Metsänhoidollisen ympäristön vaikutus mäntysahapuun laatuun

Anu Kantola
Olavi Pennanen

Metsätehon raportti 69
29.3.1999

Ryhmähanke: Aureskoski Oy, Metsähallitus, Metsäliitto Osuuskunta, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj, Vapo Timber Oy

Asiasanat: mänty, kasvutiheys, ilmansuunnat, latvus, oksat, sahauspinnan oksat, NT-laatu

© Metsäteho Oy

Helsinki 1999

SISÄLLYS

ALKUSANAT.....**3**

TIIVISTELMÄ.....**4**

1 JOHDANTO.....**4**

2 KIRJALLISUUSYHTEENVETO.....**5**

3 ANALYYSI.....**7**

4 TULOKSET.....**10**

5 TULOSTEN TARKASTELU.....**18**
5.1 Aineistotarkastelu.....18
5.2 Koesahauspuiden tarkastelu.....18

6 KIRJALLISUUS- JA TUTKIMUSTULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN.....**20**

KIRJALLISUUTTA.....**22**

ALKUSANAT

Olen tehnyt tämän tutkimuksen Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen pro gradu -työnä, jonka päätulokset julkaistaan tässä raportissa. Tutkimuksessa käytetty aineisto on kerätty Metsäteho Oy:n Tuotelähtöinen puunhankinta -projektia varten. Aineistoa ei ole aikaisemmin hyödynnetty tähän tarkoitukseen.

Olavi Pennanen on ohjauksen ohella kirjoittanut tiivistelmän ja tulosten hyödyntämisen sekä tiivistänyt muun osan opinnäytetyöstä tähän raporttiin.

Tutkimuksessa selvitetään puunkasvatuksen mahdollisuuksia vaikuttaa sahapuun laatuun tutkimalla puun ulkoisten laatuominaisuuksien, sahauspinnassa ilmenevien oksaisuus- ja laatuominaisuuksien sekä kasvutiheyden välisiä riippuvuuksia. Lisäksi tutkitaan, miten sahapuun oksaisuus ja laatu vaihtelevat rungossa eri pääilmansuuntiin kasvutiheyden vaihdellessa. Tuntemalla sisäoksaisuuden käyttäytymistä puussa, niin ilmansuunnittain kuin puun korkeussuunnassa, voidaan sahauksessa varautua oksien aiheuttamaan laadun vaihteluun.

Helsingissä 28.12.1998

Anu Kantola

TIIVISTELMÄ

Puiden metsänhoidollisen ympäristön vaikutusta mäntysahapuun laatuun tutkittiin Tuotelähtöinen puunhankinta -projektin aineistoon perustuen, jota oli 119 mäntykoesahauspuuta. Puiden kasvutilaa kuvattiin kilpailuindeksillä, joka lasketaan kunkin koesahauspuun koon sekä lähipuiden koon ja etäisyyden avulla. Tulokset kuvaavat päätehakkuuvaiheessa olevien tuoreilla ja kuivilla kankailla kasvavien mäntyjen sahausominaisuuksia hakkuuajankohdan kilpailutilanteeseen perustuen.

Samankokoisten koepuiden sahaustulokset eivät juuri muuttuneet päätehakkuuvaiheen kilpailutilanteen mukaan. Vain leimikoiden suurimmilla koepuilla sahausarvo kasvoi kasvutilan vähetessä. Päätehakkuvaiheen kilpailutilanne kuvasi siten vain heikosti samankokoisten puiden sahausominaisuuksia. Puiden järeys oli voimakkaasti sahausarvoon vaikuttava, joten leimikon alistettujen pienten puiden kova kilpailutilanne ei näkynyt puun sahausarvossa.

Oksaton tyvi oli kasvutilasta riippumatta noin viisi metriä korkea. Kuollut oksainen rungon osuus kasvoi kasvutilan vähetessä. Kasvutilan lisääntyminen lisäsi elävien oksien paksuutta, pituutta ja siten latvuksen laajuutta. Oksien paksuusvaikutus ulottui sahauspintoihin saakka. Elävän latvuksen pituus väheni kilpailutilanteen kiristyessä. Hyvin alisteiset puut olivat lyhytlatvuksisia. Vähäinen kasvutila pienensi myös kuolleiden oksien paksuutta, joskin eläviä heikommin.

Puun paksuimmat oksat olivat puiden eteläkyljillä. Sinne olivat myös latvusten pinta-alat painottuneet. Samaten elävä latvus ulottui alemmas eteläpuolella. Länsi - pohjoispuolella olivat ohuimmat oksat, ja niiden lukumäärä oli vähäisin. Kuolleet oksat eli elävän latvuksen raja ulottui ylemmäksi pohjoispuolella.

1 JOHDANTO

Tutkimuksessa tarkasteltiin mäntyrungon ulkoista ja sisäistä sahauspinnan laatua. Kirjallisuuden perusteella selvitettiin latvuksen kokoon, puun ulkoisten ja sisäisten oksien määrään, kokoon ja laatuun vaikuttavia tekijöitä. Tutkimusaineiston perusteella selvitettiin metsikön kasvutilan vaikutusta männyn ulko- ja sahauspinnan oksien lukumäärään, kokoon ja laatuun, sekä latvuksen pituuteen, leveyteen ja oksarajakorkeuteen. Lisäksi selvitettiin sahauspinnan oksien koon, lukumäärän ja laadun vaihtelua eri pääilmansuunnissa. Raportti on yhteenveto aiheesta tehdystä pro gradu -työstä.

2 KIRJALLISUUSYHTEENVETO

Puiden oksien ominaisuudet ovat perinnöllisesti määräytyviä, tosin voimakkaasti ympäristön mukaan muotoutuneita. Puut kilpailevat keskenään käytettävissä olevista ravinteista, vedestä ja säteilystä. Kasvutiheys vaikuttaa näiden tekijöiden saatavuuteen. Onkin suhteellisen epävarmaa määrittää tarkasti perimän vaikutuksen osuutta puun oksaisuuteen. Oksat ovat erittäin mukautumiskykyisiä vaihtelevissa ympäristöoloissa, jolloin latvuksen rakenne muovautuu metsikön kasvuhetken kilpailutilannetta vastaavaksi.

Männyn elävän ja kuolleen latvuksen pituudet lyhenevät puuston tiheyden kasvaessa, ja oksattoman rungon osuus puun kokonaispituudesta kasvaa. Kuitenkin puun iän vaikutus latvussuhteeseen on niin suuri, että se osittain peittää metsikön tiheydestä johtuvan vaihtelun. Kuivaoksainen rungon osa pitenee viljelymänniköissä puun iän myötä.

Kasvupaikan viljavuusvaihtelu vaikeuttaa päätelmien tekoa puuston tiheyden vaikutuksesta mäntyjen oksikkuuteen. Viljavilla kasvupaikoilla vallitsevissa puissa on enemmän oksia kuin karuilla kasvupaikoilla vallitsevissa puissa. Kasvupaikan viljavuus määrää puiden oksikkuuden yleistason. Puuston tiheyden vaikutus oksien läpimittaan korostuu erityisesti viljavilla kasvupaikoilla. Tiheässä männikössä on oksia kiehkurassa vähemmän kuin harvoissa männiköissä. Elävien ja kuolleiden oksien keskimääräinen paksuus on tiheässä metsässä pienempi kuin harvassa metsikössä. Oksien paksuus ja lukumäärä eivät vähene suoraviivaisesti puuston tiheyden kasvaessa.

