

**KUUSISAHATAVARAN LAATU JATKUVAN KASVATUKSEN JA  
JAKSOLLISEN KASVATUKSEN METSISSÄ**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Metsätalous

Kevät 2023

Lasse Halme

Metsätalous

Tekijä Lasse Halme

Työn nimi Kuusisahatavaran laatu jatkuvan kasvatuksen ja jaksollisen kasvatuksen metsissä

Ohjaaja Esa Lientola

Tiivistelmä

Vuosi 2023

---

Opinnäytetyöni aiheena on Hämeenlinnan Evon ja Padasjoen Vesijaon jatkuvan kasvatuksen koealoilta kaadetun kuusisahatavaran laadun tutkiminen, ja saatujen tulosten vertaaminen jaksollisen kasvatuksen tutkimustyön tuloksiin. Vertailtavana aineistona on Itä-Suomen yliopistosta valmistuneen Mika Pehkosen pro gradun The Effect of Growth Rate on Sawlog Quality of Norway Spruce (2021) tutkimustyön tulokset. Työ on osa Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamaa projektia, jonka tarkoituksena on kehittää uusia menetelmiä puun ominaisuuksien määrittämiseen pystyvuustosta muun muassa laserkeilausta hyödyntäen. Opinnäytetyön tutkimustyö tehtiin yhteistyössä Helsingin yliopiston, Luonnonvarakeskuksen, Hämeen ammattikorkeakoulun ja Hämeen ammatti-instituutin kanssa. Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa käsityksiä siitä, minkälaista sahatavaraa jatkuvan kasvatuksen metsistä on mahdollista saada ja eroaako laatu jotenkin jaksollisesti kasvatetun metsän sahatavaran laadusta. Tutkimustyön mittaustuloksia hyödynnetään myös yliopiston jatkotutkimuksissa.

Opinnäytetyössä esitellään mittaustyön tulokset sekä käydään läpi niiden analysoinnin ja tulosten vertailun jaksollisen kasvatuksen tutkimustyön tuloksiin. Mittaustulokset osoittavat Evon ja Vesijaon sahatavaran edustavan laadultaan hyvin tyypillistä suomalaista puutavaraa, vaikka lyllyn määrä oli toisinaan varsin suuri. Tutkimustulosten perusteella pintalappeen suurin yksittäinen tuore ja kuiva oksa on Pehkosen aineistossa keskimäärin selvästi suurikokoisempi Evolta saatuihin mittaustuloksiin verrattuna. Ero näkyy etenkin tuoreiden oksien kohdalla. Evolta saaduissa mittaustuloksissa pintalappeen oksattomuus tai vähäoksaisuus on yleisempää Pehkosen aineistoon verrattuna. Kiehkuravälin pituuden osalta Evon aineistossa pituus on keskimäärin selvästi lyhyempi ja pituuden vaihtelu on vähäisempää Pehkosen aineistoon verrattuna. Pehkosen aineistossa kiehkuravälin pituudessa on enemmän vaihtelua. Oksaisimman metrin tai puussa esiintyvän lahon tuloksissa ei aineistojen välillä ole merkittäviä eroja. Aineistoissa havaittujen erojen syyt eivät ole yksiselitteisiä, mutta eroilla kasvatustavoissa on varmasti vaikutusta mittaustuloksiin. Tuloksien eroihin voivat vaikuttaa myös esimerkiksi koealojen kasvupaikka ja maantieteellinen sijainti, muutokset kasvuolosuhteissa tai metsänhoitotoimenpiteissä sekä erot mittaustavoissa aineistojen välillä. Aiheen jatkotutkimus on perusteltua, ja antaa toivon mukaan paremman kuvan syyn ja seurauksen suhteesta.

Avainsanat Jatkuva kasvatus, sahatavara, laatuluokittelu, Evo

Sivut 44 sivua

The topic of thesis is the research work on the quality of spruce sawn timber felled of the experimental areas of continuous-cover forests in Evo and Vesijako. In this thesis, the results of continuous-cover silviculture's trees with the results of the research work of periodic-cover silviculture are compared. The comparative material is the results of Mika Pehkonen's Master's thesis *The Effect of Growth Rate on Sawlog Quality of Norway Spruce* (2021). Pehkonen graduated from the University of Eastern Finland. This work is part of a project funded by the Ministry of Agriculture and Forestry. The purpose of the project is to develop new methods for determining the quality of wood from standing trees, for example, by using laser scanning. The research work of the thesis was carried out in cooperation with the University of Helsinki, Natural Resources Department, Häme University of Applied Sciences and Häme Vocational Institute. Main part of thesis is to improve understanding of what kind of sawn timber can be felled from continuously grown forests and whether the quality somehow differs from the quality of periodically grown sawn timber. The measurement results of the research work are also used in the university's further research projects in the future.

In the thesis, I present the results of the measurement as well as the analysis of the results and the comparison of the results with the periodic education research work. The results show that the sawn timber of Evo and Vesijako are very typical Finnish timber in terms of quality, although the amount of reaction wood was occasionally quite large. The research results show that the largest single fresh and dry branch of the surface is on average clearly larger in Pehkonen's data compared to the measurement results obtained from Evo. The difference can be seen especially with fresh branches. When compared to Pehkonen's data, the lack of branches or low number of branches on the surface lobe is more common in the measurement results obtained from Evo and Vesijako. In Evo's data, the distance between branch whorls is clearly shorter on average, and the variation in the distance between the whorls is smaller compared to Pehkonen's data. There is more variation in the distance between the branch whorls in Pehkonen's material. There are no significant differences between the results of the most branched meter or amount of rotten wood in the trees. The reasons for the differences in the results are ambiguous, but the differences in growing methods certainly have an effect on the measurement results. Differences in results can also be influenced by the place of growth of the test plots, the geographical location of the test plots, changes in growing conditions or forest management measures, and differences in measurement methods between materials. Further research on the topic helps to understand the relationship between causes and consequences.

Keywords Continuous-cover silviculture, sawn timber, quality class, Evo

Pages 44 pages

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Metsänkasvatus.....	2
2.1	Metsätalouden historia.....	2
2.2	Metsänhoidon periaatteet.....	4
2.2.1	Jaksollinen kasvatus .....	5
2.2.2	Jatkuva kasvatus.....	9
3	Puunjalostus .....	12
3.1	Teollisuuden tuotteet .....	12
3.2	Sahatavaran valmistus ja laatuluokittelu.....	14
4	Tutkimustyö.....	17
4.1	Koepuiden merkintä, sahaus ja mittaus .....	18
4.2	Mittaustulokset.....	23
4.3	Mittaustulosten analysointi .....	27
5	Johtopäätökset .....	39
5.1	Pohdintaa .....	42
	Lähteet.....	44

# 1 Johdanto

Jatkuvan kasvatuksen harjoittaminen ja kiinnostus kasvatustapaa kohtaan ovat vuosi vuodelta lisääntyneet ja kasvatustavan merkitys tulee tulevaisuudessa kasvamaan. Aiheen tutkiminen sekä sen vertaaminen jaksolliseen metsänkasvatukseen on perusteltua ja voi tuottaa hyödyllistä tietoa tulevaisuuden metsätaloutta varten. Opinnäytetyöni käsittelee jatkuvan kasvatuksen metsien koealoilta kaadettujen koepuiden sahatavaran laatua, ja työni on tyypiltään tutkimuksellinen opinnäytetyö. Tutkimustyön tavoitteena on tutkia jatkuvan kasvatuksen metsässä kasvaneen kuusisahatavaran laatua ja verrata saatuja tuloksia jaksollisena kasvatetun metsän sahatavaran laatuun. Mittaustulosten avulla voidaan muodostaa johtopäätöksiä, minkälaista puutavaraa jatkuvan kasvatuksen metsästä on mahdollista saada ja eroaako se laadullisesti jotenkin jaksollisen kasvatusmetsä puutavarasta. Valitsin työn tehtäväkseni, koska jatkuva kasvatus on aiheena mielenkiintoinen ja ajankohtainen. Työ on lisäksi käytännönläheinen ja sijoittuu aiheena lähelle nykyistä ammattiani.

Tutkimustyössä jatkuvan kasvatuksen koealoja on yhteensä seitsemän, joista kolme sijaitsee Evolla ja neljä Vesijaolla. Koealat on perustettu 1990-luvun alussa ja niiden puusto on ollut eri-ikäisrakenteinen 1980-luvun puolivälistä lähtien. Koealoilta keväällä 2022 kaadettujen 49 koepuun tukit kuljetettiin Evon sahalle, jossa niistä tehtiin sahatavaraa eli puut sahattiin lankuiksi sekä laudoiksi. Jokaiselle puutavarakappaleelle suoritettiin laadunmääritys pohjoismaisen sahatavaran laatuluokittelun mukaisesti. Työni tärkein osuus on Evon ja Vesijaon jatkuvan kasvatuksen koepuiden mittaustulosten esittely sekä vertaaminen jaksollisen kasvatuksen tutkimuksesta saatuihin tuloksiin. Tutkimustyöni ohella opinnäytetyö käsittelee metsänhoitoa yleisesti, Suomen metsätalouden historiaa sekä jaksollisen ja jatkuvan kasvatuksen tärkeimpiä periaatteita. Esittelen työssäni myös pohjoismaisen puunjalostuksen pääpiirteet sekä puutavaran laatuluokittelun periaatteet. Työni loppupuolella käyn läpi mittaustyön tulokset, analysoinnin sekä niistä tehtävät johtopäätökset. Työni ohjaajana toimi Hämeen ammattikorkeakoulun lehtori Esa Lientola sekä Helsingin yliopiston tutkija Jiri Pyörälä.

## 2 Metsänkasvatus

Tässä osiossa aiheina ovat metsänhoidon periaatteet sekä Suomen metsätalous. Osiossa esitellään kaksi hyvin erilaista metsänkasvatusmenetelmää, jaksollisen kasvatuksen ja jatkuvan kasvatuksen. Tekstissä kerrotaan menetelmien soveltuvuudesta suhteessa kasvupaikkaan tai puulajiin sekä metsän uudistamisen lähtökohdista. Tekstissä käydään läpi molempien menetelmien tärkeimmät periaatteet, jotta lukijalle syntyisi käsitys niiden eroavaisuuksista sekä menetelmien eduista ja haitoista. Tekstissä esitellään myös Suomen metsätalouden historiaa ja sen kehitystä esiteolliselta aikakaudelta aina tähän päivään saakka. Tekstissä kerrotaan, kuinka puun käyttökohteet ovat ajan saatossa vaihdelleet, miten tekniikka sahatavaran valmistuksessa on kehittynyt ja minkälainen merkitys metsillämme on tänä päivänä.

### 2.1 Metsätalouden historia

Suomen metsätalouden historia on muuhun Eurooppaan verrattuna varsin lyhyt. Teollinen puunkäyttö Suomessa alkoi suuressa mittakaavassa vasta höyrysahojen perustamisen myötä 1870-luvulla. Tätä ennen puuta on kuitenkin Suomen alueella hyödynnetty monissa eri käyttötarkoituksissa vuosisatojen ajan. Esiteollisella aikakaudella puuta on käytetty asuinrakennusten lämmitykseen polttopuuna, rakennusmateriaalina taloissa, kulkuvälineissä ja käyttöesineissä sekä raaka-aineena tervan ja hiilen valmistuksessa. Esiteollisen ajan ruukkiteollisuus tarvitsi merkittävän määrän puuhiiltä ja polttopuuta niin Suomessa kuin muualla Euroopassa, ja siksi hiili, terva ja polttopuu olivatkin tärkeimpiä vientituotteitamme 1600–1700-luvuilla. Veneiden, laivojen ja rakennusten suoja-aineena käytettävä terva oli Suomen tärkein vientituote ennen teollisen puunkäytön aikakautta ja sen vientimäärät laskivat vasta rautalaivojen tulon myötä 1800-luvun lopussa. Vuosisatojen 1600–1800 välisenä aikana myös tervanpolton sivutuotetta pikeä vietiin eri puolille Eurooppaa muun muassa puulaivojen saumojen tiivistykseen, ja etenkin Länsi-Suomessa merkittäviä määriä koivuntuhkasta valmistettua potaskaa vietiin muun muassa lasin ja saippuan valmistukseen. Myös tökötti ja tärpätti olivat tärkeitä puujalosteita. Erityisesti tervanpoltto ja puiden koloaminen heikensivät metsiä eri puolilla maata, etenkin Keski-Suomessa ja Kainuussa. Monista puusta jalostetuista vientituotteista huolimatta oli kaskenpoltto kuitenkin merkittävin metsiä kuluttava toimi ennen teollistumisen aikaa. Kaskimaahan kylvö tuotti

parin vuoden ajan hyvän sadon, jonka jälkeen kaskettu maa hylättiin ja jätettiin metsittymään. Ajan kuluessa uudelleen metsittyneeseen vanhaan kaskimaahan syntyi monimuotoisia lehtimetsiä. Suomessa tavanomaisen lehtimetsän kaskiviljelyn rinnalle kehittyi useita eri kaskeamismenetelmiä ja -nimityksiä, kuten havumetsän huhtakaski tai rieskamaa. (Ruuska, 2020, ss. 9–12)

Tervan- ja kaskenpolton vähetessä 1800-luvun loppua kohden syntyi tukkipuulle valtava kysyntä höyrysahojen, puuhiomoiden ja sellutehtaiden perustamisen myötä. Puuta alettiin laajamittaisesti käyttää niin sahatavaran kuin paperin valmistukseen, mutta 1900-luvun vaihteen jälkeen puuta myös vietiin suuria määriä ulkomaille etenkin kaivospuuksi. Metsien voimakkaan vähenemisen seurauksena säädettiin Suomen ensimmäinen metsälaki vuonna 1886 turvaamaan maan metsien säilyminen, jonka ansiosta metsien kasvu alkoi toipua vuosisadan vaihteen jälkeen. 1920- ja 1930-luvuilla puun käyttö teollisuudessa kasvoi nopeasti ja metsätyömaat levittäytyivät yhä syrjäisemmille seudulle kohti Pohjois-Suomea. Metsien hakkuussa vallitseva käytäntö oli määrämittaharsinta ja metsän uudistaminen tapahtui luontaisesti. 1950-luvun loppupuolella puun vuotuinen kokonaiskäyttö kasvoi jo niin suureksi, että se ylitti maan metsien vuotuisen kasvun. 1960-luvulla siirryttiin uuteen käytäntöön, jolloin metsänviljely, avohakkuut, soiden ojitus ja metsien lannoittaminen alkoivat laaja-alaisesti eri puolilla Suomea. Tuohon aikaan puuta alettiin ensimmäistä kertaa tuomaan teollisuuden käyttöön myös ulkomailta. Suomen metsien kasvu on ollut poistumaa selvästi suurempaa 1970-luvun alun jälkeen. Lähemmäksi 2000-lukua tultaessa puun kotitarvekäyttö eri tarkoituksiin on vähentynyt, mutta teollisuuskäyttö on kasvanut entisestään. 2000-luvulla painopaperin tuotanto on vähentynyt, kartongin tuotanto kasvanut, energiapuunkorjuu lisääntynyt ja tilalle on syntynyt myös aivan uusia käyttökohteita. Perinteisten käyttökohteiden lisäksi puuta käytetään muun muassa lääkkeiden, tekstiilien, kosmetiikan, rehun ja biopolttoaineiden valmistuksessa (Maa- ja metsätalousministeriö, 2022). Uudella vuosituhannella myös metsien monikäyttö ja luontomatkailet ovat nousseet suureen suosioon, ja näin metsille on syntynyt muitakin kuin materiaalisia arvoja. Lisäksi metsien rooli ilmastonmuutoksen torjunnassa on kasvanut hiilensidonnana ja -varastoinnin kautta. Entistä enemmän korostuu metsien merkitys luonnon monimuotoisuuden ylläpitäjänä, ja siksi luonnonsuojelu ja metsäkadon torjuminen ovat olleet tärkeitä aiheita metsien käytössä aina 1980-luvulta lähtien. (Ruuska, 2020, ss. 9–12)

Suomessa metsästä hakattua puuta on teollisuudessa käytetty ennen kaikkea sahatavaran valmistukseen. Ensimmäiset sahalaitokset rakennettiin nykyisen Suomen alueelle 1530-luvulla. Tuolloin käytössä olleet sahat olivat vesivoimalla käyviä vesisahoja, joissa oli käytössä edes-takaisin liikkein liikkuvia raami- eli kehäsahoja. Aluksi käytössä oli vain yksiteräisiä sahoja, mutta sahaustekniikan ja sahanterien kehittymisen myötä useasta hienoterästä koostuneet sahat yleistyivät Suomessa 1700-luvun aikana. 1800-luvun alkupuolelta lähtien alkoi raamisaha korvautua nykyaikaisemmalla pyörösahalla, ja 1900-luvun alkupuolella tulivat käyttöön vannesahat. 1870-luvulla Suomessa otettiin käyttöön ensimmäisiä höyryvoimalla toimivia sahoja. Höyrysaohojen aika jäi varsin lyhyeksi sähkösahalaitoksiin siirryttäessä 1920-luvulla. Suomen sahatavaran tuotanto oli 1930-luvun alussa yli neljä miljoonaa kiintokuutiometriä puuta ja vuosikymmenen lopussa jo yli kuusi miljoonaa kiintokuutiometriä. Tuotantokapasiteetti saavutti siihenastisen maksiminsa 80-luvun alussa, jolloin sahatavaran tuotanto ylsi lähes 13 miljoonaan kiintokuutiometriin. Seuraavan kerran tuotanto nousi samalle tasolle vuosituhaten vaihteessa. Suurten ja nykyaikaisten teollisuussahalaitosten kehittymisen myötä on sahalaitosten määrä Suomessa vähentynyt selvästi aiemmasta. 1960-luvun puolivälissä Suomessa tiedettiin olevan noin 14 000 sahaa, mutta vuonna 2000 jäljellä oli noin 2500 sahaa, valtaosa myös tuolloin piensahoja. (Sipi, 2006, ss. 9–14)

