain tasan hakkuutapojen kesken.



Kuva 5. Uudistushakkuin vuosittain käsiteltävä pinta-ala on vaatimaton (0,8 %) verrattuna koko metsäpinta-alaan (23,0 milj. ha).

Kiertoajan kuluessa metsissä tehdään tavallisesti kolme kasvatushakkuuta: ensimmäisen hakkuun aika on tavallisesti puuston ollessa noin 30 vuoden ikäistä, seuraavan noin 10–15 vuotta myöhemmin ja kolmas kasvatushakkuu noin 15 vuoden kuluttua edellisestä (kuva 6). Kolmannen kasvatushakkuun jälkeen metsän annetaan varttua noin 20 vuotta, jolloin se on kehittynyt uudistuskypsäksi.



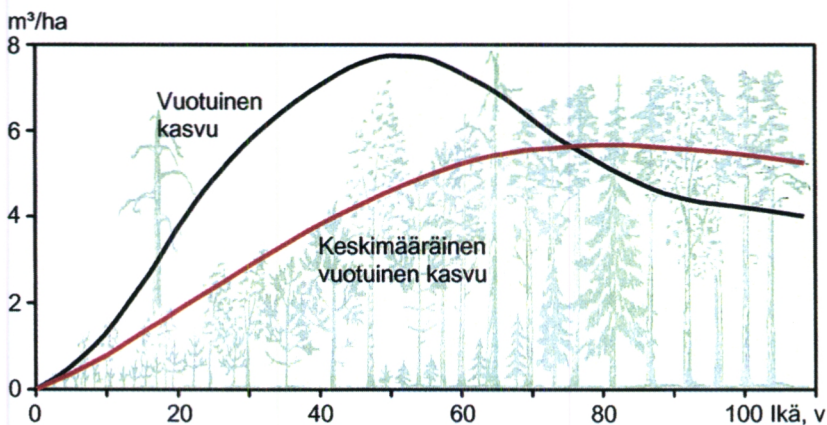
Kuva 6. Talousmetsissäkin kehityskierto noudattaa luonnon rytmiä: taimikkovaihetta seuraavat kasvatusmetsiköt, jotka aikanaan järeytyvät uudistusikänsä. Kestävässä metsätaloudessa kutakin kehitysvaihetta tulee olla sopivassa suhteessa toisiinsa. Prosenttiluvut ilmaisevat eri kehitysvaiheissa olevien metsien tavoitteelliset osuudet Suomessa.

2. Metsänuudistaminen

Uudistamisen tavoitteet

Kestävässä metsätaloudessa metsävarojen käytöltä ja hoidolta edellytetään, että metsien kasvukyky on täydessä käytössä ja että samanaikaisesti turvataan metsien elinvoimaisuus ja monimuotoisuus. Kestävän metsätalouden edellytys on kutakuinkin tasainen puuston ikärakenne. Olennaista on, että metsissämme on tasapainoisesti sekä taimikoita, kasvatusmetsiä että uudistamisvaiheen metsiköitä ja että metsien kasvu ja poistuma ovat pitkällä aikavälillä tasapainossa.

Metsien vuotuinen kasvu on suurimmillaan puuston ollessa keski-ikäistä. Puuston kasvun huippukohta osuu noin 50 vuoden iälle, minkä jälkeen nuoruusvaiheen voimakas kasvukyky alkaa vähitellen heiketä (kuva 7). Kun männikön keskimääräistä vuotuista tilavuuskasvua tarkastellaan kumulatiivisesti kiertoajan alusta lähtien, huippu osuu viljavuudeltaan keskinkertaisella kasvupaikalla 80–90 vuoden kohdalle, minkä jälkeen kasvu kääntyy laskuun. Vaikka kuusikon kasvu kääntyy laskuun myöhemmin kuin männikön, puuston tässä ikävaiheessa on aika harkita metsän uudistamista. Oikea-aikaisella uudistamisella voidaan kasvun ja hakuiden suhdetta säädellä toivotulla tavalla. Metsien ikärakenteen kehittäminen ja ylläpito kestävän käytön mukaisesti on mahdollista vain uudistamalla metsiä riittävästi.



Kuva 7. Etelä-Suomessa puolukkatyyppin männikön vuotuinen kasvu on suurimmillaan noin 40-60 vuoden iässä (Koivisto 1959). Keskimääräinen vuotuinen kasvu lisääntyy hitaammin. Se taittuu laskuun noin 60-90 ikävuoden vaiheilla.

Metsien palautuvuus uudistamisen perustana

Metsänuudistamista borealisessa havumetsävyöhykkeessä helpottaa se, että metsä palautuu häiriön jälkeen sukkession alkuvaiheeseen yleensä hyvin. Suurialaisetkaan häiriöt eivät johda metsän häviämiseen muulloin kuin poikkeustapauksissa. Palautuvuuden takeena ovat metsänuudistumisen kannalta suotuisa humidinen ilmasto, useimpien puulajien tuulipölytteisyys sekä siementen hyvä leviämis- ja itämiskyky. Metsien palautuvuuden kannalta ovat edelleen tärkeitä pioneeripuulajien perusominaisuudet: männyn ja koivun kyky selvitä pintakuloista tuhoutumatta sekä haavan, lepän ja hieskoivun nopea kasvullinen uudistuminen kanto- ja juurivesojen avulla. Kasvupaikkojen pienvaihtelu takaa sen, että suurissakin luonnon katastrofeissa säilyy aina metsiköitä, joista puuttomien alojen metsittyminen voi käynnistyä (Kuusela 1990).

Puut voivat uudistua joko suvullisesti eli siemeniä tuottamalla tai kasvullisesti juuri-, kanto- tai tyvivesoista. Joissakin tapauksissa laji voi säilyä kasvupaikalla vain kasvullisesti uudistumalla. Hyvä esimerkki tästä on haapa, jonka suvullinen uudistuminen siemenistä on hyvin epävarmaa. Usein samalla kasvupaikalla lehtipuusto uudistuu samanaikaisesti sekä suvullisesti että kasvullisesti. Talousmetsissä luontainen uudistaminen perustuu kokonaan metsäpuiden suvulliseen, siemenlähtöiseen uudistumiseen.

Metsien luontainen uudistumispotentiaali

Siemensadon määrä ja laatu

Riittävä siemensato on välttämätön edellytys luontaiselle uudistumiselle. Pääpuulajiemme siemensadot vaihtelevat sekä määrällisesti että laadullisesti. Lukumääräisesti eniten siementä tuottavat hies- ja rauduskoivu.

Koivun siementuotanto on Etelä-Suomessa runsas tai hyvin runsas jokseenkin joka toinen vuosi keskimääräisen sadon ollessa 40 000–50 000 kpl/m² vuodessa (Koski ja Tallqvist 1978). Huippuvuosina saadaan esimerkiksi hieskoivun siementä yli 200 000 kpl/m². Keskimääräinen siemensato vähenee huomattavasti etelästä pohjoiseen siirryttäessä (taulukko 1).

Tehokasta siennystä rajoittaa Pohjois-Suomessa siementen heikko tuleentuminen. Metsänrajaseuduilla saadaan tuleentunutta männyn siementä riittävästi ainoastaan muutaman kerran vuosisadassa. Näilläkin alueilla männyn siemen voi paikallisista oloista riippuen tuleentua useammin. Tuleentuminen on keskimääräistä parempaa esimerkiksi etelä-

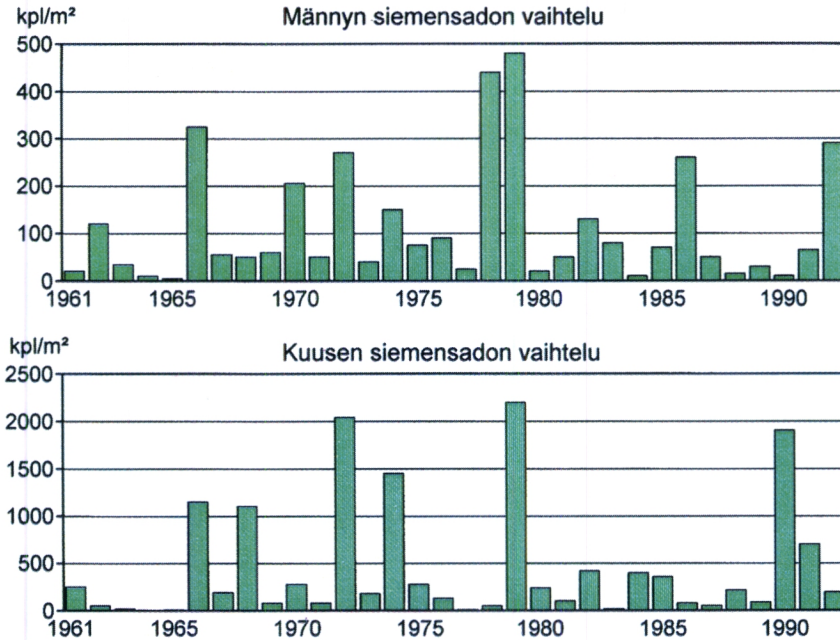
Taulukko I. Pääpuulajien keskimääräinen siemensato Etelä- ja Pohjois-Suomessa (Koski ja Tallqvist 1978).