Kun tarkastellaan puun käyttökelpoisuutta sahauksessa, tulee ensisijaisesti kiinnittää huomio elävän latvuksen pituuteen eli latvussuhteeseen, kuivaoksaisen alueen pituuteen sekä oksattoman rungon pituuteen. Lisäksi puun paksuimman elävän ja kuolleen oksan koko ovat merkittäviä. Nämä tekijät heijastuvat suoraan sahatavaran laatuun. Kun kuivaoksaisen puun osuus on pitkä ja puussa on paksuja kuivia, lahoja tai eläviä oksia, on odotettavissa huonolaatuista sahatavaraa. Kuivaoksarajan korkeus ennustaa hyvin tyvitukin ja välitukin laatua sekä tyvitukista saatavaa parhaan sahatavaralaadun osuutta. On kuitenkin huomattava, että esimerkiksi kuollut ulko-oksa saattaa olla elävä tukin pinnassa etenkin lähellä elävää latvusta.

Elävien ja kuolleiden oksien paksuus 50 - 120 vuotta vanhoilla puilla on suurimmillaan puun puolivälin korkeudella, kutakuinkin elävän latvusrajan alarajoilla. Kuolleet oksat ovat läpimitaltaan hieman eläviä oksia pienempiä samalla korkeudella. Rinnankorkeusläpimitaltaan samansuuruisissa puissa oksat ovat sitä paksumpia, mitä voimakkaammin puu kapenee ja on pienempi tilavuudeltaan. Oksan paksuus kasvaa pääasiassa rungon runsaan paksuuskasvun myötä eikä riipu voimakkaasti puun iästä. Sahapuuosan suurimman oksan paksuus vähintään kaksinkertaistuu saman ikäluokan puilla, kun rinnankorkeusläpimitta tuplaantuu. Nuorten mäntyjen elävien oksien lukumäärä on suurin latvuksen yläosassa. Latvuksen puolenvälin alapuolella oksien määrä

pienenee nopeasti latvuksen alimmassa kolmanneksessa, jossa sijaitsee suurin osa kuolleista oksista.

Rungon paksuin oksa on usein myös rungon pisin oksa, jolloin latvus on yleensä levein korkeudella, jossa ovat puun paksuimmat oksat. Rungon pisin oksa kuvaa tyvitukin laatua paremmin kuin rungon paksuimman kuivan oksan paksuus. Viljelymänniköissä pisimmän oksan pituus kasvaa tukin laadun heiketessä, mikä kuvaa latvuksen leveyden vaikutusta puun yleiseen laatuun.

Tutkimusta varten tarkasteltiin ruotsalaista uudistuskypsästä metsiköstä mitatun runkopankkitietokannan sisäoksatietojen perusteella muodostettua mallia. Siinä runko erotetaan pystysuunnassaan rungon eri osissa syntyvien oksien kasvuominaisuuksien perusteella niin sanottuihin oksaominaisuusvyöhykkeisiin (”knot-structure sections”). Oksaominaisuusvyöhykkeiden pituusvaihteluun vaikuttavat pituusboniteetti ja puun ikä. Puun on oltava yli 100-vuotias, jotta siinä voidaan erottaa kaikki neljä oksaominaisuusvyöhykettä.

Ensimmäinen vyöhyke edustaa **nuoruuden aikaista kasvua.** Silloin syntyy oksia, joiden läpimitat ja kiehkuran oksien määrä kasvavat jokaisessa syntyvässä kiehkurassa. Vyöhykkeen yläraja on maanpinnasta 2,5 metrin korkeudella. Vyöhykkeen oksat ovat vanhoissa puissa tyvitukin sisäoksia.

Vakaan kasvun alueen oksat ovat keskenään jossain määrin tasamittaisia ja sijaitsevat rungon osassa, jonka syntymisen aikana puun pituuskasvu on ollut voimakasta. Vyöhykkeen yläraja määräytyy pituusboniteetin mukaan: pituusboniteetin mukainen puun pituus jaettuna kahdella miinus metri. Rajan korkeutta alentaa mahdollinen elävän latvuksen alaraja, joka on vyöhykkeellä ollessaan sen yläraja. Alueella on mitattu suurimmat kiehkuran oksien yhteenlasketut pinta-alat.

Hidastuvan kasvun alueella on yksittäisiä paksuja oksia, mutta oksan läpimitat ovat yleensä ottaen pieniä, lisäksi kokoerot oksien välillä ovat selkeät. Alueella sijaitsevat kiehkuran paksuimmat oksat. Tähän mittaluokkaan ja vyöhykkeeseen kuuluvat puut ovat yleensä 100-vuotiaita. 25-metrisen puun vyöhykkeen yläraja on noin 15 metrin korkeudessa.

Viimeisellä neljännellä vyöhykkeellä eli **latvusalueella** on oksien kasvu hiljalleen hidastumassa ja oksien kokoerot ja koot pienenevät. Tämän vyöhykkeen ulkoasu muuttuu koko ajan puun vanhetessa ja lopulta kuollessa.

3 ANALYYSI

Tutkimuksessa hyödynnetään koepuuaineistoa, joka on kerätty Metsäteho Oy:ssä Tuotelähtöinen puunhankinta -projektia varten. Leimikot ovat noin 100-vuotiaita joko MT- tai VT-tyypin yksi- tai kaksijaksoisia mänty- tai kuusivaltaisia metsiköitä. Maalajiryhmä, kivisyys ja vesitalous vaihtelevat leimikoittain. Mäntykoesahauspuita on 119 kappaletta kahdeksasta leimikosta. Lisäksi mitattiin etäisyydet koepuuta ympäröiviin puihin sekä niiden pituudet. Puiden sisäoksaisuutta on tutkittu simuloimalla TARVO-tietokoneohjelmalla runko viiden metrin tukkeina neliösahauksella. Yhden metrin pituiset pääilmansuunnittaiset sahauspinnat on luokitettu käyttäen NT-laatuluokitusohjeita. Aineisto on kuvattu Metsätehon raportissa 45.

Metsikön kasvutilaa kuvaavan kilpailuindeksin vaikutusta tutkitaan seuraaviin tunnuksiin:

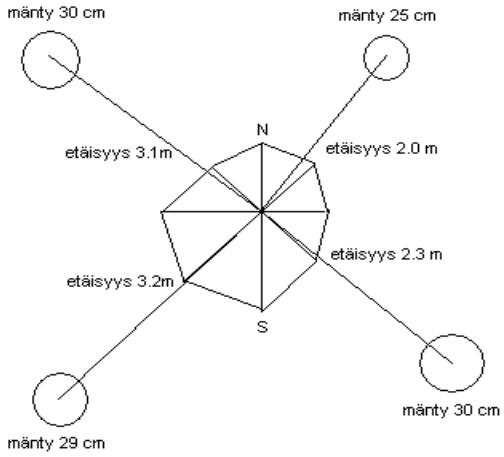
- puun pituus ja rinnankorkeusläpimitta
- latvuksen pituus ja leveys sekä latvussuhde
- kuivaoksaisen rungon osan pituus ja oksattoman rungon pituus
- paksuin elävä ja kuollut ulko-oksa
- keskimääräinen oksanpaksuus laaduittain
- ulko-oksien lukumäärä laaduittain
- sahauspinnan paksuin tuore, kuiva ja laho-oksa
- sahauspinnan oksien keskipaksuus laaduittain
- sahauspinnan oksien lukumäärä laaduittain
- NT-lajitellun sahatavaran laatumäärät puussa
- rungon arvo

Rungon ulkoisten tuoreiden ja kuolleiden oksien paksuusvaihtelua ja latvuksen pisimpien oksien pituusvaihtelua sekä eri laatuisten sahauspinnan oksien määrän ja koon vaihtelua tutkitaan ilmansuunnittain. Samoin tutkitaan oksatunnusten koko- ja määrävaihtelua ilmansuunnittain, kun toisena vaikuttavana tekijänä on kunkin ilmansuunnan puoleinen kasvutila, jota kuvataan kilpailuindeksillä.