## **2.2 Metsänhoidon periaatteet**

Metsän kasvatustavat voidaan jakaa kahteen tyyppiin. Näitä ovat jaksollinen metsänkasvatus ja jatkuva kasvatus. Jaksollisen metsänkasvatuksen tarkoitus on kasvattaa metsää jaksoittain eli sykleissä, jolloin metsänkasvu sekä alkaa että päättyy metsän uudistamiseen eli uudistushakkuuseen. Jatkuva kasvatus perustuu metsänkasvatukseen ilman uudistamisvaihetta. Metsä uudistuminen tapahtuu samanaikaisesti metsän kasvun kanssa. Kasvatustavan valinta riippuu siitä, mitkä ovat metsänkasvatuksen ensisijaiset tavoitteet ja mihin asioihin halutaan kiinnittää huomiota metsää kasvatettaessa. Taloudellisten tavoitteiden lisäksi metsänomistajat saattavat arvostaa esimerkiksi metsän virkistyskäyttöön, maisemanhoitoon, riistanhoitoon, vesiensuojeluun, luonnon monimuotoisuuteen tai kulttuurihistorian vaalimiseen liittyviä tavoitteita. Kasvatustavan valinta on hyvin kauaskantoinen päätös, jolla on suuri merkitys niin metsänomistajalle kuin metsäluonnollekin. (Äijälä ym., 2014, ss. 35-36)

### 2.2.1 Jaksollinen kasvat

Jaksollinen kasvat tarkoittaa metsän kasvattamista tasaikäisenä, jolloin metsässä kasvaa yksi vallitseva latvuserros. Metsä on tasaikäisrakenteinen ja metsän vallitsevan jakson puut ovat samaa puusukupolvea. Yhden sukupolven metsän rakenteessa ei ole kovin suurta vaihtelua ja vaihteluun vaikuttaa lähinnä kasvatettavan jakson alle luontaisesti syntyvän puuston määrä. Jaksollisen kasvatuksen metsä tyypillisesti sisältää yhden kasvatettavan puulajin, joka valitaan metsän uudistamisen yhteydessä. Metsänkasvat jakaantuu sekä kasvatuvaiheeseen että uudistamisvaiheeseen ja tietyssä kasvunvaiheessa metsänhoito tapahtuu vaiheelle tyypillisin toimenpitein. Metsänkasvat päättyy ja samalla alkaa uudistamisvaiheesta, jolloin hakkuualalta korjataan vallitseva puusukupolvi pois ja samalla aloitetaan uuden puusukupolven kasvattaminen. Uudistamisen työvaiheet ja kesto riippuvat käytettävistä uudistamismenetelmistä. Uudistamisen jälkeen siirrytään uuden sukupolven kasvatuvaiheeseen, jonka aikana metsässä tehdään hoitotoimenpiteitä, joiden avulla pidetään metsän puusto kasvatuskelpoisena ja elinvoimaisena. Tavanomaisiin hoitotöihin lukeutuvat taimikonhoito sekä metsän varttuneemmassa vaiheessa kasvatusharvennukset. Metsää voidaan kasvattaa myös kaksijaksoisena, jolloin metsässä on samaan aikaan kaksi kasvatettavaa latvuserrosta. Kaksijaksoisessa kasvatuksessa tarkoituksena on, että päällimmäisen jakson poistamisen jälkeen siirrytään kasvattamaan nuorempaa, vallitsevan aseman saanutta jaksoa ja näin metsänkasvat jatkuu katkeamatta sekä tehostuu ilman merkittävää työmäärän lisäystä. (Äijälä ym., 2014, ss. 127–128)

Jaksollisen kasvatuksen metsässä on useita uudistushakkuutapoja, jotka soveltuvat kukin tietyntyyppisille hakkuukohteille. Uudistushakkuiksi lukeutuvat avohakkuu, siemenpuuhakkuu, suojuspuuhakkuu sekä kaistalehakkuu. Avohakkuu on uudistushakkuista eniten käytetty sen helppouden, edullisuuden sekä nopeuden vuoksi. Avohakkuussa poistetaan käsittelyalueelta lähes kaikki puusto lakisäätteisiä säästöpuuryhmiä ja säästettäviä luontokohteita lukuun ottamatta. Hakkuun jälkeen metsä uudistetaan joko kylväen tai istuttaen. Viljelyä ennen maa tulee muokata, jotta taimettuminen sekä taimien kasvu onnistuisivat todennäköisemmin. Kasvupaikan mukaan tavanomaisia maanmuokkauksen menetelmiä ovat laikkumätästys, kääntömätästys, naveromätästys, ojitusmätästys, laikutus sekä äestys. Maanmuokkaus sekä parantaa taimien kosteus- ja lämpöolosuhteita että lisää mahdollisuuksia kilpailla muuta luontaista kasvustoa vastaan. Avohakkuun vaikutus metsän

ekosysteemiin ja maisemaan on voimakas, mutta sitä voidaan lieventää rajaamalla hakkuuta maastonmuotojen mukaan, jättämällä säästöpuuryhmiä ja vesistöjen suojavyöhykkeitä sekä säästämällä lahopuustoa. Muiden uudistushakkuiden tarkoituksena on uudistaa metsä luontaisesti ja usein ilman maanmuokkausta. Kaistalehakuussa metsä hakataan avoimeksi, enintään 50 metriä leveäksi kaistaleeksi ja uusi puusukupolvi syntyy kaistaleen reunoilta siementävästä metsästä. Hakkuu on hyvä ajoittaa hyvän siemensadon edelle.

Siemenpuuhakkuun ja suojuspuuhakkuun tarkoituksena on uudistaa metsä kaksivaiheisesti luontaisen uudistumisen kautta. Siemenpuuhakkuuta tehdään männyn ja koivun uudistamisaloilla, suojuspuuhakkuuta kuusen uudistamisaloilla. Siemenpuuhakuussa käsittelyala hakataan ensin siemenpuuasentoon, jolloin hakkuussa jää pystyyn hehtaaria kohden riittävä määrä hyvälaatuisia siemenpuuta. Puiden siemennyksen avulla uudistusala saadaan luontaisesti uudistumaan, kun maaperä on ensin kevyesti muokattu. Hyvälaatuisen taimikon synnyttyä siemenpuut usein poistetaan ylispuuhakkuuna, mutta ne voidaan myös säästää esimerkiksi maisemanhoidollisista syistä. Siemenpuuhakkuu soveltuu etenkin mäntyä suosiville karkeammille kuivahkon ja kuivan kankaan kasvupaikoille, mutta hyvin viljavilla mailla hakkuumenetelmää tulisi välttää. Suojuspuuhakkuu tehdään kuusikolle jo syntyneen taimiaineksen suojaamiseksi sekä täydentämiseksi. Hakkuussa jätetään 100–300 kappaletta puuta hehtaarille, jotka myöhemmin poistetaan varovaisesti vahingoittamatta taimia. Menetelmä onnistuu todennäköisimmin silloin, kun hakattavan puuston alla on jo valmiina runsas alikasvos. Suojuspuuhakkuu ei sovellu kohteelle, jossa taimia ei ole runsaasti tai kohde on altis tuulituhoille. Parhaimpia suojuspuuhakkuun kohteita ovat korvet, soistuneet kangasmaat sekä ojitetut turvemaat. (Äijälä ym., 2014, ss. 127–133)

Uudistushakkuun jälkeen alkaa uuden puusukupolven kasvattaminen. Metsälaki määrää, että metsätalousmaalle uuden taimikon voi perustaa kasvupaikalle puulajiltaan ja alkuperältään sopivilla taimilla tai siemenillä. Laki määrittelee metsän uudistamisessa käytettäväksi puulajeiksi männyn, kuusen, rauduskoivun, haavan, siperianlehtikuusen, vaahteran, tervalepän, tammen, kynäjalavan, vuorijalavan, metsälehmuksen, saarnen ja hybridihaavan. Laki määrää myös, että uudistamisessa tulee käyttää riittävä määrä kasvupaikalle ominaisuuksiltaan hyvin soveltuvaa metsänviljelyaineistoa. Kylväminen on tavanomaisesti männylle käytetty uudistamistapa, mutta myös koivua ja kuusta voidaan uudistaa kylvään. Kivennäismailla kylväminen sopii kuivahkolle kankaalle ja sitä karummille kasvupaikoille. Ennen kylvämistä maa on muokattava joko laikuttaen tai äestäen.

Turvemailla etenkin varputurvekankaat ovat kylvämiseen hyvin soveltuvia kasvupaikkoja vähäisen pintakasvillisuuden takia. Kylvö voidaan suorittaa joko koneellisesti äestyksen yhteydessä tai käsin. Käsinkylvö tehdään mieluiten mahdollisimman pian maanmuokkauksen jälkeen. Kevät on paras kylvöajankohta. Kylvämistä enemmän käytetty viljelytapa on istuttaminen, jonka paras ajankohta on kevästä heti maanpinnan sulettua juhannukseen asti. Istutuksia voidaan tehdä myös syksyllä aina syyskuun loppuun asti. Esimerkiksi kuusta voidaan istuttaa melko pitkälle syksyyn, kunhan maanpinta on vielä tarpeeksi lämmin. Jokaiselle puulajille on määritetty suositeltava istutustiheys, jossa huomioidaan kasvupaikan erilaiset olosuhteet. (Ruuska, 2020, ss. 109–118)

Jaksollinen metsänkasvatus vaatii, että metsää hoidetaan kasvatusvaiheelle tyypillisin toimenpitein. Metsäkasvatuksen taimikkovaiheessa taimikon varhaisperkauksen ja taimikon harventamisen avulla huolehditaan puuston elinvoimaisuudesta. Näillä hoitotoimenpiteillä parannetaan taimien selviytymismahdollisuuksia kilpailussa luontaista kasvillisuutta vastaan sekä varmistetaan, että taimilla on tarpeeksi kasvutilaa toisiinsa nähden. Metsän varsinaisten kasvatusharvennusten tekeminen alkaa puuston saavutettua nuoren kasvatusmetsän vaiheen. Harvennusten avulla puuston keskinäinen kilpailu kasvutilasta, valosta, vedestä sekä ravinteista vähenee, johon puut reagoivat sekä pituuskasvun että paksuuskasvun nopeutumisenä etenkin nuorissa harvennusmetsissä. Sekä ensiharvennuksessa että myöhemmissä harvennuksissa puusto hakataan sopivaan kasvatusitiheyteen, jolloin saadaan parannettua kasvatettavan puuston laatua ja nopeutettua puiden järeytymistä. Harvennushakkuissa voidaan tehdä myös metsäluonnon monimuotoisuutta sekä maisemanhoitoa tukevia toimenpiteitä eli säästää myös vähäarvoisempia puita, luoda säästöpuuryhmiä sekä pyrkiä kasvattamaan metsää vaihtelevassa tiheydessä. Tasaikäisrakenteisen metsän harvennustavoista kaksi käytetyintä ovat alaharvennus ja yläharvennus. Alaharvennuksessa jätetään kasvamaan kaikkein laadukkaimmat puuyksilöt eli parhaimmat valta- ja lisävaltapuut. Tämän eniten käytössä olevan harvennustavan tavoitteena on nopea puuston järeytyminen ja hakkuutulojen kertyminen. Yläharvennuksen tarkoituksena on pidentää kasvatettavan metsän kiertoaikaa sekä lisätä tukkipuun tuotosta säästämällä myös pienempiä ja huonolaatuisempia puita. Harvennuksessa poistetaan kookkaita yksilöitä ja luodaan näin lisää kasvutilaa nuoremmille ja elinvoimaisille puille. (Ruuska, 2020, ss. 141–148)

Jaksollisessa metsänkasvatuksessa kiertoajan pituus riippuu puulajista, kasvupaikasta, maantieteellisestä sijainnista sekä metsänomistajan tavoitteista. Puuston ikääntyessä sen kasvukyky hiipuu, elinvoimaisuus alentuu ja reagointikyky kasvuolosuhteiden muutoksiin laskee samalla kun riski erilaisten tuhojen, kuten myrsky-, hyönteis- ja sienituhojen kohtaamiseen kasvaa. Puuntuotoksen näkökulmasta metsän uudistaminen on järkevää silloin, kun puuston kasvu alittaa siihenastisen keskimääräisen kasvun pysyvästi. Taloudellisin perustein laskettu uudistamiskypsyys saavutetaan usein puuntuotannollista kypsyyttä varhaisemmin riippuen puustolle asetetusta tuottovaatimuksesta (Rantala, 2018, s. 168). Kuusen voi uudistaa niin kivennäis- kuin turvemaalle. Kivennäismailla kuusen parhaimpia kasvupaikkoja ovat tuoreet kankaat ja sitä viljavammat kasvupaikat. Kuusi vaatii kasvupaikaltaan sekä riittävästi kosteutta että ravinteita. Turvemaista kuuselle soveltuvat parhaiten ruoho- ja mustikkaturvekankaat. Kuusi sietää hyvin varjostusta, mutta on hallanarka. Kuusi on myös muita puulajeja enemmän altis tuuli- ja kuivuustuhoille sekä vanhana myös sienitautien aiheuttamalle lahoutumiselle. Mänty menestyy kuusta paremmin kuivemmilla ja karummilla kasvupaikoilla. Viljavilla mailla mänty kasvaa herkästi runsasoksaiseksi, mikä heikentää puuaineksen teknistä laatua. Parhaiten mänty kasvaa karkeajakoisilla kuivahkoilla kangasmailla. Turvekankailla mänty kasvaa parhaiten karuilla puolikkaturvekankailla sekä varputurvekankailla. Mänty kestää myös tuulituhoja kuusta paremmin, mutta on sen sijaan altis hirvituhoille. Mänty saa Etelä-Suomessa hyvän siemensadon keskimäärin kolme kertaa kymmenessä vuodessa, kuusi keskimäärin kaksi kertaa. Sekä mäntyä että kuusta voidaan kasvattaa lähes koko maassa pohjoisinta Lappia lukuun ottamatta. Teollisuudessa molemmista havupuista valmistetaan erityisesti paperia, mutta havupuusta valmistetaan myös sahatavaraa ja vaneria. Rauduskoivun kasvatus onnistuu parhaiten tuoreilla kankailla ja sitä viljavimmilla mailla. Rauduskoivu vaatii menestyäkseen ravinteikkaan maan sekä valoa. Maaperältään rauduskoivulle sopivat parhaiten ravinteikkaat hiekka- ja hietamoreenimaat sekä lajittuneiden maiden hienot hiekkamaat sekä karkeat hietamaat. Turvemailla rauduskoivu menestyy melko heikosti ja sitä voidaan kasvattaa lähinnä hyvin kuivatetuilla ja ohutturpeisilla korven ojitusalueilla. Hieskoivulle turvemaat sekä muut kosteat ja vähähappiset maat sopivat rauduskoivua paremmin. Etelä-Suomessa koivu saa hyvän siemensadon vaihtelevasti sääolojen mukaan keskimäärin 2–3 vuoden välein. Rauduskoivua voidaan kasvattaa lähes koko maassa pohjoisinta Lappia lukuun ottamatta. Rauduskoivua käytetään sahatavaran, vanerin ja paperin valmistuksessa, ja koivulla on suuri merkitys erityisesti puusepänteollisuudessa.

Haavan viljelyssä on yleisesti käytetty suomalaisen metsähaavan ja pohjoisamerikkalaisen haavan risteymää eli hybridihaapaa. Haapaa voidaan pitkälti kasvattaa samoilla kasvupaikoilla kuin kuusta, mutta turvemaille sekä hyvin hienojakoisille kosteille maille se ei sovellu. Haapa kestää juurikäävän aiheuttamia tuhoja muita puulajeja paremmin, mutta se joutuu viljeltynä usein hirvituhojen kohteeksi. Haapaa voidaan kasvattaa lähes kaikkialla Suomessa ja sitä käytetään erityisesti lauteiden, paneelien ja paperin valmistuksessa. Siperianlehtikuusi menestyy parhaiten viljavilla, tuoreilla kasvupaikoilla ja vaatii menestyäkseen valoa. Siperianlehtikuusi pystyy hyvin kilpailemaan heinittymistä ja muuta luontaista kasvillisuutta vastaan nopean kasvunsa vuoksi. Maaperältään tiivis ja hienojakoinen ei sovellu siperianlehtikuuselle, kuten ei myöskään voimakkaasti kosteat tai soistuvat kivennäismaat. Puu lisääntyy luontaisesti hyvin heikosti Suomessa, mutta sitä voidaan viljellen kasvattaa lähes koko maassa pohjoisinta Suomea lukuun ottamatta. Suomessa siperianlehtikuusta käytetään lähinnä sahateollisuudessa. (Luoranen ym., 2012, ss. 25–28)

### **2.2.2 Jatkuva kasvatus**

Jatkuva kasvatus perustuu metsänkasvatukseen ilman varsinaista uudistamisvaihetta. Jatkuvassa kasvatuksessa metsä pidetään jatkuvasti peitteisenä ja metsän uudistuminen tapahtuu luontaisesti ja samanaikaisesti kasvun kanssa. Metsä on eri-ikäisrakenteinen eli metsästä löytyy puita useasta eri latvuserroksesta. Kyseisen kasvatustavan metsä tyypillisesti sisältää niin vanhoja valtapuita, varttuneita lisävaltapuita, kasvavaa välipuustoa kuin myös nuorta aluspuustoa ja alikasvosta. Eri-ikäisrakeisessa metsässä on tyypillisesti paljon puuston rakenteellista vaihtelua myös paikallisesti eli esimerkiksi alikasvoksen runsaudessa tai puuston tiheydessä voi olla vaihtuvuutta metsän eri osien välillä. Puut kasvavat osassa metsää tiheissä ryhmissä, mutta metsästä löytyy myös aukkoisuutta. Eri-laisen kasvatustavan takia metsässä tehtävät hoitotoimenpiteet ovat selvästi pienipiirteisempiä jaksolliseen metsänkasvatukseen verrattuna. Pääsääntö on, että metsästä hakataan pois suurikokoisia puita ja kasvatetaan nuoria puita sekä alikasvosta. Tarvittaessa metsästä myös harvennetaan nuorempaa väli- ja aluspuustoa. Tällä tavoin metsästä poistetaan varttuneita, muita puita varjostavia ja tilaa vaativia suurikokoisia puita ja samalla luodaan lisää kasvutilaa ja valoa nuorille yksilöille. Samalla pidetään huolta siitä, että metsässä tapahtuu jatkuvaa taimettumista, jolloin saadaan aikaan niin sanottu

alikasvosreservi. Metsän suurikokoisia ja elinvoimaisia puita voidaan kasvattaa siemenpuuna, jotka edesauttavat metsää uudistumaan. Metsän kasvattaminen erirakenteisena edellyttää, että metsästä poistetaan puita kaikista latvuserroksista tasaisesti. Sekä luontaisesti että hakkuiden yhteydessä tuhoutuu usein jääväksi tarkoitettua nuorta puustoa, ja siksi onkin tärkeää, että metsässä nuorien puiden määrä on selvästi vanhoja puita suurempi. Hakuissa on syytä varoa jätettäväksi tarkoitettuja puita vaurioitumiselta. Sairaata ja heikkokuntoiset puut voidaan hakkuun yhteydessä kaataa, mutta metsän monimuotoisuutta tukevana toimena niiden säästäminen voi olla järkevä valinta. (Pukkala ym., 2011, ss. 228–229)