Alue	Rauduskoivu	Hieskoivu	Mänty	Kuusi
	Siemeniä, kpl/m ²			
Etelä-Suomi	40 000	50 000	110	360
Pohjois-Suomi	5 000	8 000	60	100

rinteillä ja myös latvusten eteläpuolella, missä säteilylämpö jouduttaa siementen kehitystä (Numminen 1974). Samankin metsikön puiden joukossa on aina myös sellaisia yksilöitä, joiden siemen tulee muita paremmin myös epäsuotuisina kasvukausina (Ryynänen 1982).

Kuusi tuottaa verraten runsaasti siementä, mutta käpy- ja siementuhot vähentävät jokseenkin säännöllisesti sen siemensatoja. Näin tapahtuu etenkin runsaan satovuoden jälkeen, jolloin runsastunut hyönteiskanta tavallisesti tuhoaa pääosan parin seuraavan vuoden sadoista. Edelleen on tyypillistä, että tuholaiskannat ehtivät heikentyä ennen seuraavaa runsasta kukintaa ja siemenvuotta, ja tuhot jäivät tällöin vähäisiksi, (Rummukainen 1960, Annila 1981).

Siemensatojen vuosivaihtelu on huomattava (kuva 8). Kaikilla puulajeilla niukkojen siemenvuosien osuus on huomattavan suuri ja huippu-



Kuva 8. Sekä männyn että kuusen siemensadot vaihtelevat suuresti vuosittain. Vaihtelu on lisäksi varsin epäsäännöllistä. Satojen ennustaminen perustuu kukinnan ja käpyjen kehityksen seurantaan (Koski ja Tallqvist 1978, T. Hokkanen Metla).

sadot harvinaisia. Siemensadon määrä on myös yhteydessä kasvupaikan laatuun ja emopuuston kasvuoloihin. Esimerkiksi männyn siemensato Etelä-Suomessa lisääntyy siirryttäessä karuulta kasvupaikoilta viljaville siten, että se on kuivilla kankailla keskimäärin 40, kuivahkoilla kankaila noin 60 ja tuoreilla kankailla noin 90 siementä/m² (Sarvas 1965). Uudistushakkuun jälkeen puukohtainen siemensato aluksi pienenee. Uudistuslalle jätettyjen siemenpuiden latvuston elpymisen myötä siemensato vähitellen kohoaa. Yksittäisten puiden siemensato on suurimmillaan muutamia vuosia uudistushakkuun jälkeen (Heikinheimo 1944).

Siemensadon kokonaismäärä ei sellaisenaan kuvaa uudistumispotentiaalia, koska yleensä vain osa siemenistä on itämiskykyisiä, osan ollessa tyhjiä tai heikosti tuleentuneita. Keskimääräinen tyhjäsiemensadannes on männyllä noin 20 %, koivulla noin 40 % ja kuusella peräti 60 %. On kuitenkin tyypillistä, että siemensadon ollessa runsas myös tyhjäsiemensadannes on em. lukuja alempi (Sarvas 1965).

Pääpuulajiemme siementen leviämiskyky on kohtalaisen hyvä. Reunametsän siementämisrajaksi on arvioitu noin kaksi kertaa siementävien puiden pituus eli 40–60 m (Heikinheimo 1944). Siementymiseen vaikuttaa myös reunapuuston koko ja tiheys: kehityskelpoisten taimien määrä uudistuslalla näyttää lisääntyvän reunametsän puuston pituuden ja pohjapinta-alan kasvaessa (Saksa 1989).

Siementen itäminen

Siemenet tarvitsevat itääkseen vettä ja sopivan lämpötilan. Havupuiden siementen itäminen alkaa noin +6–+7°C:en lämpötilassa; optimilämpötila on noin +20 °C. Tätä korkeammat lämpötilat hidastavat erityisesti kuusen siementen itämistä. Varsinainen itämisvaihe kestää noin 2–3 viikkoa. Taimien jatkokehityksen kannalta keskeistä on itämisen ajoittuminen kasvukauden aikana: mitä aikaisemmin siemenet itävät sitä vahvemiksi syntyneet taimet ehtivät kehittyä ennen talven tuloa. Esimerkiksi Pohjois-Satakunnassa suoritetuissa kokeissa männyn kylvö kangasmailla onnistui sitä huonommin mitä myöhemmin se tehtiin (Kinnunen 1993).

Vaikka maan lämpötila sulkeutuneissa metsissä on kasvukauden aikana suhteellisen alhainen, lämpötila harvoin rajoittaa siemenen itämistä. Sitä suurempi merkitys on kasvukauden sateisuudella. Esimerkiksi männyn luontaisessa uudistamisessa keskikesän sateisuus on selvimmin edistänyt taimettumista, edellyttäen että samanaikaisesti siemensato on ollut vähintään keskinkertainen (Kinnunen 1993). Männyn siementen itäminen näyttää epäonnistuvan useammin kuin kuusen. Aaltosen (1936) mukaan männyllä on runsaita siemenvuosia jonkin verran useammin kuin kuusella, mutta runsaita taimivuosia hieman harvemmin. Eräs syy männyn heikompaan taimettumiseen voi olla siementen ja sirkkataimien herkempi kuivuminen männylle tyypillisillä, kuivilla ja karuilla kasvupaikoilla. Kuivan kankaan männiköissä vain keskimääräistä kosteammat kesät saat-

tavat muodostua hyväksi uudistumisvuosiksi. Kuivahkoilla kankailla ei kasvukauden sääsuhteilla männiköiden uudistumisessa ole enää yhtä ratkaisevaa merkitystä.

Itävien siementen kuivuminen poutakausina haittaa erityisesti männyin uudistumista, koska sen siemen varisee touko-kesäkuussa, jolloin haihdunta on voimakasta ja keskimääräinen sadanta vähäistä. Koivulla kuivumisriskiä vähentää se, että siemen varisee loppukesästä, talvehtii maassa ja itää pääsääntöisesti vasta seuraavana keväänä kevätkosteuden varassa. Talvehtimisen aikana koivun siementen itämisen lämpötilavaste muuttuu: syksyllä itämisen optimilämpötila on noin +25 °C, mutta keväällä itäminen alkaa, kun itämialustan lämpötila kohoaa noin +10°C:een (Mork 1951, Vanhatalo ym. 1996). Varhaisen itämisen ansiosta sirkkaimen juuristo ehtii vahvistua riittävästi ennen alkukesän poutakausia.

Poikkeuksellisen lämpiminä ja kosteina syksyinä koivun siemen voi itää pian varisemisen jälkeen jo elo-syyskuussa (Cajander 1917). Tällöin syntyneet sirkkataimet kuitenkin tuhoutuvat talven aikana, joten uudistumisen kannalta kevätitäminen on ratkaisevaa. Pitkät ja lämpimät syksyt muodostavat siis riskin koivun uudistumiselle.

Kasvukauden humidisuus vaikuttaa myös kuusen siementen itämisajankohtaan. Vaikka kuusen siemen varisee pääosin jo huhtikuussa, siemenet itävät usein vasta heinäkuussa, kun keskimääräinen humidisuus kohoaa sademäärien kasvaessa ja sateita saadaan säännöllisemmin kuin alkukesästä (Yli-Vakkuri 1961). Pitkät poutakaudet keväällä hidastavat itämistä ja jo mahdollisesti itämisen alkuvaiheeseen ehtineet sirkkataimet tuhoutuvat veden puutteeseen.

Koivun siemenet voivat varastoitua ja säilyttää itämiskykynsä metsämaassa muutaman vuoden ajan (Sarvas 1968, Granström 1986). Tällöin jälki-itäminen on mahdollista vielä neljän vuoden kuluttua varisemisesta, joskin suurin osa siemenistä itää varisemista seuraavana keväänä. Männyin siementen jälki-itämistä näyttää esiintyvän toisinaan Pohjois-Suomen uudistusaloilla, missä itäminen ei aina ehdi käynnistyä varisemistai kylvövuonna (Häggman 1987).