Kilpailuindeksiin vaikuttavat lähipuiden määrä, koko, etäisyys ja järjestys toisiinsa nähden. Laatutunnusten ominaisuuksia puussa erilaisilla kasvutiheyksillä valittiin selittämään kunkin koepuun naapuripuiden rinnankorkeusläpimitan ja etäisyyden avulla laskettu Hegyin (1974) laatima kilpailuindeksi. Koepuun ja sitä ympäröivien naapuripuiden mittausesimerkki sekä kilpailuindeksin lasku on esitetty kuvassa 1.

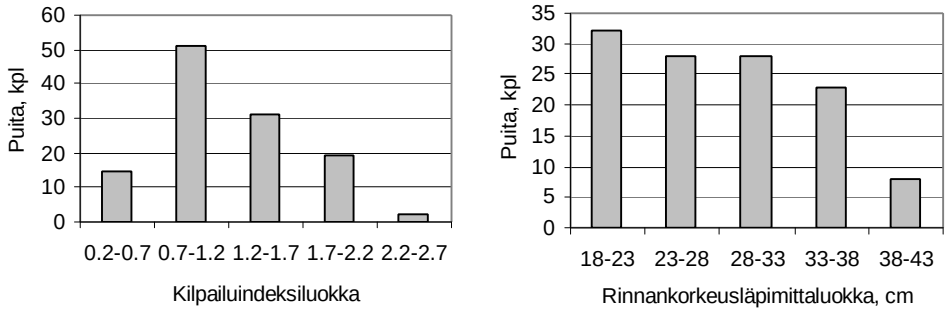
$$Cl = \sum_{j=1}^{n} (S_j / S_i) / DST_{ij}$$

S_j = naapuripuun rinnankorkeusläpimitta
S_i = koepuun rinnankorkeusläpimitta
DST_{ij} = koepuun ja naapuripuun välinen etäisyys



Kuva 1. Hegyin kilpailuindeksi ja esimerkki latvusprojektion muodosta ja lähimpien puiden mittauksesta. Kun koepuun rinnankorkeusläpimitta on 20 cm, saadaan kilpailuindeksi seuraavasti:
(0.3 / 0.2) / 3.1 + (0.25 / 0.2) / 2.0 + (0.3 / 0.2) / 2.3 + (0.29 / 0.2) / 3.2 = 2.2

Puun kasvutilaa kuvaavan kilpailuindeksin sekä puun rungon ja latvuksen koon sekä oksatunnusten välillä on selvää riippuvuutta. Rungot jakautuvat kilpailuindeksiluokittain ja rinnankorkeusläpimitan mukaan kuten kuvassa 2 esitetään.



Kuva 2. Runkojen jakautuminen kilpailuindeksi- ja rinnankorkeusläpimittaluokittain.

Kun kilpailuindeksin arvo on alle yksi:

- puulla on paljon kasvutilaa ja sitä ympäröivät kapeat suhteellisen etäällä kasvavat puut
- puu on useimmin rinnankorkeusläpimitaltaan suuri, yli 28 cm
- myös läpimitaltaan pienikokoisia (alle 28 cm:n) runkoja esiintyy, ei kuitenkaan enää indeksin arvoilla alle 0.5
- puulla on pitkä ja leveä elävä latvus
- puulla on paksut oksat ja niitä on paljon
- puusta saadaan enemmän huonolaatuista sahatavaraa

Kun kilpailuindeksin arvo on yli 1.7:

- puulla on vähän kasvutilaa
- puu on rinnankorkeusläpimitaltaan pieni
- suuria puita, rinnankorkeudeltaan yli 28 cm, ei esiinny ollenkaan
- puulla on ohuet oksat ja terveitä sahauspinnanoksia on vähän
- puusta saadaan enemmän hyvälaatuista sahatavaraa

Ulko-oksan laatutunnuksena on joko elävä tai kuollut oksa. Kaikkien mitattujen oksien koko on laskettu sekä puuta kohden että pääilmansuuntiin. Ulko-oksaisuustunnuksina käytetään seuraavia tunnuksia:

- puun paksuimman oksan läpimitta laaduittain
- oksien lukumäärä laaduittain
- oksien koon keskiarvo laaduittain

Muina puun laatutunnuksina käytetään seuraavia tunnuksia:

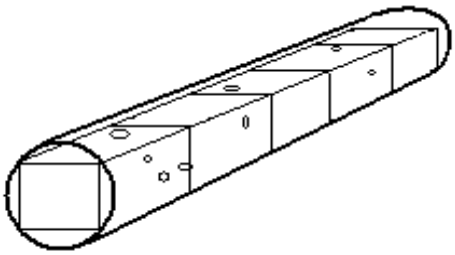
- rungon rinnankorkeusläpimitta ja pituus sekä tilavuus
- latvuksen pituus
- latvuksen pinta-ala latvusprojektiosta
- elävän ja kuolleen latvusrajan korkeus
- latvussuhde
- kuivaoksaisen rungonalueen pituus
- oksattoman runko-osan pituus
- rungon rahallinen arvo

Latvuksen pinta-ala lasketaan latvuksen pisimpien oksien perusteella muodostetun latvusprojektion avulla. Rungolle määrätään NT-laatuihin luokitellun normaaliasetteella sahatun sahatavaran, kuituosan sekä rungosta saatavan sahanpurun ja kuoren perusteella rahallinen arvo. Normaalisaha-asetteella sahattu sahatavara on sekä sydäntavaraa että pintalautoja.

Tarvo-laskentaohjelmalla (Metsätehon raportti 49) neliöasetteella sahattujen tukkien sahauspinnat laadutetaan metrin pätkissä Pohjoismaisen sahatavara-eli NT-lajitteluohjeiden mukaan. Tarvon neliöasetteen muodostuminen esitetään kuvassa 3. Tukin sahauspinnat laadutetaan ilmansuunnittain. Ohjelma tulostaa raportin sahauspinnan oksaisuudesta: oksien sijainnista, määrästä, koosta ja laadusta myös metrin pätkissä. A-laatu vastaa u/s laatua, B-laatu kvinttaa ja C-laatu sekstaa.

Puun sisäisinä oksatunnuksina ovat:

- sahauspinnassa olevan oksan koko laaduittain
- sahauspinnassa olevan paksuimman oksan koko laaduittain
- oksien lukumäärä laaduittain

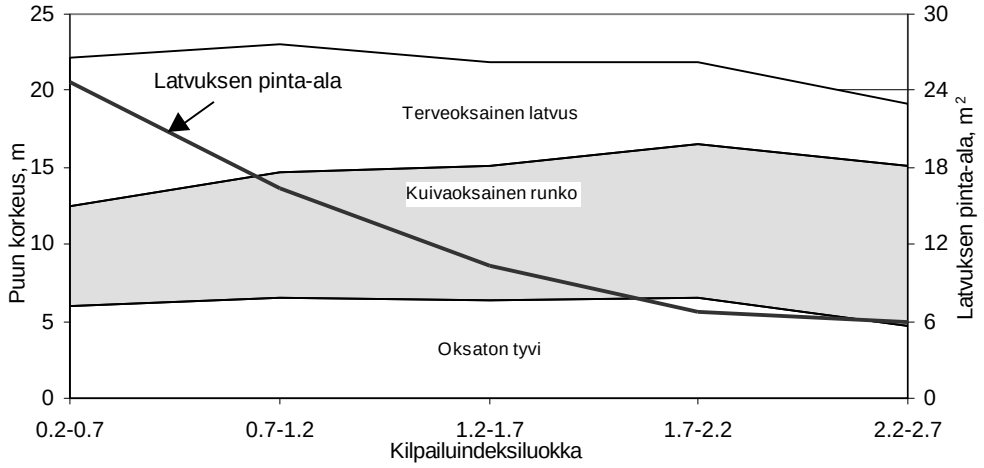


Kuva 3. Tarvon neliöasetteen ja sahauspintojen muodostuminen tukissa metrin pätkissä.