Jatkuvan kasvatuksen metsässä käytetään hakkuumenetelmiä, joiden tarkoitus on kehittää ja säilyttää metsän erirakenteisuus ja peitteisyys. Puuston erirakenteisuutta tukevia hakkuita ovat poimintahakkuu ja pienaukkohakkuu. Poimintahakkuun tarkoituksena on poistaa etenkin metsän suurikokoisia puita tasaisesti eri puolilta hakkuualaa ja harventaa puusto sopivaan tiheyteen. Kaadettavat puut valikoituvat muun muassa niiden koon, tiheyden, kasvatuskelpoisuuden tai varjostavuuden perusteella. Puita poimitaan valikoiden niin, että metsän uudistumiskyky sekä kasvuolosuhteet paranevat ja samalla säilytetään peitteisyys sekä erirakenteisuus. Poimintahakkuu soveltuu hyvin etenkin kuusivaltaisten metsien hakkuumuodoksi, sillä kuusi menestyy alikasvoksena parhaiten kookkaampien puiden varjossa ja toipuu muutoksesta nopeasti. Poimintahakkuu soveltuu hyvin myös Pohjois-Suomen hidaskasvuisiin männiköihin. Männikön poimintahakkuussa jäävän puuston tiheys on hyvä olla kuusimetsää aavistuksen väljempi ja hyvälaatuisten siemenpuiden säästäminen on uudistumisen kannalta tärkeää. Männikölle paremmin soveltuvassa pienaukkohakkuussa uudistuminen tapahtuu metsään hakattujen pienaukkojen taimettumisen kautta. Pienaukon koko saa olla enintään 0,3 hehtaaria, jotta metsälain mukaista uudistamisvelvoitetta ei synny. Pienaukkohakkuu soveltuu etenkin valopuiden, kuten koivun ja männyn erirakenteiskasvatukseen, sillä se tarjoaa valoa ja riittävästi tilaa uusille taimille sekä reunapuustolle. Pienaukkojen avulla voidaan ylläpitää metsän erirakenteisuutta säätelemällä aukkojen kokoa, tiheyttä ja hakkuiden toistuvuutta. Kahden edellä mainitun hakkuumenetelmän yhdistely on myös mahdollista ja tuottaa monesti hyvän lopputuloksen. Pelkästään pienaukkoja hakkaamalla vaatii paljon aikaa ennen kuin koko käsiteltävä metsä on uudistettu kertaalleen. Pienaukkohakkuu ei sovellu kovin hyvin voimakkaasti heinittyville, viljaville maille. Myös kuusivaltaisissa metsissä poimintahakkuu on usein pienaukkoja toimivampi ratkaisu, mutta valopuulajien uudistumisen kannalta pienaukkohakkuilla on

merkittävä rooli. Kuusivaltaisille turvemaille pienaukot soveltuvat hyvin. Pienaukon läpimitta on kivennäismaalla hyvä olla vähintään 40 metriä, jotta reunametsän varjostus ja juuristikilpailu eivät heikennä valopuiden kasvua liikaa. Pystyyn jäävän puuston pohjapinta-ala on käsittelyalueella oltava riittävän suuri, jotta se ei alita säännöksissä asetettua vähimmäismäärää. Vähimmäismäärän alittaminen johtaa normaaliin uudistamisvelvoitteeseen. Harventamalla metsä vaihtelevaan tiheyteen luoden ryhmittäisyyttä ja aukkoisuutta sekä säästämällä hyvälaatuisia siemenpuita ja alikasvosta voidaan tasarakenteisesta metsästä kehittää aikaa myöden erirakenteinen. Oikealla hakkuukierrolla sekä oikeilla käsittelytavoilla voidaan metsä pitää vaihtelevan erirakenteisena ja uudistumiskykyisenä. (Äijälä ym., 2014, ss. 157–163)

Jatkuva kasvatus sopii Suomen oloissa parhaiten kuuselle, joka on maamme ainoa taloudellisesti merkittävä varjopuu. Kuusi on sopeutunut hyvin kasvamaan varjossa ja toipuu kasvuolosuhteissa tapahtuvista muutoksista muita puulajeja paremmin. Oikeissa olosuhteissa tapahtuva metsien luontainen kuusettuminen hiljalleen syntyvän kuusen alikasvoksen myötä edesauttaa erirakenteisuuden säilymisessä. Muista puulajeista myös lehmus, vaahtera ja pihlaja sietävät varjoa melko hyvin, mutta ne eivät ole metsätaloudellisesti merkittäviä. Sen sijaan mänty, koivu, leppä, haapa ja tammi vaativat valoisan kasvupaikan menestyäkseen. Valopuulajeille jatkuva kasvatus ei sovi yhtä hyvin, mutta se on kuitenkin mahdollista lisäämällä metsän aukkoisuutta tai kasvattamalla metsää tarpeeksi harvana. Männikölle ylispuukasvatus on jatkuvan kasvatuksen menetelmistä paras vaihtoehto, joka sopii etenkin karummille kasvupaikoille. Jatkuvan kasvatuksen toteutuksen kannalta parhaimpia kivennäismaan kasvupaikkoja ovat kuuselle hyvin soveltuvat tuoreet kankaat sekä turvemilla rehevät korvet. Karumpien kivennäismaiden kasvupaikoilla mänty menestyy kuusta paremmin. Lehtomaisilla kankailla sekä lehdoissa jatkuvaa kasvatusta on vaikea toteuttaa maan viljavuuden vuoksi, sillä heinittyminen ja pusikoituminen vaikeuttavat uusien taimien kasvua ja näin metsän luontainen uudistuminen on hidasta. Ojitetuilla turvekankailla kasvatettava mänty uudistuu luontaisesti melko heikosti, minkä takia erirakenteiskasvatus voi osoittautua vaikeaksi ilman maanmuokkausta. Männyn kasvattamista viljavilla turvekankailla vaikeuttaa myös luontaisesti syntyvä hieskoivikko. Maantieteellisesti tarkasteltuna Etelä- ja Keski-Suomessa on hyvät mahdollisuudet toteuttaa jatkuvaa kasvatusta, jos vain kasvupaikka on menetelmälle soveltuva. Pohjois-Suomen kuusikoissa menetelmä ei välttämättä toimi maan kylmyyden, heikon siemensadon ja paksun

kunntaisuuden vuoksi, mutta karumpien kasvupaikkojen männiköissä jatkuva kasvatus onnistuu paremmin. Pohjois-pohjanmaan ja Kainuun alueella jatkuvan kasvatuksen on todettu onnistuvan etenkin tuoreilla kankailla ja viljavissa korvissa. Metsätuhojen osalta jatkuva kasvatus on selvästi vähäriskisempi kasvatustapa tasaikäiskasvatukseen verrattuna. Jatkuvan kasvatuksen metsässä hirven, jäniksen, myyrän ja tukkimiehentäin aiheuttamat tuhot ovat hyvin pieni- ja keskisuuruisia. Kirjanpaina- ja tuuli- ja lumituhojen riski on myös pienempi, jos hakkuut suoritetaan onnistuneesti. Juurikäpälä on sen sijaan iso riski varsinkin kuusivaltaisissa metsissä. Jatkuvan kasvatuksen mallilla sen poistaminen metsästä on vaikeaa, sillä käävän aiheuttama infektio säilyy hyvin kaadettujenkin puiden juuristoissa sekä kannoissa sairastuttaen yhä useampia puita. Tartunta voidaan pyrkiä ehkäisemään suosimalla talvihakkuuta (Ruuska, 2020, ss. 195–200).

### **3 Puunjalostus**

Tässä luvussa esittelen suomalaista metsäteollisuutta juuri sahateollisuuden näkökulmasta. Esittelen ensin lyhyesti teollisuudesta saatavia tuotteita, niiden valmistamiseen liittyviä käytänteitä sekä valmiiden tuotteiden käyttökohteita. Käyn läpi tärkeimmät sahatavaran tuotantoon liittyvät vaiheet nykyaikaisessa sahalaitoksessa sekä kerron puun kuivausprosessista pääpiirteissään. Käyn läpi myös pohjoismaisen sahatavaran laatuluokittelun periaatteet, kerron eri laatuluokkien välisistä eroavaisuuksista sekä kunkin laatuluokan puutavaran käyttökohteista.

#### **3.1 Teollisuuden tuotteet**

Puutavara on mikä tahansa puun rungosta saatu metsätaloustuote, myös puun runko sellaisenaan. Sanalla sahatavara tarkoitetaan sahattua puutavaraa, joka on sahattu yleensä vähintään neljältä sivulta. Sahatavara on siis sahattu kantikkaaksi. Yleisimmät puusta sahattavat jalosteet ovat lauta ja lankku. Muita sahatavaralajeja ovat erilaiset soivot, parrut, palkit ja rimat (kuva 1). Sahatavaraksi kutsutaan myös tuppeen sahattua lautaa eli särmäämätöntä lautaa, jossa puun kuori on edelleen tallella. Eri sahatavaralajeille on käytössä omat nimellimitat, joiden mukaan sahatavara valmistetaan. Nimellimitat ja nimitykset sahatavaralajeittain saattavat hieman poiketa toisistaan lähteestä riippuen. Kun sahatavara höylätään, sen tuloksena syntyy höylätavaraa. Höylätavaraksi luetaan esimerkiksi

listat ja paneelit. Höyläys voidaan toteuttaa karkeahöylättynä, sileähöylättynä sekä myös muotohöylättynä, jolloin puutavara poikkeaa jotenkin suorakaiteen muodosta. Puu voidaan myös hienosahata, jolloin sahapinta on normaalisti sahattua puuta sileämpi. Mitallistettu sahatavara tarkoittaa mittatarkaksi tehtyä sahatavaraa. (Plattonen, 2015, ss. 45–48)

Kuva 1. Sahatavaraa Evolla.



Saha- ja puuteollisuus tuottaa useita sahatavarajalosteita. Näistä yleisin lienee höylätty puutavara, johon lukeutuu muun muassa sisä- ja ulkoverhouspaneelit, lattialaudat, listat, muotohöylätyt laudat, liimapuulevyjen lamellit sekä muut erilaiset aihiot ja komponentit. Edellä mainittuja tuotteita käytetään etenkin rakennusteollisuudessa. Sahatavarasta valmistetaan liimaamalla erilaisia jalosteita, kuten rakenteissa käytettävää lamelleista valmistettua liimapuuta, sormijatkettua sahatavaraa, puusepänteollisuudessa käytettävää massiivipuista liimalevyä sekä monikerroksista massiivipuista CLT-levyä (Cross Laminated Timber). Sahatavaraa ja levyvalmisteita yhdistelemällä saadaan tuotettua myös erilaisia rakenteissa käytettäviä I-palkkeja ja ristikkorakenteita. Sahatavara voidaan tarvittaessa lämpökäsitellä prosessissa, jossa puun lämpötila nostetaan usean vuorokauden ajaksi noin 200 celsiusasteeseen. Kuumen ilman ja vesihöyryn avulla saadaan puun rakennemuutosten kautta aikaan kovempaa, kevyempää, sään- ja lahonkestävää puuta, jonka lämmöneristyskyky paranee ja kosteuseläminen vähenee. Lämpöpuuta käytetään saunan

sisustukseen ja lauteisiin, lattialautoihin, seinä- ja kattopaneelisiin, puusepänteollisuuden kalusteisiin, ikkunoihin, terasseihin ja kylpytynnyreihin. Lisäksi sahatavarasta valmistetaan paljon kestopuuta eli painekyllästettyä sahatavaraa. Suoja-aineella kovan paineen alaisuudessa kyllästetty puu on sään- ja lahonkestävää ja suojassa myös hyönteistuholaisilta. Kyllästettyä puuta käytetään lähes kaikessa rakentamisessa ulkotiloissa. (Varis, 2017, ss. 265–269)

### **3.2 Sahatavaran valmistus ja laatuluokittelu**

Pohjoismaissa sovelletaan sahatavaran osalta pohjoismaista laatuluokitusta. Laatuluokitus huomioi pohjoisilla leveysasteilla kasvavalle havupuulle sen tyypilliset ominaisuudet, viat ja kasvutavan. Pohjoismaisen havupuun tiivis ja kestävä rakenne, kevyt ominaispaino ja esteettinen ulkonäkö sekä hyvät kosteus- ja lämpötekniset ominaisuudet tekevät siitä korkealaatuisen tuotteen, joka oikein käsiteltynä soveltuu moniin eri käyttötarkoituksiin.

Pohjoismaisessa sahauskäytännössä normaali sahaustapa perustuu sydänhalkaisuun, jossa huonolaatuinen ydin sahataan ainakin osittain pois ja puun sisäiset jännitteet vähenevät. Tässä niin sanotussa jakosahausvaiheessa puusta sahataan sydäimestä ulospäin edeten tarvittavan paksuista sahatavaraa, yleensä ensin paksumpaa lankkua eli keskitavaraa ja lopuksi ohuempaa sivulautaa. Näin tukista saatava puu saadaan hyödynnettyä mahdollisimman tehokkaasti. Ennen sydänhalkaisua on pyöreälle tukille suoritettava pelkkasahaus, jolloin tukin vastakkaisille puolille saadaan muodostettua kaksi suoraa pintaa. Usein pois sahattavista pelkoista saadaan vielä sahatuksi ohuempaa lautaa. Normaalin sahauskäytännön lisäksi on olemassa erikoissahauksia. Yleisin näistä lienee sydänvapaa sahaustapa, jossa pelkkasahauksen jälkeen puusta sahataan erillinen sydänkappale. Ytimen halkaisun sijaan puun ydin ja sen mahdolliset viat jäävät keskeltä sahatun sydänkappaleen sisään ja näin muun keskitavaran laatu säilyy hyvänä. Sydänkappaleen sahausken jälkeen myös puussa mahdollisesti olevat jännitteet vähenevät. Muuten sahaus tapahtuu kuten normaalissa sahaustavassa. Muita nimityksiä erilaisille käytössä oleville sahaustavoille on läpisahaus, ympärisahaus, tähtisahaus, trapetsisahaus, komponenttisahaus sekä erilaiset epäsymmetriset sahaukset. (Suomen sahateollisuusmiesten yhdistys ry, 2016, ss.10–12)

Tässä kappaleessa esittelen lyhyesti sahatavaran tuotantoa. Suomessa sahatavaran tuotanto keskittyy suurten metsäteollisuusyhtiöiden omistamille sahalaitoksille sekä lukuisille piensahoille. Vuonna 2021 Suomessa toimi lähes 80 teollista sahatavaralaitosta sekä satoja piensahoja, jotka yhdessä tuottivat noin 12 miljoonaa kuutiometriä valmista sahatavaraa kyseisenä vuonna. Sahatavara on Suomen neljänneksi tärkein vientituote. Kotimaan markkinoiden lisäksi sahatavaraa viedään yli 60 eri maahan (Sahateollisuus ry, 2022).

Sahatavara valmistetaan mitta- ja laatuvaatimukset täyttävästä tukkipuusta nykyaikaisilla sähkösaahoilla. Sahatukit kuljetetaan sahalaitoksille paikallisia mahdollisuuksia hyödyntäen joko maanteitä pitkin, rautateitse tai uittaen. Teollisissa tuotantolaitoksissa tukit mitataan ja lajitellaan automatisoitujen lajittelulinjojen avulla. Tukit voidaan vastaanottomittauksen jälkeen ensin tarkastaa visuaalisesti, jonka jälkeen niille suoritetaan geometrian mittaus esimerkiksi nykyaikaista 3D-tekniikkaa hyödyntäen. Myös tukin läpivalaisu röntgenmittauksessa on mahdollista. Lajitellut tukit saatetaan varastoida lyhytaikaisesti varastointikentälle, josta ne etenevät sahausprosessiin. Ennen sahausta suoritetaan puun kuorinta kuorimakoneiden avulla, jotta kuori ja epäpuhtaudet saadaan eroteltua syntyvästä sahatavarasta ja sen sivutuotteista. Yleisin kuorintamenetelmä on roottorikuorinta, jossa puu kuljetetaan pyörivän kuorintaterillä varustetun roottoripyörän läpi (Varis, 2017, ss.65–82). Tämän jälkeen tukki etenee sahalinjalle, jossa se sahataan laitoksesta ja sahaustavasta riippuen pelkkahakkurin, pyörösahalinjan, veistosahalinjan ja vannesahalinjan avulla. Sahausprosessiin voi kuulua useita eri koneita ja työvaiheita, kuten potkaisija- tai revolverimallinen tukinkääntäjä, magneettinen metallinilmaisim, moniosaiset syöttökuljettimet, tukin pyöritys-, keskitys- ja suuntauslaitteet sekä sahauksen sivutuotteita käsittelevät seulat ja hakkurit. Sahauksessa syntynyt sahatavara etenee dimensiolajitteluun eli tuorelajitteluun, jossa hyödynnetään usein konenäköä. Lajittelun tarkoituksena on jakaa sahatavara koon ja laadun mukaan omiksi ryhmikseen ennen kuivaukseen siirtymistä. Lajittelun tuloksena muodostunut kuivaamokuorma rimoitetaan koneellisesti ja siirretään välivaraston kautta kuivaamoon. Puun kuivatusprosessi voidaan toteuttaa usealla eri tavalla korkeaan lämpötilaan, vesihöyryyn, alipaineeseen sekä ilmankiertoon perustuen (Varis, 2017, ss.83–99; ss.127–136). Kuivaus toteutetaan prosessiin erikseen tarkoitettuun tilaan, usein kamari- tai kanavakuivaamossa, ja tarkoitus on poistaa vettä sahatavarasta mahdollisimman vähäisillä laatu tappioilla ja kustannustehokkaasti. Puu kuivataan käyttötarkoituksen mukaan haluttuun kosteuteen. Rakennuspuun tavoitekosteus kuivauksen jälkeen on noin 15–18 prosenttia eli puun sisältämän vesimäärän massa on 15–18 prosenttia

puun kuivapainosta. Niin sanotun vientikuivan perussahatavaran kosteusprosentti on lähellä 20 prosentin kosteutta, kun taas erikoiskuivan eli niin sanotun puusepäнкуivan puun kosteusprosentti on tyypillisesti 6–8 prosenttia (Puuinfo, 2019, ss.8–10).