Kuusen siemenet menettävät maastossa elinvoimansa nopeasti, ilman että merkittävästi itämiskykyistä siementä siirtyisi "siemenpankkina" seuraaville kasvukausille. Siemenpankin muodostumisen voivat estää myös pikkunisäkkäät, linnut tai hyönteiset, jotka syövät runsaasti vararaintoa sisältävää havupuun siementä (Lehtiniemi 1976, Heikkilä 1977).

Maan taimettumiskunto

Kasvupaikan ominaisuudet

Maan taimettumiskuntoon vaikuttavat kasvupaikka, erityisesti maan fyysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet, pintakasvillisuus ja puusto, jotka kaikki ovat lisäksi keskenään vuorovaikutuksessa. Taimettumisen edel-

lytyksenä on siementen ja sirkkataimien riittävä vedensaanti sekä se, ettei humuskerroksesta, juuristokilpailusta tai pintakasvillisuudesta ole haittaa.

Viljavat hienojakoiset maat voivat kosteuden puolesta taimettua hyvin. Rungas pintakasvillisuus estää kuitenkin siementen pääsyn kivennäismaan pintaan saakka tai tukahduttaa varjostuksellaan pienet sirkkataimet. Karuilla kasvupaikoilla, joilla humuskerros on ohut eikä pintakasvillisuudesta ole haittaa, kuivuus voi usein estää siementen itämisen ja taimien kehityksen.

Maalaji ja erityisesti hienojen lajitteiden määrä vaikuttaa olennaisesti maan vesi-, lämpö- ja ravinneoloihin sekä sitä kautta taimettumiseen. Metsää uudistettaessa on runsaasti hienoimpia lajitteita sisältävien maiden ongelmana usein maan liiallinen tiiviys ja sen myötä kohonnut vesipitoisuus ja routivuus (Lähde 1974). Suuri vesipitoisuus heikentää lisäksi maan ilmavuutta ja lämpöoloja: roudan sulaminen ja lämpeneminen keväällä on hitaampaa kuin karkeissa maalajeissa.

Maan taimettumiskuntoa voidaan parantaa sopivalla maanmuokkauksella. Tällöin paikoitellen poistetaan kilpailevaa pintakasvillisuutta ja humuskerrosta, joka sitoo vettä ja alentaa kivennäismaan pintakerrosten lämpötilaa.

Muokkauksessa paljastunut kivennäismaapinta on edullinen taimettumisalusta. Muokatussa maassa pintakasvillisuuden kilpailu vedestä ja ravinteista on vähäisempää kuin muokkaamattomassa, ja siemenillä on kiinteä yhteys kivennäismaan vesivaroihin. Muokkausjäljessä siemenet usein peittyvät ohuella kivennäismaakerroksella, mikä suojaa niitä siementuholaisilta ja myös liialliselta kuivumiselta. Kivennäismaahan sekoittunut humus lisää itämisalustan vedenpidätyskykyä. Lisäksi humussekoitus suojaa itäviä siemeniä ja sirkkataimia pintaeroosiolta; huokoisessa alustassa vähenevät myös kapillaariveden jäätyminen aiheuttamat roustevauriot. Kivennäismaan paljastaminen parantaa myös itämisalustan lämpöoloja (Leikola 1974, Mälkönen 1976, Kubin 1990). Lämpöä eristävän humuskerroksen puuttuessa muokatut kohdat lämpenevät keväisin aikaisemmin kuin muokkaamattomat.

Luontaisena vastineena maanmuokkaukselle ovat juurineen kaatuneiden tuulenskaatojen paljastamat kivennäismaalakit, jotka ovat luonnonmetsissä helpoimmin taimettuvia "suotuisia pisteitä". Taloudellisesti arvokkaista puulajeistamme etenkin koivu ja mänty tarvitsevat taimettuakseen paljastunutta kivennäismaata. Vain kosteissa korpinotkoissa ja ojittamattomilla rämeillä taimia syntyy tyydyttävästi ilman maanmuokkauksia (Lukkala 1946, Heikurainen 1954).

Emopuuston kilpailu

Luontaista taimien syntymistä ja kehittymistä rajoittaa emopuuston valo- ja juuristokilpailu. Puusto vaikuttaa välillisesti metsikköilmastoon, min-

kä lisäksi puiden juuret ja karike vaikuttavat suoraan taimettumisoloihin. Pääosa puiden juurista on humuskerroksessa ja aivan kivennäismaan pinnassa, parinkymmenen senttimetrin kerroksessa, missä on juurten kasvulle ja toiminnalle riittävästi ravinteita, vettä ja happea. Puulajista riippuen juuristot kehittyvät hieman eri syvyyksille: pääosa kuusen juuristosta on lähellä maanpintaa, männyn juuristo ulottuu keskimäärin syvemmälle kuin kuusen ja rauduskoivun edelleen syvemmälle kuin männyn (Laitakari 1927, 1934). Lisäksi juuriston syvyysjakautumaan vaikuttavat maan ominaisuudet, mm. kivisyys, maalaji ja erityisesti maan vesiolot (Heikurainen 1958). Lehtipuiden juuristo vaikuttaa suotuisasti kasvuoloihin lisäämällä maan ilmavuutta.

Tuoreen kankaan kuusikoissa juuristo saavuttaa enimmäismääränsä noin 100 vuoden ja kuivahkon kankaan männiköissä noin 70 vuoden iässä. Tässä vaiheessa maan koko pintakerroksen täyttävään juuriverkkoon alkaa ilmestyä jatkuvasti laajenevia aukkoja, joissa uudet taimet voivat vähitellen menestyä. Mainituista ikävaiheista lähtien voidaan siis uudistumisen luonnontilaisissa metsiköissä katsoa pääsevän alkamaan. Tämä ajankohta näyttää kuivahkon kankaan männiköissä sattuvan noin 30 vuotta aikaisemmin kuin tuoreen kankaan kuusikoissa. Harvoina kehittyneissä tai voimakkaasti hakatuissa männiköissä juurimäärä jää niin paljon pienemmäksi, että kuusi voi tunkeutua alikasvokseksi missä männikön kehitysvaiheessa tahansa (Kalela 1949).

Tiheissä ja varjoisissa kuusimetsissä pienilmasto on maan taimettumiskunnan kannalta huonompi kuin valopuiden – männyn ja koivun – muodostamissa metsiköissä. Ensinmainituissa vain pieni osa auringon säteilyenergiasta pääsee tunkeutumaan latvuston alle. Latvukset pidättävät myös suuren osan sateesta ja kehittyvät taimet voivat kärsiä kuivuudesta. Talvella lumipeite jää tiheissä metsissä ohueksi ja maa routaantuu syvälle. Maan kylmyyden ja osittain kuivuudenkin takia pieneliöstön hajoitustoiminta maassa on heikkoa ja ravinteiden vapautuminen hidasta (Mikola 1954).

Puhtaissa kuusikoissa puuston epäedullinen vaikutus taimettumiseen näkyy selvimmin: kuusimetsissä hyvät, kehityskelpoiset alikasvokset ovat harvinaisia. Valopuiden, männyn ja koivun muodostamissa metsiköissä kuusi heikentää uudistumista. Koivu puolestaan edistää kuusen taimettumista, koska koivun lehtikarike ehkäisee kilpailevan pintakasvillisuuden, erityisesti sammalten kasvua. Lehtipuukarike vähentää myös maan pintakerrosten happamuutta ja siitä vapautuu ravinteita nopeammin kuin havupuiden karikkeesta. Haavan lehtikarike on osoittautunut kuusen taimettumisen kannalta haitalliseksi; runsaana esiintyessään se tukahduttaa helposti hennot sirkkataimet alleen (Hertz 1932, Heikinheimo 1941).

Hakkuut ja taimettuminen

Uudistushakkuun aiheuttama ympäristön muutos merkitsee kasvutekijöiden – säteilyenergian, veden ja ravinteiden – saatavuuden lisääntymistä sekä maan taimettumiskunnon paranemista (Mälkönen 1991). Hakkuun jälkeen kasvupaikan säteilyolot muuttuvat: tulosäteily kohdistuu suoraan maanpinnalle, joka – samoin kuin alimmat ilmakerrokset – lämpiää voimakkaasti. Kohonnut lämpötila edistää siementen itämistä ja taimien alkukehitystä sekä suoraan että välillisesti. Toisaalta on huomattava, että lämpöolot samalla myös äärevöityvät. Ulossäteilyn seurauksena maanpinta ja alimmat ilmakerrokset voivat jäähtyä öisin niin paljon, että ilmenee hallaa. Hallariski on erityisen suuri pienissä, noin puolen hehtaarin suuruisissa aukoissa, joissa ilman liikkuminen on heikkoa ja joihin valuu kylmää ilmaa ympäristöstä. Aukon koon kasvaessa myös ilman virtaukset voimistuvat ja samalla lämpöolojen äärevyys vähenee.