4 TULOKSET

Kasvutilan pienentyminen näkyy puun **oksavyöhykkeissä** ja latvuksen koossa seuraavasti (kuva 4):

- elävän latvuksen alaraja on ylempänä rungossa
- kuivaoksainen rungon osa on pidempi
- kuivaoksaisen latvan alarajan korkeus ei muutu
- oksaton tyvi on kasvutilasta huolimatta noin viiden metrin pituinen
- latvuksen pinta-ala jää pieneksi kun kasvutila on pieni
- kasvutilan pienentyminen vaikuttaa voimakkaimmin puun eteläpuoliseen latvuksen pinta-alaan.

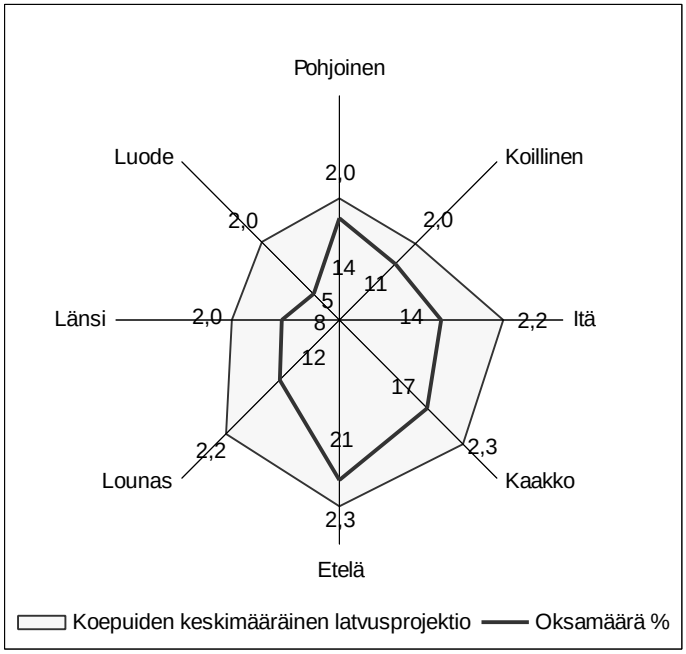


Kuva 4. Oksattoman tyven, kuivaoksaisen rungon ja terveoksaisen latvuksen sekä latvuksen pinta-alan keskimääräinen koko kilpailuindeksiluokittain.

Päätehakkuuvaiheen kasvutila, jota tässä on tutkittu, vaikuttaa heikosti oksattoman tyven pituuteen, mutta voimakkaammin elävän latvuksen alapuolisen kuivaoksaisen osan pituuteen sekä selkeästi eniten elävän latvuksen alarajan korkeuteen maasta. Aiemmalla kilpailutilanteella on vaikutusta oksien kuolemiseen ja karsiutumiseen läpi kiertoajan. Päätehakkuuvaiheen kilpailutilanne näkyy selkeimmin elävässä latvuksessa (kuva 4).

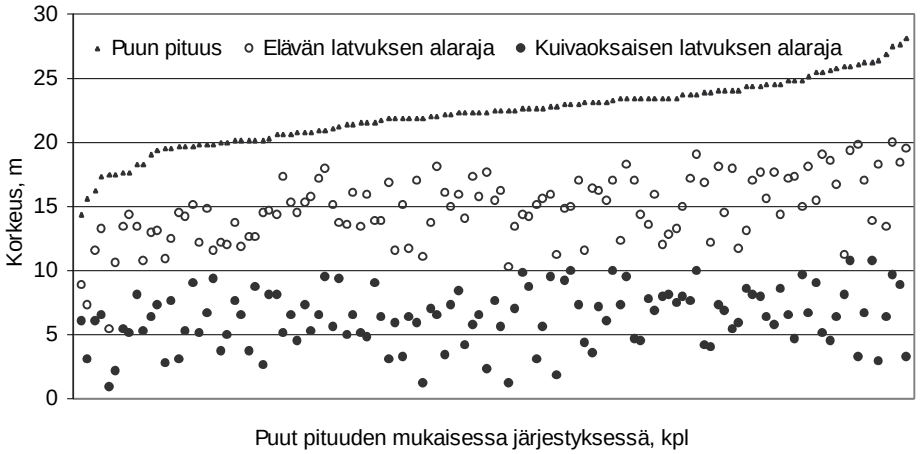
Elävän latvuksen pituus, latvussuhde ja latvuksen pinta-ala pienenevät kun kasvutila vähenee. Kuivaoksarajan keskimääräinen korkeus ei juuri muutu kilpailuindeksin myötä. Kun kasvutila on pieni - kilpailuindeksin arvon ollessa yli 1.7 - jää oksaton tyvi ja samalla koko puu lyhyeksi, jolloin ainoastaan kuivaoksaisen rungon osuuden pituus on suuri. Näiden puiden osuus on vähäinen, ja ne ovat alistettuja puita. Näin tiheässä kasvaa 20 % aineiston koepuista.

Kilpailutilanteella on voimakas vaikutus latvuksen maahan projisoituun pinta-alaan, erityisesti puun eteläpuoliseen latvuksen kokoon. Koepuiden latvukset painottuvat usein etelän puolelle (kuva 5). Kuitenkin kasvutila vaikuttaa oksan pituuteen ja latvuksen pinta-alaan voimakkaammin kuin latvuksen ilmansuunnittainen vaihtelu. Pisimmät oksat kasvavat puun eteläpuolella silloin kun kasvutilaa on paljon. Kun kasvutilaa on vähän ovat etelänpuoliset oksat yhtä lyhyitä kuin oksat muissakin ilmansuunnissa. Latvus pienenee melkeinpä puoleen, kun verrataan harvassa kasvavia puita tiheässä kasvaviin.

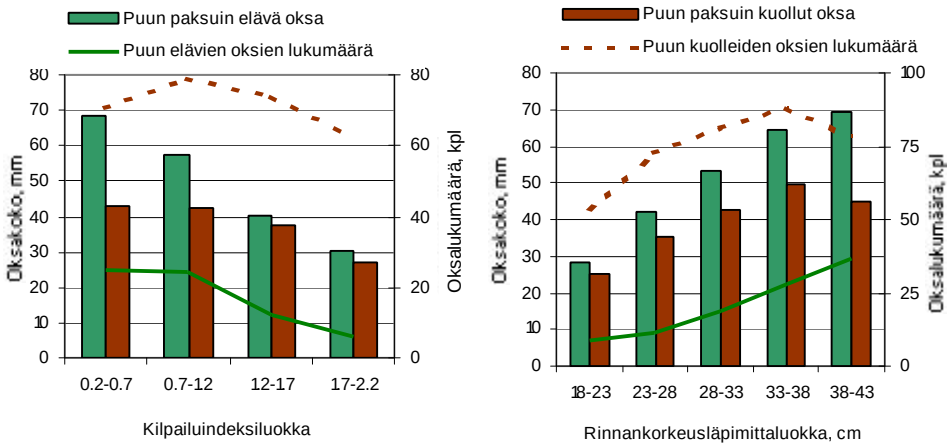


Kuva 5. Latvusprojektion muodostavien puun uloimpien oksien keskimääräisen pituuden avulla muodostettu latvusprojektio ja puun pisimpien oksien prosentuaalinen ilmansuunnittainen jakautuminen. Keskimääräisen pituuden lukuarvot sekä prosenttiarvot ilmoitetaan kuvassa.

Mitä pidempi puu on kyseessä sitä ylempänä ovat puun elävän ja kuolleen latvuksen rajat (kuva 6). Elävän latvuksen alarajan korkeus ja kuivaoksaisen latvan alarajan korkeus vaihtelevat voimakkaasti rungoittain, ja vaihtelu on voimakasta myös leimikoittain. Pitkillä puilla ei kuitenkaan ole lyhyisiin verrattuna voimakkaasti pidempi elävä latvus. Elävän latvuksen pituus riippuu kasvutiheydestä, puun rinnankorkeusläpimitasta ja tilavuudesta voimakkaammin kuin puun pituudesta. Vasta alisteisessa asemassa kasvavilla puilla latvus on lyhyt.