Pohjoismaiden sahatavaran laatuluokittelussa päälaatuluokkia on neljä. Laatuluokat ovat US (unsorted) eli A-laatuluokka, V (kvintta) eli B-laatuluokka, VI (seksta) eli C-laatuluokka sekä VII eli D-laatuluokka. Neljän päälaadun lisäksi korkein päälaatu US jaetaan vielä neljään alaluokkaan I, II, III ja IV. Jokaiselle laatuluokalle on määritetty laatuvaatimukset, jotka ovat sekä numeerisia että esteettisiä. Luokituksen päälaaduissa US vastaa parasta luokitusta ja VI heikointa laatua, alaluokissa US I on korkein ja US VI heikoin laatu. Sahatavaran laadun määrittämisessä arvioidaan kappaleessa olevia eri ominaisuuksia ja vikoja niiden suuruuden, sijainnin, lukumäärän ja laadun perusteella. Määrittäminen tehdään kappaleen pintalappeen ja molempien syrjien perusteella, ja kappaleen jokainen sivu arvioidaan erikseen. Sahatavaran laatua määrittäessä kiinnitetään huomiota esimerkiksi kappaleessa oleviin oksiiin ja niiden kokoon, lahon tai lylyn määrään, pihkaisuuteen, halkeamiin ja erilaisiin laatu- ja muotovikoihin. Puutavaran laatumäärittämisessä mitattaville ominaisuuksille on määritetty raja-arvot, joiden mukaan laatuluokka määräytyy. Laatuluokkien raja-arvot vaihtelevat puutavaralajeittain eli puutavaran paksuuden ja leveyden mukaan. Laatuluokkien raja-arvot on määritetty puulle sen ollessa 20 prosentin kosteudessa.

Laatuluokittelussa korkein pääluokka US jaetaan neljään alaluokkaan. Laatu US I ei käytännössä sisällä lainkaan laatua heikentäviä ominaisuuksia. Se on lähes oksatonta ja muotoviatonta puutavaraa, jossa ei esiinny lainkaan puun ulkonäköä, kestävyttä tai rakenteellista laatua heikentäviä vikoja. Erityisesti puutavarakappaleen syrjien on oltava täysin oksattomat. US IV on korkeimman pääluokan heikoin laatu, mutta ominaisuuksiltaan myös hyvin vähän vikoja sisältävä luokka. Laatuluokka saa sisältää harvakseltaan tuoreita ja kuivia oksia niin lappeella kuin syrjälläkin, mutta laho-oksaisuutta ei sallita. Oksien koon tulee olla maltillinen suhteessa puutavarakappaleen kokoon. Poikkeuksena muihin US laadun alaluokkiin pihkaisuus, latvamurtumat, korot, ja lyly ovat vähäisinä määrinä sallittuja, mutta sinistäjäsiementä tai minkäänlaista lahoa ei sallita. Pihkakolojen, halkeamien ja muotovikojen esiintyminen on sallittua vähäisinä määrinä. Kaikki US laatuluokkaan luettava puutavara on kuitenkin ominaisuuksiltaan korkeat ulkonäkö- ja kestävyysvaatimukset täyttävää puuta, jota käytetään erityisesti puusepänteollisuudessa, veneenrakennuksessa ja

sisätiloissa listoina ja paneelina. Puutavaran laatuluokkien välillä yhdistävä tekijä on, että pehmeää lahoa ei sallita missään laatuluokassa VII luokkaa lukuun ottamatta. Muilta ominaisuuksiltaan luokat eroavat toisistaan ja heikompa luokkaa kohden siirryttäessä vikojen määrä ja laajuus kasvavat. Laatuluokassa V oksien, pihkakolojen, korojen, halkeamien ja murtumien määrän tai pituuden raja-arvot ovat US luokkaa sallivammat, vaikka muotovikojen osalta vaatimukset ovat samat. Laatuluokan V puutavarakappaleessa saa esiintyä aiempaa enemmän lyllyä ja pihkaisuutta sekä vähäisinä määrinä kiinteää lahoa ja sinistäjärsientä. Tätä heikomman laatuluokan VI puutavarakappale saa olla hyvin oksainen, pihkainen tai lyllyinen aiempiin luokkiin verrattuna. Laatuluokan raja-arvot sallivat merkittävän määrän kiinteää lahoa suhteessa kappaleen pinta-alaan ja kappaleessa saa olla myös huomattavia muotovikoja. Päälaatuun V kuuluvan puutavaran käyttökohteet ovat tyypillisimmillään huonekaluteollisuudessa, sisustuspaneelina, lattialautoina sekä talon runkorakenteissa ja ulkoverhouksessa. Laadun VI puuta käytetään esimerkiksi talon runkorakenteissa, kattotuoleissa, aidoissa ja kuormalavoissa. Laatuluokka VII on heikoin päälaatu, jolle ei ole asetettu numeerisia arvoja. Kyseisen luokan puutavarakappaleen on oltava pääosin kantikas ja koossa pysyvä. Puu soveltuu esimerkiksi betonimuotteihin tai pakkausmateriaaliksi. (Suomen sahateollisuusmiesten yhdistys ry, 2016, ss.22–45)

## **4 Tutkimustyö**

Opinnäytetyöni on tyypiltään tutkimuksellinen opinnäytetyö ja tutkimuksen aiheena on kuusisahatavaran laatu jatkuvan kasvatuksen metsässä. Tutkimustyö toteutettiin yhteistyössä Helsingin yliopiston, Luonnonvarakeskuksen, Hämeen ammattikorkeakoulun ja Hämeen ammatti-instituutin kanssa. Tutkimustyön tavoitteena on tutkia jatkuvan kasvatuksen metsässä kasvaneen kuusisahatavaran laatua ja verrata saatuja tuloksia jaksollisena kasvatetun metsän sahatavaran laatuun. Tutkimustyötä edelsi tutkittavien koepuiden kaato sekä sahaus lankuiksi ja laudoiksi. Hämeenlinnan Evon ja Padasjoen Vesijaon alueilta kaadettiin 49 ennalta sovittua koepuuta talvella 2022. Koepuut sijaitsivat jatkuvan kasvatuksen tutkimista varten perustetuilla koelajoilla. Koelajoja on yhteensä seitsemän, joista kolme sijaitsee Evolla ja neljä Vesijaolla (kuva 2). Koepuut katkottiin valmiisiin tukkimittoihin, merkittiin numeroin ja kuljetettiin Evolle. Tukit sahattiin puutavaraksi ja merkittiin, jotta puutavaran alkuperä voitiin myöhemmin tunnistaa. Puutavarasta mitattiin ennalta määritetyt laadulliset ominaisuudet ja puutavaralle

määritettiin laatuluokka pohjoismaisen sahatavaran lajitteluohjeen mukaan (Nordic Timber, 2015). Mittaustyön jälkeen saadut tulokset analysoitiin ja saatuja tuloksia verrattiin jaksollisesti kasvatetun metsän puutavarasta Kaakkois-Suomessa vastaavanlaisessa tutkimustyössä saatuihin tuloksiin (Pehkonen, 2021). Mittaustulosten avulla voidaan muodostaa johtopäätöksiä, minkälaista puutavaraa jatkuvan kasvatuksen metsästä on mahdollista saada ja eroaako se laadullisesti jotenkin jaksollisen kasvatusmetsä puutavarasta.

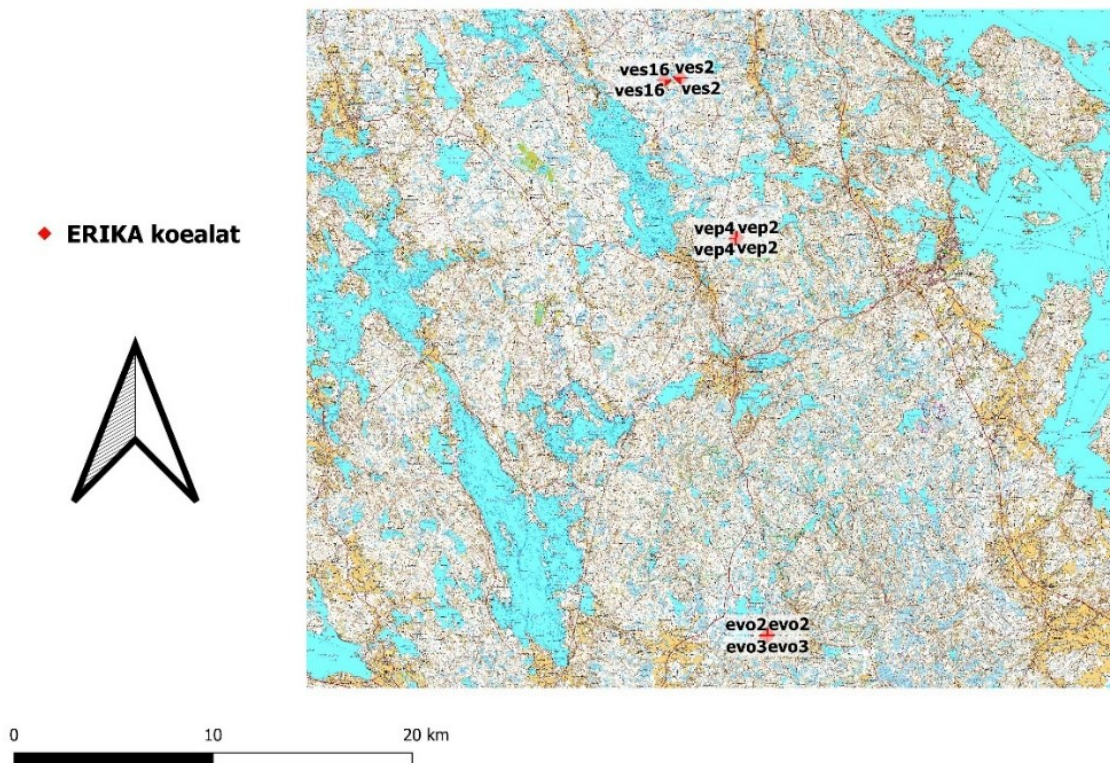
#### **4.1 Koepuiden merkintä, sahaus ja mittaus**

Tutkimuksessa mukana olleet jatkuvan kasvatuksen koealat on perustettu vuosien 1991–1992 aikana. Koealat ovat alun perin perustettu Metsäntutkimuslaitoksen ERIKA-tutkimusprojektin puitteissa eri-ikäisrakenteisten kuusimetsien tutkimuksia varten. Koealojen historiassa metsissä tehtyjen varhaisten hoitotoimenpiteiden laajuutta tai tarkkaa ajankohtaa ei ole tiedossa, eikä myöskään mahdollista uudistamisajankohtaa tarkkaa tunneta. Metsissä on tehty vaihtelevasti hakkuita vuosien 1950–1980 aikana. Vuosien 1984–1988 aikana koealojen metsissä toteutettiin hakkuita, joilla metsät pyrittiin muuttamaan eri-ikäisrakenteisiksi. Ennen tuota ajankohtaa metsien rakenteellinen vaihtelu oli vähäisempää, mutta koealojen metsien arvioitiin olevan potentiaalisia kehittymään kohti erirakenteisuutta oikeanlaisten hakkuiden avulla. Vuonna 1996 metsissä toteutettiin poimintahakkuita, joilla edelleen pyrittiin parantamaan metsien erirakenteisuutta. Hakkuissa poistettavat puut edustivat läpimitaltaan pääasiassa metsän suurikokoisimpia puita, mutta useiden koealojen kohdalla osa metsän valtapuustosta kuitenkin säästettiin. Jatkuvan kasvatuksen tutkimustyön hakkuut kuusisahatavaran laadun määrittämiseksi toteutettiin keväällä 2022. Vuoteen 2022 mennessä metsien eri-ikäisvaihe on kestänyt lähes 40 vuotta. (Eerikäinen ym., 2014)

Tutkimusalojen puustotiedot on mitattu kolmelta Vesijaon alalta vuonna 2016 ja lopuilta aloilta vuonna 2021. Jokainen tutkimuksessa mukana ollut Evon ja Vesijaon koeala on kasvupaikkatyypiltään tuore kangas eli kyseessä on Etelä-Suomen mustikkatyypin metsä. Tutkimusaloilla kuusi on vallitseva puulaji, mutta etenkin Vesijaolta löytyy myös lehtipuita sekä Evon tutkimusaloilta mäntyä. Koealojen puuston valtapituuden vaihteluväli on noin 23–

26 metriä, ja keskimääräinen rinnankorkeuslämpimitta vaihtelee 18–29 senttimetrin välillä. Pienin tutkimusalan pohjapinta-ala on 8,35 neliometriä ja suurin 22,19 neliometriä.

Kuva 2. Evon ja Vesijaon jatkuvan kasvatuksen koealat (Jiri Pyörälä, 2022).



Ennen varsinaisen tutkimustyön alkua oli tutkimuksen koepuut valittu ja merkitty maastossa (kuva 3). Koepuiden valinnassa kiinnitettiin huomiota siihen, että ne edustavat mahdollisimman hyvin jatkuvan kasvatusmetsikön puustoa. Koepuita valittaessa kiinnitettiin huomiota myös siihen, että valitut puut edustivat usean eri latvuserroksen puita ja näin tutkimusaineistoon saatiin vaihtelua eri kokoluokkien välillä. Samalla oli kuitenkin tärkeää huomioida, että puun tuli täyttää tietyt kokoluokkavaatimukset, jotta puu sisältäisi sahattavaksi tarkoitettua tukkipuuta. Koepuita valittiin seitsemän kappaletta koealaa kohden ja puut sijaitsivat toisiinsa nähden lähemmäs muodostaen yhdestä kahteen rypästä. Koepuiden runkojen tuli olla ulkoapäin nähden terveitä. Valittujen koepuiden pienintä rinnankorkeusmittaa edusti 19,5 senttimetriä ja suurinta 43 senttimetriä. Koepuiden pituus vaihteli 18,5 metristä aina 30,6 metriin asti. Merkittävät koepuita oli yhteensä 49 kappaletta, joista 21 kappaletta oli Evon koealoilta ja loput 28 koepuuta sijaitsivat Vesijaon koealoilla. Koepuiden kaato, katkenta ja kuljetus Evon sahalle tehtiin yhteistyössä Hämeen ammatti-

instituutin kanssa. Koepuut kaadettiin metsurityönä vuoden 2022 kevättalvella, ja kaadon yhteydessä puut katkottiin tarkoituksenmukaisiin tukkimittoihin. Jokainen tukki merkittiin niin, että tukista voitiin tunnistaa, mistä koepuusta ja mistä kohtaa runkoa se oli sahattu. Tukit kuljetettiin Evon sahalle, jossa ne sahattiin puutavaraksi normaalia sahaustapaa käyttäen suorittaen ensin pelkkasahaus ja sen jälkeen jakosahaus. Sahaus ja sitä seurannut mittaus toteutettiin maaliskuuhun aikana. Sahauksen yhteydessä kaikki tuotettu puutavara merkittiin niin, että merkinnästä kävi ilmi, mistä tukista ja mistä tukin osasta se on sahattu. Merkinnästä tunnistettiin kappaleen sijainti tukissa, eli keskitavaran sijainti puun sydäimestä ulospäin lukien ja pintalautojen sijainti tukin eri osissa.

Kuva 3. Koepuiden merkintä maastossa.



Sahauksen jälkeen jokaisesta puutavarakappaleesta mitattiin pohjoismaisen sahatavaraluokittelun mukaisia puutavaran laatua kuvaavia ominaisuuksia, joiden perusteella kappaleelle voitiin määrittää laatuluokka. Mittaustyö tapahtui puun tultua sahalla tuoreeltaan, yleensä vain muutaman päivän jälkeen sahaustuksesta. Laatuluokka määritettiin päälaatuluokkien mukaan eli alalaatuja ei tässä kohtaa huomioitu. Mitattavat kappaleet jaettiin leveyden ja paksuuden mukaan puutavaralajeihin. Sahatavarakappaleen eli saheen mitat huomioitiin pohjoismaisen laatuluokittelun mukaisesti laatuluokkaa

määritettäessä. Jokaisesta kappaleesta mitattiin sen ulkolape sekä molemmat syrjät, joiden perusteella laatuluokka myös määritettiin. Keskitavaran kahdesta puun sydäntä lähinnä olevasta saheesta toisesta mitattiin myös sisälape, mutta sisälapeen tuloksia ei huomioitu laadunmäärittämisessä. Samoin toimitettiin myös pelkoista sahattujen sivu- ja pintalautojen kohdalla. Laadunmäärittämisessä ei huomioitu sahausteknisistä syistä aiheutuneita laatuviikoja, kuten vajasärmäisyyttä, mutta kyseiset viat merkittiin muistiin. Saheen lape- ja syrjävääritys sekä kierous laadunmäärittämisessä kuitenkin huomioitiin. Mittauksissa määritettiin kappaleen mitat sekä laskettiin kappaleessa esiintyvä lahon ja lylyn määrä saheen ja vian pinta-alojen suhteena (kuva 4). Kappaleesta laskettiin pihkakolojen lukumäärä ja pisimmän kolon pituus sekä tuoreiden, kuivien, lahonneiden ja irto-oksien lukumäärät. Tuoreiden ja kuivien oksien suurin läpimitta ja keskiläpimitta merkittiin ylös, ja sahatavarakappaleen laadunmäärittämisessä huomioidiin laadullisesti heikoin metri sekä oksien että pihkakolojen suhteen. Muut kappaleen laatua esteettisesti tai rakenteellisesti heikentävät viat, kuten halkeamat, latvamurtuma, kaarnaroso, koro, syyhäiriöt tai pihkaisuus, merkittiin ylös ja huomioitiin laadunmäärittämisessä.