Reunametsän vaikutuspiirissä taimikon kasvuedellytykset ovat heikommat kuin muualla uudistusalueella (Aaltonen 1938). Reuna-alueen osuus on sitä suurempi mitä pienemmästä aukosta on kyse. Pienissä, alle puolen hehtaarin suuruisissa aukoissa taimettuminen voi karuilla kasvupaikoilla olla heikkoa, koska suurin osa alueesta on suoraan reunametsän vaikutuksen, valo- ja juuristokilpailun alaisena.

Kasvukauden lämpösommakertymä maassa ja ilmassa maanpinnan lähellä on uudistusalueella huomattavasti suurempi kuin puustoisilla alueilla. Edelleen tiedetään, että vastaava kertymä muokkaamattomilla uudistusaloilla jää pienemmäksi kuin muokatuilla aloilla (Leikola 1974). Ilman muokkausta karike ja humuskerros eristävät kivennäismaan pintakerroksen tehokkaasti ja hidastavat lämmön johtumista. Muokkauksella on siten ratkaiseva merkitys maan lämpöolojen muuttamisessa uudistamisen kannalta edullisiksi.

Alueilla, joilla pohjavesipinnan taso nousee hakkuun jälkeen, sekä lämpöolot että maan ilmanvaihto muuttuvat. Kosteaa maata sitoo runsaasti lämpöä ja lämpenee hitaasti. Kohonnut pohjavesipinta saattaa tiivillä mailla aiheuttaa soistumista ja heikentää maan tuulettumista (Lundin 1979). Heikko ilmanvaihto kasvualustassa rajoittaa erityisesti männyn ja rauduskoivun taimien juuriston kehitystä ja heikentää siten maan taimettumiskuntoa.

Maan pintaan tulevan sateen määrä on uudistusaloilla suurempi kuin sulkeutuneessa metsässä. Lisäksi haihdunta kasvaa kohonneesta lämpötilasta ja lisääntyneestä tuulen nopeudesta johtuen. Hakkuun jälkeen myös valunta alueelta lisääntyy ennenkuin pintakasvillisuus ja kehittyvä puusto alkavat pidättää sadetta. Uudistushakkuu ja maan kunnostus voivat lisätä ravinteiden huuhtoutumista ja kiintoaineiden kulkeutumista pintavesiin (Kubin 1995a). Hakkuissa vesistöjen varsille jätetyillä suojavyöhykkeillä

ja olosuhteisiin sopivalla muokkaustavalla voidaan näitä haittoja olennaisesti vähentää.

Lumipeite on uudistusaloilla paksumpi ja tasaisemmin jakautunut kuin metsässä, minkä seurauksena routaantuminen on niissä vähäisempää kuin puuston alla (Yli-Vakkuri 1961). Keväällä lumi ja routa sulavat ja maa lämpenee aikaisemmin aukealla kuin metsässä. Kohonnut lämpötila vilkastuttaa pieneliöstön toimintaa ja ravinteiden vapautumista sekä pidentää kasvukautta aukeilla aloilla verrattuna puustoihin metsiköihin. Pitkä kasvukausi jouduttaa taimien kehitystä ja edistää sitä kautta taimettumista.

Metsien uudistumispotentialin hyödyntäminen

Tavoitetaimikko

Metsänuudistamisen tavoitteena on saada aikaan taimikko, joka täyttää samanaikaisesti sekä ekologiset, puuntuotannolliset että maisemalliset vaatimukset. Sen tulee osaltaan ylläpitää lajistollista ja rakenteellista monimuotoisuutta sekä metsiköiden luontaista vaihtelua. Sekä ekologisen kestävyuden että puuntuotannon kannalta on tärkeää, että uudistusalan pääpuulaji on kasvupaikalle sopiva. Taimikon on oltava myös riittävän tiheä ja se on saatava aikaan kohtuullisessa ajassa ja kohtuullisin kustannuksin. Maisemallisesti tavoitteena on uudistusalojen rajaaminen ja käsittely siten, että kehittyvä uusi metsä sopeutuu mahdollisimman hyvin maisemaan.

Tavoitetaimikolle asetettavat vaatimukset vaihtelevat kasvupaikan viljavuudesta riippuen (kuva 9). Kasvatettavat puulajit määräytyvät kasvupaikan puuntuotoskyvyn perusteella. Lehtomaisilla, tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla tavoitteena on havu- ja lehtipuiden muodostama sekapuusto. Kuivilla ja karuilla kankailla ei luontaisesti kehity lehtipuustoa sekametsäksi, minkä vuoksi tavoitteeksi jää lähes puhtaan männikön kasvattaminen. Erityisesti männyn ja koivun, mutta myös kuusen taimikoissa puuntuotannollisena tavoitteena on tuottaa korkealaatuista puuta – kookkaita, suoria ja hieno-oksaisia runkoja ja lujaa puuainetta – kasvupaikkojen tuotoskyvyn mukaisesti. Hyvä puuaineen laatu saavutetaan kasvattamalla taimikot alusta alkaen riittävän tiheinä (esim. Varmola 1996).

Tavoitetaimikolle asetetut vaatimukset täyttyvät parhaiten silloin, kun saadaan syntymään kasvupaikalle sopiva sekapuusto, jossa on mukana myös edellisen sukupolven puita sekä pystyssä olevina että maapuina. Luonnonmetsien kehityskulkua jäljitellään ja vaihtelevuutta ylläpidetään jättämällä taimikkoon ylispuina haapaa, koivua ja leppää sekä



a)

Kuva: Erkki Oksanen



b)

Kuva: Soile Kärhä



c)

Kuva: Erkki Oksanen

Kuva 9. Tavoitetaimikot ovat hyvin erilaisia kasvupaikasta riippuen: lehtomaisilla, tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla kasvatetaan lehti- ja havupuiden sekapuustoa (a-b), kuivilla kasvupaikoilla ainoaksi vaihtoehdoksi jää männikön kasvattaminen (c).

laho- ja maapuuta. Metsiköiden sisäisen monimuotoisuuden turvaamiseksi säästetään myös katajaa, pihlajaa ja jalojen lehtipuiden esiintymät.

Uudistusalalla mahdollisesti esiintyvät avainbiotoopit, esimerkiksi lehtolaikut, lähteet, rehevät korvet tai puronvarret ovat kohteita, joissa ensijaisena tarkoituksena on kyseisen biotoopin ekologisen luonteen säilyttäminen. Purojen, lähteiden ja rantojen suojavyöhykkeillä vältetään äkillisiä muutoksia. Ranta-alueet ovat uudistamisen erityiskohteita myös vesiensuojelun kannalta: puustoiset suojavyöhykkeet sitovat uudistusalalta kulkeutuvia kiintoaineita ja estävät ravinteiden huuhtoutumista.

Uudistushakkuiden suunnittelussa maisemanäkökohdat otetaan huomioon rajaamalla alueet maastomuotojen mukaan ja jättämällä puustoa maisemallisesti tärkeisiin kohtiin teiden varsille, vesistöjen rannoille ja harjuille.

Uudistamisstrategia

Uudistamisstrategian lähtökohtana on metsien luontaisen uudistumispotentiaalın täysimääräinen hyödyntäminen. Kullakin kasvupaikalla kasvatetaan sekametsänä sille sopivia puulajeja, joiden valinnassa otetaan huomioon odotettavissa oleva tuotto kiertoaikana (taulukko 2).

Pohjois-Suomessa puuston kiertoaika vaihtelee kasvupaikasta ja puulajista riippuen noin 70 vuodesta aina 200 vuoteen. Puuston kasvu ja tuotto ovat pohjoisissa kasvuoloissa noin puolet eteläsuomalaisten metsiköiden keskimääräisistä luvuista.

Taulukko 2. Kasvupaikkojen tuotoskyky vaihtelee - esimerkkinä hyvin hoidetut Etelä-Suomen kangasmetsät.