Kuva 6. Puun pituus sekä elävän ja kuivaoksaisen latvuksen korkeus puiden pituusjärjestyksessä.



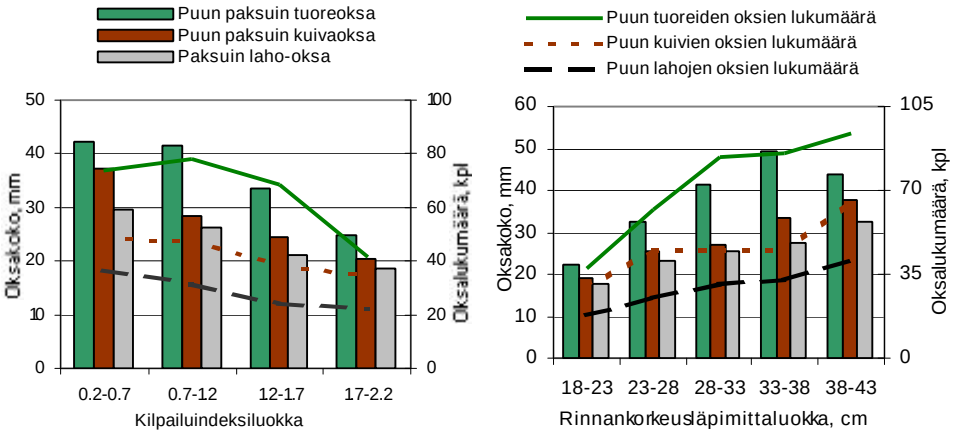
Kuva 7. Paksuimpien elävien ja kuolleiden oksien koot sekä elävien ja kuolleiden oksien lukumäärä puussa kilpailuindeksiluokittain sekä rinnankorkeusläpimittaluokittain.

Puun ulko-oksat ovat seuraavanlaiset kasvutilan ollessa pieni (kuva 7):

- tiheimmin kasvavan puun elävät ja kuolleet oksat ovat ohuemmat kuin harvassa kasvavien
- kasvutilan vähentyminen vaikuttaa voimakkaimmin puun eteläpuolisten oksien paksuuteen, sitä pienentäen
- pienillä puilla kasvutila vaikuttaa erittäin voimakkaasti elävien ja kuolleiden oksien kokoon
- oksien paksuus on selvästi pienempi 1.7:ää suuremmilla kilpailuindeksin arvoilla
- rinnankorkeudeltaan kookkaimmilla, yli 38 senttimetriä paksuilla, puilla ovat paksuimmat oksat kooltaan kaksinkertaiset verrattuina alle 23 senttimetrisiin puihin
- eläviä oksia on vähemmän, kun kasvutila on pieni
- kuolleiden oksien lukumäärään ei kasvutila juurikaan vaikuta

Mitä suurempi puu on kyseessä sitä enemmän sillä on oksia ja sitä paksumpia ne ovat ja sitä kookkaampi puun elävä latvus on. Selkeimmin oksaisuuden ja latvuksen koon yhteys on nähtävissä elävässä latvuksessa. Paksuimmat elävät ja kuolleet oksat sijaitsevat puun eteläpuolella silloin, kun kasvutila on suuri ja ohuimmat puun pohjoispuolella, kun kasvutila on pieni. Voimakkaimmin kasvutila vaikuttaa eteläpuolisten oksien kokoon.

Kasvutila vaikuttaa oksaisuuteen voimakkaimmin läpimitaltaan ohuissa puissa, erityisesti rinnankorkeusläpimitaltaan kokoluokassa 18 - 23 senttimetrin puissa. Tätä kookkaammissa puissa kasvutilan vaikutus on selkeä vain elävien oksien paksuudessa, ei niinkään kuolleiden. Puiden oksien lukumäärä ei vähene merkittävästi kasvutilan pienenemisen myötä.



Kuva 8. Sahauspinnan paksuimpien oksien keskimääräinen koko sekä keskimääräinen oksien lukumäärä puussa laaduittain kilpailuindeksiluokissa ja rinnankorkeusläpimittaluokissa.

Puun sisäoksat ovat seuraavanlaiset kasvutilan pienentyessä (kuva 8):

- tuoreiden, kuivien ja lahojen oksien koko pienenee
- tuoreiden, kuivien ja lahojen oksien lukumäärä vähenee

Kasvutila vaikuttaa yhtä voimakkaasti puun **sisäoksien** kokoon ja lukumäärään kuin ulko-oksien. Sisäoksien koko muuttuu lukumäärää voimakkaammin kasvutilan mukaan. Voimakkain vaikutus kasvutilalla on tuoreiden sisäoksien kokoon, sitten kuivien ja heikoimmin lahojen oksien.

Sahauspinnan sisäoksia on eniten puun pohjois- ja eteläpuolella ja vähiten itä- ja länsipuolella. Eniten kuivia oksia on pohjoispuolella. Tuoreita oksia on eniten puun eteläpuolella ja ne ovat paksuimpia. Lahot oksat ovat jakautuneet tasaisesti rungon ympäri. Kasvutilan pitämisellä pienenä voidaan vaikuttaa erityisesti eteläpuolisten oksien kokoon siten, että niiden koko ei kasva muissa ilmansuunnissa olevia oksia suuremmaksi.

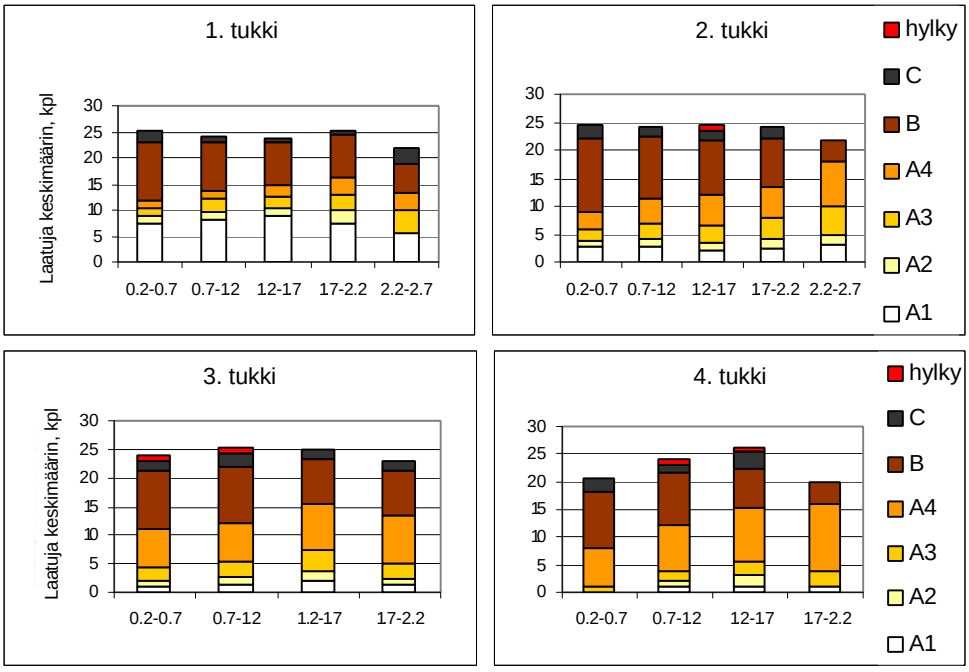
Elävän latvuksen pinta-ala, puun rinnankorkeusläpimitta sekä tilavuus vaikuttavat kasvutilaa hieman voimakkaammin paksuimpien elävien, kuivien tai lahojen sisäoksien kokoon ja lukumäärään. Latvuksen pinta-ala ja hieman heikommin elävän latvuksen pituus riippuvat selkeästi tuoreiden ja kuivien oksien koosta.