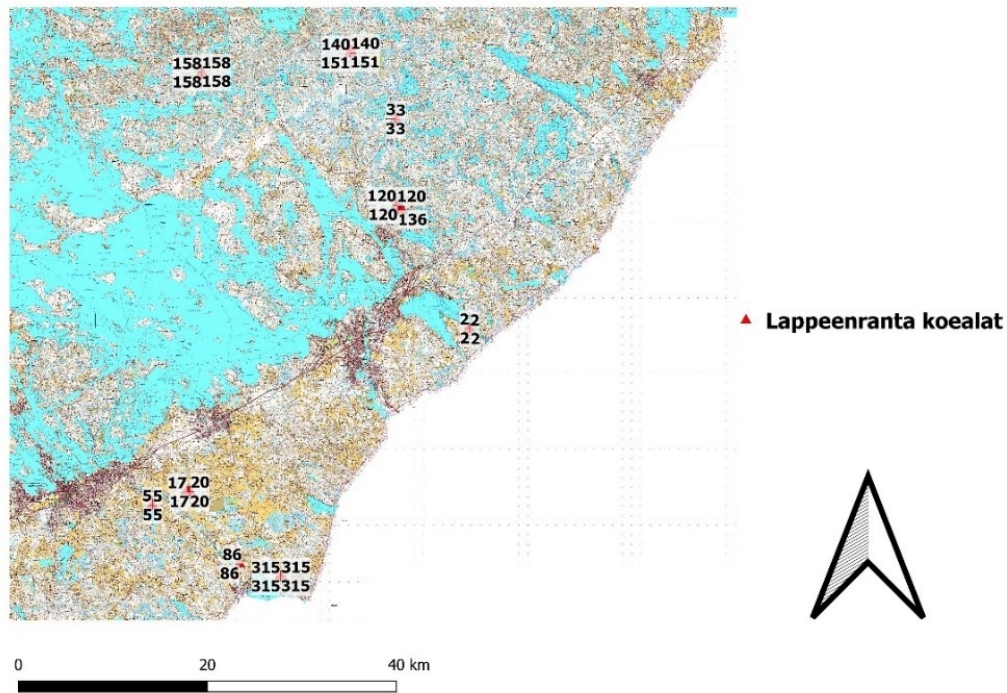
Kuva 4. Kiinteän lahon mittaaminen.



Työni päätavoite on Evolta saatujen mittaustulosten analysointi ja vertailu vastaavanlaisessa tutkimustyössä jaksollisesta metsänkasvatuksesta saatuihin tuloksiin. Vertailtavana aineistona on Itä-Suomen yliopistosta valmistuneen Mika Pehkosen pro gradun (The Effect of Growth Rate on Sawlog Quality of Norway Spruce, 2021) tutkimustyön tulokset. Käytän analysoinnissa Pehkosen tuloksista nimitystä Lappeenrannan aineisto. Tutkimuksessa mitattiin koneellisesti yhteensä 479 koepuun laatua röntgenmittauksen avulla Stora Enso Oyj:n sahalla Honkalahdessa. Tutkimus keskittyi tukista ytimen molemmilta puolilta saatavan kahden ydinkappaleen mittaustuloksiin, minkä vuoksi myös oman työni vertaileva osuus käsittelee ainoastaan ydinkappaleista saatuja mittaustuloksia. Pehkosen tutkimuksessa tutkimusaineisto kerättiin yhteensä 14 eri leimikolta (kuva 5), ja jokaiselta leimikolta valittiin 2–5 koelaa. Lappeenrannan koeloilta valitut koepuut sijaitsivat Evon ja Vesijaon tapaan ryhmissä lähellä toisiaan. Jokaiselta koelalta valittiin 6–8 koepuuta, koepuut olivat metsää hyvin edustavia terveitä yksilöitä. Leimikoiden metsien katsottiin edustavan hyvin jaksollisesti kasvatettavien tasaikäisrakenteisten metsien piirteitä. Leimikoille toteutettujen

avohakkuiden yhteydessä koepuut katkottiin tukkipuiksi ja koepuut käsiteltiin erillään leimikon muista puista. Koetukit merkittiin niin, että niistä voitiin tunnistaa kyseinen koela, koepuu ja tukin sijainti koepuussa. Evon ja Vesijaon tutkimuksen tapaan koepuiden tyveltä sahattiin myös koekiekot yliopiston jatkotutkimusta varten. Tutkimuksen koepuut kuljetettiin Honkalahteen Stora Enson sahalaitokselle sahausta ja mittausta varten.

Kuva 5. Lappeenrannan jaksollisen kasvatuksen koelat (Jiri Pyörälä, 2022).



Lappeenrannan leimikot edustavat pääasiassa Etelä-Suomen mustikkatyyppin metsää eli tuoretta kangasta, mutta leimikoilta löytyi myös lehtomaista kangasmetsää eli käenkaali-mustikkatyyppiä. Jokaisen leimikon pääpuulaji oli kuusi, mutta jokaiselta leimikolta löytyi vaihtelevasti myös mäntyä ja lehtipuustoa. Leimikoiden puuston valtapituuden vaihteluväli on noin 21–28 metriä ja keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta noin 25–34 senttimetriä. Leimikoiden pienin pohjapinta-ala on 23,25 neliometriä ja suurin 33,70 neliometriä.

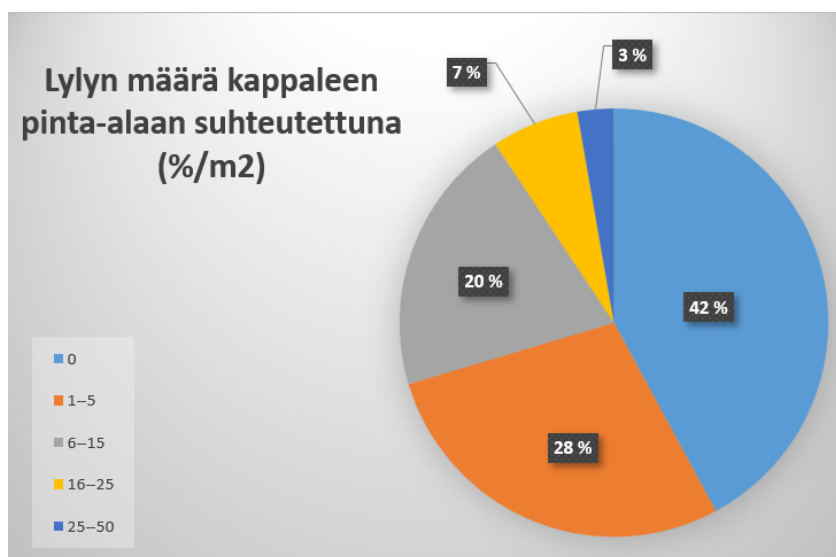
## 4.2 Mittaustulokset

Esittelen tässä vaiheessa Evon ja Vesijaon mittaustuloksia lyhyesti. Mittauksissa mitattiin yhteensä 729 yksittäistä sahetta, ja yksittäisiä lappeita mitattiin 1048 kappaletta.

Mittaustyön tuloksena saatiin koottua aineisto, jonka mittaustulosten ja kaavioiden avulla voidaan mallintaa puutavaran laatuun vaikuttavia ominaisuuksia. Alla esitettyssä

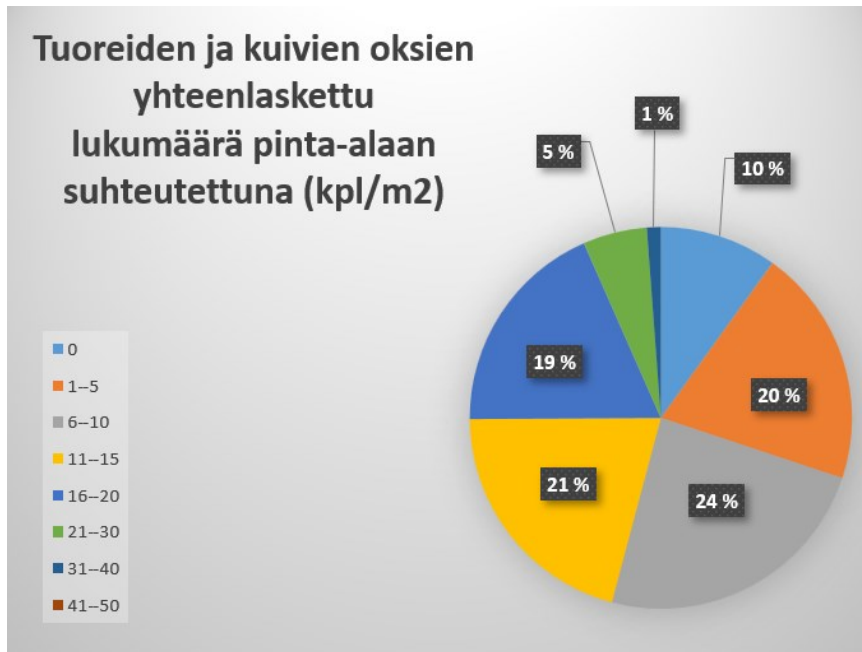
diagrammissa (Kuva 6) havainnollistetaan mitatussa puutavarassa esiintynyttä lylyn määrää. Lylyn määrä arvioitiin pinta-alana, joka suhteutettiin koko puutavarakappaleen pinta-alaan. Kaavioon on sisällytetty ainoastaan puutavarakappaleiden pintalappeelta ja molemmilta syrjiltä mitatut tulokset, joiden mukaan myös laatuluokka määräytyy. Tulosten perusteella 58 prosenttia mitatuista kappaleista sisälsi lylyä ainakin jonkin verran. Pohjoismaisen laatuluokituksen mukaan sahatavarakappaleen laatuluokitus heikkenee sen sisältäessä lylyä yli 10 prosenttia. Kaikista mitatuista sahatavarakappaleista noin 17 prosenttia sisälsi pintalappeen perusteella lylyä yli 10 prosenttia, mikä vaikutti suoraan sahatavaran laatuun.

Kuva 6. Lylyn määrä kappaleen pinta-alaan suhteutettuna.



Mittauksissa laskettiin erikseen sekä tuoreiden oksien että kuivien oksien lukumäärät, molempien oksien keskiläpimitta sekä suurin yksittäinen läpimitta. Mittaustulosten keskiläpimitan mediaani on tuoreilla oksilla 15 millimetriä ja kuivilla 10 millimetriä. Tuoreiden oksien lukumäärän mediaani on kuusi ja kuivien oksien vastaava arvo yksi. Seuraavassa diagrammissa (kuva 7) on esitetty tuoreiden ja kuivien oksien esiintymistä puutavarassa mitatun saheen pintalappeen pinta-alaan suhteutettuna. Kaaviosta ei voida suoraan päätellä puutavaran laatuluokitusta, mutta pintalappeen oksaisuus on yksi laatua määrittävä ominaisuus. Yli puolet mittaustuloksista käsittää enintään kymmenen oksaa lappeella eli kyseinen puutavara on vähäoksaista.

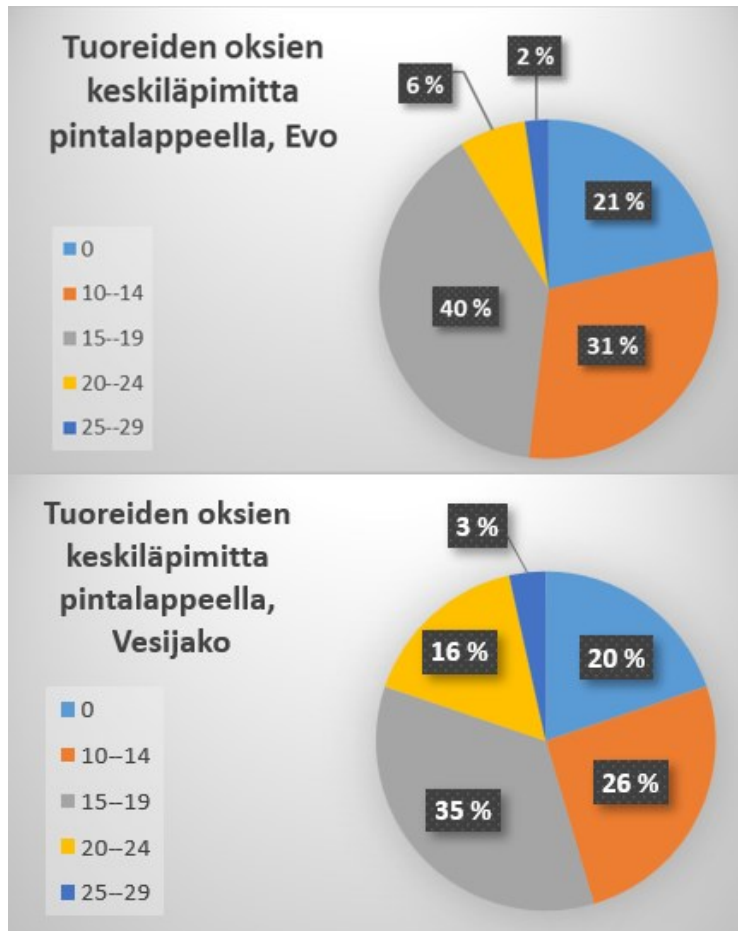
Kuva 7. Tuoreiden ja kuivien oksien lukumäärä.



Esittelen seuraavaksi saheiden pintalappeilta mitattujen tuoreiden oksien keskiläpimittojen tuloksia. Esittelen Evon ja Vesijaon tuloksia erikseen mahdollisten erojen selvittämiseksi, vaikka Evon ja Vesijaon tulosten vertaaminen ei ole niiden varsinainen tarkoitus.

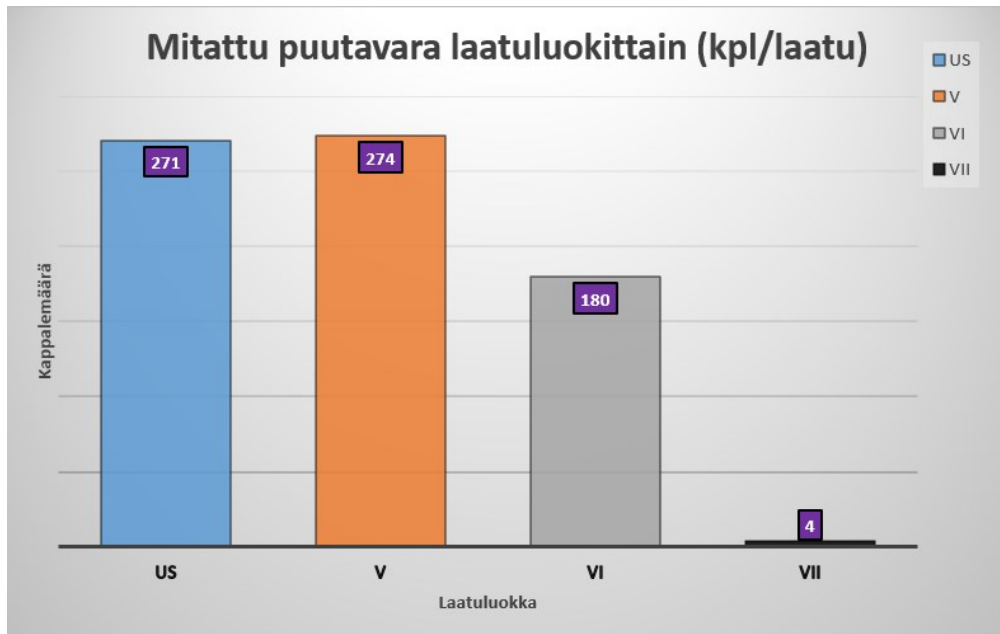
Mittaustulokset on jaettu kokoluokkiin, joiden väliset suhteet on esitetty ympyrädiagrammina (kuva 8). Mittauksissa emme huomioineet alle kymmenen millimetrin kokoisia oksia, joten pienioksiset lappeet sisältyvät kokoluokkaan 0. Evon koealoilta saaduista mittaustuloksista 40 prosenttia on kokoluokassa 15–19, oksattomien pintalappeiden osuus on 21 prosenttia. Kahdeksan prosenttia mittaustuloksista sisältyy kokoluokkiin 20–29. Vesijaon tuloksista 35 prosenttia sisältyy kokoluokkaan 15–19, oksattomien osuus on 20 prosenttia. Tulokset eivät merkittävästi eroa Evon koealojen tuloksista, mutta Vesijaon tuoreiden oksien keskiläpimitta vaikuttaisi olevan hieman suurempi kuin Evon. Vesijaon koealojen tuloksista 19 prosenttia on kokoluokissa 20–29, mikä on selvin ero Evon ja Vesijaon keskiläpimittojen välillä.

Kuva 8. Tuoreiden oksien keskiläpimitta.



Mitatuista saheista 271 kappaletta edusti parasta päälaatuluokkaa eli luokkaa US. Koko mittausaineistosta tämä vastaa noin 37 prosenttia. Mitatuista saheista suurin osa edustaa laatuluokkaa V (kuva 9), jonka määrittäminen annettiin 274 sahatavarakappaleelle. Se on kuitenkin suhteellisesti yhtä suuri osuus mitatusta aineistosta kuin US laatuluokka. Noin 25 prosenttia mitatuista saheista luokiteltiin laaduksi VI ja ainoastaan neljä kappaletta luokiteltiin laaduksi VII. Mittaustuloksista ilmenee, että vain kolmessa prosentissa kaikista mitatuista lappeista esiintyi jonkin verran lahoa, joten lahon merkitys laatuluokittelussa on hyvin pieni. Merkittävimpiä puutavaran laatua heikentäviä tekijöitä ovat oksaisuuden määrä ja oksakoot niin lappeella kuin syrjällä sekä puutavarassa esiintynyt lylyn määrä. Näiden lisäksi muun muassa pihkakolojen esiintyminen saattoi olla usein syynä laadun alenemiseen. Puutavarassa esiintyi usein myös halkeilua ja eri asteista lapepinnan pihkoittumista, mutta ne eivät olleet merkittävästi puutavaran laatua heikentäviä tekijöitä. Puutavarakappaleet olivat myös koko lailla suoria, ja voimakasta vääryyttä tai kieroutumista esiintyi hyvin vähän.

Kuva 9. Mitattu puutavara laatuluokittain.