Kasvupaikka	Lehtomainen kangas	Tuore kangas	Kuivahko kangas	Kuiva kangas
Tuottavin puulaji	Kuusi Rauduskoivu	Kuusi	Mänty	Mänty
Luontainen sekapuu	—— Kaikki kotimaiset puulajit ——			
Runkoluku, noin kpl/ha perustamisvaihe	————— 3 000–10 000 —————			
hoidettu taimikko	1800	1600	1800	1400
uudistuskypsä metsä	600	500	400	300
Kiertoaika, v	60–65	70–80	80	105
Tuotos, m ³ /ha/v	8,2	6,6	5,4	3,6
Tuotto, mk/ha/v(brutto)	1500	1200	1100	700

On huomattava, että metsikön puuntuotannosta kiertoajan kuluessa saatava rahallinen tuotto muodostuu keskimäärin noin 1000 rungon korjuusta hehtaarilta. Ensiharvennuksen pienistä kuitupuurungoista kertyy vain vähän hakkuutuloja; suurin osa saadaan päätehakkuussa järeistä tukeista. Havumetsissä voidaan kasvattaa lehtipuuta ja erityisesti koivua sekapuuna ilman että taloudellisuus kärsii. Sopiva koivusekoitus lisää päinvastoin havumetsän kasvua (Mielikäinen 1980).

Lehtipuusekoituksen ylläpitäminen on tärkeää myös metsikön monimuotoisuuden ja maanhoidon kannalta. Koivua ja muita lehtipuita pyritään säilyttämään niiden luontaisilla kasvupaikoilla havumetsien sekapuuna puusukupolvesta toiseen. Uudistushakkuussa osa lehtipuista korjataan käyttöpuuksi osan jäädessä järeäksi laho- ja maapuiksi seuraavaan metsikköön.

Uudistamis- ja hakkuumenetelmien tekninen kehitys on osaltaan mahdollistanut uuden uudistamisstrategian käyttöönoton. Se perustuu entistä enemmän metsien luontaisen uudistumispotentialin hyödyntämiseen, jolloin kaavamaisesta uudistamisesta on voitu luopua. Pienikin uudistusalue jaetaan tarpeen mukaan osiin, jolloin erotetaan säästettävät avainbiotoopit, uudistushakkuussa säilytettävät taimi- ja säästöpuuryhmät sekä yksittäiset säästöpuut ja maapuut. Lisäksi erotetaan kasvupaikan viljavuuden ja vesitalouden suhteen toisistaan poikkeavat osat, jotka edellyttävät erilaisia puulajivalintoja tai vesitalouden hoitoa.

Samallakin uudistusaloilla luontaista uudistamista ja metsänviljelyä käytetään limittäin siten, että alue jaetaan ilman selviä rajoja luontaisesti taimettuneisiin osiin, luontaisesti uudistuviin alueisiin sekä viljeltäviin kohtiin. Kun uudistusalat Suomessa ovat pieniä – keskimäärin 2–3 ha – reunametsästä leviää etenkin koivun siementä yleensä koko alueelle. Muokatuilla uudistusaloilla luonnonsiemennyksestä kehittyvät taimia, jotka osaltaan varmistavat alueen metsittymisen ja ennen kaikkea lehtipuiden ansiosta sekametsän syntymisen.

Viljellen uudistetaan kohteet, joiden arvioidaan jäävän luontaisesti taimettumatta riittämättömän luonnonsiemennyksen tai rehevöityvän pintakasvillisuuden takia ja joissa uudistaminen ei onnistu kohtuullisessa ajassa riittävän hyvin esimerkiksi vesakkokilpailun vuoksi. Metsänviljelyyn joudutaan turvautumaan myös siinä tapauksessa, että kasvatettava puulaji halutaan vaihtaa. Tyypillinen esimerkki on juurikäävän saastuttaman kuusikon uudistaminen rauduskoivikoksi, joka kestää tätä sienitautia huomattavasti paremmin. Metsänviljelyllä on erittäin suuri puuntuotannollinen merkitys, koska uudistuminen saadaan oikein meneteltäessä aikaan nopeasti ja uusi metsä kehittyy alusta alkaen täysistiheänä – kasvupaikan puuntuotantokyky on näin alusta alkaen täysimääräisesti käytetty.

Luontaista metsittymistä täydennetään tai varmennetaan metsänviljelyllä hyvinkin pienialaisesti siellä, ja vain siellä, missä luontainen uudistuminen ei onnistu tyydyttävästi. Metsänviljelyn tarvetta on voitu ja voidaan näin entisestään vähentää.

Uudistettavissa metsiköissä esiintyy monin paikoin alikasvosta, jota voidaan hyödyntää uuden metsän perustamisessa. Tämä koskee ennen kaikkea kuusta, jonka taimet varjoa sietävinä kehittyvät myös päällyspuuston alla mänty- ja lehtimetsissä. Nykyisen käytännön mukaan pienialaisetkin alikasvosryhmät säästetään uuden metsän osaksi, jos ne ovat kasvupaikalle sopivaa puulajia. Kuusi uudistuu alikasvokseksi myös kuivahkolla kankaalla, mutta ei tällä kasvupaikalla yllä männyn tuotokseen.

Uudistaminen eri kasvupaikoilla

Kasvupaikasta riippuen tavoitetaimikko saadaan aikaan eri tavoin. Kuivilla kankailla metsikön luontainen uudistumispotentiaali yleensä riittää täystiheän taimikon syntymiseen. Viljavammilla kasvupaikoilla luontainen uudistumispotentiaali ei riitä, vaan tarvitaan maanmuokkausta ja metsänviljelyä, jotta uudistaminen onnistuisi kerralla ja kohtuullisessa ajassa (taulukko 3).

Taulukko 3. Suositeltavia tapoja metsän uudistamiseksi eri kasvupaikoilla Etelä-Suomessa.

Kasvu- paikka	Pääpuulaji/ täydentävä puulaji	Luontainen uudistumispotentiaali			
		Pääpuulajin osalta	Täydentävän puulajin osalta	Maanmuok- kaustarve	Viljely- tarve
Kuiva kangas	Mänty	Yleensä riittävä	Luonnossa usein puhtaita männiköitä	Useimmiten ei tarvita	Yleensä ei tarvita
Kuivahko kangas	Mänty/ koivu, kuusi	Riittävä, jos runsas siemenvuosi	Riittävä, kun muokataan	Tarvitaan	Männyn kylvö/ istutus
Tuore kangas	Kuusi/ koivu, mänty	Harvoin riittävä	Riittävä, kun muokataan	Tarvitaan	Kuusen istutus
Lehto- mainen kangas	Kuusi, raudus- koivu/muut puulajit	Harvoin riittävä	Riittävä, kun muokataan	Tarvitaan	Kuusen/ raudus- koivun istutus

Luontaisesti uudistuvat kohteet

Kuivat kankaat taimettuvat suotuisissa oloissa yleensä helposti männylle. Ongelmana on kuitenkin, että itävät siemenet ja sirkkataimet kärsivät näillä kasvupaikoilla usein kuivuudesta, ja uudistuminen onnistuu vain keskimääräistä sateisempina kesinä. Männyn siemensadot kuivilla kankailla ovat tyypillisesti niukkoja. Luontainen uudistumisaika muodostuu näistä syistä pitkäksi, mutta toisaalta myös puuston kiertoaika on kuivien kankaiden karuissa oloissa pitempi kuin viljavammilla kasvupaikoilla.

Kuivilla kankailla syntyy pääpuulajin, männyn joukkoon usein jonkin verran luontaista lehtipuuta, jolla on merkitystä karuillakin kasvupaikoilla monimuotoisuuden ja maan kasvukunnon ylläpitäjänä. Ne vähentävät osaltaan kuiville kankaille tyypillisten hyönteisten kuten punatikan esiintymistä ja sen aiheuttamia tuhoja.

Pintakasvillisuus tai lehtipuut eivät näillä kasvupaikoilla haittaa männyn uudistumista ja taimien kasvua. Haapavesakon syntyminen kuiville kankaille tulisi kuitenkin estää. Haapa toimii väli-isäntänä männynversoruosteelle, joka taimiin iskeytyessään voi merkittävästi haitata taimikon kehittymistä. Uudistumisongelmia voi lisäksi aiheuttaa emopuuston juuristikilpailu, joka kuivilla kankailla on ankaraa, sekä siitä johtuva taimikon aukkoisuus. Yksittäisten siemenpuiden tai siemenpuuryhmien välitön ympäristö taimettuu usein heikosti ja taimien kehitys hidastuu juuristikilpailun takia (Lehto 1956, Niemistö ym. 1993, Kubin 1995b).

Luontaisen uudistumisen edistäminen

Kuivahkoilla, tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla tarvitaan maanmuokkausta, jotta puiden luontaista uudistumispotentiaalia voidaan käyttää hyödyksi. Ilman muokkausta uudistuminen ei näillä kasvupaikoilla yleensä onnistu tyydyttävästi. Tämä johtuu paksuhkosta humuskerroksesta ja hakkuun jälkeen nopeasti rehevöityvästä pintakasvillisuudesta, joka haittaa selvästi taimettumista. Muokkauksessa paljastuneissa kivennäismaakohdissa itäminen onnistuu ja syntyneet taimet kasvavat ja kehittyvät nopeammin kuin humuskerroksessa, koskemattoman kasvipeitteen sisällä (Lehto 1956).

Kuivahkoilla kankailla männyn luontainen uudistumispotentiaali riittää kehityskelpoisen taimikon aikaansaamiseksi vain siinä tapauksessa, että uudistusala on muokattu ja runsas siemensato saadaan heti muokkauksen jälkeen. Mikäli näin ei tapahdu, taimikko on perustettava joko kylvämällä tai istuttamalla.

Männyn taimia uhkaavat usean vuoden aikana kuivuuden ja rousteen aiheuttamat tuhot sekä pintakasvillisuuden kilpailu. Myöhemmin taimet kärsivät enenevässä määrin emopuuston kilpailusta. Taimien luontainen

kuoleminen on alkuvaiheessa runsasta: hyvänä siemenvuotena syntyneistä kymmenistä tuhansista taimista jää yleensä eloon vain muutama tuhat hehtaaria kohti.

Muokkauksen ansiosta kuivahkoille kankailla syntyy riittävästi lehtipuita sekapuustoksi. Lehtipuiden karike ja syväälle ulottuva juuristo edistävät maan kasvukuntoa ja niiden aiheuttama varjostus parantaa havupuiden laatua. Toisaalta vesasyntyinen koivu kehittyy erittäin nopeasti ja häittää etukasvuisena havupuun taimien kehitystä.

Tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla pääpuulajin uudistamista ei yleensä voida perustaa luontaisten uudistumispotentiaalien ja muokkauksen varaan. Kuusen luontaista uudistamista rajoittavat ennen kaikkea harvoin ja epäsäännöllisesti toistuvat siemensadot sekä taimet tukahduttava pintakasvillisuus ja lehtipuuvesakko. Rauduskoivun luontaista uudistamista haittaavat, muokkauksesta huolimatta, hakkuun jälkeen voimakkaasti rehevöityvä pintakasvillisuus sekä myyrätuhot.

Metsänviljelyllä varmistettava uudistaminen

Kuivahkot kankaat uudistetaan kylväen tai istuttamalla männylle. Maan kunnostamiseksi riittää tavallisesti kevyt muokkaus, jonka ansiosta viljelyn männyn joukkoon saadaan täydentäväksi puulajiksi ensisijaisesti lehtipuita mutta myös kuusta. Kylvön onnistumista uhkaavat kasvupaikan karuimmilla osilla kuivuus sekä ylispuiden kilpailu ja viljavammissa osissa nopeasti kehittyvä pintakasvillisuus ja vesasyntyiset lehtipuut.

Tuoreet ja lehtomaiset kankaat uudistetaan viljelemällä valtaosin kuusta. Syyt metsänviljelyyn viljavilla kasvupaikoilla ovat pääpuulajin, kuusen niukat siemensadot sekä siementaimien hidas alkukehitys nopeasti kehittyvään pintakasvillisuuteen ja lehtipuustoon verrattuna.

Kuusen istutus onnistuu hyvin. Heti maanmuokkauksen jälkeen kivennäismaakohoumille istutettujen kuusen paakutaimien kehitys on nopeata. Täydentäväksi puulajiksi saadaan luontaisesti syntyvää koivua, joka itää muokkauksessa paljastuneissa kivennäismaalakuissa. Viljelykuusi ja luontainen koivuntaimi kasvavat usein yhtä nopeasti, joten koivu ei pääse kehittymään etukasvuisiksi. Kokemukset kuusen kylvöstä eivät ole rohkaisevia. Siementen itäminen saattaa onnistua, mutta pintakasvillisuus ja karike tukahduttavat helposti hidaskasvuiset siementaimet.

Rauduskoivua istutetaan niinikään viljaville kangasmaille. Koivun viljelyssä käytetään kookkaita taimia, jotka selviävät voimakkaasta pintakasvillisuuden kilpailusta. Koivuviljelyksiä uhkaavat ennen kaikkea eläintuhot, koska taimet ovat ensivuotensa alttiita niin myyrä-, jänisten kuin hirvienkin aiheuttamille tuhoille.

Metsänviljelyyn joudutaan turvautumaan myös siinä tapauksessa, että halutaan vaihtaa kasvupaikalle taloudellisesti tuottavampi puulaji. Vil-

jeltäviä aloja ovat myös metsitettävät pellot sekä kohteet, joissa luontainen uudistaminen on syystä tai toisesta epäonnistunut.

Metsien kestävä kehitys ja monimuotoisuuden kannalta on tärkeää, että viljeltävät puulajit ovat kotimaisia, kehittyvät sekametsinä ja että viljelyssä käytetään vain paikallisia alkuperiä, kuten tähänkin asti on pyritty tekemään. Lähes kaikissa metsänviljelyä edellyttäneissä uudistamiskohteissakin noin puolet varttuneen taimikon puista on luontaisesti syntyneitä.

3. Metsänuudistamisen kehittämistarpeita

Kokemukset metsänuudistamisesta

Nykyinen metsänuudistaminen perustuu maanmuokkauksen, luonnon-siemennyksen, kylvön ja istutuksen yhdistämiseen kunkin uudistamiskohteen tarjoamien mahdollisuuksien mukaisesti. Tähänastiset tulokset osoittavat, että kasvupaikkakohtainen, pienimuotoinen uudistaminen onnistuu niin, että sekä ekologisen kestävyuden, puuntuotannon että ympäristönhoidon vaatimukset täyttyvät (kuva 10). Taimikoiden varttuessa kertyy koko ajan lisää tietoa ja kokemusta niiden kasvusta ja kehityksestä. Uudistamisstrategiaa voidaan siten jatkuvasti tarkentaa ja kehittää entistä paremmin tarpeita vastaavaksi.

Eri kasvupaikoilla metsän uudistuminen näyttää seuraavalta:

Kuivien kankaiden osuus Etelä-Suomessa on yhteensä noin 2 % metsämaan pinta-alasta. Niiden merkitys on suurempi Pohjois-Suomessa, missä niitä esiintyy karukkokankaat mukaanlukien noin 8 %:lla metsämaan pinta-alasta. Kuivien kankaiden metsiköt ovat tavallisimmin puh-



Kuva: Erkki Oksanen

Kuva 10. Nykyisessä metsänuudistamisessa korostuvat metsäluonnon monimuotoisuus, maisemanhoito ja ekologia - taloudellisuutta unohtamatta.

taita männiköitä, jotka siementyvät joko uudistusalan siemenpuista tai reunametsästä. Uudistuminen onnistuu yleensä hyvin ja männyn joukkoon kehittyä jonkin verran koivua, jolla kuitenkin ei ole kehittymismahdollisuuksia täydentäväksi puulajiksi. Maanmuokkausta sen paremmin kuin metsänviljelyäkään ei useimmiten tarvita.

Kuivahkojen kankaiden osuus metsämaan pinta-alasta on Etelä-Suomessa noin 18 % ja Pohjois-Suomessa 36 %. Niillä on tärkeä puuntuotannollinen merkitys männyn kasvualueina. Ne ovat vaihtelevia kasvupaikkoja, joita esiintyy suunnilleen saman verran sekä moreenimailla että lajittuneilla mailla. Viimeksi mainitut taimettuvat runsaana siemenvuotena luontaisesti hyvin ja niiden uudistamisessa voidaan onnistuneesti käyttää myös männyn kylvöä. Luontaista uudistumista rajoittaa ennen kaikkea siemenvuosien vaihtelu.

Moreenimaiden kuivahkoilla kankailla siemenlähtöinen uudistaminen on maaperästä johtuen ongelmallista. Erityisesti roustevauriot ja heinittymisen tuhoavat siementaimia. Varmimmin uudistaminen onnistuu näissä oloissa istuttamalla.

Tuoreiden ja lehtomaisten kankaiden yhteispinta-ala on Etelä-Suomessa lähes puolet ja Pohjois-Suomessa noin 40 % metsämaan alasta. Ne ovat puuntuotannollisesti tärkeimpiä kasvupaikkoja, jotka yhdessä muodostavat yli 60 % metsien puuntuotoksesta. Nämä alueet ovat ensisijaisesti kuusen, mutta myös koivun kasvupaikkoja. Uudistumispuumia ovat aiheuttaneet aikaisemmin erityisesti routiminen, heinittyminen ja vesottuminen. Pohjois-Suomessa näistä viljavista kasvupaikoista huomattava osa on puuntuotannon kannalta heikkoja, räaseikköisiä kuusikoita, joiden uudistaminen on ongelmallista liiallisen veden ja paksun humuskerroksen vuoksi. Sen sijaan Etelä-Suomessa uudistaminen näillä kasvupaikoilla onnistuu hyvin maaperän mukaan valitun muokkaustavan ja istutuksen ansiosta.

Ojitetut suot muodostavat noin viidenneksen metsämaan kokonaispinta-alasta. Etelä-Suomessa niiden osuus on noin 23 % ja Pohjois-Suomessa noin 20 %. Näiden kasvupaikkojen metsiköt ovat nyt valtaosin kasvatusmetsiä ja alkavat merkittävämmiin tulla uudistamisen piiriin aikaisintaan 10-20 vuoden kuluttua.

Yhteenvetona voidaan todeta, että metsänuudistaminen onnistuu hyvin, kun se tehdään kasvupaikan olosuhteiden edellyttämällä tavalla yhdistämällä luontainen taimettuminen ja viljelyn tarjoamat mahdollisuudet. Nykyisen metsänuudistamisen perusteita ja eri vaihtoehtoja – maanmuokkauksen, luonnonsiemennyksen, kylvön ja istutuksen yhdistelmiä on syytä tutkia ja edelleen kehittää.

Tutkimus- ja kehittämistarpeita

Luontaisen uudistamisen hakkuumenetelmät, siemen- ja suojuvuuhakkuut kehitettiin aikoinaan harsintakauden jälkeisiin, harvoihin ja aukkoisiin metsiin metsikkötalouden edellyttämällä tavalla. Täystiheissä nykypuustoissa lähtökohdat luontaiselle uudistamiselle ovat erilaiset.

Puuston kasvattaminen taimiaineksesta lähtien sekametsäksi on metsänhoidollisesti huomattavasti vaativampaa kuin puhtaan havu- tai lehtimetsikön kasvattaminen. Tarvitaan tutkimustietoa siitä, miten uudistamisesta alkaen hallitaan eri puulajien kasvu- ja juuristikilpailu, ravinnetalous ja metsänhoidolliset toimenpiteet. Arviomme mukaan tutkimus- ja kehittämistarpeita on seuraavasti.

1. Luontainen uudistamispotentiaali tehokkaasti hyväksi

Viljelytiheyden vähentämismahdollisuus viljavilla mailla ja luonnonsiemennykseen turvaaminen karuilla mailla voivat tarjota hyvien siemenvuosien yhteydessä merkittäviä säästöjä.

- Luontaisen uudistamisen käyttöalueen täsmentämiseksi tulisi selvittää, miten päätepuuston tiheys ja puulajikoostumus säätelee uudistamismenetelmien käyttöä ja millaisen lähtökohdan emopuusto eri tilanteissa luo uuden metsikön perustamiselle.
- Maan kunnostaminen oikealla tavalla on avain uudistamisen onnistumiseen. Tarvetta vastaava muokkausjälki erilaisilla kasvupaikoilla ja muokkauksen oikea ajoitus siemensatoon ja hakkuuseen yhdistettynä lisäävät luonnontaimien määrää ja parantavat viljelytulosta. Kylvön kehittämistutkimus on tärkeää sekä kylvön onnistumisen parantamiseksi että luonnonsiemennykseen liittyvien mahdollisuuksien ja pulmien arvioimiseksi.
- Vaikka tiedot pääpuulajiemme siemensadoista ja siemenvuosien kertaantumista ovat hyvät, tarvitaan lisäksi paikallisia siemensatousteita helpottamaan emopuuston siemennyskyvyn arviointia metsikkötasolla. Erityisesti hakkuualojen reunametsien siemensatoja ja uudistusalojen yli-ikäisten säästöpuiden siemennyskykyä tulisi tutkia osana metsiköiden uudistumispotentiaalia.
- Uudistusalojen siemen- ja säästöpuut turvaavat uudistumista ja monimuotoisuutta sekä samalla muodostavat maisemaa. Puita jää paikoin paljonkin. Ylispuiden vaikutusta yhtenä kilpailutekijänä uudistumisoloihin ja taimien kasvuun eri tilanteissa on tarpeellista selvittää. Samoin on selvitettävä, miten säästöpuut vaikuttavat erityisesti mäntytaimikon tasaisuuteen ja laatuun.

2. Uusilla keinoilla aikavoittoa hankkimaan

Alikasvosuudistamisen tutkimus ja kehittäminen toimivaksi uudistamisen menetelmäksi tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla on tarpeellista. Kuusialikasvoksen hyödyntäminen voi olla mahdollista myös kuivahkon kankaan viljavissa osissa. Karummilla alueilla ja ojitetuilla soilla on syytä tutkia myös mahdollisuudet männyn kylvöön päällysmetsän alle.

- Koivikkoon tai männikköön luontaisesti kehittyneitä kuusialikasvoksia voidaan hyödyntää entistä enemmän. Selvitystarpeita liittyy ainakin seuraaviin kysymyksiin: millä kasvupaikalla ja millaisin tiheyksin alikasvoksia kannattaa kasvattaa, millainen on niiden toipumiskyky, mikä on sopiva ylispuuston ja alikasvoksen tiheys sekä millaisia lahoymys-terveysriskejä alikasvoksiin liittyy.
- Metsänuudistaminen päällyspuuston alle onnistuu joissakin tapauksissa myös viljelemällä: esimerkiksi turvekankaalla on viljelty onnistuneesti mäntyä männikön alle, mättäille. Vastaavia kokeita tulisi tehdä myös kangasmailla hankkimalla aktiivisesti mäntyalikasvoksia männikön alle ja kuusta männikön tai koivikon alle. Kehitystyötä tähän suuntaan tulee jatkaa ja laajentaa. Tärkeitä kysymyksiä ovat mm. kuinka taimikko saadaan syntymään edullisesti ja millä päällyspuuston tiheyksillä se mahtuu kulloinkin kasvamaan riittävän hyvin. Tavoitteeksi on asetettava ennen kaikkea aikavoitto uudistamisessa, mutta myös työn ja kustannusten säästö.

3. Monimuotoisuutta koskevaa biologista tutkimustietoa lisää

Avainbiotooppien suojelu sekä lehtipuun ja lahoppuun lisääminen ovat keinoja auttaa uhanalaisia eliöitä ja lisätä monimuotoisuutta. Lehtipuita jätetään talousmetsiin vailla täsmällistä tutkimustietoa siitä, missä ja millaiset määrät ovat kulloinkin tarpeen. Monimuotoisuuden edistämisessä tulisi nopeasti päästä mielipiteistä tutkitun tiedon ja olosuhteiden mukaan täsmennettyjen suositusten käyttöön.

4. Taloudellisilla laskelmilla uusia ratkaisuja

Metsänhoito ja metsien uudistaminen on taloudellista toimintaa ja taloudelliset analyysit ovat siten tarpeen perustaksi johtopäätöksille ja toiminnan suuntaviivoille. Parhaimmillaan taloudellinen tutkimus innovoi ja tuottaa uusia tiedon tarpeita ja ratkaisuja käytännön kysymyksiin. Metsänuudistamisen perustaksi tarvitaan myös lisää taloudellisia analyysejä.

Kirjallisuus:

- Aaltonen, V.T. 1936. Kuusi männyn kilpailijana kasvupaikasta. *Acta Forestalia Fennica* 42(8):1-39.
- 1938. Maa ja metsän uudistuminen. *Silva Fennica* 46:25-42.
- Ahti, T., Hämet-Ahti, L. & Jalas, J. 1968. Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. *Annales Botanici Fennici* 5: 169-211.
- Annala, E. 1981. Kuusen käpy- ja siementuholaisten kannanvaihtelu. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 101:1-32.
- von Berg, E. 1859. Kertomus Suomen metsistä. Näköispainos 1988. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 63. 63 s.
- Cajander, A.K. 1917. Metsänhoidon perusteet II. Suomen dendrologian pääpiirteet. WSOY, Porvoo. 652 s.
- Granström, A. 1986. Seed banks in forest soils and their role in vegetation success after disturbance. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Site Research, Stencil No. 6.
- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. *Acta Forestalia Fennica* 4(2):1-264 + 149 liites.
- 1924. Suomen metsien metsänhoidollinen tila. *Communicationes ex Instituto Quaestionum Forestalium Finlandiae* 9(4):1-12 + 6 liites.
- 1941. Kokemuksia kuusen kylvöstä. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 7-12:193-200.
- 1944. Metsien luontainen uudistaminen. Keskusmetsäseura Tapion käsikirjasia 22. SKS:n kirjapaino, Helsinki. 95 s.
- Heikkilä, R. 1977. Eläimet kylvetyyn männyn ja kuusen siemenen tuhojina Pohjois-Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 89(5):1-35.
- Heikurainen, L. 1954. Rämemänniköiden uudistamisesta paljaaksihakkausta käyttäen. *Acta Forestalia Fennica* 61(27):1-19.
- 1958. Sekametsiköiden juuristoista ojitetuilla suolla. *Acta Forestalia Fennica* 67(2):1-23.
- Hertz, M. 1932. Tutkimuksia aluskasvillisuuden merkityksestä kuusen uudistumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 17(4):1-189.
- Hägman, J. 1987. Voiko männyn siemen jälki-itää? Julkaisussa: Saarenmaa, H. & Poikajarvi, H. (toim.). Korkeiden maiden metsien uudistaminen – Ajankohtaista tutkimuksesta. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278: 115-122.
- Ilvessalo, Y. 1924. Suomen metsät. Metsävarat ja metsien tila. *Communicationes Quaestionum Forestalium Finlandiae* 9(1):1-33 + 19 liites.
- Julkiläusuma 1948. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 11:315-316.

- Kalela, E.K. 1945. Suomen metsien puulajidynamiikkaa. *Terra* 57:1-19.
- 1949. Männiköiden ja kuusikoiden juurisuhteista. I. *Acta Forestalia Fennica* 57(2):1-79
- Kalliola, R. 1973. Suomen kasvimaantiede. WSOY, Porvoo. 308 s.
- Kauppi, P. 1994. Metsätalouden vaikutus ilmakehän hiilidioksidipitoisuuteen. Julkaisussa: Snellman, V. (toim.). Tutkimus metsien kestävyys- ja käytön perustana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 523:167-172.
- Kinnunen, K. 1993. Männyn kylvö ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 447. 36 s.
- Koivisto, P. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 51(8):1-49.
- Koski, V. & Tallqvist, R. 1978. Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla. *Folia Forestalia* 364. 60 s.
- Kubin, E. 1990. Lumi-, routa- ja lämpöolot eri tavoin muokatussa metsämaassa Kuusamossa. *Silva Fennica* 24(1):35-45.
- 1995a. Avohakkuun, hakkuutähteiden talteenoton ja maanmuokkauksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen. Julkaisussa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.). Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2- ympäristönsuojelu. Suomen ympäristökeskus, s. 65-71.
- 1995b. Männyn siemenpuiden poiston ajankohta. Julkaisussa: Poikolainen, J & Väärä, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Kuusamossa 1994. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 552: 55-62.
- & Kempainen, L. 1994. Effect of soil preparation of boreal spruce forest on air and soil temperature conditions in forest regeneration areas. *Acta Forestalia Fennica* 244. 56 s.
- Kuusela, K. 1990. The dynamics of boreal coniferous forests. SITRA 112. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. 172 s.
- 1994. Suomen metsäsektori yhdentyvässä Euroopassa. Metsämiesten säätiö. Kainuun Sanomain Kirjapaino. 16 s.
- & Salminen, S. 1991. Suomen metsävarat 1977–1984 ja niiden kehittyminen 1952-1980. *Acta Forestalia Fennica* 220. 84 s.
- Laitakari, E. 1927. Männyn juuristo, morfologinen tutkimus. *Acta Forestalia Fennica* 33(1):1-306.
- 1934. Koivun juuristo. *Acta Forestalia Fennica* 41(2):1-216 + kuva- ja karttas.
- Lehtiniemi, T. 1976. Männyn ja kuusen siementen tuhoutuminen metsämaassa. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 12. 105 s.
- Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. *Acta Forestalia Fennica* 66(2):1-106.

- Leikola, M. 1974. Muokkauksen vaikutus metsämaan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(2):1-64.
- Lukkala, O.J. 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 34(3):1-150.
- Lundin, L. 1979. Kalhuggningens inverkan på markvattenhalt och grundvattnenivå. Sveriges lantbruksuniversitet, Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära 36, 35 s.
- Luonnonläheinen metsänhoito 1994. Metsänhoitosuosituksset. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6. 72 s.
- Lähde, E. 1974. The effect of grain size distribution on the condition of natural and artificial sapling stands of Scots pine. Selostus: Maan lajitekoostumuksen vaikutus männyn luontaisten ja viljelytaimistojen kuntoon. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(3):1-23.
- Metsätalouden ympäristöohjelma 1994. Maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön vahvistama ohjelma. Painatuskeskus Oy, Helsinki. 30 s. + 6 liites.
- Metsätalouden ympäristöohjelman toteutuminen 1997. Seurantaryhmän kolmas väliraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 3. 110 s.
- Metsätalouden ympäristöopas 1997. Metsähallitus. Tuokinprint Oy, Helsinki. 112 s.
- Metsätalous ja vesiensuojelu 1995. Vesien ja vesiluonnon suojelu metsätalouden töissä. Metsäteho. Tuokinprint Oy, Helsinki. 23 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1996. Metsäntutkimuslaitos. Helsinki. 354 s.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsikön rakenne ja kehitys. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(3):1-82.
- Mikola, P. 1954. Kokeellisia tutkimuksia metsäkarikkeen hajaantumisnopeudesta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 43(1):1-50.
- Ministerikonferenssi metsien suojelemiseksi Euroopassa 1994. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. 45 s.
- Mork, E. 1944. Faktorer som virker på spireevnen hos furu-, gran- og björkefrö. *Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen* 38:163-173.
- Mälkönen, E. 1976. Markberedningens ekologi och inverkan på planteringsresultatet. *Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Redogörelse* 6:11-15.
- 1991. Improvement of site factors through soil tilling under Nordic conditions. Julkaisussa: Efficiency of stand establishment operations. New Zealand Ministry of Forestry, Forest Research Institute, Bulletin 156:196-203.
- Niemistö, P., Lappalainen, E. & Isomäki, A. 1993. Männynsiemenpuuston kasvu ja taimikon kehitys pitkitetyn luontaisen uudistamisvaiheen aikana. *Folia Forestalia* 826. 26 s.

- Numminen, E. 1974. Rinteen ja latvuksen ilmansuunnan vaikutus männyn siemenen tuleentumiseen ja siemensadon määrään Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen Kolarin tutkimusaseman tiedonantoja 6.
- Rummukainen, U. 1960. Kuusen siementuhojen runsaudesta ja laadusta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 52(3):1-83.
- Ryynänen, M. 1982. Individual variation in seed maturation in marginal populations of Scots pine. *Silva Fennica* 16(2):185-187.
- Saksa, T. 1989. Männyn taimikoiden tila auraus- ja äestysaloilla Etelä-Savossa. *Folia Forestalia* 733. 32 s.
- Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33(1):1-255.
- 1949. Siemenpuuhakkuu männikön uudistushakkuuna Etelä-Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 37(6):1-43.
- 1965. Basic studies into the most important factors controlling the quantity and quality of natural seed crops of forest trees. Metsäntutkimuslaitos. Moniste. 95 s.
- 1968. Tutkimuksia koivun uudistumisesta Etelä-Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 35(4):1-91.
- Tomppo, E. & Henttonen, H. 1996. Suomen metsävarat 1989-1994 ja niiden muutokset vuodesta 1951 lähtien. Metsäntutkimuslaitos. Metsätilastotiedote 354. 18 s.
- Vanhatalo, V., Leinonen, K., Rita, H. & Nygren, M. 1996. Effect of prechilling on the dormancy of *Betula pendula* seeds. *Canadian Journal of Forest Research* 26:1203-1208.
- Varmola, M. 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 585. 70 s.
- Vihreä muutos 1993. Metsäteho. Painovalmiste Ky, Helsinki. 20 s.
- Viro, P.J. 1955. Investigations on forest litter. Selostus: Metsäkariketutkimuksia. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 45(6):1-65.
- Westoby, J. 1993. Maailmanmetsä. Kansainvälisen metsätalouden perusteet. Kustannus Metsätähti, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. 231 s.
- Yli-Vakkuri, P. 1961. Tutkimuksia männyn kylvöalojen metsittymisvaiheesta. *Acta Forestalia Fennica* 74(3):1-47.
- Ympäristöhoito 1992. Metsäteho. Painovalmiste Ky, Helsinki. 12 s.



Техническое издание

ISBN 951-40-1562-2