NT-laadut, jotka on määritelty yhden metrin sahauspinnoille ilmansuunnittain, vaihtelevat kasvutilasta tai vaikkapa puun kokotunnuksista huolimatta tukeittain siten, että A1-sahauspintoja saadaan keskimäärin eniten ensimmäisestä tukista eli tyvitukista ja aina vähemmän seuraavista tukeista. Kun tukin A1-pintojen määrä vähenee, lisääntyy samalla A4-pintojen määrä. Rungoltaan ja latvukseltaan ohuiden puiden tukeista saadaan enemmän A-

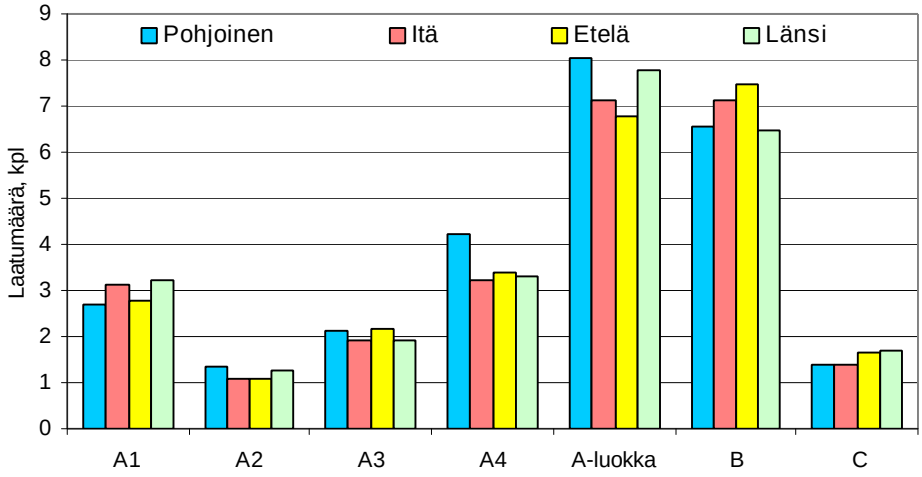
sahauspintoja ja vähemmän B-sahauspintoja. Mitä korkeammalla elävä latvus on ja mitä pidempi oksattoman tyven pituus on sitä vähemmän tukeista saadaan C-pintoja. Mitä suuremmat oksat puulla ovat, sitä vähemmän saadaan tukeista A-pintoja ja sitä enemmän B- ja C-sahauspintoja.

Kasvutilalla on saman suuruinen vaikutus NT-sahauspintojen määriin kuin puun koko- ja oksaisuustunnuksillakin ensimmäisen, toisen ja kolmannen tukin osalta. Näiden tunnusten vaikutus sahauspintojen määriin on suhteellisen heikko kolmanteen tukkiin saakka mutta selkeästi voimakkaampi neljännen tukin NT-laadutettujen pintojen lukumääriin. Rungon rinnankorkeusläpimitta ja tilavuus vaikuttivat muita tunnuksia voimakkaammin neljännen tukin sahauspintojen määriin.

Kuvassa 9 esitetään metrin mittaisten NT-laadutettujen sahauspintojen keskimääräinen osuus kussakin tukissa tyvitukista neljänteen tukkiin. Kasvutilan vaikutus näkyy kaikissa tukeissa siten, että kasvutilan vähentyessä lisääntyy A-sahauspintojen, erityisesti A4-pintojen, osuus. B-pintoja saadaan selvästi vähemmän tiheästi kasvaneista puista. Kasvutilan pienentyessä valtaavat A3- ja A4-sahauspinnat B-pintojen osuutta. Kasvutilan säätelyllä voidaan merkittävästi vaikuttaa erityisesti A4- ja B-sahauspintojen esiintymiseen. Kasvutilan ollessa suuri, saadaan rungosta paljon B- ja C-luokan sahauspintoja, tällöin rungot ovat myös järeitä ja oksikkaita.



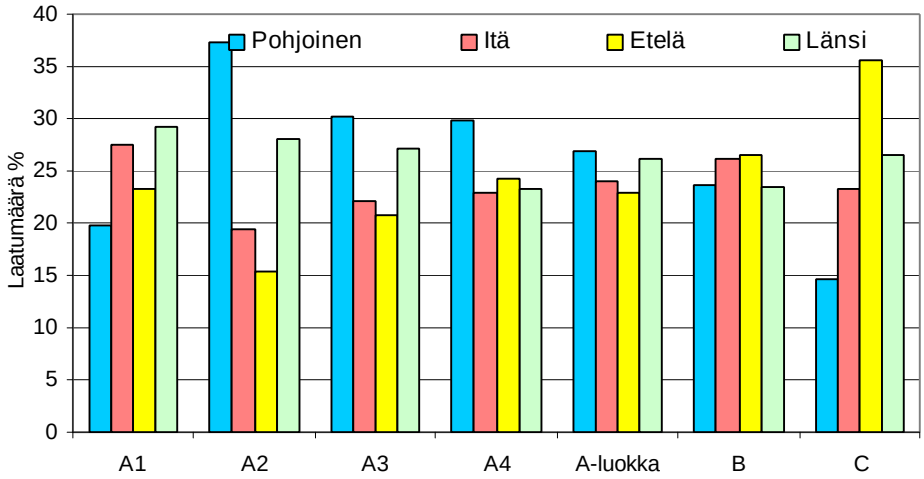
Kuva 9. Sahauspintojen (1m) NT-laatukappaleiden keskiarvot tukeittain ja kilpailuindeksiluokittain.



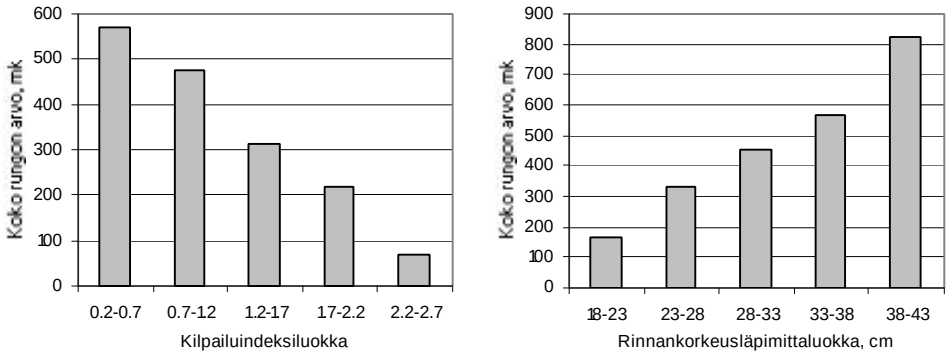
Kuva 10. NT-luokiteltujen metrin sahauspintojen keskimääräinen lukumäärä ilmansuunnittain.

NT-laadutettuja A-sahauspintoja saadaan puusta pohjoisen ja lännen puolelta enemmän kuin muilta ilmansuunnilta sekä B- ja C-sahauspintoja eniten etelän puolelta (kuva 10).

Kun sahauspintojen määrät lasketaan NT-laaduittain koko koepuuaineiston osalta yhteen ja tarkastellaan NT-luokitettujen sahauspintojen suhteellista jakautumista puussa ilmansuunnittain, on laatuja eri ilmansuunnissa eri määrä kuten kuvassa 11 esitetään. A-sahauspintoja saadaan pohjoisen puolelta suhteellisesti eniten ja etelän puolelta vähiten. Tämä johtuu siitä, että pohjoisen puolella on pienikokoisia oksia ja etelässä suurikokoisia. B- ja C-sahauspintoja saadaankin suhteellisesti enemmän etelästä ja C-sahauspintoja vähiten pohjoisenpuolelta.