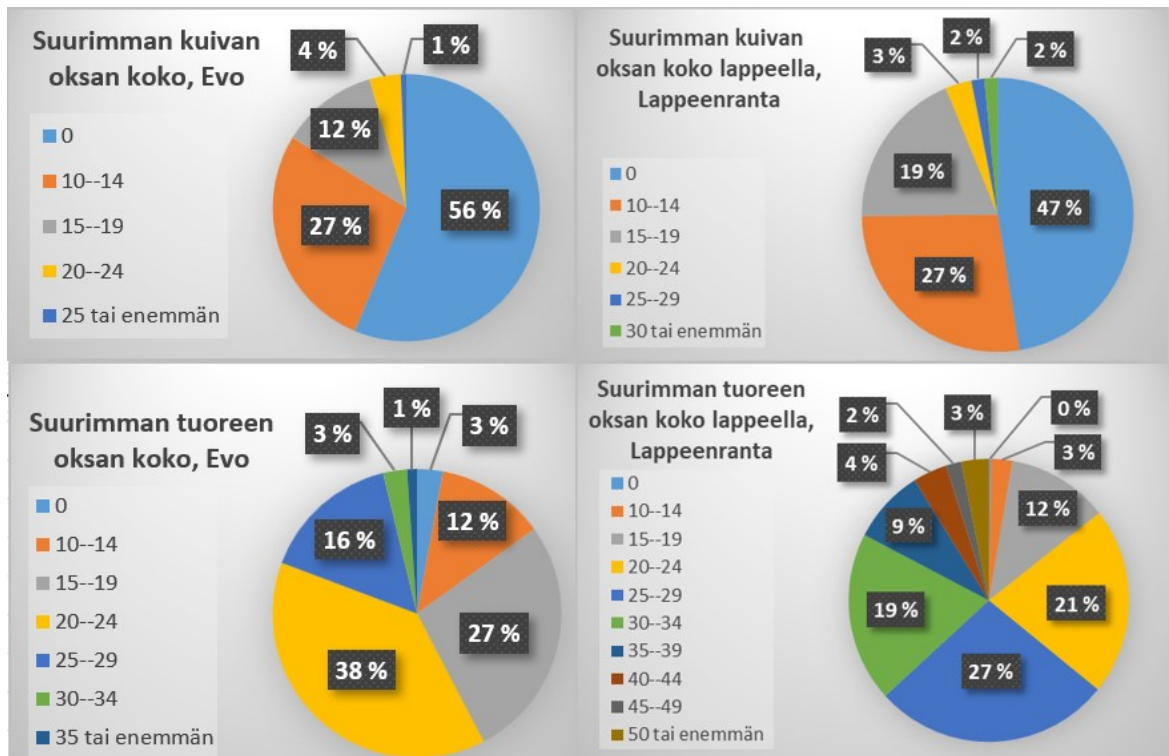


### 4.3 Mittaustulosten analysointi

Työssäni käsittelen mittaamamme puutavaran laatua ennen kaikkea sen oksaisuuden osalta. Tarkasteltavina ominaisuuksina on ensisijaisesti puutavarassa esiintyvä sekä tuoreiden että kuivien oksien lukumäärä ja koko sekä oksien sijoittuminen lappeella. Kyseiset ominaisuudet ovat tärkeitä tekijöitä puutavaran laadun määrittämisessä. Edellä mainittujen lisäksi vertailtavina ominaisuuksina ovat myös puutavarassa esiintyvän lahon määrä sekä puun kasvunopeudesta kertova oksien kiehkuraväli. Analysointia varten osa mitattavien ominaisuuksien aineistosta normalisoitiin eli arvojen keskiarvo muutettiin nolaksi, jolloin nolaa pienemmät lukuarvot ovat keskiarvon alapuolella ja suuremmat keskiarvon yläpuolella. Mittaustulokset käsiteltiin edellä mainitulla tavalla myös Pehkosen Lappeenrannan aineiston osalta. Esittelen vertailevaa analysointia sekä absoluuttisten arvojen eli aitojen mittaustulosten että normalisoitujen arvojen kautta. Normalisoinnin avulla Evon ja Lappeenrannan mittaustuloksista saadaan paremmin vertailukelpoisia, sillä absoluuttiset arvot sisältävät mittaustavasta johtuvia eroavaisuuksia, joiden tulkitseminen on hankalaa. Analysoinnin tuloksia esitellessäni käytän nimitystä Evon aineisto, jolla viitataan sekä Evon että Vesijaon koepuihin ja niistä saatuihin mittaustuloksiin. Lappeenrannan aineisto viittaa Pehkosen tuloksiin.

Ensimmäisenä vertailukohtana on aineistojen suurimman yksittäisen tuoreen ja kuivan oksan koko. Käsittelen tässä vaiheessa kyseisiä ominaisuuksia absoluuttisina arvoina. Alla kuvatussa luonnoksessa (kuva 10) on esitetty sekä Evon että Lappeenrannan ydinkappaleiden suurimmat yksittäiset oksat eri kokoluokkiin jaettuna. Diagrammit on luotu aineistojen kahden ydinkappaleen sekä sisä- että ulkolapteen mittaustulosten perusteella. Oksakoon yksikkönä on millimetri.

Kuva 10. Aineistojen suurin kuiva ja tuore oksa.

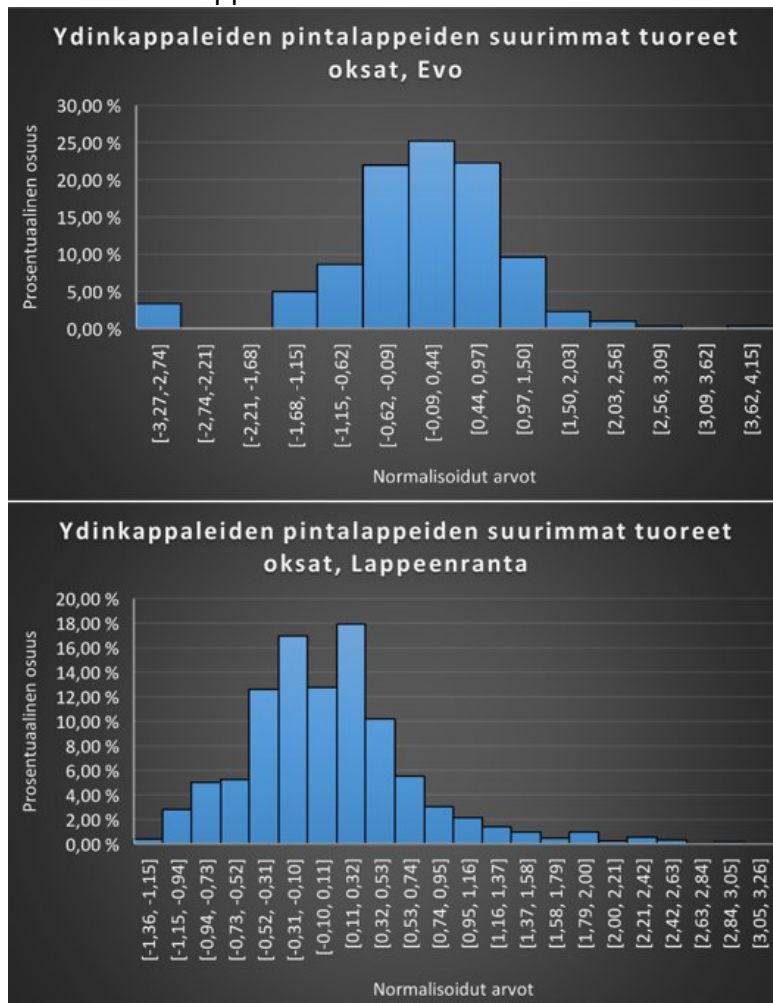


Diagrammeista löytyy eroavaisuuksia sekä tuoreen että kuivan oksan tuloksista. Evon kuivan oksan mittaustuloksista 56 prosenttia ei sisältänyt lainkaan kuivia oksia, kun Lappeenrannan osalta vastaava tulos on 47 prosenttia. Evolla tehdyissä mittauksissa emme huomioineet alle kymmenen millimetrin kokoisia oksia, kun taas Pehkosen tutkimustyössä tämänkaltaista alarajaa ei ollut. Eroavaisuus kuitenkin huomioitiin kuvakkeita laadittaessa eli Lappeenrannan alle kymmenen millimetrin kuivat oksat on Evon aineiston tapaan sijoitettu kokoluokkaan 0. Eroa oksattomien lappeiden osalta on siis lähes kymmenen prosenttia. Lappeenrannan aineistossa kokoluokissa 10–19 tuloksia on 46 prosenttia eli lähes yhtä paljon kuin kokoluokassa 0. Evon aineistossa osuus on pienempi, 37 prosenttia. Evon tulokset ei juuri sisällä 25 millimetrisiä tai sitä suurempia oksia, kun taas Lappeenrannan tuloksissa kokoluokan osuus on neljä prosenttia. Kuivien oksien osalta voidaan todeta, että

Lappeenrannan aineisto sisältää enemmän kookkaita oksia Evon aineistoon verrattuna. Samanlainen havainto voidaan tehdä myös tuoreista oksista. Evon tuoreiden oksien kokoluokka 0 on suhteellisen pieni, mutta Lappeenrannan aineistosta puuttuu kokonaan alle kymmenen millimetriset oksat. Tuloksista löytyy muutama alle kymmenen millimetrin oksa, joten niiden prosentuaalinen määrä on noin 0,2 prosenttia. Toisin sanoen lähes kaikki Lappeenrannan ydinkappaleiden sisä- ja ulkolappeet sisältävät yli kymmenen millimetrisiä tuoreita oksia. Lappeenrannan tuloksista vain 15 prosenttia on kokoluokassa 10–19, mutta Evon tulosten osalta vastaava osuus on 39 prosenttia. Evon aineistossa vain yksi prosentti suurimman tuoreen oksan tuloksista on vähintään 35 millimetriä, kun Lappeenrannan aineistossa vastaava tulos on 18 prosenttia eli useampi kuin joka kuudes mittaustulos. Oksien kokoluokista runsaimmin havaintoja saa Evon kohdalla kokoluokka 20–24 millimetriä 38 prosentin osuudella. Lappeenrannan osalta määrältään runsain kokoluokka 25–29 sisältää 27 prosenttia havainnoista. Mittaustuloksista voidaan päätellä Pehkosen tutkimustyön tulosten sisältävän varsinkin tuoreen oksan osalta huomattavasti enemmän suurikokoisia oksia Evolta saatuihin mittaustuloksiin verrattuna. Evon aineistossa suurimpien tuoreiden oksien havainnoista yli 30 senttimetrisiä on vain muutama prosentti, kun taas Lappeenrannan aineistossa osuus on peräti 37 prosenttia. Lappeenrannan tuloksissa oksattomuus eli vähintään kymmenen millimetrin läpimittaisten oksien puuttuminen ei sen sijaan ole yhtä yleistä kuin Evon tuloksissa. Etenkin kuivien oksien kohdalla oksattomuus on yleistä.

Tarkastelen mittaustuloksia seuraavaksi normalisoitujen arvojen kautta. Normalisoinnin avulla mittaustulosten keskiarvo saadaan nolaksi, jolloin nolaa pienemmät lukuarvot ovat keskiarvon alapuolella ja nolaa suuremmat keskiarvon yläpuolella. Alla olevassa diagrammissa on esitetty sekä Evon että Lappeenrannan ydinkappaleiden pintalappeiden suurimpien tuoreiden oksien normalisoidut jakaumat. Jakaumat havainnollistavat suurimman yksittäisen tuoreen oksan esiintymistä puutavarassa normalisoituina arvoina, jotka on esitetty prosentuaalisesti suhteessa kaikkiin havaintoihin. Jakaumia tulkittaessa on syytä huomioida, että normalisoitujen arvojen arvoväli on diagrammeissa erilainen aineistojen kokoeron takia (kuva 11). Diagrammien arvoasteikko on luotu niin, että ne havainnollistaisivat jakauman muotoa mahdollisimman hyvin.

Kuva 11. Ydinkappaleiden suurimmat tuoreet oksat.

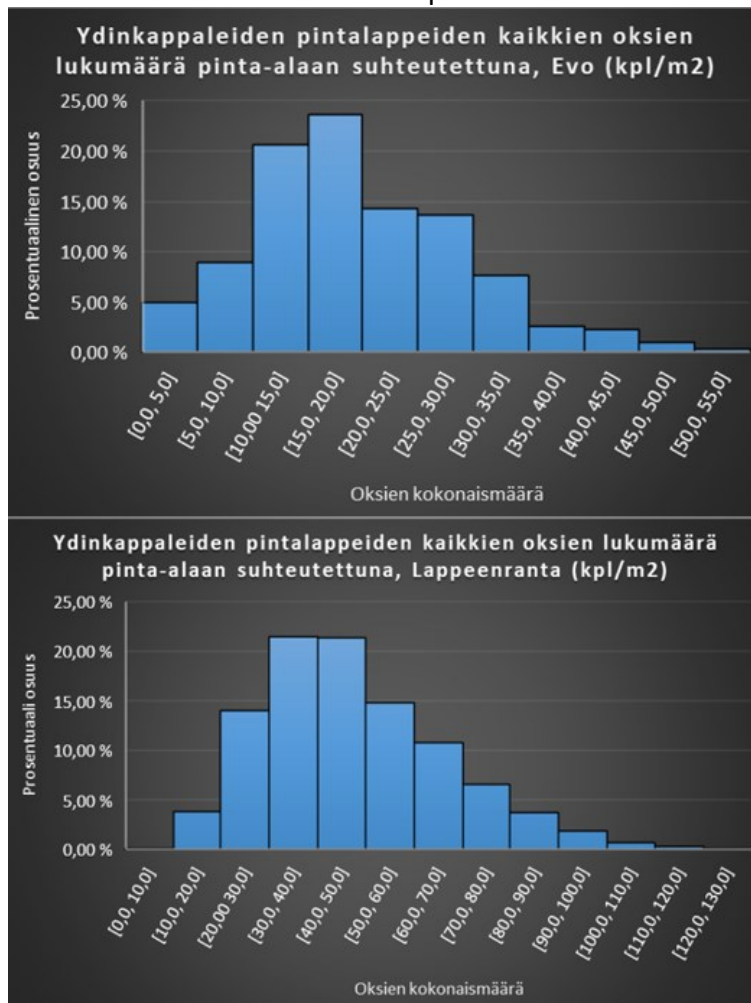


Evon ja Lappeenrannan jakaumien muoto muistuttaa hyvin paljon toisiaan, mikä kertoo puutavaran suurimpien oksien suhteellisesti samankaltaisesta esiintymisestä. Evon normalisoidun jakauman arvot eivät jakaudu tasaisesti keskiarvon molemmin puolin, sillä suurin osa arvoista on keskiarvoa suurempia. Havainnoista noin 61 prosenttia on nollaa suurempia eli keskiarvon yläpuolella, ja noin 39 prosenttia on nollaa pienempiä eli keskiarvon alapuolella. Aineiston havainnoista noin 76 prosenttia sijoittuu enintään yhden keskihajonnan päähän keskiarvosta. Tuloksissa voidaan havaita eroja Lappeenrannan aineistoon verrattuna. Pehkosen aineiston havainnot jakautuvat hyvin tasaisesti keskiarvon molemmin puolin, sillä havainnoista noin 49,7 prosenttia on keskiarvon alapuolella ja noin 50,3 prosenttia on sen yläpuolella. Evon mittaustulokset sijoittuvat selvästi enemmän keskiarvon yläpuolelle Lappeenrannan tuloksiin verrattuna, mikä kertoo Evon tuoreiden oksien koon painottuvan suhteellisesti enemmän jakauman suurikokoisempiin yksilöihin. Lappeenrannan tuloksissa eri oksakoot ovat tasaisemmin edustettuina. Lappeenrannan havainnoista valtaosa eli noin 91,4 prosenttia on yhden keskihajonnan päässä keskiarvosta.

Lappeenrannan oksakokojen suuresta vaihteluvälistä huolimatta havainnoista suurin osa painottuu keskiarvon läheisyyteen. Merkittävä osa eli noin 47,7 prosenttia Lappeenrannan suurimpien yksittäisten tuoreiden oksien havainnoista sijoittuu välille  $[-0,31, 0,32]$ . Lappeenrannan tulosten mediaani on noin 0,038, joka absoluuttisena arvona on 29 millimetriä. Evon mittaustuloksista suuri osuus eli noin 25 prosenttia normalisoiduista arvoista sijoittuu välille  $[-0,09, 0,44]$ . Jakauman arvojen mediaani on noin 0,049, joka on absoluuttisena arvona 20 millimetriä. Aineistojen yhdistävä tekijä on mediaanin sijoittuminen lähelle keskiarvoa ja sen yläpuolelle. Mitä lähempänä keskiarvoa mediaani on, sen tasaisemmin havainnot jakautuvat keskiarvon suhteen. Jakaumien samankaltaisesta muodosta voidaan päätellä suurimman yksittäisen tuoreen oksan läpimitan vaihtelevan molempien aineistojen puutavarassa hyvin pitkälle samalla tavalla.

Lappeenrannan ja Evon mittaustulokset eivät ole kaikilta osin vertailukelpoisia, sillä mittaustavat eroavat osin toisistaan. Honkalahden sahalla tehdyissä koneellisissa mittauksissa laskettiin jopa kahden millimetrin kokoiset oksat, kun taas Evolle tehdyssä manuaalisessa laskennassa ei huomioitu kymmenen millimetriä pienempiä oksia. Tämän takia oksien keskiläpimittoja ei voida vertailla keskenään. Oksien lukumäärien vertaileminen on myös vaikeaa, sillä laskentatapojen erot vaikuttavat suoraan myös oksien lukumäärien mittaustuloksiin. Esittelen seuraavaksi oksien lukumäärien vertailua sekä absoluuttisten että normalisoitujen arvojen kautta. Vertailen ensimmäisenä ydinkappaleiden pintalappeilla esiintyvien tuoreiden ja kuivien oksien kokonaismäärää. Alla olevassa diagrammissa on esitetty Evon ja Lappeenrannan ydinkappaleiden pintalappeiden oksien kokonaismäärien tulokset pinta-alaan suhteutettuna (kuva 12). Tulokset ilmaisevat lappeen oksien kokonaismäärän yhtä neliometriä kohti ja ne on esitetty suhteuttamalla havainnot kullakin arvovälillä tulosten kokonaismäärään.

Kuva 12. Oksien kokonaismäärä pinta-alaan suhteutettuna.



Oksien kokonaismäärien tuloksissa on aineistojen välillä suuri ero johtuen mittaustapojen eroista. Evon tuloksista merkittävä osa eli yli 40 prosenttia sijoittuu 10–20 oksan välille, kun Lappeenrannan tuloksissa havainnot kyseisellä arvovälillä edustaa alle viittä prosenttia havaintojen kokonaismäärästä. Lappeenrannan tuloksista noin 40 prosentin osuus edustaa 30–50 kappaletta neliometrillä. Jakaumien muodon tulkitseminen ei juuri viittaa aineistojen välisiin merkittäviin eroihin. Evon havaintojen keskiarvo on noin 19,7 kappaletta neliometrillä, ja havainnoista 55,5 prosenttia on keskiarvon alapuolella. Lappeenrannan havaintojen keskiarvo on noin 47,8 kappaletta neliometrillä ja havainnoista 56,4 prosenttia on keskiarvon alapuolella. Havainnot jakautuvat molemmissa aineistoissa hyvin yhdenmukaisesti keskiarvon suhteen ja jakaumien muoto on hyvin pitkälle samanlainen. Yleisesti voidaan todeta, ettei jakaumista voida havaita merkittäviä eroja aineistojen oksien kokonaismäärissä.