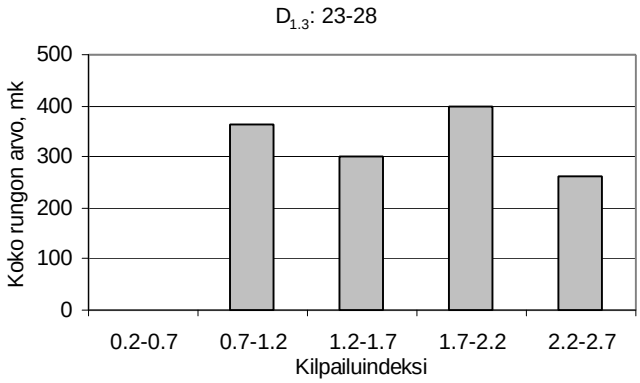


Kuva 11. NT-luokiteltujen metrin sahauspintojen määrän prosentuaalinen jakautuminen ilmansuunnittain.



Kuva 12. Rungon rahallinen arvo kilpailuindeksiluokittain ja rinnankorkeusläpimittaluokittain.

Sahaustuotteiden perusteella laskettuun **rungon rahalliseen arvoon** vaikuttaa kasvutila selvästi. Rungon arvo on tällöin normaalista sahauksesta - ei neliöasetteella - sahatuista sahatavarakappaleista. Kookas runko on pientä runkoa arvokkaampi, koska suuresta rungosta saadaan enemmän tuotteita (kuva 12). Koska kilpailuindeksi muuttuu järeyden mukaan koko aineistossa, runkojen arvo laskee kilpailun voimistuessa. Saman kokoisilla rungoilla vaihtelee rungon rahallinen arvo voimakkaasti, koska tällöin kilpailuvaikutus on heikko (kuva 13). Erot runkojen arvoissa aiheutuvat suurelta osin saman kokoisten runkojen vaihtelevasta oksaisuudesta, jolloin oksaisimmista rungoista saadaan huonompilaatuista sahatavaraa. Kilpailuindeksin kuvaaman kasvutilan vähentyessä ainoastaan järeiden, rinnankorkeudeltaan yli 38 senttimetriä paksujen, runkojen arvo nousee.



Kuva 13. Rungon rahallinen sahausarvo kilpailuindeksiluokittain rinnankorkeusläpimittaluokassa 23 - 28 cm.

5 TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Aineistotarkastelu

VT- tai MT-leimikoilla kasvaneiden koepuiden ominaisuuksiin eivät leimikon metsätyyppi tai muutkaan leimikkokohtaiset puuston kasvukykyä ennustavat tunnukset johdonmukaisesti vaikuttaneet. Metsätyyppi, maaperän kivisyys, topografia tai muut leimikkokohtaiset tunnukset ovat epätarkkoja yksittäisen koepuun ominaisuuksien ennustamiseen. Kirjallisuudessa on esitetty, että juuri VT- tai MT-kasvupaikalla kasvavien mäntyjen ominaisuuksien välillä on hyvin vähän eroa. Lisäksi metsätyypin sisällä on usein voimakasta kasvupaikkakohtaista vaihtelua.

Koepuukohtaiset tunnukset kirjallisuudessa pohjautuvat laskelmiin yksittäisen puun käytössä olevista ravinteista, veden määrästä sekä koepuun neulasten pinnoille tulevasta valomäärästä. Esimerkiksi neulasiin kertyneellä ravinnepitoisuudella on selitetty koepuun oksaisuutta. Naapuripuiden kokoon ja etäisyyteen sekä järjestykseen pohjautuva kilpailuindeksi on käyttökelpoinen, kun halutaan yksittäisille rungoille oma kasvutilaa kuvaava tunnus ja silloin, kun metsikkökohtaisia tunnuksia ei voida tai kannata käyttää.

Puun eri kehitysvaiheiden kasvutilalla voidaan selittää tukkipuun elävän latvuksen alapuoleisen alueen oksaisuutta ja sahauspinnan tuoreiden oksien lisäksi kuivien ja lahojen oksien määrää ja kokoa. Näiden kasvuun aineiston keruuvaiheen kasvutila ei ole yksin vaikuttanut. Vaihtoehtoisesti aineiston mittaukset voidaan suorittaa metsikön eri ikävaiheita edustavista metsiköistä ja eri ikäisistä puista. Tällöin on mahdollista tutkia kasvutilan vaikutusta koepuun eläviin ja tuoreisiin oksiin kiertoajan eri vaiheissa. Vaihtoehtona on myös laatia malli puun kasvulle ja ennustaa mallin avulla puun oksaisuuskehitystä. Kun kasvutilan vaikutus puuhun tunnetaan kiertoajan läpi, voidaan taimitiheyttä säätelemällä ja ajoittamalla harvennukset oikein vaikuttaa tehokkaimmin puun kasvuun. Tällaista selvitystä ei kirjallisuudessa ole kuvattu.

5.2 Koesahauspuiden tarkastelu

Kasvutilan ollessa suuri ovat puut rinnankorkeusläpimitaltaan suuria, niillä on leveä ja pitkä elävä latvus. Kasvutilan pienentyessä jäävät rungot lyhyemmiksi ja latvus sekä läpimitta ohuiksi. Samalla elävän latvuksen pituus jää lyhyemmäksi. Toisin kuin kirjallisuuden perusteella on oletettu, kuivaoksainen latvus pitenee kasvutilan pienentyessä. Oksaton tyvi säilyy kasvutilasta huolimatta noin viiden metrin pituisena. Toisin sanoen kuivaoksaisen latvuksen alarajan oksat eivät ole karsiutuneet pois. Tosin hajonta eri runkojen välillä on suurta.

Rungoltaan ja latvukseltaan suurien puiden elävät ja kuolleet oksat ovat paksuja ja tuoreita oksia on lukumääräisesti paljon. Tämä näkyy sahauspinnan oksaisuutena: suurina elävinä, kuolleina ja lahoina oksina sekä tuoreiden oksien lukuisana määränä. Näistä rungoista sahatut ja NT-luokitetut sahauspinnat ovat useammin B- ja C-laatuja kuin A-laatuja. Sekä ulko-oksien että sahauspinnan oksien koko ja lukumäärä jäävät pieniksi kasvutilan vähentyessä. Kuivien ja lahojen oksien lukumäärä ei ole kuitenkaan merkittävästi pienempi tiheämmillä kasvupaikoilla kuin harvoilla.

Puun kasvutila vaikuttaa voimakkaimmin elävään latvukseen ja elävien oksien kokoon sekä lukumäärään kuin kuolleiden oksien. Voimakkaammin kasvutila vaikuttaa latvasta saatavan neljännen tukin NT-laatumääriin kuin muiden rungosta alempaa saatavien tukkien. Kasvutilan pienentyessä, saadaan erityisesti A4-laatua enemmän ja B-laatua vähemmän. Muutos näkyy kaikissa tukeissa, voimakkaimmin kuitenkin neljännessä latvasta saatavassa tukissa. Kasvutilan ollessa pieni, saadaan ensimmäisestä ja toisesta tukista A3- ja A4-laatuja enemmän ja B-laatua samalla vähemmän. Tiheällä kasvupaikalla sahauspinnan tuoreiden, kuivien ja lahojen oksien koko jää pieneksi sekä tuoreiden oksien määrä vähäiseksi. Sahatavaran laatuluokituksessa voidaan luokitteluun vaikuttavia kriteerejä tarkastelemalla päätellä, mitkä oksaisuustekijät vaikuttavat laatuluokituksessa alentavasti.

Pohjoismainen sahatavara -lajitteluohjeiden eli NT-lajitteluohjeiden mukaan sallitaan laho-oksia B-laadussa mutta ei A-laaduissa. Lisäksi B-laadussa sallitaan suurempikokoisia oksia kuin A-laaduissa. Tukin laatua alentavina tekijöinä kasvutilan suurentuessa ovat oksakoon kasvaminen sekä erityisesti lahojen oksien esiintyminen, jolloin kaikkien A-laatujen, mutta erityisesti A4-laatujen, määrä vähenee ja B-laadun määrä lisääntyy.