Vertailen seuraavaksi tuoreiden oksien lukumäärää ydinkappaleiden pintalappeilla normalisoitujen arvojen kautta. Oksien lukumäärien absoluuttiset arvot on normalisoitu ja

havainnot on suhteutettu prosentuaalisesti kaikkien havaintojen kokonaismäärään. Normalisoiduissa arvoissa ei ole huomioitu pinta-alan vaikutusta, vaan tulokset perustuvat lappeen oksien kokonaismäärien vertailuun. Alla olevissa diagrammeissa (kuva 13) on esitettyä Evon ja Lappeenrannan tuoreiden oksien tulokset.

Kuva 13. Tuoreiden oksien lukumäärä.

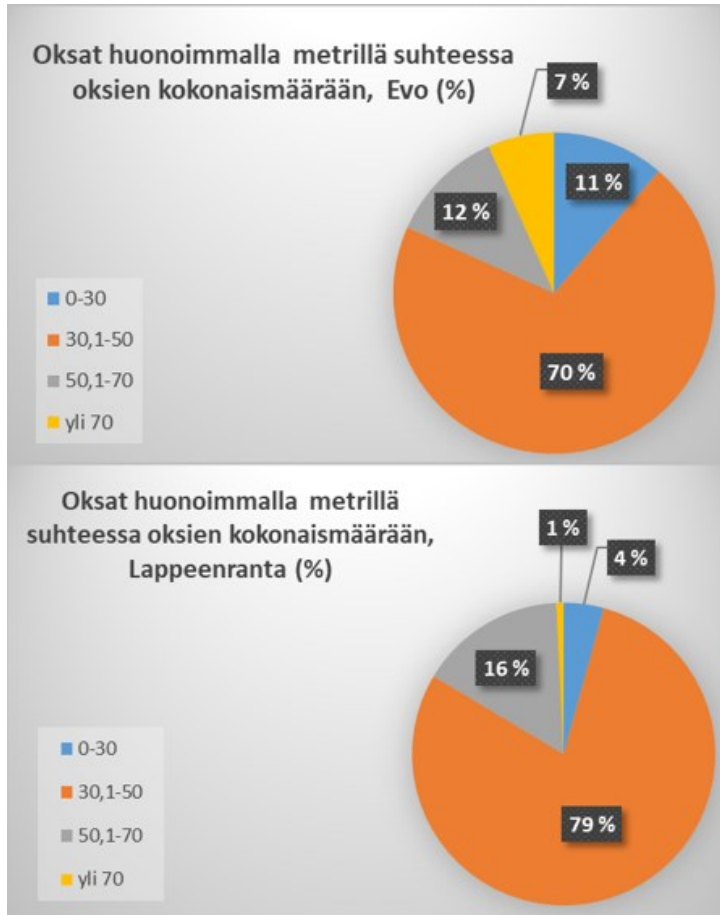


Diagrammeja tulkitsemalla voidaan tehdä päätelmiä ydinkappaleiden pintalappeiden oksaisuudesta. Jakaumien muoto on hyvin pitkälle samanlainen, mikä kertoo oksien lukumäärien olevan suhteellisesti hyvin samankaltaisia. Evon jakaumassa noin 59,5 prosenttia havainnoista osuu yhden keskihajonnan sisään keskiarvosta, Lappeenrannan tuoreiden oksien kohdalla lukema on noin 67,5 prosenttia. Evon tuoreiden oksien lukumäärän mediaani on absoluuttisena arvona 9 kappaletta eli normalisoituna 0,067. Mediaani on hyvin lähellä keskiarvoa eli nolaa, mikä kertoo havaintojen jakautumisesta tasaisesti keskiarvon molemmin puolin. Lappeenrannan vastaava mediaani on 29 kappaletta eli normalisoituna -0,316. Lappeenrannan havainnoista 57,3 prosenttia on keskiarvon alapuolella. Jakaumien muodossa ei kuitenkaan ole merkittäviä eroja. Molemmissa

jakaumissa suuri osa havainnoista osuu keskiarvon tuntumaan ja etenkin Lappeenrannan tulosten kohdalla keskiarvon alapuolelle. Tulosten huomattavin ero on, että Evon jakauman huippu sijoittuu välille  $[-0,53, 0,03]$ , mutta Lappeenrannan tuloksissa jakauman huippu sijoittuu välille  $[-1,09, -0,53]$  eli etäämmälle keskiarvosta. Lappeenrannan jakaumassa tulosten painottuminen keskiarvon alapuolelle viittaa jakauman voimakkaampaan vinouteen. Pehkosen aineiston tuoreiden oksien lukumäärän tulokset eivät myöskään jakaudu yhtä tasaisesti Evon tuloksiin verrattuna. Mittaustulosten eroavaisuudet selittyvät ainakin osin eroina mittaustavoissa, sillä alle kymmenen millimetrin oksien lukumäärä voi Pehkosen tuloksissa olla hyvinkin suuri. Mittaustulokset koskevat lappeiden tuoreita oksia, joten tulosten vertailun kannalta on tärkeää, että tulkinta tuoreiden ja kuivien oksien välillä on samanlainen. Oksaa, joka on koneellisten mittausten yhteydessä tulkittu tuoreeksi, ei välttämättä tulkita tuoreeksi käsin tehdyissä mittauksissa. Edellä mainitut puutteet voivatkin vääristää mittaustuloksia, mikä tekee tulosten vertailemisesta vaikeaa. Jakaumien muoto kertoo tuoreiden oksien lukumäärän olevan kummankin tutkimuksen koepuissa suhteellisesti hyvin samanlaista.

Esittelen seuraavaksi oksien esiintymistä oksaisimmalla metrillä. Mittaustapojen erojen takia oksien lukumäärät eivät ole keskenään vertailukelpoisia, mutta oksien sijoittumisessa lappeella on merkitystä puutavaran laadun määrittämisessä. Oksaisin metri on määritelty pohjoismaisen laatuluokittelun mukaisesti mitattavana olevan lappeen oksien perusteella. Kun metrin matkalle osuu mahdollisimman monta oksaa, on kyseessä tällöin lappeen heikkolaatuisin osuus. Huonoin metri ilmaisee kaikkien oksien lukumäärän tällä matkalla. Alla olevassa kuvakkeessa on esitetty Evon ja Lappeenrannan mittaustulokset. Kuvakkeessa oksaisimman metrin oksamäärä on suhteutettu kyseisen lappeen oksien kokonaismäärään. Tulokset on esitetty luokittain niin, että ne kuvaavat heikoimmalla metrillä esiintyvien oksien prosentuaalista osuutta lappeen oksien kokonaismäärästä (kuva 14). Vertailu tehtiin kaikkien mitattujen ydinkappaleiden pintalappeiden perusteella.

Kuva 14. Oksien lukumäärä huonoimmalla metrillä suhteessa oksien kokonaismäärään.

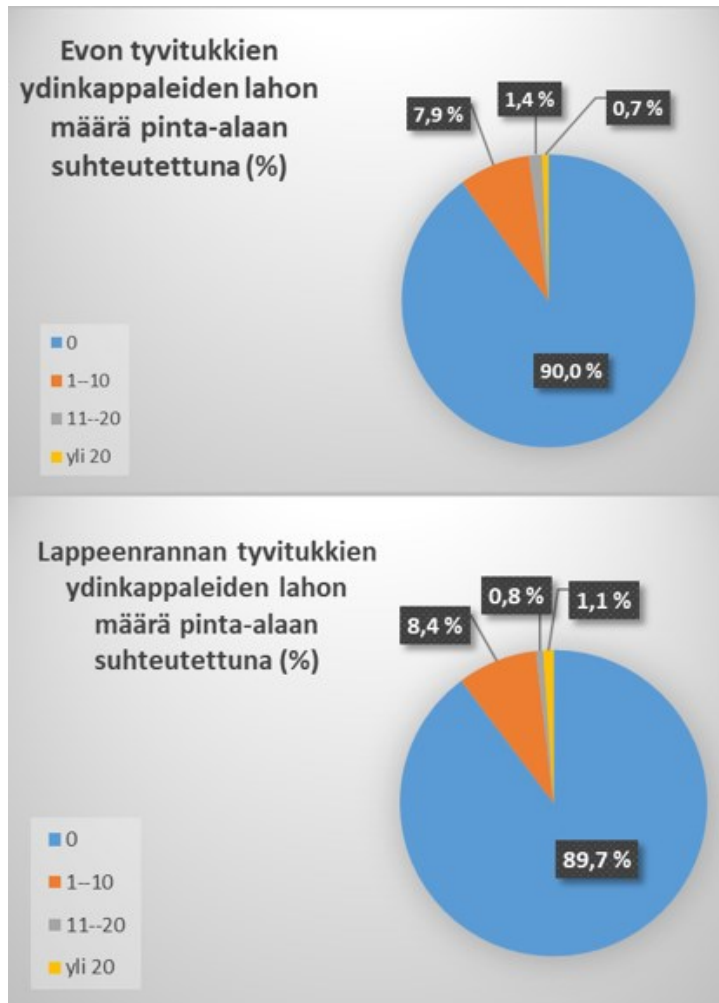


Vertailun perusteella valtaosassa sekä Evon että Lappeenrannan tuloksista huonoimman metrin matkalle osuu 30,1–50 prosenttia oksien kokonaismäärästä. Evon kohdalla kyseiseen luokkaan sijoittuu 70 prosenttia mitatuista pinalappeista, Lappeenrannan kohdalla 79 prosenttia. Myös luokan 50,1–70 prosenttia osuus on Lappeenrannan tulosten kohdalla suurempi, kun taas Evon tuloksista selvästi suurempi osuus sijoittuu yli 70 prosentin luokkaan. Lappeenrannan aineiston ydinkappaleiden pinalappeista 17 prosenttia sijoittuu kyseisiin luokkiin, joissa oksien kokonaismäärästä yli puolet on laadultaan heikoimman metrin matkalla. Evon kohdalla vastaava osuus on 19 prosenttia, mutta tulokset painottuvat selvästi enemmän yli 70 prosentin luokkaan. Evon mittaustuloksissa luokan 0–30 prosenttia osuus on suurempi. Tulosten perusteella Evon ja Vesijaon koepuiden ydinkappaleiden pinalappeilla oksien jakautumisessa on enemmän vaihtelua Lappeenrannan tutkimuksen koepuihin verrattuna. Lappeenrannan tulokset jakautuvat tiiviimmin 30 ja 70 prosentin välille, jolloin oksien esiintymisessä huonoimmalla metrillä on enemmän säännöllisyyttä. Evon ja Lappeenrannan tuloksien yhdistävä tekijä on, että valtaosin huonoimman metrin oksien osuus oksien kokonaismäärästä on 30 ja 50 prosentin välissä. Luokkaan 50,1–70

prosenttia sijoittuu myös molempien kohdalla toiseksi suurin osuus tuloksista. Tulosten muodostumiseen vaikuttaa sekä oksien määrä puussa että niiden sattumanvarainen sijoittuminen lappeella. Oksien sijoittumiseen puussa voi vaikuttaa esimerkiksi elävän puun kasvunopeus. Erot mittaustavoissa voivat myös vaikuttaa tuloksiin, sillä Evon mittauksissa ei huomioitu alle 10 millimetrin kokoisia oksia. Mittaustapojen erojen vaikutus tuloksiin on merkittävä etenkin silloin, jos puussa on suuri määrä pienikokoisia oksia. Mittaustuloksiin on syytä suhtautua kriittisesti, vaikka oksien sijoittumiseen lappeella laskentatavalla ei kuitenkaan ole vaikutusta. Myöskään tuoreiden ja kuivien oksien välisillä suhteilla ei ole vaikutusta mittaustuloksiin. On syytä huomioida tuloksia tarkasteltaessa, että niistä ei voida päätellä lappeella olevien oksien absoluuttista määrää vaan ainoastaan oksien kokonaismäärän suhde oksien määrään heikkolaatuisimmalla metrillä. Tästä syystä tuloksista ei voida päätellä, onko oksien lukumäärä vaikuttanut heikentävästi puutavaran laatuun.

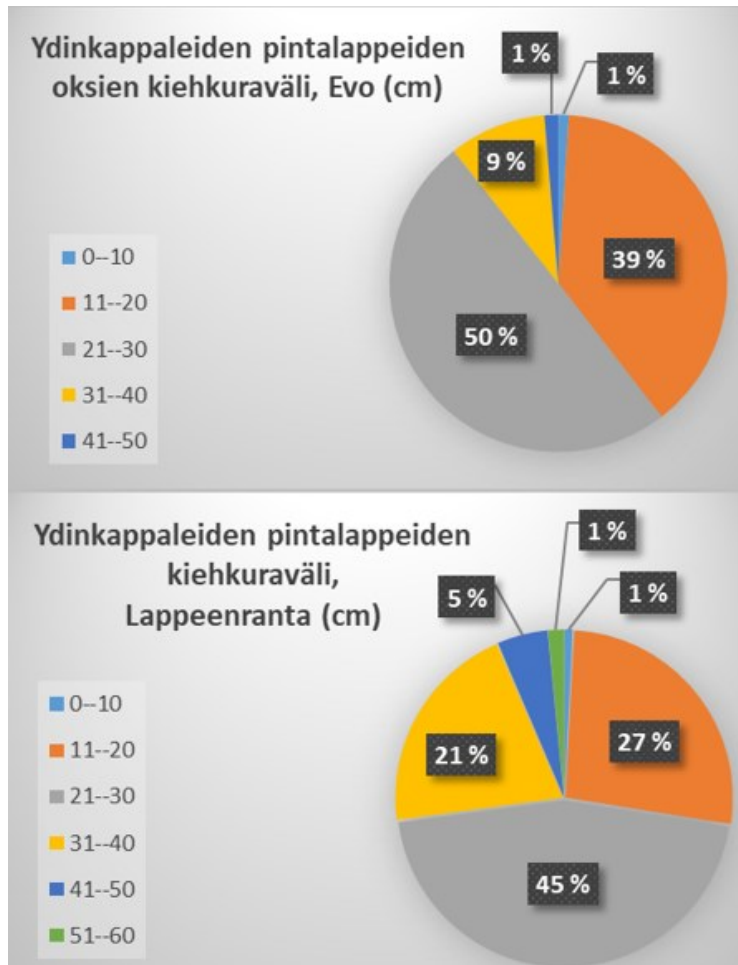
Työssäni mittaustulosten analysointi ei rajoitu pelkästään puutavaran oksaisuuden vertailemiseen. Tarkasteltavina ominaisuuksina on myös puutavarassa esiintyvä lahon määrä sekä puun kasvunopeudesta kertova oksien kiekkuraväli. Tein vertailua Evon ja Lappeenrannan koepuiden tyvitukkien ydinkappaleiden kahdella pintalappeella sekä yhdellä sydänlapeella esiintyvän lahon määrästä. Toinen sydänlape jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, koska Evolla tehdyissä mittauksissa kahdesta ydinkappaleiden pintalappeesta mitattiin vain toinen. Lahon määrä on laskettu pinta-alana suhteessa mitattavan kappaleen pinta-alaan pohjoismaisen sahatavaran laatuluokittelun mukaisesti. Tulosten vertailu on esitetty alla olevassa kuvakkeessa (kuva 15). Mittaustuloksia tarkasteltaessa ilmeni, ettei puussa esiintyvän lahon määrässä ollut eroa käytännössä lainkaan. Noin 90 prosentissa mitatuista lappeista ei esiintynyt lahoa ja noin kahdeksassa prosentissa lappeista lahon määräksi laskettiin enintään kymmenen prosenttia. Tämä toistui sekä Evon että Lappeenrannan mittaustulosten kohdalla. Lahon laskennallinen määrä ylitti 20 prosentin rajan 0,7 prosentissa Evon mittaustuloksista ja 1,1 prosentissa Lappeenrannan mittaustuloksista. Tuloksista ei ilmene, onko laho laadultaan kiinteää vai jo pidemmälle lahonnutta. Tämän tutkimustyön koepuiden tuloksien perusteella kasvatustapojen eroavaisuudet eivät näytä vaikuttavan puussa esiintyvän lahon määrään.

Kuva 15. Lahon määrä tyvitukkien ydinkappaleissa.



Vertailtavana ominaisuutena on myös puun oksien muodostama kiehkuraväli, jolla on vaikutusta puussa esiintyvien oksien tiheyteen. Kiehkuravälin vertailussa käytettiin aineistojen kaikkien sahattujen tukkien ydinkappaleiden pintalappeiden keskimääräistä kiehkuraväliä. Keskimääräinen kiehkuraväli määritettiin Evolla tehdyissä mittauksissa keskiarvoa lähimpänä olevan kiehkuravälin avulla. Honkalahden sahan mittauksissa kiehkuraväli määritettiin koneellisesti. Evon kiehkuravälin tuloksista puolet osuu luokkaan 21–30 senttimetriä (kuva 16), kun Lappeenrannan osalta vastaava osuus on 45 prosenttia. Kyseistä luokkaa pienempiä on Evon mittaustuloksista 40 prosenttia ja Lappeenrannan mittaustuloksista 28 prosenttia. Lappeenrannan tuloksista 26 prosenttia eli yli neljännes on luokissa 31–50 senttimetriä, Evon tuloksista vastaava osuus on kymmenen prosenttia. Noin yksi prosentti Lappeenrannan tuloksista on yli 50 senttimetrin luokassa, Evon tuloksista vastaavan kokoluokan tuloksia ei löydy lainkaan.

Kuva 16. Pintalappeiden kiehkuraväli.



Tulosten perusteella Pehkosen aineiston koepuiden kiehkuravälissä on enemmän vaihtuvuutta verrattuna Evon aineistoon. Lappeenrannan tulokset jakautuvat tasaisemmin myös suurempiin luokkiin Evon tuloksiin verrattuna. Eron perusteella voidaan päätellä, että Lappeenrannan jaksollisen kasvatuksen metsissä koepuiden kasvuvaiheisiin on sisältynyt myös nopean kasvun vaiheita. Evon ja Vesijaon jatkuvan kasvatuksen metsissä kasvunopeus on voinut olla tasaisempaa ja hitaampaa. Kasvunopeuteen on voinut vaikuttaa sekä puun kasvupaikka että ympärillä tapahtuvat kasvuolosuhteiden muutokset. Myös kiehkuravälin mittaustulosten kohdalla on huomioitava eroavaisuudet mittaustavoissa, sillä silmämääräinen ja manuaalinen keskimääräisen kiehkuravälin arvioiminen ja mittaaminen eroaa selvästi koneellisesti toteutetusta keskimääräisen kiehkuravälin määrittämisestä. Tuloksiin kannattaakin suhtautua kriittisesti. Evon ja Lappeenrannan tulosten yhdistävä tekijä on, että valtaosassa ydinkappaleiden pintalappeista keskimääräinen kiehkuraväli sijoittuu 11 ja 30 senttimetrin välille.

## 5 Johtopäätökset

Evon tuloksien analysoinnin kautta voidaan muodostaa johtopäätöksiä koepuista sahatun puutavaran laadusta. Vertailemalla tuloksia Pehkosen aineistosta saatuihin tuloksiin voidaan havaita eroavaisuuksia tutkimustulosten välillä, ja näin pyrkiä selvittämään mahdollisia syitä havaittuihin eroihin. Erot kasvatustavoissa jaksollisen kasvatuksen ja jatkuvan kasvatuksen välillä voivat selittää osin syitä puutavaran laatueroihin, mutta suurelta osin ne voivat johtua myös eroista koepuiden kasvupaikoissa ja kasvuolosuhteissa sekä erilaisista mittaustavoista. Suuri kokoero vertailtavien aineistojen välillä voi myös olla osa syytä havaituissa mittauseroissa. Mittaustuloksiin on siis syytä suhtautua kriittisesti. Tässä osiossa pyrin muodostamaan mittaustuloksista jonkinlaisia johtopäätöksiä sekä mahdollisesti myös esittämään syitä puutavaran laadussa havaituille eroille.

Työssäni tärkein vertailtavana oleva ominaisuus on puutavaran oksaisuus. Suurimman yksittäisen tuoreen ja kuivan oksan mittaustulosten vertailussa Pehkosen mittaustuloksissa painottuvat selvästi suurikokoisemmat oksakoot Evon mittaustuloksiin verrattuna. Etenkin tuoreiden oksien suurikokoisimmat yksilöt ovat Lappeenrannan aineistossa kookkaampia ja yleisempiä. Suurimpien kuivien oksien kohdalla eroa on mittaustuloksissa vähemmän. Kuivien oksien tuloksien merkittävin eroavaisuus on kuivien oksien yleisyydessä, sillä Evon koepuista sahattujen ydinkappaleiden pintalappeet sisältävät enemmän oksattomia lappeita Lappeenrannan pintalappeisiin verrattuna. Yleisesti voidaan todeta, että Lappeenrannan koepuiden ydinkappaleiden pintalappeissa suurin yksittäinen oksa on kokonsa osalta yleisemmin Evon vastaavaa suurempi. Tulokset viittaavat myös siihen, että suurikokoisten oksien lukumäärä on Lappeenrannan lappeiden kohdalla todennäköisesti suurempi Evon lappeiden tuloksiin verrattuna, vaikka asia ei suoraan käy tuloksista ilmi. Edellä mainitut asiat pätevät sekä kuivien että tuoreiden oksien osalta, mutta korostuvat tuoreiden oksien kohdalla. Evon koepuiden ydinkappaleiden oksattomuus on yleisempää Pehkosen koepuiden ydinkappaleisiin verrattuna. Oksattomuus tarkoittaa, ettei lappeella esiinny lainkaan kymmenen millimetrin kokoisia tai tätä suurempia oksia. Normalisoitujen jakaumien avulla voidaan päätellä, että molempien aineistojen pintalappeen suurimpien tuoreiden oksien havainnot ovat keskittyneet melko tasaisesti keskiarvon ympärille, vaikka Evon tuloksista suurempi osa on keskiarvon yläpuolella. Evon tuoreiden oksien tulosten kohdalla havainnot keskittyvät tiettyihin oksakokoihin. Vaikka jakaumien muodossa ei ole merkittäviä eroja,

vaikuttaa Lappeenrannan suurimman tuoreen oksan tulokset jakautuvan tasaisemmin eri oksakokojen välille. Oksien lukumäärien suhteen ei aineistojen välillä voida nähdä merkittäviä eroja. Tulosten vertailusta tekee epämieliekästä tulosten vaikea tulkinta, sillä toisistaan poikkeavat mittaustavat voivat vääristää tuloksia. Jakaumien yhdenmukaisuus viittaa oksaisuuden hyvin samankaltaiseen esiintymiseen kahden eri kasvatustavan koepuissa.

Puutavaran laatua määriteltäessä pohjoismaisen laatuluokittelun mukaisesti pintalappeen oksaisin metri on yksi laatua määrittelevä tekijä. Oksien sijoittumisessa lappeelle on vaikutusta sahatavarakappaleen laadun määrittämisessä, sillä oksien suuri määrä ja tiheä esiintyminen tekevät puutavarasta heikkolaatuista. Tässä tutkimuksessa esitettyjen mittaustulosten perusteella eri kasvatustapojen koepuiden ydinkappaleiden oksaisin metri ei eroa merkittävästi toisistaan. Kummassakin aineistossa valtaosassa tuloksista oksaisimman metrin oksien osuus oksien kokonaismäärästä jää alle puoleen, ja yli puolet kokonaismäärästä ylittävä osuus on molemmissa aineistoissa lähes yhtä suuri. Tulosten merkittävin ero on, että Evon oksaisimman metrin havainnot painottuvat Lappeenrannan havaintoja selvästi enemmän kahteen ääripäähän, jolloin suhde oksien kokonaismäärään on joko verrattain pieni tai suuri. Lappeenrannan tuloksissa näiden luokkien osuus jää selvästi pienemmäksi. Erojen syihin voivat vaikuttaa niin oksamäärä kuin oksien sattumanvarainen sijoittuminen. Puun kasvunopeudella voi olla vaikutusta oksien esiintymiseen ja sijoittumiseen puussa, mutta myös erot mittaustavoissa voivat osaltaan vaikuttaa tuloksiin etenkin pienten oksien määrän ollessa suuri. Tuloksista ei voida tehdä suoria johtopäätöksiä oksien absoluuttisesta määrästä tai puutavaran laadusta, mutta puun teknisten ominaisuuksien kannalta oksien sijoittumisella puussa on merkitystä. Puutavaran laadun määrittämiseen niillä on myös suora vaikutus. Runsas- ja tiheäoksainen puutavara on kestävyys-, työstettävyyden sekä esteettisyyden kannalta heikkolaatuista. Mittaustulokset jakautuvat hyvin pitkälle samalla tavalla sekä Evon että Lappeenrannan aineistoissa, mikä kertoo tämän tutkimuksen eri kasvatustapojen koepuiden laadun olevan oksaisimman metrin osalta hyvin samankaltainen.

Tässä tutkimuksessa vertailen muun muassa lahon esiintymistä kahden eri kasvatustavan koepuissa. Vertailtavana ominaisuutena oli koepuiden tyvitukki- ja ydinkappaleiden pintalappeilla sekä toisella sydänlapeella esiintyvä lahon määrä. Tuloksista kävi ilmi, ettei

aineistojen havainnoissa ollut käytännössä eroa lainkaan. Mittaustulokset osoittavat tämän tutkimuksen eri-ikäisrakenteisen metsän koepuiden sisältävän lahoa saman verran kuin Pehkosenkin tasaikäisrakenteisen metsän koepuiden. Molempiin tutkimuksiin valitut koepuut edustivat metsän vallitsevaa puustoa mahdollisimman hyvin, ja tärkeänä kriteerinä valinnassa oli, että puu näytti ulkoapäin katsottuna terveeltä ja elinvoimaiselta. On syytä huomioda, että tulokset edustavat koemetsiköiden elinvoimaisten yksilöiden tuloksia, jotka ovat saavuttaneet kasvussaan tukkipuun koon. Näin ollen koemetsien heikkolaatuisempien yksilöiden laadusta ja mahdollisista laatueroista ei ole näyttöä. Puussa esiintyvän lahon määrä ei ole yksiselitteinen ominaisuus, sillä siihen voivat vaikuttaa hyvin pitkän aikavälin tekijät. Tällaisia tekijöitä voivat olla esimerkiksi kasvupaikan ominaisuudet, maantieteellinen sijainti sekä muutokset kasvuolosuhteissa tai hoitotoimenpiteissä. Tulosten identtisyys viittaa kuitenkin siihen, ettei koemetsiköiden aiemmilla hoitotoimenpiteillä ole ollut vaikutusta puussa esiintyvän lahon määrään.

Keskimääräinen kiehkuravälin pituus oli yksi mitattava ominaisuus puutavaran laadun määrittämisessä, vaikka sille ei ole asetettu laadunmäärityksessä numeerisia arvoja, jotka suoraan vaikuttaisivat laatuluokan määräytymiseen. Kiehkuraväli vaikuttaa kuitenkin oksien sijaintiin lappeella, joka vaikuttaa suoraan laadun määritykseen. Kiehkuravälin muodostumiseen vaikuttaa elävän puun kasvunopeus, minkä vuoksi eri kasvatustavoilla voidaan ennalta olettaa olevan vaikutusta kiehkuravälin pituuteen. Tulokset osoittavat Evon ydinkappaleiden pintalappeiden kiehkuravälin pituudessa vähemmän vaihtelua Lappeenrannan ydinkappaleisiin verrattuna. Evon tuloksissa lyhyemmät pituudet ovat selvästi enemmän edustettuina ja edustavat valtaosaa havainnoista. Lappeenrannan tuloksien havainnoissa esiintyy enemmän pituutta, ja havainnot ovat jakautuneet tasaisemmin eri pituusluokkiin. Näin ollen Pehkosen koepuiden kasvun voidaan olettaa sisältävän enemmän nopeamman kasvun vaiheita Evon koepuihin verrattuna. Tulosten voidaan ajatella edustavan tyypillisiä tasaikäis- ja eri-ikäisrakenteisen metsän tuloksia, mutta tuloksiin kannattaa suhtautua kriittisesti. Erot mittaustavoissa vaikuttavat osaltaan saatuihin tuloksiin, sillä käsin mitattu ja koneellisesti toteutettu mittaustulos eivät ole yhdenvertaisia. Kasvuolosuhteissa tapahtuneilla muutoksilla voi olla vaikutusta mittaustulosten muodostumiseen. Tämä tarkoittaa ennen kaikkea metsässä aiemmin tehtyjä hoitotoimenpiteitä. Evon ja Lappeenrannan tuloksien koemetsiköitä on kasvatettu eri tavoin lähes 40 vuoden ajan, joten kasvatustavoilla voidaan nähdä olevan jonkinlainen vaikutus

mittaustuloksiin. Puun kasvunopeuteen vaikuttaa myös kasvupaikka ja etenkin sen viljavuus. Evon ja Vesijaon koemetsät edustavat Etelä-Suomen mustikkatyypin metsää eli tuoretta kangasta. Pehkosen koemetsien kasvupaikat edustivat pääasiassa tuoretta kangasta, mutta joukossa oli myös lehtomaisen kankaan eli Etelä-Suomen käenkaali-mustikkatyypin kasvupaikkoja. Lehtomainen kangas on tuoretta kangasta viljavampi kasvupaikka, joten erot kasvupaikoissa voivat olla myös yksi mittaustuloksia selittävä tekijä. Toisaalta Pehkosen tutkimusmetsien kasvupaikoilta löytyi myös tuoreen kangasmetsän soistumisen piirteitä, jonka vaikutus tuloksiin on todennäköisesti päinvastainen. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että molempien aineistojen kiehkuravälin pituuksista valtaosa edustaa samaa kokoluokkaa, jolloin myös puiden kasvu on tapahtunut pitkällä aikavälillä samalla tavalla.

## 5.1 Pohdintaa

Evon ja Vesijaon metsissä toteutettiin 1980-luvun puolivälissä hakkuita, joiden tarkoitus oli muuttaa metsä eri-ikäisrakenteiseksi. Jatkuvan kasvatuksen koealat perustettiin vuosina 1991–1992. Hakkuita jatkettiin 1990-luvun jälkimmäisellä puoliskolla poimintahakkuin, joiden avulla parannettiin ja ylläpidettiin metsien erirakenteisuutta. Vuoden 2022 keväällä koealan metsistä kaadettujen koepuiden voidaan todeta kasvaneen olosuhteissa, jotka ovat rinnastettavissa jatkuvan kasvatuksen metsälle tyypillisiin olosuhteisiin. Olosuhteet ovat vallinneet lähes 40 vuoden ajan, jonka aikana metsissä syntyneet ja kasvaneet puut ovat kasvaneet metsän alemmissa kerroksissa kookkaampien yksilöiden varjostamana. Metsästä kaadetut vanhemmat yksilöt ovat todennäköisesti aloittaneet kasvunsa ennen 1980-lukua, jolloin metsä muistutti enemmän tasaikäisrakenteista metsää. Kyseisen sukupolven yksilöt eivät ole kasvaneet koko elinaikaansa jatkuvan kasvatuksen metsän kaltaisissa olosuhteissa, jolloin niiden kasvussa voidaan nähdä tasaikäisrakenteisen ajan vaikutus. Vaikutus näkyy puutavarassa, joka on sahattu puun sisemmistä osista. Tutkimustyössä tarkastelemani koepuiden ydinkappaleet voivat siis sisältää puutavaraa, joka on alun perin kasvanut tasaikäisrakenteisen metsän aikana. Tämä on yksi syy, jonka vuoksi mittaustuloksiin tulee suhtautua kriittisesti. Mitä vanhemmasta yksilöstä on kyse, sen todennäköisemmin puun mittaustuloksia ei voida pitää täysin yhdenvertaisina aidosti jatkuvan kasvatuksen metsässä kasvaneen puun mittaustuloksille. Toisaalta ne yksilöt, jotka eivät ole merkittävästi 40 vuotta vanhempia, ovat joka tapauksessa kasvaneet koko elinaikansa kookkaampien yksilöiden alapuolella. Puun syntyhetkellä metsästä on kuitenkin puuttunut jatkuvan kasvatuksen

metsälle tyypillinen rakenteellinen vaihtelu, jossa metsästä löytyy tasaisesti eri latvuserroksien yksilöitä ja etenkin runsas alikasvosreservi. Tasaikäisrakenteisen metsän taimi on aloittanut kasvunsa hyvin erilaisissa olosuhteissa verrattuna taimeen, joka on taimettunut jatkuvan kasvatuksen metsän olosuhteisiin. Keväällä 2022 kaadettu 50 vuoden ikäinen koepuu on kasvanut yli kymmenen ensimmäistä elinvuottaan valtaosin tasaikäisrakenteista metsää muistuttavissa olosuhteissa. Kyseisen ikäluokan puu on kuitenkin kasvanut pääosan elinajastaan eri-ikäisrakenteisessa metsässä, joten kyseisen ikäluokan puusta sahatun puutavaran mittaustuloksia voidaan hyvin pitkälle pitää jatkuvan kasvatuksen metsän puutavaraan verrannollisena.

Tutkimustyössäni käsittelen kahden hyvin erityyppisen metsänkasvatustavan piirteitä sekä vertailen metsistä saadun puutavaran laatua kuvaavia mittaustuloksia keskenään. Aineistot eivät kuitenkaan antaneet mahdollisuutta vertailla puutavaran laadun ominaisuuksia kaikilta osin, sillä mittaustapojen eroavaisuuksien takia vertailua tehtiin vain vertailukelpoisiksi todettujen tulosten osalta. Lisäksi vertailussa voitiin hyödyntää ainoastaan puutavaran ydinkappaleiden tuloksia, jolloin tukiin pintaosien tulokset jäivät vertailun ulkopuolelle. Tutkimustyöstä saadut tulokset antavat kuitenkin hyvän yleiskuvan eri kasvatusmenetelmillä kasvatetuista puista ja niistä saatavan puutavaran laadusta. Vaikka aineistojen kokoero on huomattava, voidaan tuloksia pitää metsien puutavaran laatua hyvin kuvaavina ja vertailukelpoisina. Aiheen jatkotutkimukselle on joka tapauksessa olemassa vahvat perusteet. Tutkimustyö on ollut kaiken kaikkiaan hyvin mielenkiintoinen ja antoisa kokemus, joka on auttanut minua paremmin ymmärtämään metsiemme puiden kasvuun sekä puutavaran laatuun vaikuttavia tekijöitä sekä metsätaloutta ylipäätään. Toivottavasti tutkimustyön tuloksista on hyötyä myös metsätietojärjestelmien kehittämiseen tähtäävässä projektissa sekä alan jatkotutkimuksissa.

## Lähteet

Eerikäinen, K., Saksa, T. & Valkonen S. (2014). *Ingrowth, survival and height growth of small trees in uneven-aged Picea abies stands in southern Finland.*

<https://forestecosyst.springeropen.com/articles/10.1186/2197-5620-1-5#Sec2>

Luoranen J., Saksa T. & Uotila K. (2012). *Metsänuudistaminen.* Metsäkustannus Oy.

Maa- ja metsätalousministeriö. (2022). *Metsäteollisuus Suomessa.*

<https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/metsateollisuus-suomessa>

Plattonen, H. (2015). *Pientalon puukirja: tietoa puusta ja puun käytöstä.* Moreeni.

Pukkala, T., Lähde, E. & Laiho, O. (2011). *Metsän jatkuva kasvat.* Joen Forest Program Consulting.

Puuinfo Oy. (2019). *Puutavaraopas.* Puuinfo Oy.

Rantala, S. (2018). *Tapion taskukirja.* 26. painos. Metsäkustannus Oy.

Ruuska, J. (2020). *Metsäkoulu.* Kymmenes painos. Metsäkustannus Oy.

Sahateollisuus ry. (2022). *Sahatoimiala.* <https://sahateollisuus.com/toimiala/>

Sipi, M. (2006). *Sahatavaratuotanto.* Edita Oy.

Suomen sahateollisuusmiesten yhdistys ry. (2016). *Pohjoismainen sahatavara: lajitteluohjeet.* STMY.

Varis, R. (2017). *Sahateollisuus.* Kustannuspalvelut Kirjakaari Oy.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (2014). *Hyvän metsänhoidon suositukset - Metsänhoito.* Metsäkustannus.