Kasvutila vaikuttaa voimakkaammin latvuksen leveyteen kuin ilmansuunnat. Kuitenkin latvus painottuu useimmiten puun eteläpuolelle. Latvukseltaan leveällä puulla ovat paksut oksat, ja niitä on lukumääräisesti paljon. Oksien paksuuteen ja lukumäärään vaikuttaa kasvutilaa voimakkaammin se, mihin ilmansuuntaan oksat kasvavat. Kasvutiheyden lisääntyminen pienentää eri ilmansuunnissa oksien kokoa ja lukumäärää puussa, tosin vain elävien ja tuoreiden oksien osalta ja erityisesti eteläpuolella puuta.

Ilmansuuntien vaikutus näkyy voimakkaasti elävissä ulko-oksissa ja tuoreissa sahauspinnan oksissa sekä kuolleissa ulko-oksissa ja kuivissa sahauspinnan oksissa. Pohjoisen puolella runkoa kasvavat oksat eivät kasva niin suuriksi kuin oksat etelän puolella. Ilmansuunnittainen vaihtelu ei ole kuitenkaan kuolleiden ja kuivien oksien osalta niin merkittävää kuin elävien ja tuoreiden. Lahoja oksia on tasaisesti kaikissa ilmansuunnissa. NT-luokitellun sahatavaran lukumääriin vaikuttavat sekä ilmansuunnat että kasvutila kutakuinkin yhtä voimakkaasti. A-luokan sahatavaraa saadaan useimmin pohjoisen puolelta ja B- ja C-luokan etelän puolelta.

Sahatavaran arvoa alentavaan tuoreiden, kuivien ja lahojen oksien lukumäärään ei voida vaikuttaa merkittävästi *kasvutiheyttä säätelemällä* ja kuivien ja lahojen kokoonkin vain jossain määrin. On huomattava, että kuivat ja lahot oksat ovat aikanaan olleet tuoreita. Kilpailutilanne vaikuttaa oksien lukumäärään ja kokoon läpi kiertoajan. Tuoreiden oksien koon kasvua voidaan hillitä riittävällä kasvatustiheydellä taimesta sahapuuksi, tällöin myös kuivat ja lahot oksat jäävät pienemmiksi.

Etelän puolella ovat suurimmat elävät ja tuoreet oksat ja juuri näiden koon pitämiseen pienenä voidaan merkittävästi vaikuttaa kasvutilaa ja latvuksen kokoa pienentämällä. Tuoreet oksat säilyvät mahdollisimman ohuina, jos elävän latvuksen säde pidetään kasvutiheyttä säätelemällä alle kaksimetrisenä - erityisesti etelänpuolella puuta. Latvuksen säde säilyy tämän kokoisena, jos kahden rinnankorkeudelta 20 senttimetriä paksun puun etäisyys toisiinsa on alle kaksi ja puoli metriä, kun tällä puun ilmansuunnan neljänneksellä ei kasva muita puita. Missään tapauksessa mekaanisessa jalostuksessa käytettävää laadukasta puuta ei kasvateta harvassa metsikössä. On kuitenkin huolehdittava harvennuksin, että puuston kasvukunto säilyy hyvänä läpi kiertoajan.

6 KIRJALLISUUS- JA TUTKIMUSTULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN

Jotta puun laatu säilyisi mahdollisimman hyvänä, oksien lukumäärä ja läpimitta pienenä ja latvuksen sekä rungon pituuskasvu voimakkaana, tulisi puuston kasvatustiheyden olla nuoruusvaiheessa noin 2 500 - 3 000 runkoa hehtaarilla. Tätä tiheämmässä asennossa kasvatettaessa ei saavuteta laadun kehittymisen kannalta vastaavaa hyötyä. Poikkeuksena ovat kuitenkin lehtomaiset kankaat, joissa suuret viljelytiheydet ovat ainoa keino vaikuttaa puuston laadulliseen kehitykseen. OMT-kasvupaikoilla oksanpaksuuksiin vaikuttaa välittömästi vähäinenkin puun läpimitan ja kasvutilan suureneminen. Paras kasvu ja laatu saavutetaan männyn luontaisilla kasvupaikoilla VT:llä ja MT:llä. Mäntyä ei tulisi kasvattaa OMT:llä laadullisten ja rahallisten menetysten vuoksi.

Ensiharvennus männyllä on kirjallisuuden perusteella tehtävä 11 - 13 metrin puustossa. Männiköt on ensiharvennettava ennen kuin kasvatettavien puiden elävä latvus on supistunut alle 40 prosentin puun pituudesta. Hyvälaatuisia männiköitä kannattaa harventaa kolme kertaa. Viimeisen, melko voimakkaan harvennuksen tavoitteena on nopeuttaa järeytymistä. Metsikön kiertoaikaa voidaan jatkaa normaalia pidemmäksi, esimerkiksi pystykarsitun puuston kiertoaikaa tulisi jatkaa 125 vuoteen. Reheville kasvupaikoille perustetuissa huonolaatuisissa viljelymänniköissä voidaan keskittyä vain kuitupuun kasvattamiseen. Tällöin kiertoajan kuluessa tehdään enintään kaksi harvennusta ja metsikkö pyritään kasvattamaan mahdollisimman tiheänä. Päätehakkuu rehevien maiden männiköissä on tehtävä Etelä-Suomessa 50 - 60 vuotiaana.

Hitaasti kasvaneisiin runkoihin on muodostunut pienikokoisia oksia. Jos tavoitteena on kasvattaa korkealaatuista sahapuuta, tulisikin kilpailun olla oksan ja puun läpimitan kasvua hillitsevää. Parhaan sahatavaralaatuluokan suhteellinen osuus sahapuuosasta pienenee puun paksuuden lisääntyessä. Jos puu on kasvanut nopeasti nuoruusvaiheessa, on puussa usein suuria lahoja tai kuivia oksia. Kirjallisuuden perustella laadultaan parhaat viljelymänniköissä kasvaneet tukit saadaan keskimääräistä vanhemmista ja järeämmistä rungoista, jotka ovat usein toisen tai kolmannen latvuskerroksen hitaammin kasvaneita ja paremmin karsiutuneita runkoja. Istutusmännyn puuaineen laatu on parempi metsikön vallituilla puilla kuin vallitsevilla, joten laatu paranee hitaan kasvun myötä.

Kun kasvutila on pidetty hakkuukypsyyden saavuttaneessa männiköss riittävän pienenä - puukohtaisen kilpailuindeksin arvon ollessa yli 1.7 - saadaan rungoista enemmän laadukasta sahatavaraa. Elävän latvuksen säde tulisi pitää alle kaksimetrisenä, jotta rungosta saatava sahatavara on mahdollisimman oksatonta, myös eteläpuolella runkoa. Puun oksaisuus on ongelma erityisesti rungon eteläpuolella, tosin oksien kokoa voidaan säädellä kasvutilaa säätelemällä.

KIRJALLISUUTTA

Björklund, L. 1997. The Interior Knot Sturucture of Pinus sylvestris Stems. Scandinavian Journal of Forest Research 12: 403-412.

Hegyi, F. 1974. A simulation model for managing jack pine stands. Julkaisussa: Fries, G. (toim.). Growth models for tree and stand simulation. Skogshögskolan, Institutionen för Skogsproduktion, Rapporter och Uppsatser 30: 74-89.

Lukkarinen, E., Keskinen, S., Marjomaa, J., Pennanen, O., Räsänen, T. 1998. Menetelmä yksityiskohtaisen runkotiedon tuottamiseksi ja aineiston kuvaus. Metsätehon raportti 45, 13.2.1998. Metsäteho Oy.

Lukkarinen, E., Keskinen, S., Marjomaa, J., Pennanen, O. 1998. Tukin ja rungon arvon laskentaohjelmiston kuvaus. Metsätehon raportti 49, 27.2.1998. Metsäteho Oy.

Pohjoismainen sahatavara. Mänty- ja kuusisahatavaran lajitteluohjeet. 1994. Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys.