

# HAKKUUKONEENKULJETTAJAA OPASTAVIEN JÄRJESTELMIEN MAHDOLLISUUDET HARVENNUKSELLA

Inget Samuli

Opinnäytetyö

Metsätalouden koulutus  
Metsätalousinsinööri (AMK)

2020

Metsätalouden koulutus  
Metsätalousinsinööri

---

<b>Tekijä</b>	Samuli Inget	Vuosi	2020
<b>Ohjaaja(t)</b>	Oiva Hiltunen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Stora Enso Metsä		
<b>Työn nimi</b>	Hakkuukoneen kuljettajaa opastavien järjestelmien mahdollisuudet harvennushakkuilla		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	74 + 3		

---

Työn taustalla on toimeksiantajan tavoite selvittää hakkuukoneenkuljettajan pää-  
töstuen tarpeellisuutta harvennuksella. Työssä pyrittiin selvittämään kuljettajien  
toimintatavat puuvalintaan liittyen ja siihen liittyvät ongelmat sääolosuhteiden ja  
leimikkokohtaisten tekijöiden osalta kesä- ja talviolosuhteissa. Lisäksi työssä sel-  
vitettiin harvennusvoimakkuuteen liittyviä tekijöitä ja harvennusvoimakkuutta  
seuraavan sovelluksen tarpeellisuutta.

Tutkimus toteutettiin haastattelemalla puhelimitse 30 hakkuukoneenkuljettajaa  
Etelä-Suomen hankinta-alueelta. Saadut vastaukset kirjattiin strukturoidulla ky-  
selylomakkeella ja kuljettajien omat kommentit kirjattiin ylös muistiinpanovihkoon.  
Aineisto käsiteltiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla, määrällisiä kysymyksiä tes-  
tattiin Mann Whitney-U -testillä ja Khiin neliö -testillä testattiin opastuksen poten-  
tiaali tilastollisesti.

Puuvalinnassa ilmenee näkyvyysongelmia etenkin kuusivaltaisten metsien har-  
vennuksella. Tulosten perusteella lisätietoa tarvitaan etenkin latvuksesta ja run-  
gon yläosasta. Puun ominaisuuksista lisäinformaation tarve olisi suurin laatuvi-  
kojen ja tautien havaitsemiseen.

Harvennusvoimakkuuden säätelyyn tärkeimpänä tekijänä pidettiin kuljettajan  
omaa arviointikykyä. Tästä huolimatta harvennusvoimakkuuteen tarkoitettua so-  
vellusta pidettiin tarpeellisena ja sovellus tukisi kuljettajan arviointia.

Puuvalintaa opastavat järjestelmät parantaisivat korjuutyön laatua, mutta korjuu-  
työn tuottavuutta sen ei uskottu parantavan. Opastavan järjestelmän uskottiin  
auttavan kuljettajaa jaksamaan paremmin työssään, eikä sen uskottu vaikeutta-  
van kuljettajan työntekoa.

Avainsanat                      Hakkuukoneenkuljettajat, harvennushakkuut, opastavat  
järjestelmät, päätöstuki

Degree Programme of Forestry  
Forestry Engineer

---

<b>Author</b>	Samuli Inget	Year	2020
<b>Supervisor</b>	Oiva Hiltunen		
<b>Commissioned by</b>	Stora Enso Forest		
<b>Subject of thesis</b>	Potential of Harvesting Guiding Systems of Thinning		
<b>Number of pages</b>	74 + 3		

---

The background to this work is the commissioned goal of investigating the needs for harvester operator`s decision support systems of thinning. The aim of this work was to find out the harvester operators` methods of wood selection and the problems related to weather conditions and stand-specific factors in summer and winter conditions. In addition, the work investigated factors related to thinning intensity and the needs for a thinning intensity monitoring application.

The survey was conducted by telephone interviews with 30 harvester operators in the Southern Finland wood procurement area. The responses received were recorded in a structured questionnaire and the harvest operators' own comments were recorded in a notebook. The data was processed using an Excel spreadsheet program, quantitative questions were tested with the Mann Whitney-U test, and the Chi square test was used to statistically test the potential of the decision support.

There are visibility problems in the selection of wood, especially in thinning of spruce forests. Based on the results, more information is needed especially on the crown and the top of the trunk. More information on the properties of wood would be most needed to detect quality defects and diseases.

The harvest operator`s own judgment was considered the most important factor in controlling thinning intensity. Nevertheless, an application for thinning intensity was considered necessary and supports the harvest operators` evaluation.

Wood selection guidance systems would improve the quality of harvesting work, but it was not believed to improve harvesting productivity. The guidance system was believed to help the harvester operator to cope better at work and was not believed to complicate the harvester operator`s work.

**Key words**                      decision support, guidance systems, harvester operators, thinning

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	3
2	HARVENNUSHAKKUUT .....	6
2.1	Harvennustavat.....	6
2.2	Ensi- ja myöhemmät harvennukset.....	7
2.3	Puuvalinta ja siihen vaikuttavat tekijät.....	8
3	KONEELLINEN HARVENNUSTYÖ.....	11
3.1	Yleistä koneellisesta harvennustyöstä .....	11
3.2	Koneellisen puunkorjuun suunnittelun tasot.....	12
3.3	Sektorityömallit .....	12
3.4	Päätöksenteko hakkuukonetyössä .....	15
4	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	18
4.1	Opinnäytetyössä käytetyt tutkimusmenetelmät .....	18
4.2	Aineiston hankinta .....	19
5	TULOKSET.....	22
5.1	Hakkuukoneenkuljettajien taustatiedot.....	22
5.1.1	Vuoden 2018 hakkuumäärä ja harvennusten osuus .....	23
5.1.2	Ennakkoleimatulla kohteilla työskentely .....	25
5.2	Poistettavan puun valintaan liittyvät tekijät.....	26
5.2.1	Poistettavien puiden valinta.....	27
5.2.2	Poistettavien puiden laadulliset ominaisuudet.....	29
5.2.3	Merkittävimmät laatuominaisuudet.....	31
5.2.4	Muun puuston vaikutus poistettavan puun valintaan .....	33
5.2.5	Poistettavan puun havainnoiminen.....	35
5.3	Puunvalintaa vaikeuttavat tekijät ja harvennusvoimakkuus .....	37
5.3.1	Puuvalintaa vaikeuttavat leimikkotekijät .....	39
5.3.2	Harvennusvoimakkuuteen vaikuttavat tekijät .....	41
5.3.3	Maasto, kalusto ja muut vaikuttavat tekijät .....	43
5.4	Poistettavien puiden opastaminen ja vaikutukset .....	46
5.4.1	Kuljettajan tarvitsema lisäinformaatio .....	49
5.4.2	Lisäinformaation tarve puulajeittain .....	52

5.4.3	Mahdolliset vaikutukset puuvalinnan opastuksesta.....	54
5.4.4	Puuvalinnan opastuksen suurin potentiaali harvennuksittain .....	56
6	TULOSTEN JOHTOPÄÄTÖKSET .....	58
6.1	Puuvalinta harvennuksella .....	58
6.2	Puun laatu ja elinkelpoisuus .....	59
6.3	Näkyvyysongelmat puuvalinnassa .....	60
6.4	Lisäinformaation tarve ja laatuominaisuuksien tunnistaminen .....	60
6.5	Harvennusvoimakkuuden tekijät .....	61
6.6	Puuvalintaa opastavan järjestelmän potentiaali .....	63
6.7	Kuljettajaa opastavan järjestelmän kehittäminen .....	64
7	POHDINTA .....	66
	LÄHTEET .....	68
	LIITTEET .....	72

## 1 JOHDANTO

Yksityismetsistä ostetuista puusta pystykauppojen osuus oli 87 prosenttia eli 44,8 miljoonaa kuutiometriä vuonna 2018. Uudistushakkuiden osuus oli 67 prosenttia, harvennushakkuiden osuus 29 prosenttia ja ensiharvennusten neljä prosenttia. Hakkuupinta-alaksi arvioitiin noin 794 000 ha, josta jopa 72 prosenttia oli harvennushakkuita tai ylispuun poistoja. (Luonnonvarakeskus 2019, 60.) Kolmannes yksityismetsien pystykaupoista tuleva puu teollisuuden käyttöön tulee siis harvennuksilta, joten niitä voidaan siis pitää metsäteollisuuden ja talouden kannalta hyvin merkittävänä puuntulolähteenä.

Selluteollisuuteen käytetään suurin osa teollisuuteen tuotettavasta puusta. Harvennukset, etenkin ensiharvennukset tuottavat merkittävän määrän selluteollisuuden puuaineksesta. Ensiharvennuksen haasteena pidetään korjuukustannuksia, jotka voivat olla lähes kaksinkertaiset uudistushakkuihin verrattuna. Harvennukset ovat sen lisäksi uudistushakkuita hitaampaa toteuttaa. (Sandström 2019.)

Opinnäytetyn toimeksiantajana toimii Stora Enso Oyj:n konserniin kuuluva Stora Enso Metsä, joka toimii Wood Supply Finland - divisioonan alla. Stora Enso Metsä toimittaa Stora Enson sahoille sekä paperi- ja selluteollisuudelle puuraaka-ainetta. Vuosittainen puuraaka-aineen hankintamäärä on noin 23 miljoonaa kuutiometriä. (Stora Enso Metsä 2020.) Stora Enso Metsän puunhankinta koostuu kolmesta puunhankinta-alueesta, joita ovat Etelä-Suomen, Itä-Suomen ja Pohjois-Suomen hankinta-alueet. Puuhankinnan harvennushakkuiden osuus noin puolet ja Stora Enson puunkäytöstä 89 prosenttia on sellupuuta. (Kallio-Mannila 2016, 7–10.) Sellupuun korkeiden korjuukustannusten takia Stora Enso Metsä pyrkii yhdessä hakkuukoneiden valmistajien kanssa tekemään kaikkensa, löytääkseen keinoja korjuukustannusten ja ajanmenekin minimoimiseksi.

Tämä opinnäytetyö palvelee Stora Enso Metsää tutkimuksena, joka kokoaa yhteen kuljettajilta saadut vastaukset ja analysoi esille nousseita havaintoja. Tutkimuksella pyritään saamaan pohjaa metsäkonevalmistajien puuvalintaa koskevan opastavan järjestelmän kehittämiseen.

Puuvalinta on hakkuukoneenkuljettajan tärkein ja vaativin työtehtävä harvennushakkuulla. Puuvalinta vaikuttaa merkittävästi hakkuun taloudelliseen tulokseen

sekä puuston laadulliseen arvokasvuun. Puuvalinnan haastavuuden lisäksi harvennushakkuut on työaika syövä hakkuumuoto ja siihen kuuluu hakkuukoneenkuljettajan tehotyöajasta noin 12 prosenttia. Hakkuukoneenkuljettaja on yksin vastuussa puuvalinnan onnistumisen suhteen ja valikoi poistettavat ja säästettävät puut leimikolle asetettujen vaatimusten mukaisesti. Puuvalinnan onnistumista on vaikea arvioida jälkikäteen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää hakkuukonekuljettajan työssä päätöksentekoon vaikuttavia tekijöitä sekä arvioida päätöstä tukevien järjestelmien mahdollisuuksia harvennushakkuilla. Työssä pyrittiin kartoittamaan puuvalintaan vaikuttavia tekijöitä ja tilanteita sekä poistettavan puun ominaisuuksia, joiden tunnistaminen kaipaisi opastavan järjestelmän apua hakkuukoneenkuljettajan työssä. Työssä pyrittiin kartoittamaan hakkuukonekuljettajan päätöksentekoa erityisesti poistettavien puiden valinnassa ja löytää siinä esiintyviä vaikeuksia eri olosuhteissa. Opinnäytetyössä kartoitettiin myös kuljettajien omia mielipiteitä päätöksentekoa avustavien järjestelmien puuvalinnan osalta.

Työssä pyrittiin myös selvittämään harvennusvoimakkuuteen liittyvät tekijät sekä harvennusvoimakkuuden sovelluksen tarpeellisuutta. Työ rajattiin koskemaan ainoastaan alaharvennuksina tehtäviä kasvatushakkuita kesä- ja talviolosuhteissa. Työstä rajattiin pois yläharvennukset ja systemaattiset harvennukset, joissa puuvalintaa ei tehdä laadullisten ominaisuuksien perusteella.

Tutkimus toteutettiin haastattelututkimuksena Stora Enso Metsän Etelä-Suomen hankinta-alueen tähtiyrittäjille ja heidän hakkuukoneenkuljettajilleen. Toimeksiantaja valitsi yrittäjät, joiden kuljettajille haastattelut kohdistuivat. Haastateltavia tutkimukseen otettiin satunnaisesti yrittäjiltä saaduista yhteystiedoista. Puhelinhaastattelu tehtiin strukturoidun kyselylomakkeen pohjalta 30 hakkuukoneenkuljettajalle ja kuljettajien omat kommentit kerättiin talteen laadullista tutkimusta varten.

Puuvalintaa opastavien järjestelmien tarvetta ja hyötypotentiaalia on tutkittu aiemmin mm. Ylimäen ym. vuonna 2012 julkaisemassa tutkimuksessa ”Kuljettajaa opastavien järjestelmien tarve ja hyötypotentiaali koneellisessa puunkorjuussa” sekä Kasperin vuonna 2019 tekemässä tutkimuksessa ”Kuljettajan puuvalintaa opastavan järjestelmän hyötypotentiaali harvennushakkuilla” (Ylimäki

ym. 2012, 1; Kasper 2019, 1). Harvennushakkuiden suhteen opinnäytetyön tulokset olivat hyvin samankaltaiset tutkimuksissa esille nousseiden teemoihin verrattuna.

Tutkimuksessa haettiin vastauksia sille, mitä opastavaa järjestelmää hakkuukoneenkuljettaja työssään tarvitsee. Selvitettiin myös, että millaista opastusta kuljettaja mahdollisesti kaipaisi oman työnsä tueksi. Tutkimuksen kolmantena kysymyksenä oli, kenelle opastavaa järjestelmä kehitetään ja oliko aiemmasta ennakkoleimauskohteella työskentelystä vaikutusta puuvalintaa opastavan järjestelmän tarpeellisuudessa.



## 2 HARVENNUSHAKKUUT

Harvennushakkuiden taloudellinen vaikutus on merkittävä. Metsikön harvennuspuiden osuus hakkuupoistumasta voi olla koko kiertoajasta jopa 40 prosenttia ja kiertoajan tuloistakin jopa kolmannes. Harvennukseksi kutsutaan hakkuuta, jossa jo taimikkovaiheen ohittaneesta kasvatettavasta metsiköstä poistetaan osa puista. Harvennusta pidetään tärkeimpänä kasvatusmetsien metsänhoidollisena toimenpiteenä. Harvennuksen avulla turvataan taloudellisesti, ekologisesti sekä sosiaalisesti metsän hoito ja käyttö. (Hynynen, Valkonen & Rantala 2005, 74.)

Harvennushakkuun eli kasvatushakkuun keskeisimpänä tavoitteena on metsikön tiheydestä aiheutuvien haittojen ennaltaehkäiseminen. Harvennuksella ei pystytä yleensä lisäämään kokonaiskasvua ja runkopuun tuotosta, mutta taloudellista tulosta voidaan parantaa aikaistamalla metsiköstä saatavia tuloja, parantamalla tukkipuun osuutta, suosimalla kasvupaikalle sopivia sekä taloudellisesti arvokkaita puulajeja, poistamalla huonolaatuisia ja suosimalla hyvälaatuisia puita. (Hynynen ym. 2005, 74–75.)

### 2.1 Harvennustavat

Harvennustapa on kasvatettavan ja poistettavan puun valintaan käytettävä menetelmä (Huuskonen, Hynynen & Valkonen 2014, 79). Puuvalinta voi olla joko valikoivaa tai systemaattista (Hynynen ym. 2005, 110–111). Suomalaisessa metsänkasvatuksessa tavoitteena pidetään maksimaalisen tukkiosuuden saavuttamista, jolloin puiden sijainnin lisäksi huomiota kiinnitetään jätettävien puiden koon, elinvoimaisuuteen ja laatuun (Hynynen 2008, 182).

Tavanomaisessa valikoivassa harvennuksessa pyritään poistamaan kasvukilpailussa alakynteen jääneet sairaat, vikaiset ja alimpien latvuserroksien puut (Hynynen ym. 2005, 110–111). Valikoivassa harvennuksessa poistetaan myös puita eri latvuserroksista joko alaharvennus-, ylaharvennus tai laatuharvennusperiaatteella (Huuskonen ym. 2014, 79). Valikoivalla harvennustyyllillä puunvalinta perustuu kuljettajan tekemään arviontiin (Kasper 2019, 10).

Systemaattisella harvennuksella puun laadulliset ominaisuudet eivät vaikuta puunvalintaan. Systemaattisessa harvennuksessa pyritään puuston tiheyden pienentämiseen etukäteen määrätyn ja sijantiin perustuvan systeemin mukaan. (Hynynen ym. 2005, 110). Suomessa harvinaisempia rivi- ja käytäväharvennuksia tehdään koneellisessa puunkorjuussa, etenkin viljelymetsissä systemaattisella harvennustavalla (Mielikäinen & Riikilä 1997, 67).

Alaharvennus on harvennustavoista yleisin Suomessa ja se sopiikin harvennustavaksi melkein aina. Alaharvennuksessa tavoitellaan puuston nopeampaa järeytymistä erityisesti päätehakkuuseen ja myös myöhempään harvennuksiin. Niemensä mukaisesti alaharvennuksessa poistetaan puita pienimmästä alkaen alimista latvuserroksista ja jätetään kasvamaan terveitä ja parhaiten kasvavia lisä- ja päävaltapuita. (Huuskonen ym. 2014, 79.) Valtapuista poistetaan laatuviolliset puut niin että kasvamaan jää mahdollisimman hyvälaatuinen ja kasvuisa puusto. Pienikokoisia, huonolaatuisia ja taloudellisesti vähäarvoisia puita voidaan jättää niin sanotuiksi täydennys puiksi, jos harvennusmallien tavoitteet eivät täyty. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo, Väisänen 2014, 156.)

Yläharvennuksen tavoitteena on parantaa välitöntä kannattavuutta poistamalla pienempien puiden lisäksi myös suurimpia valtapuita silloin kun tilalle pystytään jättämään tarpeeksi lisävaltapuita (Hynynen ym.2005, 110). Yläharvennuksessa kasvamaan jätetään hyvän latvuksen omaavia laadukkaita sekä elpymiskykyisiä lisävaltapuita. Työlaji vaatii tekijältään ammattitaitoa oikean harvennusvoimakkuuden säilyttämiseksi. (Äijälä ym. 2014, 156.) Laatuharvennus on yläharvennuksen muoto, jossa poistetaan kasvukilpailussa jälkeen jääneitä väli- ja aluspuiden lisäksi myös suurimpia heikkolaatuisia ja suuren kasvutilan vieviä puita, joissa ei ole edellytystä kasvaa arvopuiksi eli tukiksi (Hynynen 2008, 183).

## 2.2 Ensi- ja myöhemmät harvennukset

Kasvatettavassa metsässä tehdään sen kiertoajan aikana kasvupaikasta ja puulajista riippuen 1-3 harvennusta (Äijälä ym. 2014, 58). Harvennukset jaotellaan karkeasti ensiharvennukseen ja 1-2 myöhempään harvennukseen. (Hynynen

ym.2005, 73). Ensiharvennus toteutetaan taimikkovaiheen ohittaneisiin kasvatusemetsiin ja myöhemmät harvennukset varttuneeseen kasvatusmetsään (Äijälä ym. 2014, 152–153).

Ensiharvennus on eräänlainen kasvatettavan puuston laatuharvennus. Ensiharvennuksella pyritään vaikuttamaan merkittävästi puuston tulevaan arvokasvuun sekä kehitykseen. Tavoitellessa nopeaa järeän tukkipuun kasvatusta, pidetään ensiharvennusta lähes välttämättömänä toimenpiteenä. (Äijälä ym. 2014, 87–88.) Ensiharvennuksesta saadaan metsiköstä ensimmäiset tulot. Puunmyyntituloihin vaikuttavat merkittävästi uudistamis- ja taimikkovaiheessa tehdyt toimenpiteet. Tulot jäävät kuitenkin pieniksi korjuukustannusten ja ensiharvennukselta saatavan kuitupuun matalan hinnan takia. (Hynynen ym. 2005 73; Huuskonen 2008, 15.)

Ensiharvennus täytyy ajoittaa myöhempiä harvennuksia tarkemmin. Ensiharvennus olisi hyvä tehdä ennen kuin latvukset pääsevät supistumaan liikaa, jolloin puiden kasvuedellytykset heikkenevät. Esimerkiksi männiköt olisi ensiharvennettava ennen kuin elävä latvus on supistunut alle 40 prosenttiin rungon pituudesta. Kuusen ja koivun latvus ei saisi supistua alle 50 prosenttiin puun pituudesta. (Mielikäinen & Riikilä 1997, 68.)

Myöhemmissä harvennuksissa hakkuutuloille annetaan suurempi painoarvo (Hynynen ym. 2005, 73). Hakkuun ajoituksessa, voimakkuudessa ja harvennustavan valinnassa painotetaan taloudellisia tavoitteita enemmän kuin ensiharvennuksissa. Varttuneen metsikön harvennuksessa pyritään kuitenkin pitämään mielessä metsänhoidolliset perusteet harvennukselle (Mielikäinen & Riikilä 1997, 69).

### 2.3 Puuvalinta ja siihen vaikuttavat tekijät

Puuvalinta on hakkuukoneenkuljettajan työn vaativin työtehtävä (Ovaskainen 2009, 3). Harvennushakkuiden puuvalinnalla voidaan vaikuttaa merkittävästi hakkuun taloudelliseen tulokseen sekä puuston laadulliseen arvokasvuun. Hakkuukoneen kuljettaja valitsee säästettävät ja poistettavat puut leimikolle asetettujen

vaatimusten mukaisesti. (Hartikainen ym. 1990, 2.) Puuvalinta tehdään huomioiden puun laatu, järeys, tiheys ja tilajärjestys (Väätäinen, Ovaskainen, Ranta & Ala-Forssi 2005, 47).

Puunvalinnan onnistumisen arviointia voi olla vaikea tehdä jälkikäteen, eikä puunvalinnan onnistumiseen ole käytettävissä mitään mittausmenetelmää (Littiläinen ym. 2003, 13). Puuvalinnan onnistumista voidaan kuitenkin arvioida seuraavien kriteerien perusteella. Harvennus tulisi tehdä ensiharvennusperiaatteen mukaisesti poistamalla vioittuneita, sairaita, huonolaatuisia puita ja suosimalla hyvälaatuisia puita. (Littiläinen ym. 2003, 14.) Poistettavan puun valinta tehdään yleensä puun useamman ominaisuuden perusteella (Viljamaa 2014).

Poistettavia puita harvennuksilta ovat väli- ja aluspuita sekä latvukseltaan supistuneita lisävaltapuita. Myös valtapuiden kasvua estävät puut pyritään poistamaan. (Littiläinen ym. 2003, 14.) Kasvamaan pyritään jättämään tilajärjestykseltään tasainen, laadultaan hyvä ja ennalta määrättyyn tiheyteen harvennettu puusto (Ovaskainen 2012).

Puunvalinnan vaativuuden lisäksi puuvalinta kuluttaa runsaasti työaikaa. Väätäisen ym. (2005, 46) tekemän tutkimuksen mukaan puuvalintaan kuluu noin 12 prosenttia tehotyöajasta ensiharvennuksella. Puuvalintaa tehdään harvennuksen monessa eri työvaiheessa kuten konetta siirrettäessä ja hakkuulaitteen viemisen aikana (Väätäinen ym. 2005, 46–47).

Harvennuksen korjuujäljellä tarkoitetaan jäävän puuston ja maaperän tilaa korjuun jälkeen. Korjuun onnistuminen määritellään korjuujäljelle asettamien vaatimusten mukaan. Pesonen ym. (2005, 58) mukaan kuljettaja seuraa omaa korjuujälkeä sekä harvennusvoimakkuutta omavalvontamittauksilla. Harvennuksen korjuujälkeä seurataan myös otantamittauksilla, jonka yleensä suorittaa puunhankintaorganisaation toimihenkilö (Pesonen, ym. 2005, 58). Puunvalinnan onnistumisella ja suositusten mukaista harvennusmallia noudattamalla voidaan päästä hyvään korjuujälkeen (Poikela 2008, 407). Harvennushakkuun korjuujäljessä arvioidaan seuraavat asiat:

1. harvennusvoimakkuus
2. puiden valinta
3. puustovauriot

4. maastovauriot
5. ajouravälit sekä ajouran leveys

Pesonen ym. (2005, 58) mukaan harvennusvoimakkuuden mittausta tehdään lähes jatkuvasti hakkuutyön ohessa ja jätettävä puusto arvioidaan työpistekohtaisesti. Normaalissa alaharvennuksessa kuljettaja noudattaa Tapion harvennuskalleja oikean harvennusvoimakkuuden löytämiseksi (Äijälä ym. 2014, 163).

### 3 KONEELLINEN HARVENNUSTYÖ

#### 3.1 Yleistä koneellisesta harvennustyöstä

Koneelliset hakkuutyöt ovat viimeisten 35 vuoden aikana syrjäyttäneet perinteiset moottorisahahakkuut lähes kokonaan. Vuonna 2018 hakkuiden koneellistamisaste olikin jo 99,9 prosenttia. (Sandstöröm 2019.)

Koneellisessa puunkorjuussa yksiotehakkuukone eli -harvesteri kaataa, karsii ja katkoo puut määrämittäisiksi tavaralajeiksi teollisuuden tarpeiden sekä laatukriteerien mukaan. Koneketjun toisena osapuolena toimii puutavaran lähikuljetuksen eli puutavaran kuljetuksen tienvarsivarastoon hoitava kuormatraktori. (Vah-tila 2019, 6.)

Koneella tehtävistä hakkuista yleisimpiä ovat ensiharvennus, harvennus ja avohakkuut. Vuonna 2018 harvennushakkuiden osuus ainespuun kokonaiskorjuumäärästä oli 41,3 prosenttia, mutta korjuukustannuksista harvennuksien osuus oli 53,8 prosenttia. (Sandstöröm 2019.) Ensiharvennuksissa yksikkökustannukset olivat 16,96 €/m<sup>3</sup> eli jopa kaksinkertaiset verrattuna uudistushakkuuseen, jonka yksikkökustannukset olivat 8,18 €/m<sup>3</sup> (Sandstöröm 2019).

Hakkuukoneenkuljettajan vastuu ja toimenkuva on hakkuiden koneellistamisen yleistyessä muuttunut huomattavasti. Kuljettajan vastuulla on ajourien suunnittelun ja puunkaadon prosessin lisäksi yhä enemmän työnjohdollisia päätöksiä, kuten harvennusvoimakkuuden säätely ja metsäyhtiöiden puutavarakalle asettamien laatuvaatimusten seuranta. (Väättäinen ym. 2005, 11; Kääriäinen 2017, 3.) Metsäkoneen kuljettajan kognitiivista kuormitusta lisää myös metsän sertifiointin mukanaan tuomat kriteerit sekä metsien monimuotoisuutta edistävien metsälain erityisen tärkeiden elinympäristöjen tunnistaminen (Kääriäinen 2017, 3).

Hakkuukoneenkuljettajan työ on muuttunut vuosien saatossa fyysisesti helpommaksi ja turvallisemmaksi siirryttäessä moottorisahan käytöstä metsäkoneiden käyttöön. Hakkuiden koneellistumisen seurauksena psyykinen kuormittavuus on noussut fyysistä kuormittavuutta merkittävämmäksi tekijäksi (Kariniemi 2006, 7.) Työn luonteeseen kuuluva jatkuva tarkkaavaisuus aiheuttaa hakkuukonetyön

psykkisen kuormittavuuden. Kuljettajan on nopean työtahdin sekä nosturin tarkan käsittelyn lisäksi keskityttävä informaation vastaanottoon, käsittelyyn ja reagointiin. (Tiilikainen 2018, 9.)

### 3.2 Koneellisen puunkorjuun suunnittelun tasot

Koneellisen puunkorjuun suunnittelu ja toteutus voidaan erotella kolmeksi eri suunnittelun tasoksi, joita ovat leimikkotaso, työnäkemätaso ja työpistetaso. Leimikkotaso eli strateginen taso on puunkorjuutyön suunnittelun ”ylin” taso. Leimikkotaso käsittää ajouraston suunnittelun, lohkoketjujen hakkuujärjestyksen ja varastopaikat eli leimikolla tapahtuvan toiminnan. (Ovaskainen 2012.)

Työnäkemätaso eli taktinen taso, on työnäkemäalueella tapahtuvan toiminnan suunnittelun taso. Työnäkemätason alue kattaa 3-5 työpistettä eteen ja taaksepäin siitä työpisteestä, jossa parhaillaan työskennellään. Kunkin työpisteen toimintaa tavoitellaan huomioitavaksi seuraaviin tai aiempiin työpisteisiin ja edelleen koko leimikkotasolle. (Ovaskainen 2012.)

Suunnittelun alin taso on työpistetaso eli operatiivinen taso. Työpistetasolla käsitetään kaikki työpisteellä tapahtuva toiminta kuten puiden poistojärjestys, puiden poistaminen, prosessointi sekä jaottelemine eri puutavaralajeiksi. (Ovaskainen 2012.)

Hakkuukoneenkuljettajan työskentely leimikolla perustuu työpisteajatteluun. Työpisteen sijainti määräytyy hakkuutavan ja työmallin perusteella. Yksittäisellä työpisteellä tapahtuu korjuun operatiivinen osuus ja työpisteiden ajolinjasta muodostuu leimikolle ajouraverkostot (Ovaskainen 2012). Väätäisen ym. (2005, 29) mukaan hakkuukoneen työskentely muodostuu koneen siirroista, hakkuulaitteen viennistä ja rungon prosessoinnista.

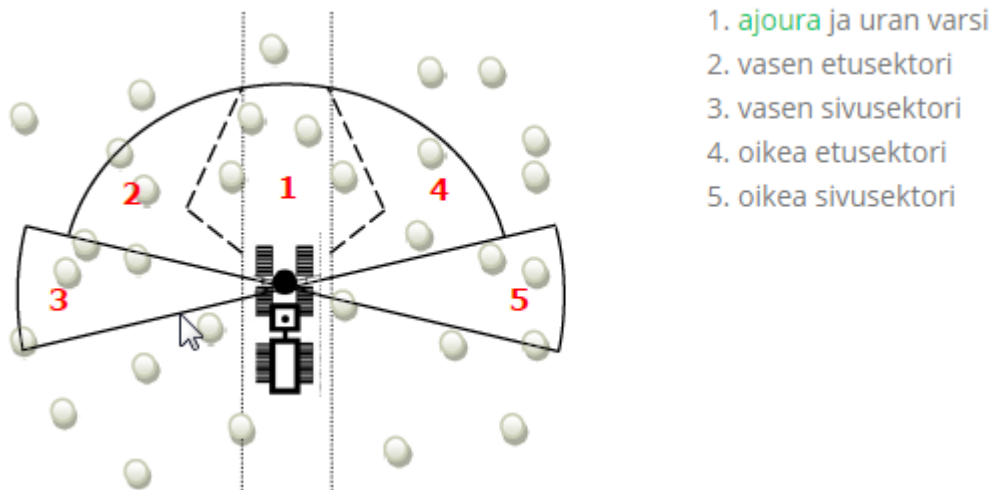
### 3.3 Sektorityömallit

Ovaskaisen (2012) mukaan sektorityömallit ovat perustyömalleja harvennushakkuilla. Se soveltuu erinomaisesti ensiharvennuksille ja runsaspuustoiselle mutta tilajärjestykseltään tasaisille leimikoille. Viiteen eri alueeseen jaetut sektorit muo-

dostavat noin 220 asteisen alueen hakkuukoneen eteen. Sektoreiden järjestelmällisellä käsittelyllä pyritään tehokkaaseen hakkuutoimintaan sekä huomioimaan 3-5 säästettävää puuta eteenpäin. (Ovaskainen 2012.) Työpisteen sektorit jaotellaan viiteen eri sektoriin:

1. ajoura ja uran varsi
2. vasen etusektori
3. vasen sivusektori
4. oikea etusektori
5. oikea sivusektori.

Ajouraa aukaistessa ja etusektorin työskentelyalueella toimintaetäisyys on 8 metriä. Ajourien 20 metrin välien saavuttamiseksi sivusektoreilla käytetään koko kuormaimen ulottumaa. Työpisteen poistettavista puista 80–90 prosenttia tulee ajouran ja etusektorin muodostamalta alueella ja vain 10–20 prosenttia sivusektoreilta. Suurin osa ensiharvennukselta kertyvästä puustosta tulee ajouran aukaisussa. (Ovaskainen 2012.) Sektorityömalli on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Sektorityömalli (Kokkarinen 2012, 59)

Sektorityömallin työjärjestystä noudattaessa tärkeintä on järjestelmällisyys:

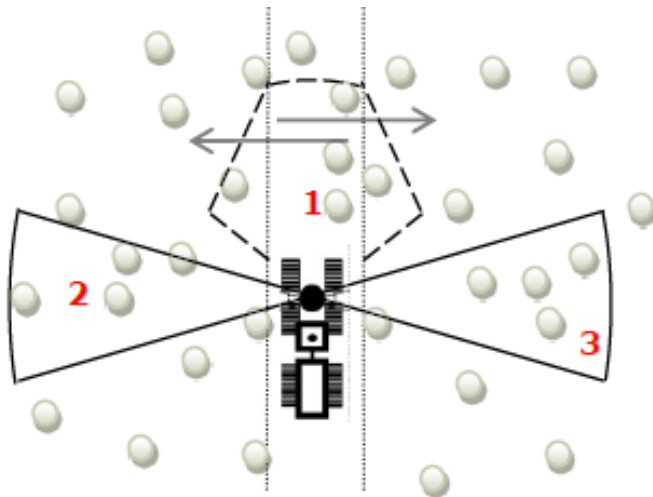
1. koneen sijoittaminen työpisteelle
2. ajouran avaus sekä uran reunojen harvennus



3. toisen puolen etusektorin sekä sivusektorin harvennus
4. jäljelle jääneen puolen etu- ja sivusektorin käsittely.

Työjärjestystä noudattaessa ei ole merkitystä kumman puolen etu- ja sivusektori käsitellään ensin, kunhan valittu systemaattinen järjestys säilyy. Sektoreiden avulla puiden valinta, ajoreitin suunnittelu sekä työjärjestyksen hahmottaminen on helpompaa. Käsitellyt etusektorit myös parantavat näkyvyyttä seuraavalle työpisteelle. (Ovaskainen 2012.)

Heikosti kantavilla mailla voidaan käyttää myös sivullepäin kaato -työmallia. Työmallissa puut pyritään kaatamaan kohtisuoraan ajouraan nähden vasemmalle tai oikealle puolelle niin, että suurin osa hakkuutähteistä jäisi ajouralle lisäämään kantavuutta. Etuna sivullepäin kaadossa on koneen vähäisempi rasitus sekä pienemmät välimatkat työpisteiden välillä. Koneen käsittely vaatii tässä työmallissa kuljettajalta hyvää puomin ja hakkuulaitteen käsittelytaitoa. (Ovaskainen 2012.) Sivullepäin kaato -työmalli esitetään kuvassa 2.



Kuvio 2. Sivullepäin kaato -työmalli (Kokkarinen 2012, 64)

### 3.4 Päätöksenteko hakkuukonetyössä

Päätöksentekoa voidaan mieltää ajatusprosessin jälkeiseksi toimintatavan valinnaksi, vaihtoehtojen puntaroinnin tuloksena. Päätökset tehdään kriteerien mukaan, jotka ovat mielipidettä suuntaan tai toiseen kallistavia tekijöitä. Jos päätöksentekoon vaikuttaa useita tekijöitä, jotka ovat ristiriidassa keskenään, on kyse monikriteerisestä päätöksenteosta. (Husu 2010, 1.) Monikriteerisessä päätöksenteossa vaihtoehtoista pyritään löytämään paras mahdollinen toimintamalli. Näin ollen monikriteerisessä päätöksenteossa ei saavuteta täydellistä ongelmanratkaisua (Kasper 2019, 18). Kasperin (2019, 18) mukaan hakkuukoneenkuljettajan työssä tällainen tilanne voi olla esimerkiksi poistettavan puun valintatilanne kahden laatuviollisen puun välillä.

Päätelykyvyn vaikeutena on inhimillisessä ajattelussa se, että tekijöiden määrä jää niukaksi samanaikaisesti huomioon otettuina ja painottuu subjektiiviseksi. Tämän vuoksi päätöksenteon tukeminen tietokoneella on tullut mahdolliseksi ja siitä on monia etuja kuten tietojen määrätön lisääminen ja keskeisten päätöksentekoon vaikuttavien asioiden nostaminen esille. (Kaila & Saarenmaa 1990, 4.)

Husun (2010, 1–2) mukaan päätöksenteon tukijärjestelmä (decision support system) on tietojärjestelmätyyppi, jonka tarkoituksena on tukea monimutkaista päätöksentekoa ja ongelmanratkaisua. Se yhdistää eri lähteistä koottuja tietoja ja analyysejä, tiivistäen niistä tietoja, joita käyttäjä voi edelleen analysoida ja muokata päätöksenteossa (Husu 2010, 1–2). Decision support system eli DSS on tietokoneperusteinen järjestelmä, joka on suunniteltu auttamaan päätöksentekijää päätöksentekoprosessissa, ja jolla päätöksenteon tarkkuutta ja nopeutta pyritään parantamaan (Palander, Toivonen & Laukkanen 2002, 586). Tukijärjestelmät pyrkivät sovittamaan ihmisen arvostelukykyä ja tietokoneen matemaattisen suorituskyvyn tuomia hyötyjä yhteen tavalla, jolla pystytään maksimoimaan päätöksentekijän suorituskyky. Ihanteellinen tilanne olisi ihmisen ja tietokoneen parhaat puolet sisältävä ”kognitiivinen päätöksentekojärjestelmä”. (Husu 2010, 3.)

Kaila & Saarenmaan (1990, 15) mukaan päätöksentekoa tukeviin järjestelmiin voidaan lukea mukaan myös asiantuntijajärjestelmät. Asiantuntijajärjestelmät käyttävät ennalta määritellyn algoritmin sijaan, jostain asiantuntijalähteestä saatua tietoa (Kaila & Saarenmaa 1990, 15). Asiantuntijajärjestelmän rakenne koostuu seuraavista osista:

1. käyttäjäliityntä
2. tietämuskanta
3. päättelyjärjestelmä
4. työmuisti

Asiantuntijajärjestelmien tärkeimpiä komponentteja ovat tietämuskanta ja päättelyjärjestelmä. Tietämuskanta sisältää kaiken järjestelmäkohtaisen yksilöidyn informaation ja se koostuu faktoista, yleistyksiä asiantuntijanäkemyksistä ja säännöistä. Päättelyjärjestelmä vastaavasti on päättelyprosessien ohjaaja, joka muo-  
vaa työmuistiin säännöistä ja annetuista tiedoista ongelman ratkaisevan ohjelman. (Kaila & Saarenmaa 1990, 17.)

Opastavilla järjestelmillä tarkoitetaan kuljettajan päätöksentekoa opastavia ja koneen sekä eri työvaiheiden tukena olevia elektronisia laitteita. Opastus voi tapahtua äänin, merkkivaloin, kuvakkein tai tekstein. (Ylimäki ym. 2012, 8.) Tulevaisuudessa opastavat järjestelmät tulevat hakkuukoneisiin jo olemassa olevien apulaitteiden lisäksi ja tueksi (Ylimäki ym. 2012, 20).

Kuljettajilla on jo nykyisin käytössään työntekoa helpottavia järjestelmiä kuten tietokoneet, karttaohjelmat ja katkonnanohjaus (Ylimäki ym. 2012, 38). Kasperin (2019, 20) mukaan päätöksentekojärjestelmiä sovelletaan metsätalouden saralla vielä huomattavan vähän. Toki eräänlaisena päätöstä tukevana menetelmänä voidaan pitää esimerkiksi metsänomistajan toiveiden mukaan laadittu metsäsuunnitelma (Tikkanen, Hokajärvi, Hujala & Lappalainen 2007 19). Hämäläinen ym. (2014, 236) mukaan menneillään on päätöstukijärjestelmien perusteita ja potentiaalia metsätalouden eri sektoreilla kartoitettavia hankkeita.

Kasperin (2019, 20) mukaan päätöksentekijärjestelmien käyttö on yleensä painottunut metsäsuunnittelun osa-alueille. Päätöksentekijärjestelmistä yksi esimerkki on suunnitteluohjelmisto Monsu. Sovellus tuottaa käyttäjän tavoitteiden mukaisesti metsänkäsittelyvaihtoehtoja. (Kasper 2019, 20.) Metsänomistajan tavoitteita pyritään mallintamaan monitavoitteisilla optimoinnin työkaluilla, ja lopputulokseen vaikuttavia muuttujia analysoidaan heuristisin menetelmin. Paikkatietojärjestelmät ovat yleisin metsätalouden päätöksentekijärjestelmän tietokantatyyppejä. (Kasper 2019, 20.)

Koneellisessa puunkorjuussa kuljettajan työn helpottamiseksi ja jouduttamiseksi etsitään parhaillaan ratkaisuja erilaisilla tutkimus- ja kehityshankkeilla (Ylimäki ym. 2012, 40). Ylimäki ym. (2012, 40) mukaan osansa hankkeeseen on tarjoamassa Metsäklusteri Oy:n hanke, jossa tutkitaan opastavien järjestelmien tarvetta ja hyötypotentialiaalia sekä kehitetään demoversiota kuljettajaa opastavista järjestelmistä. Myös esimerkiksi aktiivisesti työtä seuraavat ja palautetta antavat järjestelmät luokitellaan kuljettajaa opastavaksi järjestelmäksi. (Väättäinen ym. 2012, 7) Tutkijoiden mukaan edistysaskeleen ottaminen on mahdollista yhdistämällä uudella tavalla metsäkoneen keräämä tieto konetoiminnoista, -liikkeistä sekä ympäristöstä ja siirtämällä tieto käsitelty tietokantalle tarkoituksenmukaisena palautteena sekä opastuksena (Ylimäki ym. 2012, 37). Metsätaloudessa päätöksentekoa ohjaavissa järjestelmissä erityisen suosittuja ovat erilaiset mallit ja simuloinnit. Malleilla voidaan kuvata mahdollista lopputulosta. Mallit ovat yleensä todellisen lähtötilanteen yksinkertaistuksia, joten mallien antamia tuloksia käytetään suuntaa antavina tietoina. Malleja voidaan kuitenkin pitää hyvänä lähtökohtana päätöksentekoa rajaavien tekijöiden vaikutuksia analysoidessa. (Kasper 2019, 21.)

## 4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

### 4.1 Opinnäytetyössä käytetyt tutkimusmenetelmät

Työn tutkimusmenetelminä käytettiin pääosin kvantitatiivista ja osin kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Aineistonkeruussa käytettiin strukturoitua kyselylomaketta ja kuljettajat haastateltiin puhelimen välityksellä. Työssä käytettiin pääosin määrällisen tutkimuksen menetelmiä, koska työn tavoitteena oli saada tarkkaan rajattua tietoa puuvalinnassa esiintyvistä haasteista. Pelkästään laadullisin menetelmin strukturoimattomalla tai puolistrukturoidulla haastattelupohjalla, tutkimuksen toteuttaminen olisi ollut liian työläs. Kyselylomakkeen lähettäminen postissa tai selainpohjainen kysely todettiin aiempien kyselytutkimusten pohjalta huonoksi vaihtoehdoksi, matalien vastaajamäärien takia. Kuljettajien vapaat kommentit kirjattiin haastattelun aikana ylös, ja niistä pyrittiin löytämään yhteisiä teemoja kuljettajien välillä. Vapaita kommentteja analysoitiin laadullisin menetelmin.

Kvantitatiivisessa eli määrällisessä tutkimusmenetelmässä tutkimusta pyritään kuvaamaan ja tulkitsemaan tilastojen ja numeroiden avulla. Määrälliseen tutkimusmenetelmään sisältyy yleensä runsaasti laskennallisia ja tilastollisia analyysimenetelmiä. (Jyväskylän yliopisto 2015.)

Kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimuksessa pyritään ymmärtämään kohteen laatua, ominaisuuksia ja merkitystä kokonaisvaltaisesti. Laadullisia tutkimusmenetelmiä voidaan toteuttaa useilla eri menetelmillä. Menetelmissä korostuu yhteisenä piirteenä muun muassa kohteen tarkoitukseen ja merkitykseen liittyvät näkökulmat. (Jyväskylän yliopisto 2015.)

Khiin neliö - testillä testattiin puuvalinnan opastuksen potentiaali tilastollisesti. Sillä tutkittiin ennakkoleimatulla kohteella työskentelyn vaikutusta puuvalinnan opastuksen tarpeellisuuteen omassa työssä. 1–5 asteikolla arvioitavia kysymyksiä testattiin tilastollisin menetelmin. Mitta-asteikollisten kysymyksien tuloksia sen sijaan testattiin Mann Whitney-U -testillä. Taanilan (2013) mukaan Mann Whitney-U -testi soveltuu hyvin mielipideasteikollisille kyselyille. Testeissä tutkittiin vastauksissa mahdollisesti vallitsevia työkokemusluokkien eroja. Työkokemus-

luokaltaan alle 17 -vuotta ja yli 17 -vuotta hakkuutyötä tehneet luokiteltiin kahdeksi eri luokaksi. Khiin neliö-, sekä Mann Whitney-U -testi suoritettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla.

Kyselylomake on täysin strukturoitu, mutta kuljettajien vapaita kommentteja kirjattiin erillisiin muistiinpanoihin. Kyselylomake koostui kuljettajaa koskevista tiedoista sekä kuudesta puuvalintaa koskevasta teemasta, joita olivat:

1. poistettavan puun valinta.
2. poistettavien puiden ominaisuudet.
3. olosuhteiden vaikutus puuvalintaan.
4. kuljettajan tarvitsema lisäinformaatio.
5. harvennusvoimakkuus ja siihen liittyvät tekijät.
6. poistettavien puiden osoittaminen kuljettajalle.

Kyselylomakkeessa käytettiin pääosin mitta-asteikollisia kysymyksiä ja näissä kysymyksissä kahdenlaisia asteikkoja. Osaan kysymyksistä valittiin sopivin vastausvaihtoehto ja osassa vastattiin lyhyesti sanallisesti.

Haastatteluiden aikana saatuja vapaita kommentteja analysoitiin laadullisin menetelmin teemoittelemalla. Kuljettajien vapaiden kommenttien analysoinnilla pyrittiin tukemaan mitta-asteikollisilla kysymyksillä saatuja vastauksia sekä nostamaan esille hakkuutyössä esiintyviä poikkeustilanteita. Kuljettajien vapaita kommentteja kirjattiin ylös haastattelun aikana ja niistä pyrittiin löytämään kuljettajia yhdistäviä tekijöitä.

#### 4.2 Aineiston hankinta

Aineiston hankinnassa lähtökohtana ovat tutkimusongelmat ja -tehtävät. Niiden perusteella valitaan aineistonkeruumenetelmä. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.) Haastattelu on tutkimuksen aineistonhankintamenetelmänä haastateltavan ja tutkimuksen tekijän vuorovaikutteista aineistonhankintaa (Jyväskylän yliopisto 2015).

Haastattelut tehtiin kolmen Stora Enso Metsän tähtiyrittäjän sekä heidän aliura-koitsijoiden hakkuukonekuskkeille. Opinnäytetyön toimeksiantaja valitsi haastateltavat yritykset yhdessä puunhankinta-alueen puunhankintaesimiesten kanssa. Tähtiyrittäjiltä hakkuukoneenkuljettajien yhteystietoja saatiin yhteensä noin 50, joista 28 kuljettajaa (56 prosenttia) suostui haastatteluun, kolme kuljettajaa ei halunnut osallistua haastatteluun ja loppuihin 19 kuljettajaan ei saanut yhteyttä tai eivät vastanneet yhteydenottoon. Lisäksi opinnäytetyöntekijä otti haastateltavaksi muutaman hänelle entuudestaan tutun hakkuukoneenkuljettajan.

Haastatteluihin kului keskimäärin aikaa noin 35 minuuttia, lyhyimpien haastattelujen kestäessä 18 minuuttia ja pisimpien kestäessä jopa 90 minuuttia. Pisimpään kestäneistä haastatteluista saatiin parhaat laadulliset tulokset.

Kuljettajien taustaa koskevista kysymyksistä oleellisinta tietoa olivat työkokemus hakkuukonetyöstä, sekä aiempi kokemus ennakkoleimatulla kohteella työskentelystä. Luokat määriteltiin viiden ja kymmenen vuoden luokkavälein saatujen tulosten matalimman ja korkeimman arvon mukaan. Kuljettajien taustaa koskevat kysymykset purettiin Excel -taulukoon. Aineistoa käsiteltiin ja analysoitiin ensin kokonaisuutena, jonka jälkeen tulokset jaettiin eri luokkiin?

Mitta-asteikolla olevat kysymykset taulukoitiin myös Excelliin. Vastaukset jaoteltiin suurimmasta pienimpään. Saaduista tuloksista laskettiin keskeisimmät tunnusluvut keskiarvo, ja -hajonta. Osassa kysymyksissä käytettiin pisteytysmenetelmää (ks. kyselylomakkeen kohta 4.2). Pisteytetyt tulokset havainnollistettiin pylväs- ja ympyrädiagrammeilla. Ympyrädiagrammeilla havainnollistettiin mitta-asteikolliset tulokset, joiden vastausvaihtoehtoja on vähemmän.

Haastateltavien yhteystiedot hankittiin kolmelta Stora Enso Metsän tähtiyrittäjiltä, jokaisen yrityksen puunkorjuuesimieheltä. Yritykset olivat aiemmin valittu Stora Enso Metsän Etelä-Suomen alueen puunhankintaesimiesten toimesta.

Opinnäytetyöntekijä otti yhteyttä puhelimitse yritysten puunkorjuuesimieheen, esitteli kyselyn aiheen sekä pyysi kuljettajien yhteystietoja lähetettäväksi opinnäytetyöntekijän sähköpostiin. Yhteystiedot toimitettiin opinnäytetyöntekijän sähköpostiin satunnaisessa järjestyksessä. Korjuuesimiehet informoivat kuljettajia tule-

vasta haastattelusta ja kartoittivat kuljettajien halukkuutta osallistua haastatteluun. Osan haastateltavien kanssa sovittiin sopiva ajankohta tekstiviestillä ja osan kanssa puhelimitse soittamalla.

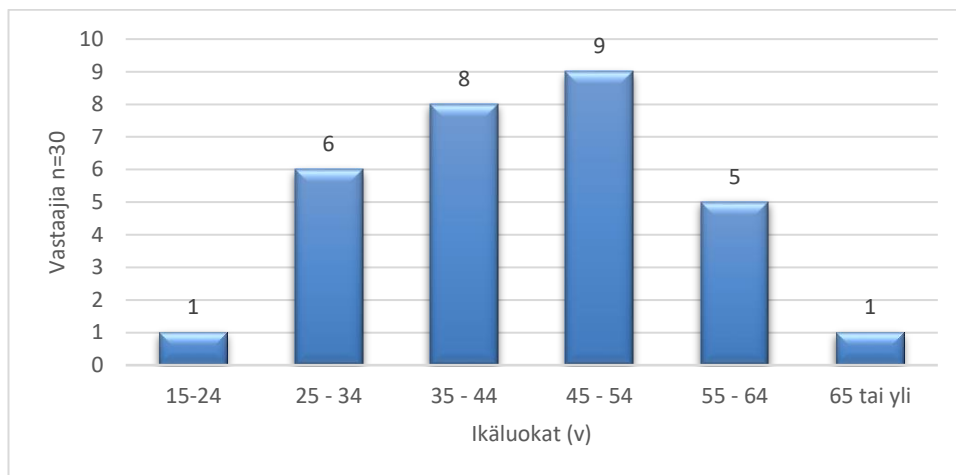
Haastattelun aluksi kuljettajalle kerrottiin tutkimuksen aihe, tavoite sekä tarkoitus. Haastattelulomakkeen kysymykset ja vastausvaihtoehdot luettiin kuljettajille ääneen. Kuljettajien antamat vastaukset kirjattiin lomakkeelle haastattelun aikana ja kuljettajien omat kommentit kysymyksiin liittyen kirjattiin ylös.



## 5 TULOKSET

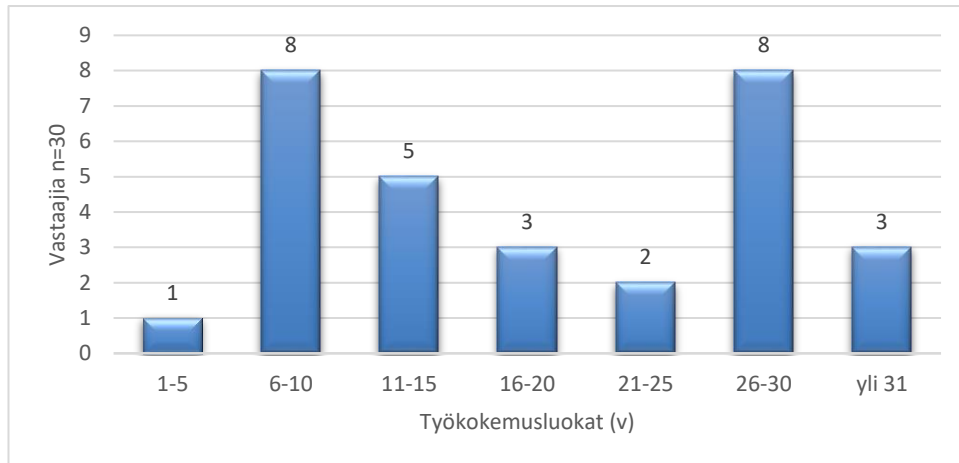
### 5.1 Hakkuukoneenkuljettajien taustatiedot

Haastateltavien keski-ikä oli 44 vuotta. Haastateltavista nuorin oli 18 vuotta ja vanhin 68 vuotta. Vastaajista suurin ikäluokka oli 45–54 -vuotiaita (30 prosenttia) ja toiseksi suurin 35–44 -vuotiaita (27 prosenttia). Vastaajien ikäjakauma on esitetty kuviossa 3.



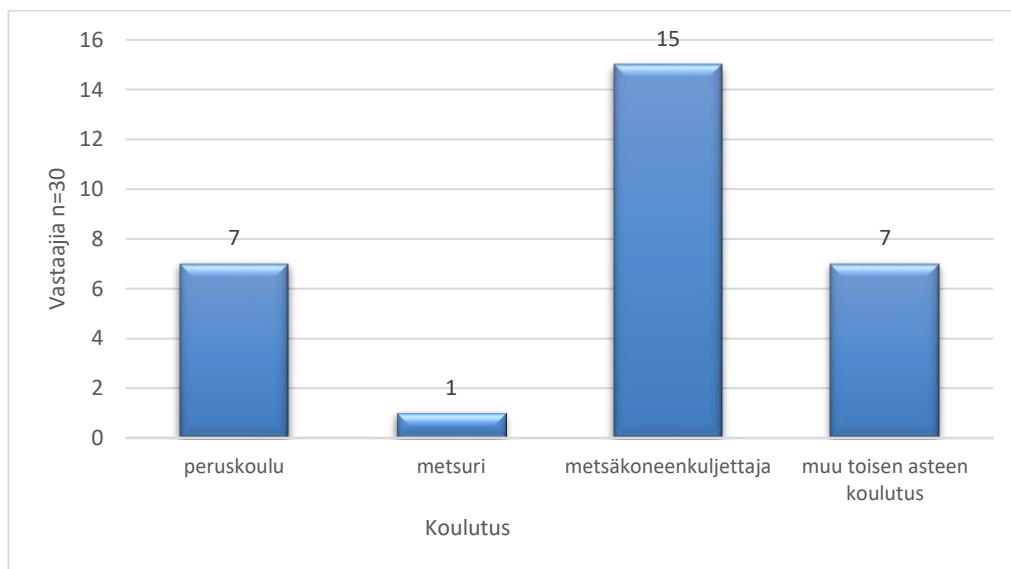
Kuvio 3. Vastaajien ikäjakauma (N=30)

Haastateltavien työkokemus oli keskimäärin 19 vuotta. Haastateltavat jaettiin työkokemuksen mukaan viiden vuoden luokkaväleihin. Haastateltavista lyhyin työkokemus oli 1,5 vuotta ja pisin työkokemus oli 35 vuotta. Haastateltavista kuljettajista yleisimmät työkokemusluokat olivat 6–10 -vuotta, ja 26–30 -vuotta. Kuljettajien työkokemusluokat on esitetty kuviossa 4.



Kuvio 4. Kuljettajien työkokemukset vuosina (N=30)

Haastateltavista suurin osa oli koulutukseltaan metsäkoneenkuljettajia. Yksi haastateltavista oli koulutukseltaan metsuri ja lopuilla koulutustausta oli muualta kuin metsäalaan liittyvä. Kuljettajista 50 prosenttia oli koulutukseltaan metsäkoneenkuljettajia, 23 prosenttia ainoastaan peruskoulun käyneitä ja lopuilla oli joku muu toisen asteen koulutus. Osa haastateltavista oli käynyt hakkuukoneenkuljettajan työhön liittyviä kursseja työn ohella tai kuljettajan töitä aloittaessa. Koulutustaustat esitetään kuviossa 5.

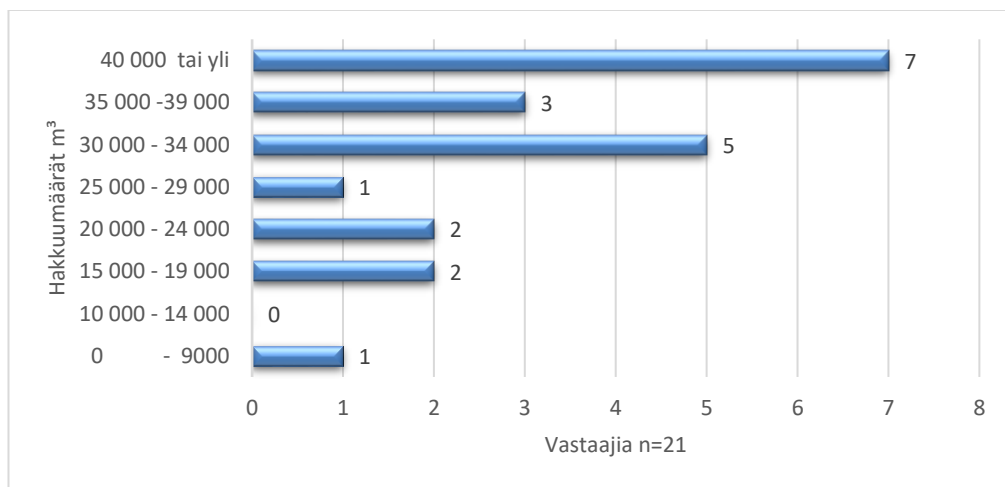


Kuvio 5. Kuljettajien koulutustaustat (N=30)

### 5.1.1 Vuoden 2018 hakkuumäärä ja harvennusten osuus

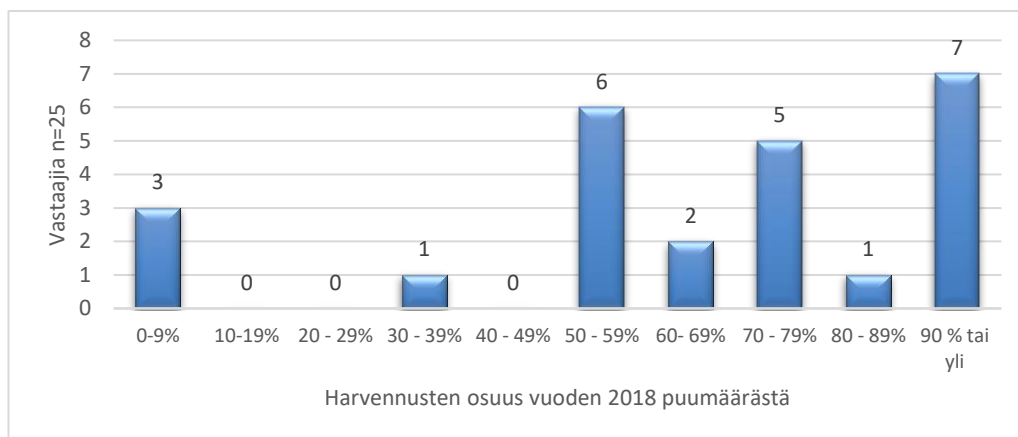
Vuoden 2018 hakkuumäärissä oli kuljettajien välillä suuria eroja. Suurimpia eroja hakkuumääriin aiheutti se, että työskentelikö kuljettaja vuoden aikana enemmän

harvennuksilla vai avohakkuilla. Myös runsasluminen talvi vaikutti osalla hakkuukertymään. Yhdeksän kuljettajaa ei osannut sanoa hakkuumääräänsä. Kuljettajien hakkuumäärä vuonna 2018 oli keskimäärin 38 700 kiinto-m<sup>3</sup>. Vähiten hakkuita suorittanut (2000 kiinto-m<sup>3</sup>) kuljettaja kertoi olevansa vielä kokematon kuljettaja koska oli valmistunut ammattiin vasta alkuvuodesta 2018. Suurimmat hakkuumäärät olivat tehneet ne kuljettajat, jotka olivat tehneet pääosin avohakkuita. Eniten hakkuita suorittanut kuljettaja oli hakannut 100 000 kiinto-m<sup>3</sup> vuoden 2018 aikana. Kuljettajista 71 prosenttia oli hakannut vuonna 2018 yli 30 000 kiinto-m<sup>3</sup> puuta. Hakkuumäärät on esitetty kuviossa 6.



Kuvio 6. Haastateltavien hakkuumäärät vuonna 2018 (N=21)

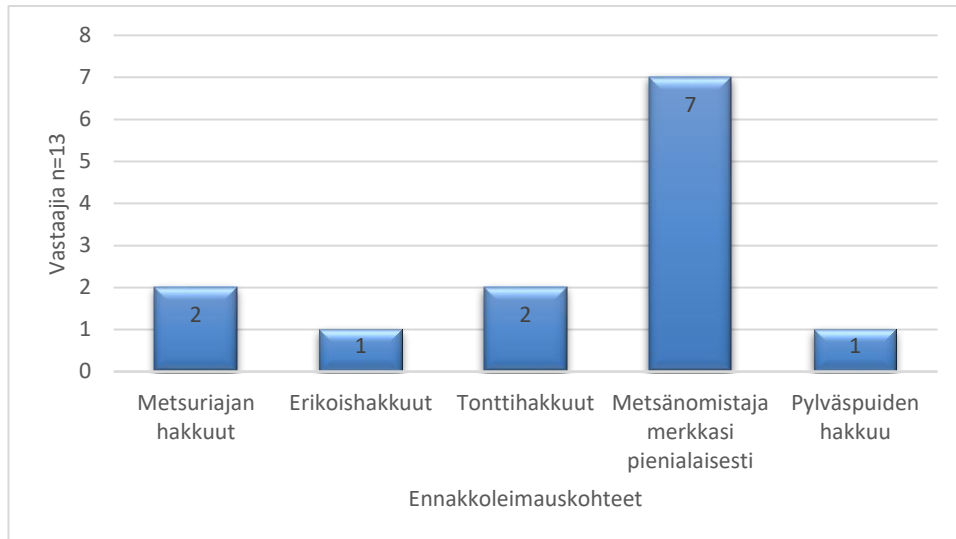
Harvennushakkuiden osuus vuoden 2018 hakkuumäärästä vaihteli haastateltavien välillä myös runsaasti. Muutama kuljettaja oli tehnyt lähes pääosin avohakkuita, ja totesivat harvennusten osuuden olevan ainoastaan yhden prosentin verran koko vuoden hakkuumäärästä. Harvennushakkuilla koko vuoden 2018 hakkuumäärän hakanneet sanoivat harvennusten osuuden olevan 100 prosenttia. Haastateltavista 84 prosenttia sanoi harvennusten osuuden olevan 50 prosenttia tai yli 50 prosenttia vuoden 2018 puumäärästä. Harvennusten osuus on esitetty kuviossa 7.



Kuvio 7. Harvennusten osuus vuoden 2018 puumäärästä (N=25)

### 5.1.2 Ennakkoleimatulla kohteilla työskentely

Haastattelussa kysyttiin kuljettajien aiempaa kokemusta ennakkoleimatulla kohteella työskentelystä. Haastattelussa selvitettiin myös, että millaista kokemusta kuljettajilla on ja mitä mieltä kuljettajat olivat niistä. Haastateltavista 40 prosenttia sanoi työskennelleen aiemmin ennakkoleimatulla kohteella. Haastateltavien kokemukset ennakkoleimatulla kohteella liittyivät suurimmaksi osaksi metsänomistajan toimesta marktuille kohteille. Vanhimmat kuljettajat olivat olleet mukana metsuriajan hakkuissa, joissa metsäyhtiön työntekijä tai metsänomistaja merkasi poistettavat puut. Metsänomistajan merkkäämistä kohteista oli monenlaista kokemusta. Metsänomistajan merkkäämillä kohteilla puita oli merkattu kirveellä, maalilla, narulla sekä korjuun aikana kädellä osoittamalla. Erikoishakkuuksi yksi haastateltava kutsui kohdetta, jossa metsänomistaja oli merkannut tietyt puut maisemaa ajatellen eli niin sanotusti maisemahakkuulla. Muutama kuljettajan kokemus liittyi tiettyjen pihapuiden kaatoon tai talon tonttia raivatessa tiettyjen merkattujen puiden säästämiseen. Yksi kuljettaja mainitsi pylväspuiden hakkuut. Ennakkoleimatulla kohteella työskentelyt on esitetty kuviossa 8.



Kuvio 8. Kuljettajien kokemukset ennakkoleimatulla kohteella (N=30)

Kuljettajien mielipiteet ja kokemukset ennakkoleimatulla kohteella vaihtelivat hyvän ja huonon kokemuksen välillä. Neljä kuljettajaa sanoi merkattujen puiden löytämistä haasteelliseksi ja ennakkoleimatulla kohteella työskentelyn olevan merkattujen puiden etsimistä, eikä maan tasalta merkatut puut näy helposti koneen kuljettajalle. Kolme kuljettajaa oli sitä mieltä, että ennakkoleimaaminen ei auta yhtään edistämään työmaata. Muutama kuljettaja sanoi suunnittelijan ja kuljettajan välillä olevat eriäviä näkemyksiä poistettavista tai säästettävistä puista. Ajouran merkkauksessa oli myös puolesta ja vastaan kommentteja. Osa vastaajista sanoi valmiin ajouran helpottavan työmaata mutta joidenkin vastaajien mielestä ajoura oli merkattu väärään paikkaan. Kolmen kuljettajan mielestä ennakkoleimattu kohde on helppo työmaa etenkin, jos kuljettajan ja suunnittelijan ajatukset samanlaisia hakkuun toteutuksesta. Yksi kuljettajista mainitsi hyväksi asiaksi vastuuvapauden.

## 5.2 Poistettavan puun valintaan liittyvät tekijät

Poistettavan puun valintatapaa ja periaatetta kartoitettiin kysymyksellä ”miten valitset poistettavat puut harvennuksella?” Vastausvaihtoehdot olivat seuraavat:

1. Valitsen työsektorissa ensin säästettävät puut, jolloin loput ovat poistettavia puita.

2. Valitsen työsektorissa ensin poistettavat puut, jolloin loput ovat säästettäviä puita.
3. Valikoin sekä säästettäviä että poistettavia puita vuorotellen.

Kuljettajista ainoastaan yksi sanoi katsovansa ensin säästettävät puut. Kuljettajista puolet vastasivat katsovansa harvennuksella ensimmäisenä poistettavat puut (kuvio 9). Kuljettajien avatessa periaatteitaan poistettavan puun valinnassa, oli yleisin tyyli katsoa ensimmäisenä selvästi muusta puustosta erottuvat puut ja kaataa ne. Sen jälkeen katsotaan selvät jätettävät puut ja aletaan harventamaan metsää niiden ympäriltä niin, että tiheys- ja kertymätavoite täyttyisi. Parhaita selvästi jätettäviä puita ovat, hyvälaatuiset pää- ja lisävaltapuut. Kaikki haastateltavat mainitsivat tärkeimmäksi tavoitteeksi saada aikaan hyvälaatuinen ja tasainen puusto.



Kuvio 9. Poistettavan puun valinta harvennuksella. (N=30)

### 5.2.1 Poistettavien puiden valinta

Haastattelussa pyrittiin saamaan selville, missä työvaiheessa kuljettaja tekee puunvalintaa yleensä. Kuljettajat saivat vastata tähän kysymykseen omin sanoin. Kuljettajista 11 mainitsi tekevänsä puunvalintaa koko ajan hakkuutyön edetessä. Etenkin kokeneimmat kuljettajat kertoivat puunvalinnan tapahtuvan ”itseksensä kummemmin asiaa miettimättä”. Nämä kuljettajat eivät osanneet sen tarkem-

min avata työvaihetta koska heidän mukaansa puuvalinta tulee niin automaattisesti kokemuksen tuomalla varmuudella. Toisaalta muutamat kokeneetkin kuljettajat mainitsivat puunvalinnan tapahtuvan koko ajan siksi, että puustoa pitää tarkastella monelta eri kulmalta. Yksi kuljettaja mainitsi harvennushakkuun olevan ”elävä tilanne”, jossa saattaa tulla esimerkiksi korjuuvauriopuita, joten puustoa pitää silmäillä jatkuvasti. Useat kuljettajat mainitsivat käyttävänsä sektorityömallia (kts. kuvio 1) harvennuksella ja sanoivat puunvalinnan tapahtuvan sen mukaisella tavalla.

Yleisin kommentti puunvalintaan oli ”teen puunvalintaa katkoessani ja karsiesani runkoa”. Näitä kommentteja vastaajilta tuli yhteensä 18 kappaletta. Kuljettajien mukaan kaataessa ja karsiessa puuta on hetki aikaa vilkaista jo seuraavaa poistettavaksi otettavaa puuta, että hakkuu kulkisin nopeasti ja sujuvasti.

Seitsemän kuljettajaa mainitsi tekevänsä puuvalintaa siirrettäessä konetta ja raivatessa ajouraa. Kuljettajien mukaan konetta liikutellessa on aikaa miettiä miten metsästä saisi tasaisen ja hyvälaatuisen.

Hakkuulaitteen viemistä rungolle ja nosturin/kouran liikuttelua pidettiin myös hyvänä aikana miettiä jo seuraavaa poistettavaksi otettavaa puuta. Kuljettajista seitsemän mainitsi tämän olevan hyvä tapa harvennuksella, kun taas muutaman kuljettajan mielestä hakkuulaitteen vieminen vaatii kuljettajalta tarkkaavaisuutta, eikä silloin ehdi vilkuilla seuraavia poistettavia puita.

Haastattelussa kysyttiin myös, kuinka monta säästettävää ja poistettavaa puuta kuljettaja yleensä hahmottaa harvennuksella. Tähän kysymykseen varsinkin kokeneilla kuljettajilla oli vaikea vastata, koska heidän mukaansa hahmottaminen tapahtuu yleisesti metsää yleisesti vilkaisemalla eikä niinkään puiden lukumäärää katsomalla. Puiden ennakkoon hahmottamista pidettiin tärkeänä työn nopea sujumisen edellyttämiseksi. Puiden hahmottamiseen vaikutti myös puuston tila ja puulaji. Kuljettajista seitsemän vastasi hahmottavansa puita 10 tai yli 10. Nämä kuljettajat olivat usein niitä, jotka olivat tottuneet metsikön kokonaisuuden silmä-määräiseen arviointiin ja uskoivat hahmottavansa noin 5 poistettavaa ja noin 5 säästettävää puuta. Yksi kuljettaja oli sitä mieltä, että ei kannata yrittää hahmottaa kuin yksi puu kerrallaan. Puita hahmotetaan 3–6 kpl riippuen metsän tilasta ja keskimäärin kuljettajat hahmottivat kerrallaan 4–5 puuta.

### 5.2.2 Poistettavien puiden laadulliset ominaisuudet

Poistettavien puiden ominaisuuksien vaikutusta puunvalintaan kartoitettiin kysymyksellä ”mitkä ominaisuuden vaikuttavat sinulla poistettavien puiden valintaan harvennushakkuulla?” Kysymyksessä lueteltiin 9 vastausvaihtoehtoa poistettavan puun ominaisuuksista, jotka olivat seuraavat:

- A. Laatuviat (lenkous, oksaisuus tms)
- B. Elävän latvuksen osuus
- C. puun sairaudet (esim. tervasroso)
- D. puulaji
- E. epätasainen tilajärjestys
- F. puun sijainti suhteessa ympäröivään puustoon
- G. puun sijainti suhteessa hakkuukoneeseen
- H. metsänomistajan toiveet
- I. runkojen järeys
- J. muu, mikä?

Viimeisessä vastausvaihtoehdossa kuljettajalle annettiin mahdollisuus nimetä jokin muu poistettavan puun ominaisuus. Ominaisuuksia arvioitiin asteikolla 1-5, missä 1= ei merkitystä, 2= vähäinen merkitys, 3= merkitsee kohtalaisesti, 4= merkitsee paljon ja 5= erittäin suuri merkitys. Saaduista tuloksista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Vastaukset taulukoitiin ja kuljettajien vapaat kommentit kirjattiin ylös.

Selkeästi eniten vaikuttava ominaisuus poistettavan puun valinnassa oli puun sairaudet. Puun sairauksien vastaajien keskiarvo oli 4,47 ja keskihajonta oli 0,84. Kuljettajista lähes kaikki pitivät puiden sairauksien paljon merkitsevänä tai erittäin paljon merkitsevänä ominaisuutena. Yleisin kuljettajan kommentti tähän vastaukseen oli ” ehdottomasti sairaat puut ensimmäisenä pois”, paitsi yhden kuljettajan mielestä metsästä pitää tulla hyvän näköinen, jolloin näkymättömimmät sairaudet eivät olleet niin suuressa roolissa. Ainoastaan tämä kuljettaja piti puiden sairauksien vaikutusta vähäisenä. Kolme vastaajaa vastasi puun sairauksien vaikutuksen olevan ainoastaan kohtalaisesti merkittävä.

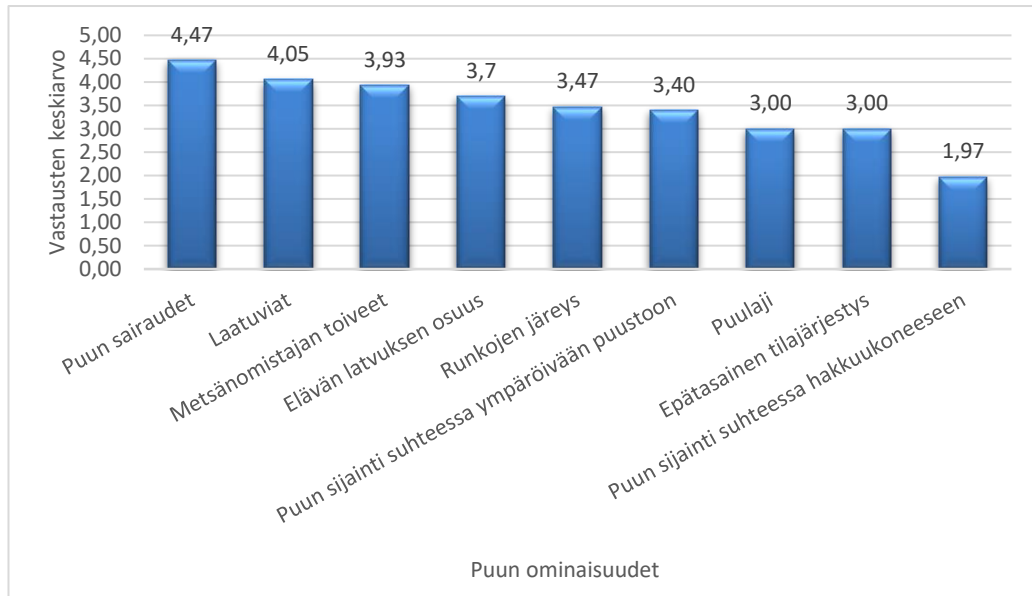


Seuraavina eniten vaikuttavina ominaisuuksina olivat laatuviat ja metsänomistajan toiveet. Laatuviokojen vaikutuksen keskiarvo oli 4,05 ja metsäomistajan toiveiden kunnioittamisessa 3,93. Vastaavasti keskihajonta laatuvioiden osalta oli 0,92 ja metsänomistajan toiveissa 0,85.

Kuljettajista suurin osa pitivät laatuviokoa merkittävänä tai erittäin merkittävänä ominaisuutena. Ainoastaan yksi kuljettaja vastasi tähän kysymykseen arvolla kaksi, koska hänen mielestään laatuviollisen puun joutuu välillä jättämään niin sanotuksi aukkopuiksi eli peittämään syntynyttä aukkoa harvennuksella. Laatuviollisia puita pidettiin yleisesti automaattisesti poistettavan puustona, joita ei parane jättää kasvamaan, kun pyritään tasalaatuisen metsään ja tukkipuun osuus pyritään maksimoimaan.

Myös metsänomistajan toiveita kuljettajat suurimmaksi osaksi merkittävänä tai erittäin merkittävänä ominaisuutena. Metsänomistajan toiveista kysyttäessä useat kuljettajat totesivat tekevänsä hakkuutyötä suurimmaksi osaksi yksityismetsänomistajien metsissä, joten sen vaikutusta pidettiin merkittävänä. Metsänomistajan toiveita pyritään kuuntelemaan ja toteuttamaan, mutta niin että pysytään lain sallimissa rajoissa. Muutama kuljettaja mainitsi metsänomistajien toiveiden toteuttamisen joskus lähes mahdottomaksi metsänomistajan ja hakkuukoneen kuljettajan näkemuserojen takia.

Latvusta pidettiin puun tärkeimpänä osana mutta elävän latvuksen osuutta ei pidetty tärkeimpien ominaisuuksien joukossa poistettavan puun valinnassa, koska kuljettajien mielestä sinne ei edes näe kunnolla koneen ohjaamosta. Selkeissä puuvalinnan tapauksissa sitä pidettiin heti sairauksien ja laatuviokojen jälkeen tärkeimpänä ominaisuutena. Muutama kuljettaja mainitsi latvuksen olevan tärkein puun osa arvokasvua ajatellessa. Riukuuntuneessa ensiharvennusmetsikössä elävän latvuksen osuutta pidettiin tärkeämpänä kuin muita vikoja, kun taas tasalaatuisessa metsikössä katseltiin rungon vikoja ja sairauksia. Kuljettajista yli puolet pitivät elävän latvuksen osuutta merkittävänä ja erittäin merkittävänä ominaisuutena sitä piti vain pieni osa vastaajista. Elävän latvuksen osuuden vastausten keskiarvo oli 3,70 ja keskihajonta 0,82. Vastausten keskiarvot on esitetty kuviossa 10.



Kuvio 10. Poistettavan puun valintaan vaikuttavat ominaisuudet (N=30)

### 5.2.3 Merkittävimmät laatuominaisuudet

Poistettavan puun merkittävimpiä ominaisuuksia selvitettiin niin, että vastaajien annettiin valita kolme merkittävintä laatuominaisuutta. Kysymyksessä lueteltiin seitsemän laatuominaisuutta, jotka olivat:

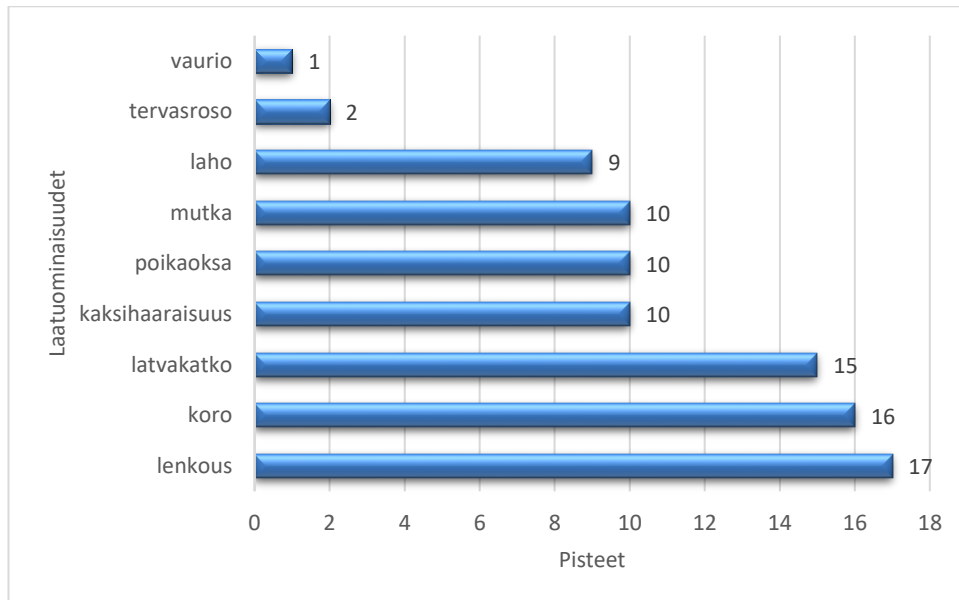
- 1) koro
- 2) lenkous
- 3) kaksihaaraisuus
- 4) latvakatko
- 5) poikaoksa
- 6) oksaisuus
- 7) mutka

Lisäksi kuljettajalle annettiin mahdollisuus nimetä jokin muu merkittävä laatuominaisuus. Kuljettajien antamat vastaukset kirjattiin ja jokaiselle laatuominaisuudelle laskettiin saadut pisteet yhteen.

Lenkoutta pidettiin laatuominaisuuksista merkittävimpanä, sen saadessa 17 pistettä. Seuraavaksi eniten pisteitä keräsi koro, jonka pistesaldo oli 16. Kolman-

neksi eniten pisteitä sai latvakatko, joka sai 15 pistettä. Selkeästi erottuvan kärkikolmikon jälkeen merkittävimpinä laatuominaisuuksina pidettiin kaksihaarisuutta, poikaoksa ja mutkaa, jotka saivat kukin 10 pistettä (kuvio 13.) Oksaisuutta ei pidetty merkittävänä laatuominaisuutena, sen pistesaldon jäädessä nol- laan. Etenkin lenkoutta, mutkaa ja koroa pidettiin laatuviikana sellaisena, että nii- den huomaaminen voi olla todella haastavaa, etenkin laatuviikojen sijaitessa puun toisella puolella kuljettajaan nähden.

Yleisin vastaus ”muu, mikä?” kohtaan oli odotettavasti laho. Yhdeksän kuljettajaa mainitsi lahon tunnistamisen olevan lähes mahdotonta etenkin kuusikoissa. Muu- tama kuljettaja mainitsi muuksi merkittäväksi laatuominaisuudeksi tervasroson. Tervasroson havainnointi etenkin rungon vastakkaiselta puolelta työpisteeseen nähden mainittiin hankalaksi. Yksi kuljettaja mainitsi korjuu- ja tuhovaurioiden olevan myös merkittävä laatuominaisuus, jos metsikössä on ollut esimerkiksi ty- kyn aiheuttamaan tuhoa.



Kuvio 13. Puun laatuominaisuudet, joiden automaattinen tunnistaminen helpot- taisi puunvalintaa (N=30)

#### 5.2.4 Muun puuston vaikutus poistettavan puun valintaan

Sairauksien, laatuviokojen, metsänomistajan toiveiden ja elävän latvuksen osuuden jälkeen kuljettajien vastaukset liittyen runkojen järeyteen ja puun sijaintiin suhteessa ympäröivään puustoon olivat varovaisempia ja vain muutama kuljettaja vastasi niiden olevan erittäin merkittäviä ominaisuuksia. Kuljettajista noin puolet vastasivat näihin kysymyksiin arvolla 4. Kysymykset olivat kuljettajien mielestä tulkinnanvaraisia, mutta niiden tärkeyden takia pitivät yleisesti ominaisuuksia merkittävänä.

Runkojen järeyttä kysyttäessä kuljettajia opastettiin suhteuttamaan poistettava puu hakattavan leimikon keskijäreyteen. Runkojen järeyttä poistettavan puun ominaisuutena pidettiin tärkeänä, koska yleinen tyyli oli poistaa automaattisesti pienet ja ylisuuret puut. Osa kuljettajista mainitsi metsän yleisilmeen olevan vaikuttava tekijä sille, että kuinka paljon järeys vaikuttaa. Suurin osa arvon 4 antaneista sanoi ensisijaiseksi tavoitteeksi saada metsästä tasalaatuinen ja hyvän näköinen. Runkojen järeydelle arvoja 3 ja 4 annettiin vastauksista 73,3 prosenttia, keskiarvon ollessa 3,47 ja keskihajonnan 0,95.

Puun sijaintia suhteessa ympäröivään puustoon pidettiin kuljettajien keskuudessa vähän vaikeana kysymyksenä vastata. Kysymystä piti hieman avata muita kysymyksiä tarkemmin. Kuljettajista osa ajatteli, että vikainenkin puu on joskus jätettävä peittämään aukko kohtaa. Osa taas ajatteli vierekkäisten puiden vaikuttavan, jos puita kasvaa lähellä toista puuta. Vierekkäin kasvavissa puissa joka tapauksessa toinen puu poistetaan, metsikön tasaisuuden säilyttämiseksi. Puun sijaintia suhteessa ympäröivään puustoon pidettiin tärkeänä ominaisuutena sen saadessa kuljettajilta 83,3 prosenttia arvoja 3 tai 4. Vastausten keskiarvo oli 3,40 ja keskihajonta 0,84.

Puulajin sekä epätasaisen tilajärjestyksen vaikutusta puuvalintaan saivat molemmat kysymykset vastauksissa keskiarvon 3,00. Näitä ominaisuuksia ei pidetty kovin merkittävänä johtuen osin niiden tulkinnanvaraisuudesta. Puulajin vaikutusta kysyttäessä yleisin mielipide oli tehdä harvennusta pääpuulajin ehdoilla. Toisaalta osa kuljettajista mainitsi monimuotoisuuden olevan yhä tärkeämmässä

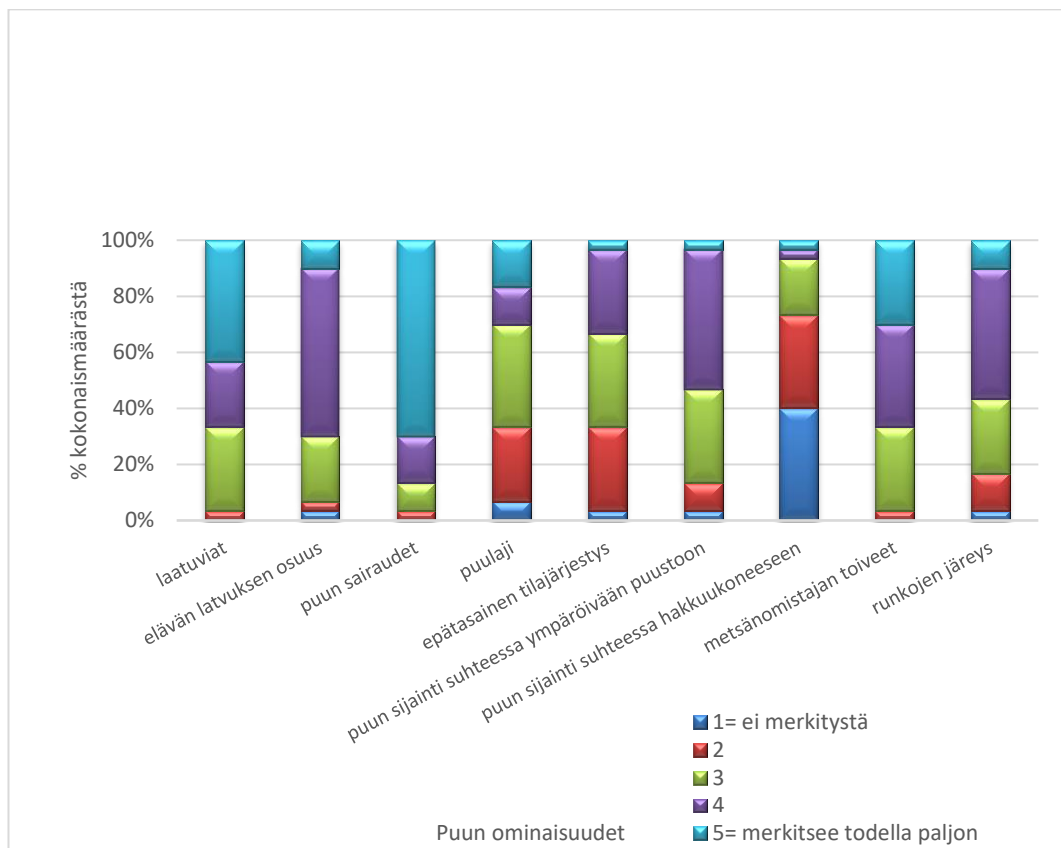
roolissa harvennuksilla. Monimuotoisuutta ylläpitäessä kuljettajat mainitsivat otavansa yhä useammin poistettavaksi puuksi pääpuulajia ja säästämällä esimerkiksi lehtipuuta. Puulaji poistettavan puun ominaisuutena aiheutti kysymyksistä eniten hajontaa sen keskihajonnan ollessa 1,09. Viisi kuljettajaa vastasi puulajin vaikutuksen erittäin merkittäväksi, kun taas 20 kuljettajaa antoi kysymykselle arvon 2 tai 3.

Epätasaista tilajärjestystä piti kuljettajille avata hieman tarkemmin. Kysymystä avattiin lisäämällä määritelmä ”puiden epätasainen levittäytyminen”, kysymyksen yhteyteen. Epätasaista tilajärjestystä ei pidetty kovin tärkeänä ominaisuutena. Kuljettajien pitäessä tärkeänä asiana saada metsästä tasalaatuinen ja hyvän näköinen riippumatta siitä, minkälainen metsä on ennen harvennusta. Kysymykselle arvoja 2-4, annettiin 93,3 prosenttia vastauksista ja pelkästään yhden antaessa kysymykselle arvon 5 ja yhden antaessa arvon 1. Arvon 5 antanut kuljettaja mainitsi epätasaisen tilajärjestyksen olevan todella merkittävä ominaisuus sen aiheuttaman työmaan vaativuuden takia. Hänen mielestään epätasaisesta tilajärjestyksestä ei meinaa millään saada tasalaatuista metsää tehtyä. Arvon 1 antanut kuljettaja mainitsi tekevänsä metsästä tasalaatuisen tilajärjestystä katsomatta.

Puun sijaintia suhteessa hakkuukoneeseen pidettiin vähiten vaikuttavana ominaisuutena sen saadessa vastauksien keskiarvoksi 1,97. Yleisin mielipide kysymykseen oli, että se ei saisi missään nimessä olla vaikuttava tekijä puunvalintaan. Tätä kysymystä kuljettajat eivät kommentoineetkaan juuri millään tavalla, koska heidän mielestään oli itsestään selvää, että hakkuukoneen sijainti ei saa vaikuttaa harvennuksen lopputulokseen. Yksi kuljettaja vastasi poikkeavasti arvon 5, koska hänen mielestään puomin ulottuvuuden ääripäissä puunkaato voi olla hakkuukoneelle vahingollista. Vastauksissa oli tämän kysymyksen osalla hieman heittoa, 73,3 prosenttia vastatessa arvon 1 tai 2 ja keskihajonnan ollessa 1,01. Vastausten jakauma on esitetty kuviossa 11.

Kuljettajat vastasivat muiden ominaisuuksien vaikuttavuuteen kohtalaisen vähäisesti. Yleisimpiä vastauksia kysymykseen olivat erikoistapaukset, kuten kontrollipuut ja lintujen pesäpuut. Muutama kuljettaja vastasi ajattelevansa poistettavaa puustoa myös siltä näkökulmalta, miltä metsä näyttää kauempaa katsottuna. Yksi kuljettaja mainitsi ajouran raivauksen tapahtuvan ajattelematta jäävää puustoa.

Yksi kuljettajista mainitsi lahopuiden jättämisen vaatimusten takia, vaikka metsänomistaja haluaisi poistaa ne. Mann-Whitney-U -testin mukaan nollassa nollahypoteesi jäi kaikissa ominaisuuksissa voimaan. Näin ollen voidaan sanoa, että kuljettajien vastauksilla ei ollut merkitsevää eroa luokkien välillä.



Kuvio 11. Vastausten jakautuminen kysyttäessä puuvalintaan vaikuttavia tekijöitä (N=30)

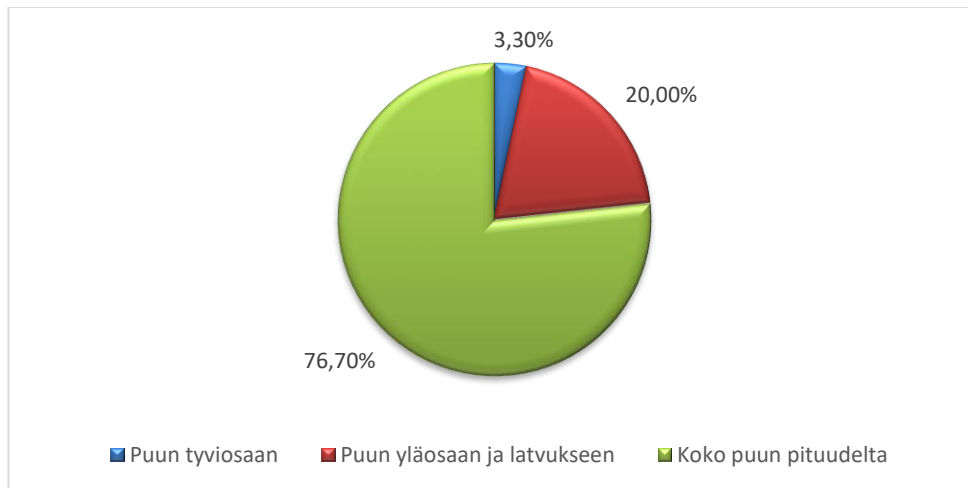
### 5.2.5 Poistettavan puun havainnoiminen

Kysymyksellä ”mihin puun osaan kohdistat yleensä huomiosi, kun valitset harvennuksessa poistettavia puita?”, kartoitettiin kuljettajien tekemää puun havainnointia. Vastausvaihtoehtoja oli kolme:

- 1) pääasiassa rungon tyviosaan (alle puolet puun pituudesta)
- 2) pääasiassa rungon yläosaan ja latvukseen (yli puolet puun pituudesta)

## 3) runkoon ja latvukseen koko puun pituudesta.

Kuljettajista 76,7 prosenttia vastasi kiinnittävänsä huomionsa runkoon ja latvukseen koko puun pituudelta. Osa kuljettajista katsoi pääasiassa rungon yläosaa ja latvusta ja vain yksi kuljettaja mainitsi katsovansa ensin rungon tyviosaa. Toimintatapoja oli useita. Useat kuljettajat mainitsivat katsovansa aluksi latvuksen kunnon, jonka jälkeen katsottiin tyviosaa. Useat kuljettajat pitivät rungon yläosaa tyveä vähemmän merkitsevänä osana puuta, kun taas latvusta pidettiin tärkeänä havainnoida heti ensimmäisenä. Yleinen tyyli oli katsoa ensin latvus, sen jälkeen tyviosaa, ja viimeisenä runko. Muutama kuljettaja mainitsi kiinnittävänsä katseensa aluksi tyveen, josta runkoa arvioimalla latvukseen asti saa hyvän kokonaisvaltaisen kuvan puun kunnosta. Myös puuston lähtötilanteella oli vaikutusta havainnointiin. Tasalaatuisessa männikössä pyritään huomioimaan poistettavat puut laatuviikojen ja sairauksien perusteella katsomalla ensin runkoa. Vastaavasti tiheäksi kasvaneessa myöhästyneen harvennuksen metsässä huomio kiinnitettiin latvuksiin. Havainnon kohdistaminen on esitetty kuviossa 12.



Kuvio 12. Havainnoinnin kohdistaminen puunvalinnassa (N=30)

### 5.3 Puunvalintaa vaikeuttavat tekijät ja harvennusvoimakkuus

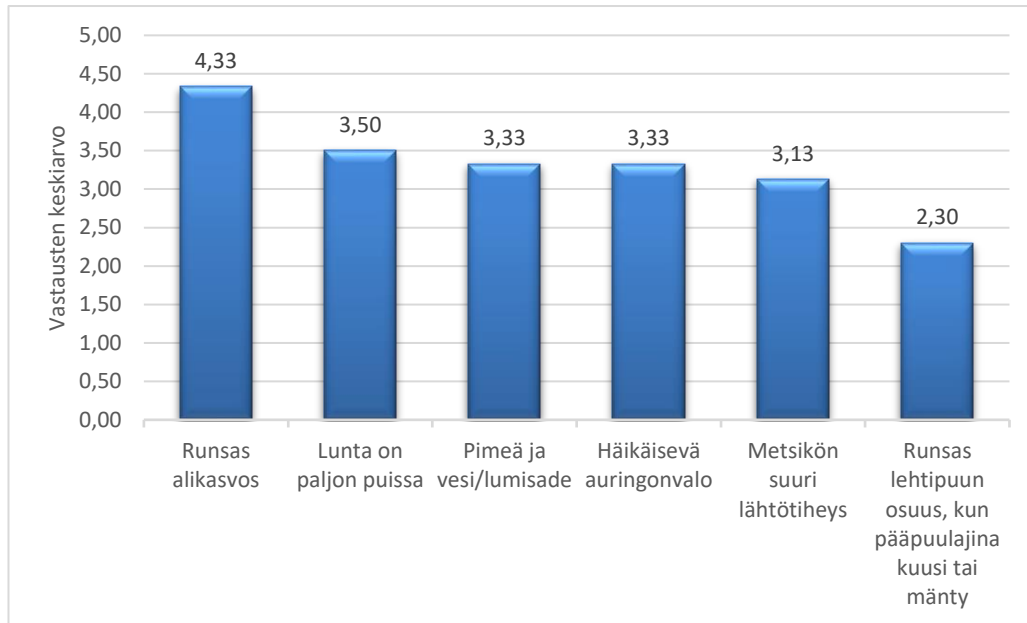
Puunvalintaa vaikeuttavia olosuhteita kartoitettiin kysymyksellä ”miten eri olosuhteet vaikeuttavat puunvalintaa?” Kysymykseen lueteltiin viisi eri olosuhdetta, jotka olivat:

1. metsikön suuri lähtötiheys
2. lunta puissa
3. runsas alikasvos
4. häikäisevä auringonvalo
5. runsas lehtipuun osuus, kun pääpuulaji on kuusi tai mänty
6. pimeys ja vesisade

Olosuhteita arvioitiin asteikolla 1-5, jossa 1= ei vaikeuta lainkaan, 2= vaikeuttaa vähäisen, 3= vaikeuttaa kohtalaisesti, 4= vaikeuttaa merkittävästi ja 5= vaikeuttaa erittäin merkittävästi. Lisäksi kuljettajille annettiin mahdollisuus nimetä jokin muu merkittävä olosuhde, joka vaikeutti puunvalintaa.

Ylivoimaisesti eniten vaikeuttavaksi olosuhteeksi kuljettajat arvioivat runsaan alikasvoksen. Kuljettajat mainitsivat runsaan alikasvoksen vaikeuttavan kaikkea tekemistä harvennuksella. Eritoten se vaikeuttaa näkemistä eli rungon ja tyven havainnointia, sekä liikkuvuutta ja työn sujuvuutta. Suurin osa kuljettajista antoivat tälle olosuhteelle arvion 4 tai 5. Vastausten keskiarvo oli 4,33 ja keskihajonta 0,94. Vain kaksi kuljettajaa vastasi olosuhteen olevan vähän vaikeuttava olosuhde. Näiden kuljettajien mielestä mikään mainituista olosuhteista ei ollut paljoa työtä vaikeuttava olosuhde. Olosuhteiden vaikutuksen vastausten keskiarvot on esitetty kuviossa 14.





Kuvio 14. Puunvalintaa vaikeuttavat olosuhteet (N=30)

Toiseksi eniten vaikeuttava olosuhte oli runsaslumiset puut. Sitä pidettiin yleisesti vaikeuttavana olosuhteena, vaikka sen vastauksissa on suurin hajonta. Kuljettajien mukaan runsas lumimäärä vaikeuttaa puun hahmottamista, sen kaatamista sekä aiheuttaa näköesteen monessa tilanteessa. Etenkin kuusikoissa runsaslumiset puut nähtiin suurena ongelmana, lumen kertyessä niihin koko puun pituudelta. Näköesteen runsas lumi aiheutti havainnoidessa etenkin puun latvusta, hakkuulaitteen tai muun koneen osan osuessa puuhun, jolloin lumi tippuu puusta näköesteeksi. Eräs kuljettaja mainitsi runsaan lumen vaikeuttavan vähän, koska hänen mukaansa puu joka tapauksessa puhdistetaan lumesta sitä heiluttamalla hakkuulaitteella. Toisaalta sama kuljettaja mainitsi, että ei jokaista puuta voi ravistaa hakkuulaitteella korjuuvaurioriskin takia. Vastauksien keskiarvo oli 3,50 ja keskihajonta 1,17. Muutama vastaajista antoi olosuhteelle arvon 1 ja 60 prosenttia vastaajista arvon 4 tai 5.

Pimeys ja vesi- tai lumisade olosuhteena kysyttiin yhtenä yhdistettynä kysymyksenä. Olosuhdetta pidettiin saman verran vaikeuttavana kuin häikäisevää auringonvaloa. Pimeys ja vesi- tai lumisade sekä häikäisevä auringonvalo saivat vastausten keskiarvoksi 3,33, keskihajonnan ollessa pimeys ja vesi- tai lumisateella 1,12 ja häikäisevällä auringonvalolla 1,10.

Kuljettajien mielestä työvalot ovat nykyisissä hakkuukoneissa niin hyvät, että pimeys ja vesisade eivät haittaa, jos olosuhteet eivät vallitse yhtä aikaa. Runsaan lumisateen kuljettajat arvioivat vaikeaksi olosuhteeksi, koska lumi heijastaa työvaloja ja vähentää niiden tehoa. Runsas lumisade myös hankaloittaa liikkumista. Kolme kuljettajaa mainitsi lumisateen vielä erikseen muihin vaikeuttaviin olosuhteisiin arviolla 4-5.

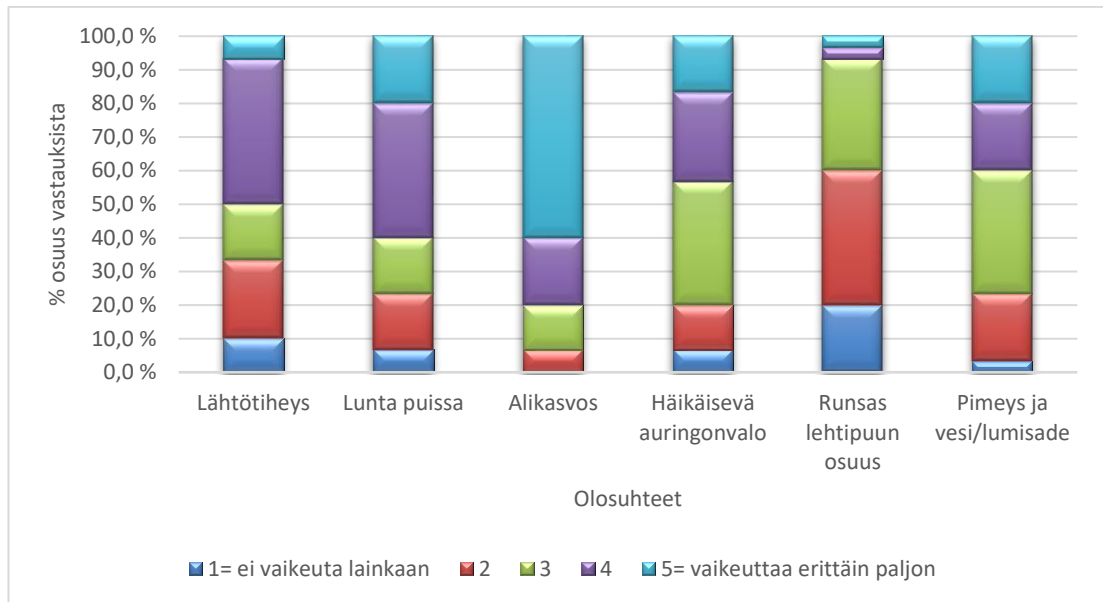
Häikäisevää auringonvaloa pidettiin myös vaikeuttavana olosuhteena, vaikka useat kuljettajat mainitsivat sen vaikutukseen olevan kuljettajalla suuri merkitys. Kuljettajien mielestä suurin vaikeuttava merkitys on sillä, pyrkiikö työskentelemään aurinko selän takana vai suoraan aurinkoa vasten. Osa kuljettajista sanoi auringon pitämisen selän puolella välillä mahdottomaksi, koska työn suuntausta ei aina voi itse päättää. Eräs kuljettaja kommentoi sillä olevan merkitystä, katsooko suoraan aurinkoon vai hakeeko esimerkiksi puun varjosta suojaa häikäisylle.

### 5.3.1 Puuvalintaa vaikeuttavat leimikkotekijät

Metsikön suuri lähtötiheys sai vastauksien keskiarvoksi 3,13 ja keskihajonnaksi 1,14. Vastaajista puolet arvioivat olosuhteen merkittävän tai erittäin merkittävän vaikeuttavaksi. Vastaukset vaihtelivat kysymyksen osalta laajasti. Osa kuljettajista sanoi suuren lähtötiheyden olevan jossain tilanteissa jopa hyvä lähtökohta harvennukselle. Kuljettajat perustelivat mielipiteensä sillä, että tiheyden ollessa korkea, on etenkin poistettavien puiden valinta helppo toteuttaa koska tiheästä metsiköstä poistetaan puita niin runsaasti. Vastaavasti hyvälaatuisella ja tasaisella metsiköllä arvioitavia puita on reilusti vähemmän ja poistettavien puiden laadulliset erot on vaikeampi erottaa. Toisaalta muutama kuljettaja mainitsi ylitieheen metsikön olevan vaikea kohde harvennettavaksi oikeaan tiheyteen.

Vähiten vaikeuttava olosuhde oli selvästi runsas lehtipuiden osuus. Vastaajista lähes kaikki arvioivat olosuhteen olevan ainoastaan kohtalaisen, vähäisen tai ei ollenkaan vaikeuttava tekijä. Vain yksi kuljettaja vastasi sen olevan merkittävän vaikeuttava ja vain yksi vastasi sen olevan erittäin vaikeuttava olosuhde. Osa kuljettajista sanoi lehtipuiden vaikeuttavan puunvalintaa ainoastaan silloin, kun puussa on lehti. Lehden ollessa puussa, voi se vaikeuttaa kuljettajan näkyvyyttä

työpisteellä. Vastauksien keskiarvo oli 2,30 ja keskihajonta 0,93. Vastausten jakautuminen on esitetty kuviossa 15. Mann Whitney-u testin mukaan nollahypoteesit jäivät kaikissa olosuhteissa voimaan. Näin ollen työkokemusluokkien välillä ei ollut merkittävää eroa.



Kuvio 15. Olosuhteiden vaikeuttamisen arvioinnin vastausjakauma. (N=30)

Muita vaikeuttavia olosuhteita kysyttäessä nousi esille hankalat maastonmuodot kuten jyrkänteet, louhikot ja kivikot, jotka mainittiin kysyttäessä neljä kertaa ja niiden ollessa kuljettajien mielestä paljon vaikeuttavia olosuhteita. Etenkin rannikolla työskennelleistä kuskeista moni mainitsi kivisyyden olevan todella vaikeuttava tekijä. Jyrkänteet sen sijaan vaikeuttavat työn toteutuksen suunnittelua etenkin ajourien suunnittelussa.

Myös muita sääoloja, kuten tuulta, pölyä, kovaa pakkasta, sumua ja tihkusadetta pidettiin vaikeuttavana olosuhteena. Tihkusateella on kuljettajien mukaan sama vaikutus kuin kovalla lumisateella, eli valojen teho häviää. Kova tuuli on haittaava tekijä puuta kaadettaessa. Kovalla pakkasella puun kaataminen lisää yhden kuljettajan mukaan korjuuvaurioriskiä huomattavasti. Muutama kuljettaja myös mainitsi metsänomistajan vaatimukset ja rajamerkintöjen vaikeuttavan puunvalinnassa.

### 5.3.2 Harvennusvoimakkuuteen vaikuttavat tekijät

Harvennusvoimakkuuteen vaikuttavia tekijöitä kartoitettiin kysymällä kuljettajilta eri tekijöiden vaikutusta harvennusvoimakkuuteen. Kuljettajat saivat vastattavaksi seitsemän seuraavaa eri harvennusvoimakkuuteen liittyvää tekijää:

- 1) harvennushakkuulle asetettu kertymäarvio
- 2) lähtöpuuston tiheys
- 3) lähtöpuuston tilajärjestys
- 4) lähtöpuuston alhainen laatu
- 5) käytettävä korjuukalusto
- 6) kuljettajan kyky arvioida jäävän puuston määrää
- 7) hankalat maastonmuodot kuten jyrkänteet

Lisäksi kuljettajille annettiin tähänkin kysymykseen mahdollisuus vastata jokin muu harvennusvoimakkuuteen vaikuttava tekijä. Kuljettajat arvioivat tekijöitä asteikolla 1-5, jossa 1= ei merkitystä, 2= vähäinen merkitys, 3= kohtalainen merkitys, 4= merkitsee paljon ja 5= merkitsee erittäin paljon.

Merkittävin tekijä oli kuljettajan kyky arvioida jäävän puuston määrää. Vajaa puolet kuljettajista arvioivat sen merkitsevän erittäin paljon. Vastauksien keskiarvoksi saatiin 3,90 ja keskihajonnaksi 1,19. Kuljettajien mielestä kokemuksen myötä kehittynyt oma arviointikyky jäävän puuston määrästä on riittävä oikean harvennusvoimakkuuden saavuttamiseksi. Useat kuljettajat mainitsivat omavalvontamittauksien pitävän oman arviointikyvyn tarkkana. Omavalvontamittauksilla ikään kuin kalibroidaan oma silmä ja testataan oma näkemys. Ainoastaan yksi mainitsi harvennusvoimakkuuden seurannan tapahtuvan pelkästään omavalvontamittauksilla, joten hänen mukaansa tekijällä ei ole merkitystä harvennusvoimakkuuteen.

Suurin osa kuljettajista arvioivat lähtöpuuston tiheyden olevan merkittävä tai erittäin merkittävä ja 37 prosenttia arvioivat sen olevan kohtalaisen merkittävä harvennusvoimakkuuteen vaikuttava tekijä. Liian tiheää puuston lähtötilannetta arviointiin hankalaksi harvennettavaksi oikeaan harvennusmallien osoittamaan tiheyteen. Liian tiheässä kasvaneiden puiden harventaminen kasvattaa kuljettajien

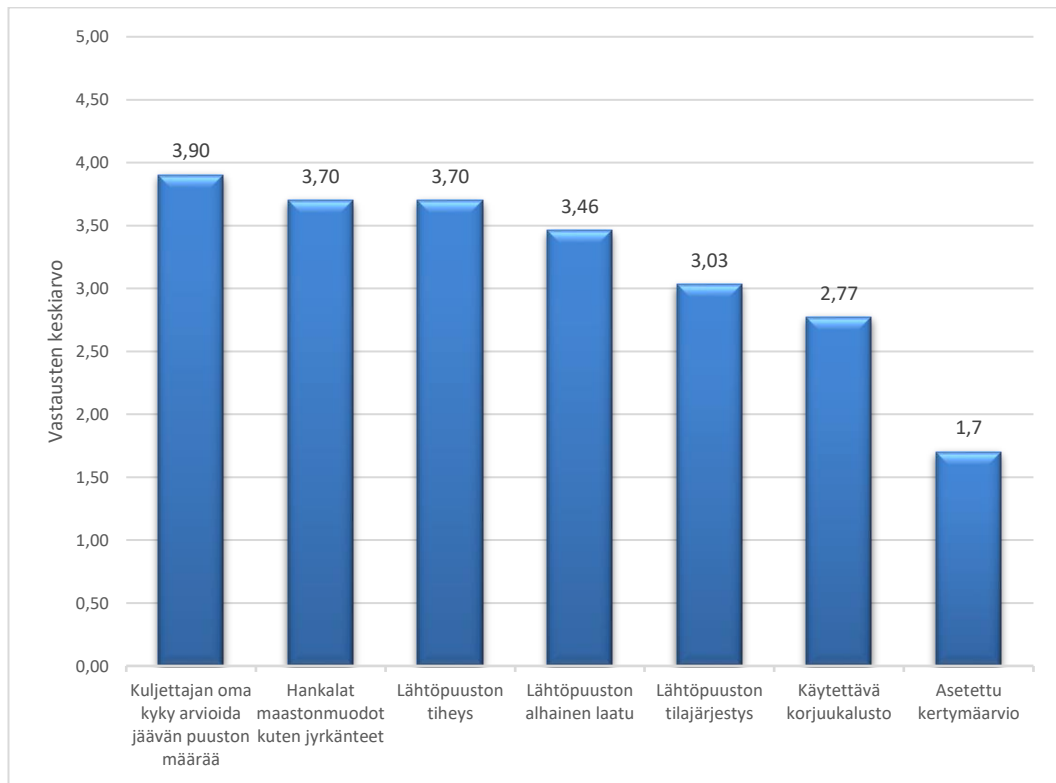
mukaan merkittävästi lumi- ja myrskytuhojen riskiä. Liian tiheässä kasvaneet puut syövät kuljettajien mukaan toisiltaan kasvutilaa, eivätkä näin ollen pääse vankistamaan runkiaan, jolloin pienikin myrskytuuli voi olla puustolle kohtalokas. Vain kaksi kuljettajaa mainitsi sen olevan vähän merkittävä tekijä, eikä yhdenkään kuljettajan mielestä ei merkittävä tekijä. Osa kuljettajista mainitsi pyrkivänsä harvennuksessa aina harvennusmallien mukaiseen lopputulokseen, oli lähtötilanne mikä tahansa. Toisaalta osa kuljettajista mainitsi tiheän metsän harventamisen helppouden, perustuen siihen, että heidän mielestään tiheässä metsässä poistettavia puita on runsaasti, eikä tarvitse tehdä valikointia niin tarkasti.

Lähtöpuuston alhainen laatu harvennusvoimakkuuden tekijänä sai kuljettajilta kahdenlaisia vastauksia. Osan mielestä se ei saa millään tavalla vaikuttaa, koska metsikkö pyritään harventamaan harvennusmallien mukaan lähtötilanteesta riippumatta. Toisaalta osa kuljettajista sanoi sen vaikuttavan paljonkin, koska lähtökohtaisesti heikkolaatuisesta metsästä on vaikea muovata tasalaatuista puustoa ja poistettavaksi arvioitavia puita on runsaammin. Kuljettajien mielestä kasvaamaan jätettäviä puita on erittäin vaikea valita, jos puusto on enimmäkseen huonolaatuista. Kuljettajista yli puolet arvioivat tekijän vaikuttavan kohtalaisesti tai merkittävästi harvennusvoimakkuuteen, sen saadessa vastausten keskiarvoksi 3,46 ja keskihajonnaksi 1,02.

Lähtöpuuston tilajärjestys sai samankaltaisia vastauksia kuin lähtöpuuston alhaista laatua kysyttäessä. Osa kuljettajista vastasi tekevänsä harvennuksen normaalisti oikeaan tiheyteen, lähtöpuustosta riippumatta. Toinen osa taas oli sitä mieltä, että eritoten puiden kasvaessa usean puun ryppäissä, on oikea harvennusvoimakkuus hankala saavuttaa. Vastauksien keskiarvoksi saatiin 3,03 ja keskihajonnaksi 0,79, noin puolien kuljettajien vastatessa tekijän vaikuttavan kohtalaisesti.

Asetettu kertymäärä oli selvästi vähiten vaikuttava tekijä harvennusvoimakkuuteen. Kuljettajista suurin osa arvioi sen olevan vähäisesti tai ei ollenkaan vaikuttava tekijä. Suurin osa kuljettajista vastasi tekijän merkityksen olemattomaksi, sen laajemmin vastausta avaamatta. Yhden kuljettajan mielestä kaikki luetellut tekijät vaikuttivat vähintään merkittävästi ja olikin ainoa yli arvon 3 vastanneita tähän kysymykseen. Vastausten keskiarvoksi tuli 1,7 ja keskihajonnaksi 0,82.

Vastausten keskiarvot on esitetty kuviossa 16 ja vastausten jakautuminen kuviossa 17.



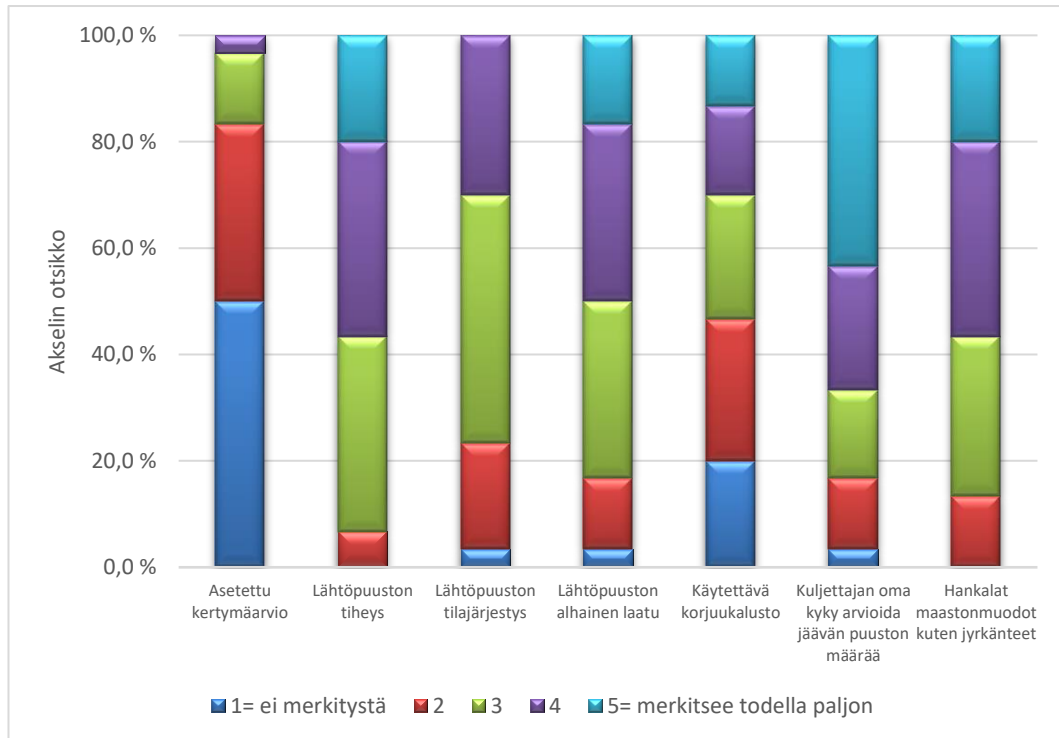
Kuvio 16. Harvenusvoimakkuuteen vaikuttavat tekijät (N=30)

### 5.3.3 Maasto, kalusto ja muut vaikuttavat tekijät

Hankalat maastonmuodot vaikuttavat kuljettajien mukaan harvenusvoimakkuuteen monessa suhteessa. Kuljettajien mukaan koneet ovat valmistettu siten, että niillä pitäisi pystyä tekemään hakkuutyötä hankalissa maastonmuodoissa etenkin hytin kääntyessä helposti moneen eri suuntaan, ei näköesteistäkään pitäisi nykyisillä koneilla olla juurikaan maastonmuotojen takia. Kehittyneestä hakkuukoneesta huolimatta kuljettajat mainitsivat esimerkiksi rannikoiden kivikkoisissa paikoissa ja jyrkissä rinteissä, harvenusvoimakkuuden pitäminen oikeana olevan haastavaa. Kuljettajien mukaan hankalakulkuisilla paikoilla koneella liikkuminen on hankalaa, joten helposti saavutettavista paikoista otetaan yleensä liikaa ja hankalat paikat jäävät liian tiheäksi. Ajourien suunnittelu voi olla hankala kulkuisilla maastoilla vaikeampaa.

Käytettävää korjuukaluston vastauksissa oli suurimmat erot, keskihajonnan ollessa 1,30. Arvon 4-5 antaneet kuljettajat mainitsivat korjuukaluston olevan paljon vaikuttava tekijä, etenkin jos pienellä koneella lähtee harventamaan suurikokoista ja tiheässä kasvavaa puustoa, tai vastaavasti isolla koneella pientä ja tiheässä kasvavaa puustoa. Vastaavasti arvon 1-2 antaneet kuljettajat vastasivat tekevänsä harvennuksen oikeaan tiheyteen kalustosta riippumatta. Vastasten keskiarvoksi saatiin 2,77. Osa kuljettajista teki työtään omalla korjuukalustolla aliuraakoitina ja vastaavasti osa oli työntekijänä tähtiyrittäjällä. Oman korjuukaluston omaavat kuljettajat mainitsivat omistavansa vain yhden hakkuukoneen, millä kuljettaja suoritti kaikki työmaat. Vastaavasti yrittäjillä töissä olleet kuljettajat mainitsivat korjuukoneita olevan saatavilla useampia, joten eri työmaille voi valita oikeanlaisen työkoneen.

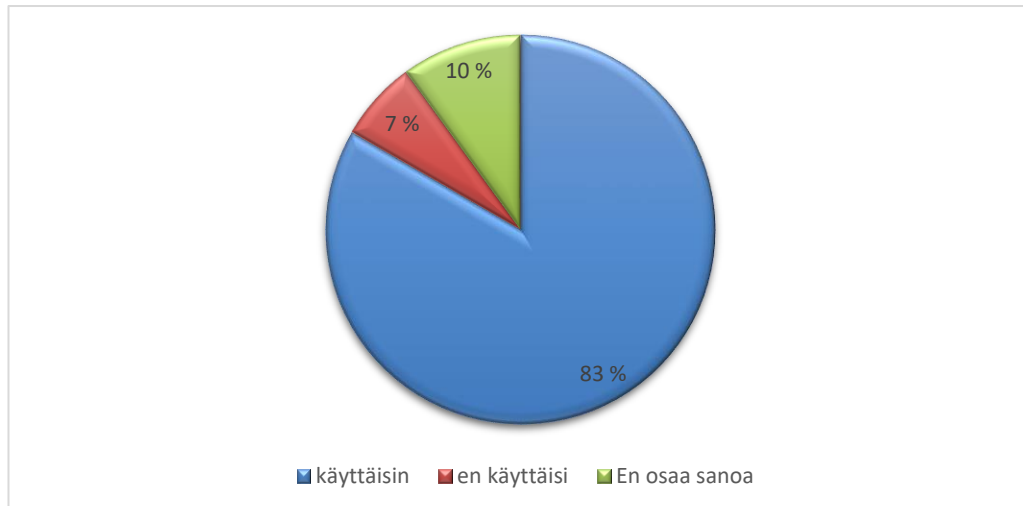
Muita vaikuttavia tekijöitä kuljettajien mielestä oli etenkin erilaiset maasto olosuhteet. Pehmeä maaperä arvioitiin vaikuttavan harvennusvoimakkuuteen yhtä paljon kuin kivisyys. Muutama kuljettaja mainitsi metsänomistajan toiveiden olevan vaikuttava tekijä, jos esimerkiksi toivonut joidenkin tiettyjen puiden jättämistä pysyyn. Yksi kuljettaja mainitsi lumi- ja myrskytuhoriskin vaikuttavan etenkin, jos puusto on päässyt riukuuntumaan tai puusto on valmiiksi jo harva. Valmiiksi harva metsä on yhden kuljettajan mukaan vaikea harventaa, koska ei ole mistä ottaa poistettavia puita. Myös ennakkoraivaamatonta metsää pidettiin haasteellisena harventaa oikeaan tiheyteen. Nollahypoteesit jäivät kaikissa testeissä voimaan, joten vastauksissa ei ollut merkittävää eroa luokkien välillä.



Kuvio 17. Harvennusvoimakkuuteen vaikuttavien tekijöiden vastausten jakautuminen. (N=30)

Haastattelussa haluttiin tietää myös, käyttäisivätkö kuljettajat harvennusvoimakkuuden sovellusta, jos sellainen olisi heidän käytössään. Suurin osa kuljettajista käyttäisi sovellusta ja vain muutama sanoi, että ei käyttäisi sovellusta. (kuvio 18.) ”Käyttäisin, jos se oli helppo käyttää eikä kuluttaisi työaikaa”, oli yleinen kommentti kysymykseen. Kuljettajien mielestä sovelluksen olisi hyvä olla omaa arviointia tukevana, automaattisesti mukana tulevana apuvälineenä. Muutama kuljettaja uskoi oman arvioinnin silmämääräisesti ja relaskoopilla mittaamalla kaikkein tehokkaimmaksi ja varmimmaksi tavaksi mitata harvennusvoimakkuutta. Osa kuljettajista arvio sovelluksen olevan hyödyllinen, mutta epäilivät sen toimivuutta, joten he vastasivat ”en osaa sano”. Nämä kuljettajat mainitsivat jo olemassa olevien sovellusten olevan monimutkaisia käyttää.





Kuvio 18. Harvenusvoimakkuutta seuraavan sovelluksen käyttäminen (N=30)

#### 5.4 Poistettavien puiden opastaminen ja vaikutukset

Haastattelulomakkeen kohdassa 6.1. (kts. liite 1) kartoitettiin kuljettajien tarvetta poistettavan puun opastukselle kysymyksellä ”kokositko puuvalinnan opastuksesta olevan potentiaalista hyötyä sinulle?” Suurin osa kuljettajista (60 prosenttia) arvioivat tarvitsevansa joissakin tilanteissa puuvalinnan opastusta. Kuljettajat pitivät olennaisena asiana opastuksen käytössä sen toimivuutta ja käytön vapaaehtoisuutta. Kuljettajien mukaan opastuksen pitäisi olla automaattinen, näkyä koko ajan näytössä ja sitä voisi hyödyntää silloin kun tarvitsisi. Puuvalinnan opastus tukisi kuljettajien mukaan omaa päätöksentekoa. Muutaman kuljettajan mielestä koneen ylimääräinen siirtely jäisi vähemmälle, jos opastus huomaisi puiden viat puun toiselle puolelle.

Puuvalinnan opastusta pidettiin hyödyllisenä etenkin tasalaatuisessa metsässä, missä puiden laadulliset erot ovat minimaalisen pienet. Muutama kuljettaja mainitsi puuvalinnan opastuksen olevan hyödyllinen ääriolosuhteissa, kuten kovalla vesi- tai lumisateella. Muutama kuljettaja mainitsi hyväksi pointiksi koneällyn väsymättömyyden. Heidän mukaansa pitkän työvuoron viimeisinä tunteina puunvalinta on usein väsymyksen takia haastavaa, jolloin väsymätön koneäly olisi hyödyllinen tukemassa päätöksiä. Koneällyn ei myöskään vaikuta ulkoiset häiriötekijät kuten häikäisevä auringonvalo.

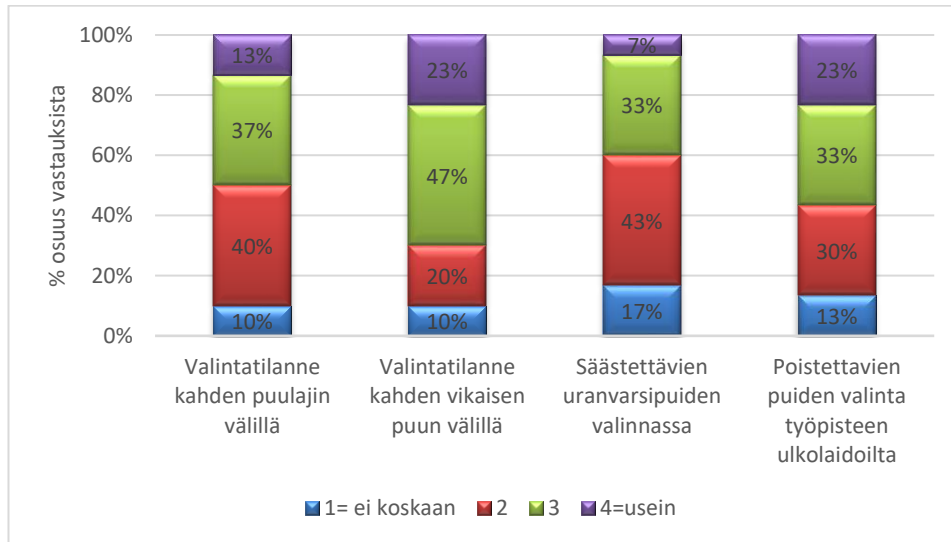
Useat kuljettajat pelkäsivät opastuksen tuovan vain lisää ylimääräistä työtä. Etenkin vuosikymmenien ajan hakkuukonetta ajaneet ajattelivat tällaisten uudistusten tekevän kuljettajan työstä vain haastavampaa. Muutama kokenut kuljettaja mainitsikin, että nuorella aloittelevalla kuljettajalla on nykyisestä teknologiasta enemmän kokemusta, joten heidän on helpompi alkaa käyttämään uusia järjestelmiä. Muutamat kuljettajat pitivät omaa arviointikykyä ja kokemusta parhaana apuna puuvalinnassa. Heidän mukaansa mikään opastava järjestelmä ei voi kehittyä puuvalinnassa kokeneen kuljettajan arviointia paremmaksi. Tässä kysymyksessä haluttiin tietää, onko aiemmasta ennakkoleimatulla kohteella työskentelystä vaikutusta vastauksissa. Näin ollen kysymyksen testaamiseen käytettiin khiin neliötestiä. Testi tuotti tulokseksi p-arvon 0,322, joten voidaan todeta, että vastauksilla ei ole merkittävää eroa luokkien kesken luottamusvälin ollessa yksi.

Haastattelussa kartoitettiin myös tilanteita, joissa tieto poistettavasta puusta olisi hyödyllinen. Haastateltavalle lueteltiin neljä tyypillistä harvennuksella esiintyvää tilannetta, joita kuljettaja arvio sen mukaan, kuinka usein tieto poistettavasta puusta olisi hyödyllistä. Tilanteet olivat:

- 1) valintatilanne kahden puulajin välillä
- 2) valintatilanne kahden vikaisen puun välillä
- 3) säästettävien uranvarsipuiden valinta
- 4) poistettavien puiden valitseminen työpisteen ulkolaidoilta

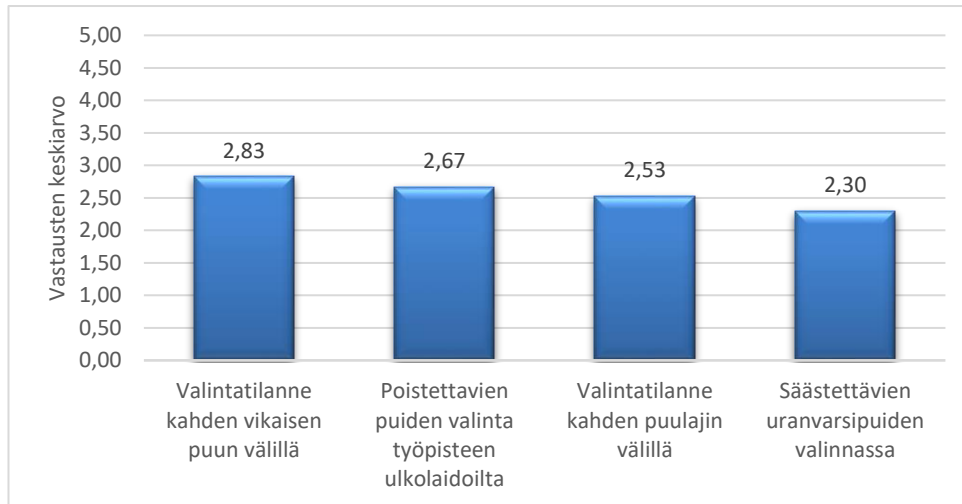
Kuljettajille annettiin myös mahdollisuus nimetä jokin muu tilanne, missä tieto poistettavasta puusta olisi hyödyllinen. Kuljettajat arvioivat tilanteita asteikolla 1-4 jossa 1= ei koskaan hyödyllinen, 2= harvoin hyödyllinen, 3= joskus hyödyllinen ja 4= usein hyödyllinen. Kuljettajat vastasivat tähän kysymykseen kohtalaisen varovasti yleensä arvoilla 2 tai 3, välttämättä kumpaakin ääripäätä. Kaikista annetuista vastauksista, mukaan lukien kaikki neljä tilannetta, noin 71 prosenttia olivat arvoja 2 tai 3. Vastausten varovaisuuden aiheutti epä tietoisuus opastavien järjestelmien toimivuudesta sekä toisaalta tässä kohtaa haastattelun ollessa loppusuoralla, kuljettajat alkoivat väsyä vastaamaan. Yleisesti ottaen kuljettajat arvioivat

tiedon poistettavasta puusta olevan vähintään harvoin hyödyllinen, keskiarvollisesti vain 12,5 prosenttia kuljettajista vastatessa tiedon tilanteista olevan ei koskaan hyödyllistä. Vastausten jakaumat on esitetty kuviossa 19.



Kuvio 19. Vastausten jakautuminen opastuksen hyödyllisyyttä kysyttäessä. (N=30)

Eniten hyödyllisiksi tiedoiksi keskiarvojen perusteella nousivat valintatilanne kahden vikaisen puun välillä ja poistettavien puiden valitseminen työpisteen ulkolaidoilta. Keskiarvot on esitetty kuviossa 20. Noin puolet vastaajista pitivät tietoa valintatilanteessa kahden vikaisen puun välillä joskus hyödyllisenä ja noin kolmasosa vastaajista arvio siitä olevan harvoin tai ei koskaan hyötyä. Tietoa poistettavien puiden valinnassa työpisteen ulkolaidoilta 23 prosenttia kuljettajista arvioi usein hyödylliseksi, 33 prosenttia joskus hyödylliseksi ja loput harvoin hyödylliseksi. Tieto poistettavien puiden valinnassa työpisteen ulkopuolelta sai vastauksissa keskihajonnaksi 0,97.



Kuvio 20. Tilanteet, joissa tieto poistettavasta puusta olisi hyödyllistä (N=30)

Kuljettajista lähes puolet arvioivat tiedon valintatilanteessa kahden puulajin välillä harvoin hyödylliseksi. Säästettävistä uranvarsipuista saadun tiedon kuljettajat arvioivat keskiarvon perusteella vähäisimmäksi. Alle puolet kuljettajista arvioivat tiedon säästettävistä uranvarsipuista olevan harvoin hyödyllistä ja 33 prosenttia joskus hyödyllistä.

Muista tilanteista esille nousivat muun muassa näkyvyyttä heikentävät sääolot, kuten vesisade ja pimeys, siitä huolimatta vaikka kuljettajat puhuivat nykyisten työvalojen hyvästä tehokkuudesta. Kuljettajien mielestä apunäkö maastossa olisi hyödyllinen etenkin kiinteistön rajoilla olevien poistettavien puiden tilanteissa ja vanhojen peltojen lähistöllä harventaessa mahdollisten rautapuiden havaitsemiseen.

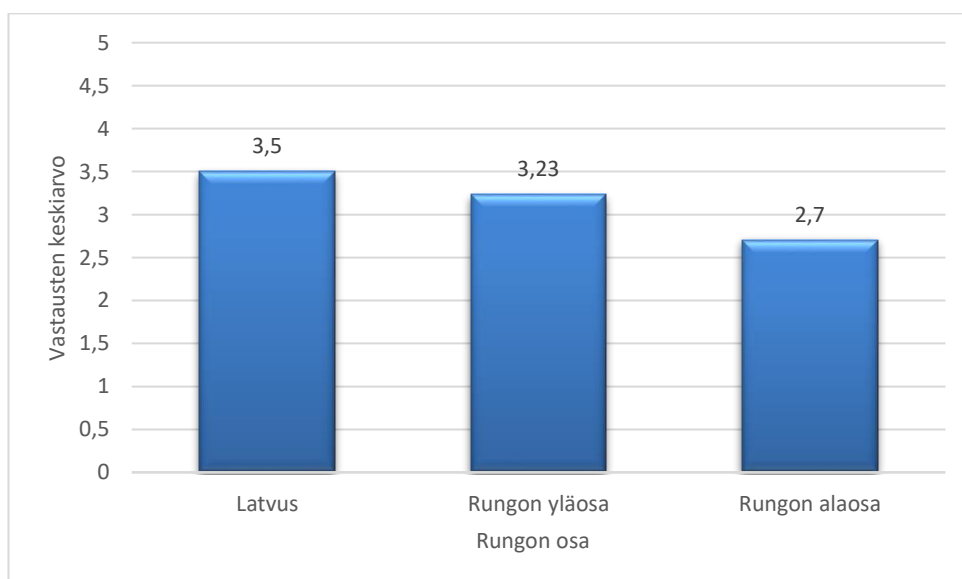
#### 5.4.1 Kuljettajan tarvitsema lisäinformaatio

Lisäinformaation tarpeellisuutta kartoitettiin kysymyksellä ”mistä lisäinformaatiosta uskot olevan hyötyä poistettavien puiden valinnassa?” Kysymyksellä haluttiin kartoittaa lisätiedon tarvetta rungon eri osista, sekä lisätiedon hyötyä eri puulajeilla. Lisäinformaation tarvetta arvioitiin asteikolla 1-5 jossa 1= ei lainkaan hyötyä, 2= vähäinen hyöty, 3= kohtalainen hyöty, 4= merkittävä hyöty ja 5= erittäin merkittävä hyöty.

Lisäinformaation tarpeesta kysyttäessä oli kuljettajien mielipide lisäinformaatiota tuottavaan systeemiin lähtökohtaisesti aika skeptinen. Vastauksissa ilmeni paljon

mielipiteitä puolesta ja vastaan. Monella kuljettajalla oli vaikeuksia hahmottaa mielessään, millaista saatava lisäinformaatio olisi ja miten sitä tuotettaisiin. Ne kuljettajat, jotka suhtautuivat lähtökohtaisesti opastaviin järjestelmiin skeptisesti, eivät nähneet lisäinformaation tuotossa hyötypotentiaalia. Osa kuljettajista mainitsi nykyisen koneiden ja kuljettajien kehityksen olevan jo nyt niin huipussaan, että lisäinformaatiolla ei saisi parannettu niiden suorituskykyä. Toisaalta osa kuljettajista mainitsi lisäinformaation tulevan tarpeeseen harvennustyössä. Heidän mielestään ylimääräinen kurkkiminen esimerkiksi latvukseen vähenisi, kun apuna olisi automaattinen lisäinformaatiota tuottava järjestelmä. Jokaisen kuljettajan mielestä kuitenkin jostakin puuosasta saatava lisäinformaatio olisi ainakin kohtalaisesti hyödyllistä.

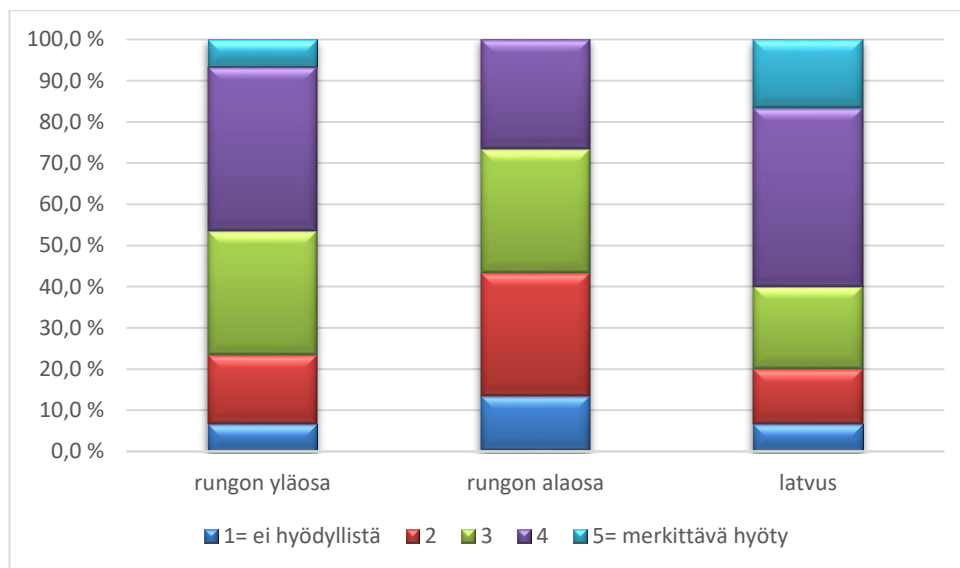
Kuljettajat arvioivat lisäinformaation tarpeen olevan suurin puun latvuksessa. Kuljettajista suurin osa vastasi lisäinformaatiosta olevan merkittävä tai erittäin merkittävä hyöty, vastausten saadessa keskiarvoksi 3,5 (kuviot 21) ja keskihajonnaksi 1,11. Erittäin merkittäväksi hyödyksi latvuksen lisäinformaation arvioivat ne kuljettajat, jotka mainitsivat latvuksen olevan tärkeimmässä roolissa puuta arvioiessa. Latvuksen elävän osuuden arvioiminen katsottiin olevan vaikea näkemäesteiden takia. Vastaavasti ne, joiden mielestä latvuksen lisäinformaatiosta ei ole lainkaan hyötyä tai on vain vähäinen hyöty, mainitsivat latvuksen olevan helposti havaittavissa, tai sen kunnon tunnistamisen hyödyttömäksi.



Kuvio 21. Lisäinformaation tarve puun eri osilla (N=30)

Rungon yläosa sai vastausten keskiarvoksi 3,23, kuljettajista 47 prosenttia vastatessa arvon 4 tai 5 ja 30 prosenttia vastasi siitä olevan kohtalaisesti hyötyä. Keskihajonta vastauksilla oli 1,02. Kuljettajien mielestä rungon yläosan laatuviat on helppo tunnistaa, mutta tautien tunnistamiseen lisäinformaatio olisi tarpeellinen. Kuljettajien haaveajattelu esimerkiksi lahon automaattisesta tunnistamisesta, sai kuljettajat ajattelemaan lisäinformaation olevan tervetullut apu harvennustyöhön. Osa kuljettajista taas uskoi omaan tekemiseen niin vahvasti, etteivät ajatellut lisäinformaatiosta olevan hyötyä heidän työssään.

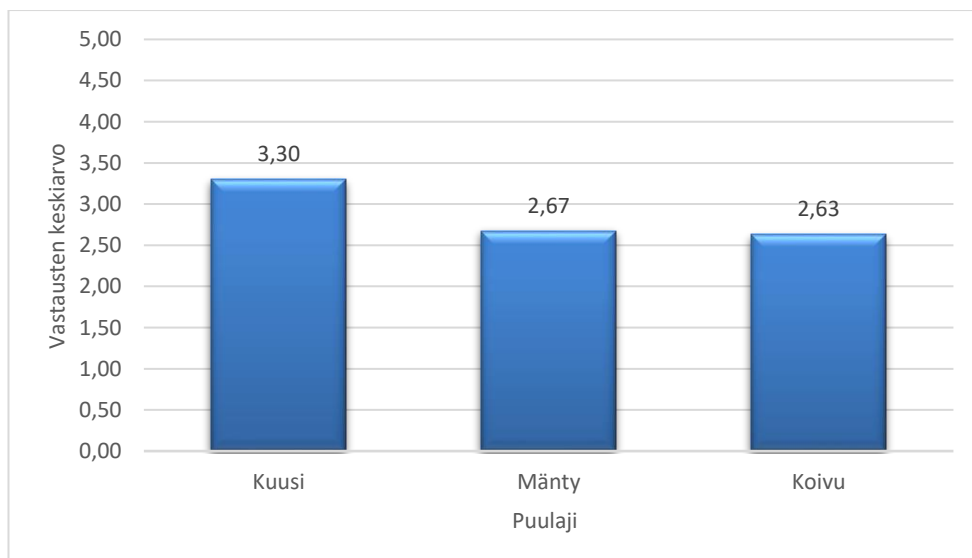
Puun alaosan lisäinformaatiota pidettiin vähiten hyödyllisenä kuljettajien työssä. Kuljettajien mielestä puun alaosa näkyy hakkuukoneen hyttiin niin selvästi, ettei lisäinformaatiosta ajateltu olevan kovinkaan paljoa hyötyä. Kuljettajista noin puolet vastasivat puun alaosan lisäinformaation hyödyn olevan vähäistä tai siitä ei arvioitu olevan lainkaan hyötyä. Muutamit kuljettajat mainitsivat sen tulevan tarpeeseen, jos alikasvosta on paljon, tai puun alaosaan on muuten näköesteitä. Ainoastaan puun vastakkaisella puolella runkoa oleva koro ja kuusikoiden laho mainittiin mahdottomaksi havaita edes tyveltä. Kuljettajista 30 prosenttia vastasivat hyödyn olevan kohtalainen ja 27 prosenttia vastasi hyödyn olevan merkittävä, vastausten saadessa keskiarvoksi 2,7 ja keskihajonnan ollessa 1,00. Vastausten jakautumiset on esitetty kuviossa 22.



Kuvio 22. Vastausten jakautuminen puun eri osien lisäinformaation tarvetta kysyttäessä (N=30)

#### 5.4.2 Lisäinformaation tarve puulajeittain

Puulajeista kuusen lisäinformaatiolle arvioitiin olevan suurin hyötypotentiaali. Kohtalaisen hyödyn kuusen lisäinformaatiolle arvioivat noin puolet kuljettajista ja vajaa puolet arvioivat sen hyödyn olevan merkittävä tai erittäin merkittävä. Kolme kuljettajaa arvioi lisäinformaation hyödyn olevan kuuselle pelkästään vähäinen. Vastausten keskiarvoksi saatiin 3,30 (kuvio 23) sekä keskihajonnaksi 0,64. Kuljettajat mainitsivat kuusen lisäinformaation olevan puulajeista hyödyllisin, koska kuudessa oksat kasvavat koko rungon mitalta ja ulottuvat latvuksesta maahan asti. Tämän takia kuusen laadullisten vikojen ja sairauksien havainnointi on vaikeaa. Etenkin talvella kuljettajien mielestä lisäinformaatio olisi erittäin hyödyllinen kuusen oksille kerääntyvän lumen ja sen aiheuttaman näköesteen takia. Useat kuljettajat mainitsivat myös lisäinformaation olevan hyödyllinen kuudessa esiintyvän lahon tunnistamisessa, jota ei juurikaan pysty havaitsemaan puusta ulkopuolisesti.

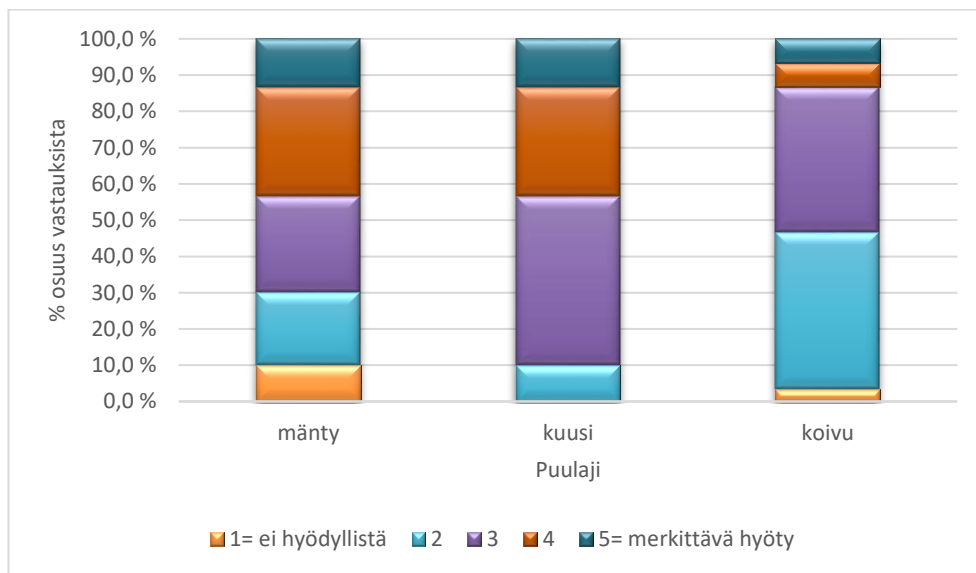


Kuvio 23. Lisäinformaation tarve puulajeittain (N=30)

Männyn ja koivun osalta lisäinformaation tarvetta pidettiin lähes yhtä hyödyllisenä. Männyn vastausten keskiarvoksi saatiin 2,67 ja koivun 2,63. Vastaavasti vastausten keskihajonnat olivat männyllä 0,97 ja koivulla 0,83. Vastaukset kuitenkin jakautuivat männyn ja koivun kohdalla hieman (kuvio 24), kuljettajista suurimman osan antaessa koivun lisäinformaatiolle arvoiksi 2 tai 3, kun taas männyn

vastaukset vaihtelivat runsaasti. Kuljettajista vajaa puolet vastasivat männyn lisäinformaatiosta saadun hyödyn olevan merkittävä tai erittäin merkittävä ja 30 prosenttia vastasi hyödyn olevan vähäinen tai se ei ole lainkaan hyödyllinen.

Männyn ja koivun osalta lisäinformaation hyödyllisyyttä kuljettajat arvioivat sen mukaan, millainen kuljettajien mielestä puun hahmottaminen on harvennusta tehdessä. Sekä mäntyä että koivua arvioitiin hahmottavan harvennustyötä tehdessä hyvin, koska niiden oksista ei ajateltu olevan näköestettä runkoa tai latvusta arvioidessa, toisin kuin kuusella. Muutamit kuljettajat mainitsivat lisäinformaation tarpeen kasvavan tosi tasalaatuisella metsiköllä, jossa puiden laadulliset erot ovat hyvin pienet ja vaikea huomata. Vastaavasti erittäin huonolaatuisella metsiköllä lisäinformaation tarve oli myös suuri, koska poistettavaa puuta on paljon ja erot myös silloin pieniä. Yleinen mielipide oli, että paljasrunkoisista puulajeista huomaa laatuviat ja sairaudet helposti, eikä etenkin koivun latvusta pidetty kovinkaan tärkeänä osana runkoa. Mann Whitney-u testin mukaan kaikki nollahypoteesit jäivät voimaan. Näin ollen vastauksilla ei ollut merkittävää eroa luokkien välillä.



Kuvio 24. Vastausten jakautuminen (N=30)

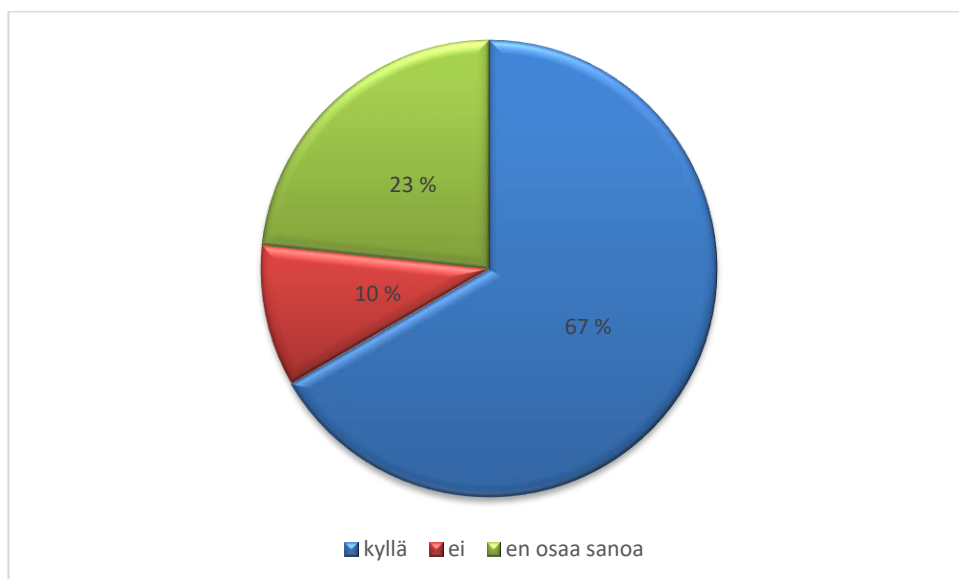


### 5.4.3 Mahdolliset vaikutukset puuvalinnan opastuksesta

Kuljettajilta haluttiin kuulla mielipiteitä puuvalinnan opastuksen vaikutuksista hakkuutyössä. Kuljettajille lueteltiin neljä väittämää, joihin kuljettajat vastasivat kyllä, ei tai en osaa sanoa. Väitteet olivat:

- 1) puuvalinnan opastus nostaisi korjuutyön laatua
- 2) puuvalinnan opastus nostaisi korjuutyön tuottavuutta
- 3) puuvalintaa opastavan järjestelmän käyttö auttaisi jaksamaan paremmin työssä
- 4) puuvalinnan opastus vaikeuttaisi itsenäistä työskentelyä

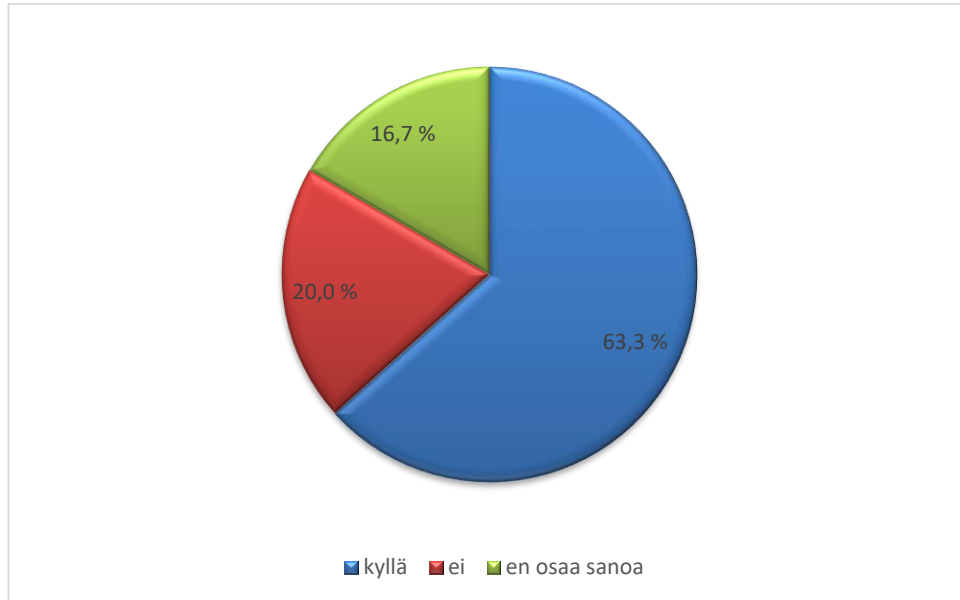
Puuvalinnan opastuksen uskottiin vaikuttavan eniten korjuutyön laatuun sekä jaksamiseen paremmin työssä. Yli puolet kuljettajista uskoivat opastuksen parantavan korjuutyön laatua. Muutama kuljettaja ei uskonut sen parantavan korjuutyön laatua ja loput eivät osanneet sanoa. (kuvio 25.) Laadun uskottiin parantuvan koneällyn tuoman avun myötä, puuvalinnan vaikeissa tilanteissa sekä ääriolosuhteissa.



Kuvio 25. Puuvalinnan opastus nostaisi korjuutyön laatua (N=30)

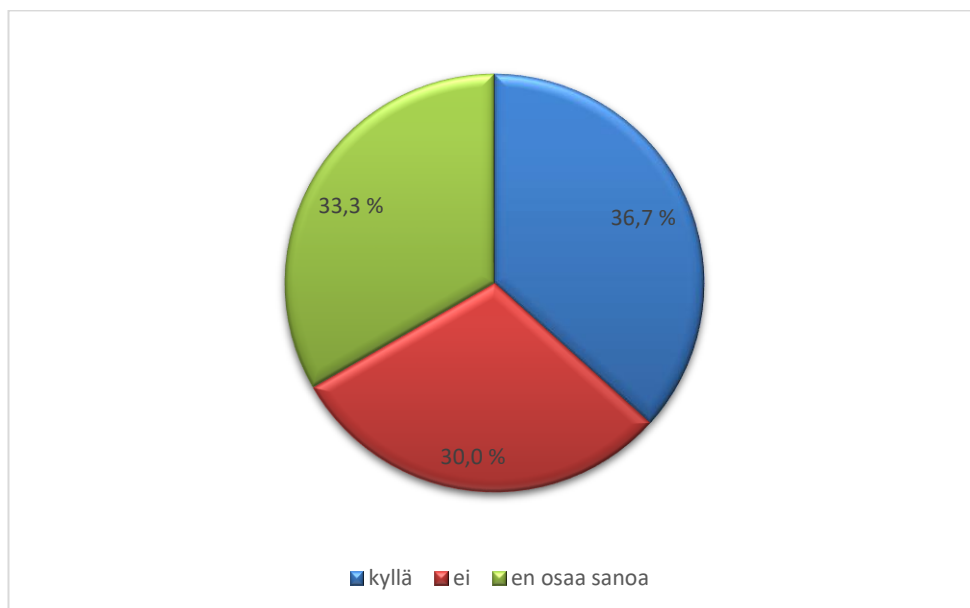
Yli puolet kuljettajista uskoi opastuksen auttavan jaksamaan paremmin työssä. (kuvio 26.) Kuljettajat arvioivat opastavan järjestelmän auttavan jaksamaan pa-

remmin työssä, jos järjestelmä olisi helppo käyttää ja olisi automaattisesti korjuutyön tukena. Etenkin vaikeat sääolot, ja puuvalinnan vaikeat tilanteet ovat kuljettajien työssä keskittymistä vaativia sekä vaikeita päätöksiä edellyttäviä tilanteita.



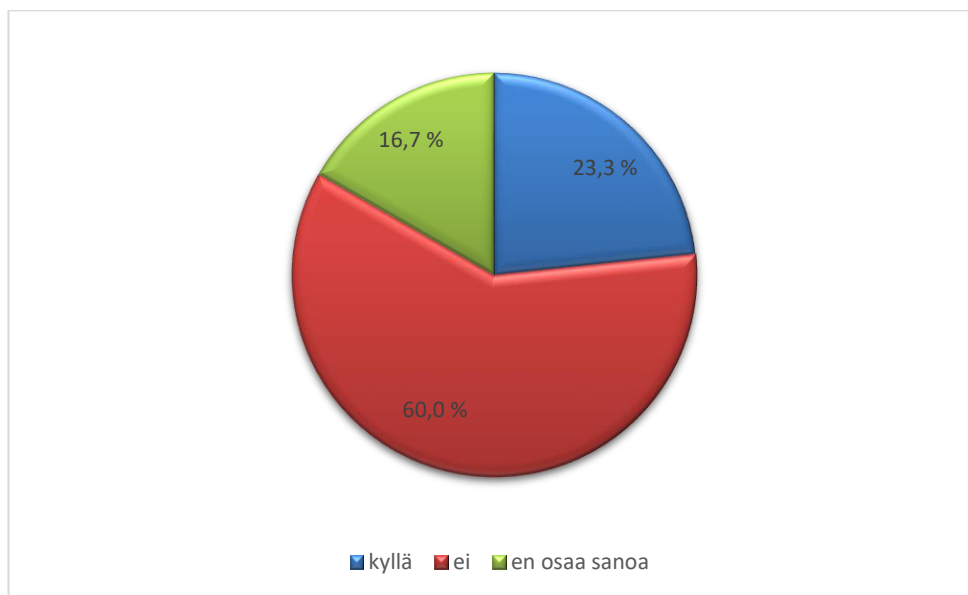
Kuvio 26. Puuvalinnan opastus auttaisi jaksamaan paremmin työssä (N=30)

Korjuutyön tuottavuutta opastavan järjestelmän ei uskottu parantavan. Kuljettajien luotto omaan työtahtiin sekä omiin taitoihin saivat kuljettajat uskomaan, että uudesta opastavasta järjestelmästä ei olisi tuottavuuden parantamiseen apua. (kuvio 27).



Kuvio 27. Puuvalinnan opastus nostaisi korjuutyön tuottavuutta (N=30)

Kuljettajat eivät uskoneet opastavan järjestelmän vaikeuttavan itsenäistä työskentelyä. Kuljettajat, jotka uskoivat sen vaikeuttavan työskentelyä, arvioivat uuden järjestelmän mukana tulevan kuljettajalle enemmän työtaakkaa. Useat kuljettajat mainitsivat nykyistenkin hakkuutyössä käytettävien apulaitteiden kalibroimisen työlääksi, joten opastavan järjestelmänkin pelätään tuovan lisää kalibroitavia laitteita hakkuukoneeseen (kuvio 28).



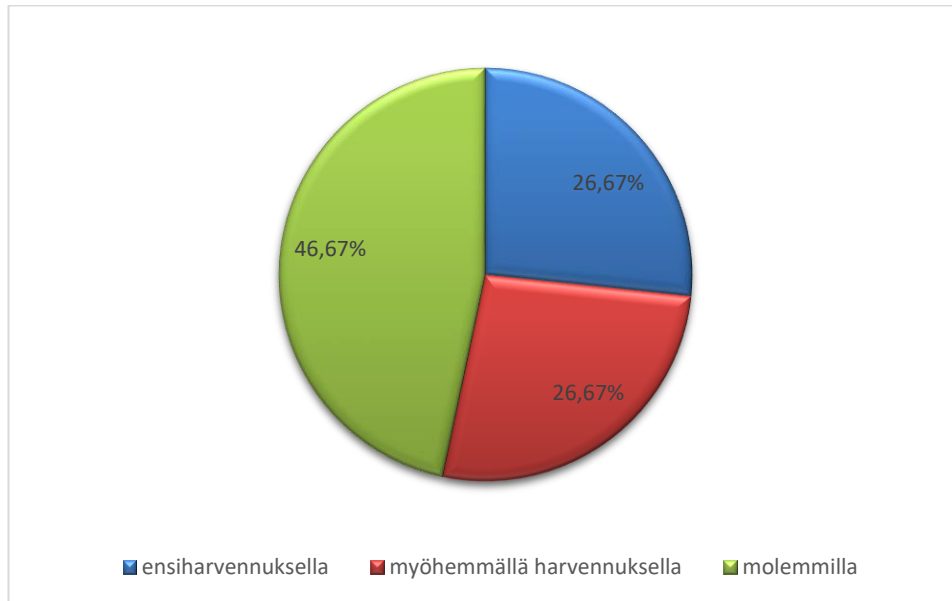
Kuvio 28. Vaikeuttaisiko opastus itsenäistä työskentelyä (N=30)

#### 5.4.4 Puuvalinnan opastuksen suurin potentiaali harvennuksittain

Haastattelulomakkeen viimeisessä kohdassa kuljettajilta kysyttiin, millä harvennuksella puuvalinnan opastuksesta olisi suurin potentiaali. Vastausvaihtoehtoina olivat ensiharvennus, myöhempi harvennus tai molemmissa yhtä suuri potentiaali. Noin puolet kuljettajista arvioivat molemmissa harvennuksissa olevan yhtä suuri potentiaali. (kuvio 29.) Molemmissa harvennuksissa mainittiin olevan omat haasteensa, joten opastuksesta katsottiin olevan yhtä paljon hyötyä molempaan harvennukseen.

Opastuksen potentiaalia pidettiin yhtä suurena ensiharvennuksella sekä myöhemmällä harvennuksella. Ensiharvennuksen kannalla olleet kuljettajat perustelivat ensiharvennuksen tärkeyden sillä, että se määrittelee pitkälti millaiseksi metsä kasvaa. Heidän mukaansa ensiharvennus määrittelee metsän tulevaisuuden. Myöhemmän harvennuksen kannalla olleet kuljettajat mainitsivat arvopuun

määrän eli tukkipuun osuuden määräytyvän pitkälti myöhemmän harvennuksen mukaan.



Kuvio 29. Puuvalinnan opastuksen suurin potentiaali harvennuksittain (N=30)

## 6 TULOSTEN JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoite oli tutkia hakkuukoneenkuljettajaa opastavien järjestelmien mahdollisuuksia harvennushakkuulla. Tutkimuksessa hyödynnettiin kuljettajien omia mielipiteitä laadullisen tutkimuksen tueksi. Mann Whitney-u testissä kaikkien testattujen ominaisuuksien lopputuloksena oli nollahypoteesit. Näin ollen vastaukset voidaan todeta olevan hyvin homogeeniset. Haastateltavat olivat kaikki Etelä-Suomen alueelta, joten alueellista eroavaisuutta oli vähän. Toisaalta kuljettajien työskennellessä laajalti erilaisilla työkohteilla, voidaan otannan sisäistä vaihtelua pitää runsaana.

Haastatteluissa saatiin selvitettyä tarkasti puuvalinnan eri vaiheet sekä niihin liittyvät ongelmat. Lisäksi harvennusvoimakkuuteen liittyvät tekijät ja harvennusvoimakkuuden sovelluksen hyödyllisyys saatiin selvitettyä. Näitä aiheita on käsitelty tarkemmin seuraavissa luvuissa aiemmin esitettyjen tulosten perusteella.

### 6.1 Puuvalinta harvennuksella

Päätavoite puunvalinnassa on saada puustosta hyvälaatuinen ja tasainen. Puuvalintaa tehdään pitkälti metsän tilaa edistävällä tavalla ja pyritään noudattamaan tiheys- ja kertymätavoitteita.

Kuljettajat poistivat aluksi selkeästi erottuvimmat puuyksilöt. Puiden erottuvuutta verrataan laatuviikojen, sairauksien, suuren järeysvaihtelun ja latvuksen kunnon perusteella. Poistettaviksi valittujen puiden jälkeen kuljettajat valitsevat parhaat säästettävät yksilöt, joiden ympäriltä puusto harvennetaan tiheys- ja kertymätavoitteiden mukaisesti.

Puuvalintaa harvennuksen aikana tehdään lähes koko ajan. Eniten konetta siirrettäessä, puuta kaataessa tai karsiessa ja hakkuulaitetta viedessä rungolle. Puita pyritään arvioimaan monesta eri näkökulmasta. Näin pyritään huomioimaan kaikki puun sairaudet ja laatuviat. Puuta tarkastellaan koko rungon pituudelta, pääasiassa kuitenkin ensin latvuksen kuntoa. Väätäisen ym. (2005, 47–51) tekemässä tutkimuksessa puuvalintaa tehtiin usein hakkuulaitetta vietäessä rungolle

sekä runkoa prosessoidessa ja kuljettajat havainnoinnit kohdistuivat puun runkoon ja latvukseen. Näin ollen opinnäytetyön tulokset ovat hyvin samankaltaiset aiempiin tutkimuksiin verrattuna.

Kuljettajat hahmottivat harvennuksella poistettavia puita keskimäärin 3-6 kpl riippuen metsän tilasta. Puiden hahmottaminen riippui pitkälti puulajista sekä puuston tilasta. Kuljettajat pyrkivät hahmottamaan 4 tai 5 poistettavaa puuta eteenpäin, hakkuutyön nopean sujumuuden ylläpitämiseksi.

## 6.2 Puun laatu ja elinkelpoisuus

Keskeisimpiä poistettavan puun valinnan kriteerejä olivat puun sairaudet, laatuviat, elävän latvuksen osuus sekä poikkeama rungon järeydessä. Puun elinkelpoisuutta voidaan pitää poistettavan puun mittarina. Harventamalla puustosta pyritään saamaan tasalaatuinen ja tukkipuun osuus pyritään maksimoimaan. Viiallisten tai sairaiden puiden kasvuedellytykset arvopuiksi ovat vähäiset. Tukkipuun mitta- ja laatuvaatimusten takia viallisista puista saadaan vain kuitupuuta. Väätäisen ym. (2005, 47) ja Kasperin (2019, 35) tekemissä tutkimuksissa puuvalintaa tehtiin samoin perustein, joskin Väätäisen ym. (2005, 47) tutkimuksessa ei otettu kantaa tekijöiden tärkeysjärjestykseen. Etenkin Kasperin (2019, 35) tekemässä tutkimuksessa puun sairaudet ja laatuviat nousivat keskeisimmiksi puuvalinnan kriteereiksi, opinnäytetyön tulosten tavoin.

Metsänomistajan toiveiden kunnioittamista pidetään tärkeänä, mutta vain lain osoittamien rajojen puitteissa. Harvennustyötä tehdään useimmiten metsänomistajien metsissä, joten omistajien toiveita pyritään toteuttamaan. Hakkuukoneenkuljettajan ja metsänomistajan näkemuseroja pidetään haasteellisena toiveiden toteuttamisessa.

Puun elinkelvollisuuden jälkeen huomioidaan puun sijaintia. Ensisijaisena tarkoituksena on harventaa metsä tasalaatuiseksi, puuston lähtötilanteesta riippumatta. Harvennus toteutetaan pääpuulajin hyväksi, monimuotoisuutta kuitenkin ylläpitäen. Puun hankala sijainti vaikuttaa hyvin vähän poistettavan puun valintaan.

### 6.3 Näkyvyysongelmat puuvalinnassa

Kuljettajien puuvalinta perustuu pitkälti näköhavainnoilla tehtävään arviointiin. Kaikki näköhavainnot estävät tekijät vaikeuttavat puuvalinnan onnistumista huomattavasti. Rungas alikasvos on näkyvyyttä estävistä tekijöistä etenkin ongelmia tuottava sekä työntekoa hidastava tekijä. Rungas lumen määrä puissa vaikeuttaa latvuksen havainnointia, ja etenkin havuvaltaisissa metsissä rungon vikojen ja sairauksien havainnointia. Lumisadetta ja puista pölisevää lunta pidettiin valon heijastumisen takia näköhaittana etenkin pimeällä työskennellessä. Rungas alikasvos oli nostettu myös aiemmissa tutkimuksissa merkittävimmäksi näkyvyyttä haittaavaksi tekijäksi (Ylimäki ym. 2012, 19; Kasper 2019, 41).

Pimeys ja vesisade olivat lumen tavoin näkyvyyttä haittaavia, valotehoa heikentäviä tekijöitä. Pimeys ja vesisade ovat yhtä aikaa vallitsevina olosuhteina merkittävästi näkyvyyttä haittaavia tekijöitä. Auringon valon häikäisyä pidettiin näkyvyyttä haittaavana tekijänä vain, jos joutuu työskentelemään auringon valoa vasten. Omalla sijoittumisellaan työpisteelle, voi vaikuttaa auringon valon häikäisyyn. Auringon valon häikäisystä aiheutuva haitta korostuu, jos työskentely suuntaa ei pysty valikoimaan. Sateiden ja pimeyden tapaan sumu ja tiikusade syövät työvalojen tehoja. Rungas lehtipuun osuus vaikuttaa näkyvyyteen ainoastaan lehden ollessa puissa.

### 6.4 Lisäinformaation tarve ja laatuominaisuuksien tunnistaminen

Kuljettajat ajattelevat tarvitsevansa lisäinformaatiota ainakin johonkin puun osaan. Puusta saatava lisätieto olisi hyödyllisintä latvuksessa ja rungon yläosassa. Latvuksesta lisätietoa tarvitaan elävän latvuksen osuutta määriteltäessä. Puun rungon yläosaan lisätietoa tarvitaan vaikeasti erottuvien sairauksien kuten roson, ja laatuvioloista mutkan ja lenkoisuuden havaitsemiseen. Puun tyven osalta lisätiedon tarve oli vähäisempää. Vastakkaisella puolen runkoa olevaa koroa ja kuusikoiden lahoa pidetään silmälle mahdottomana havainta, joten lisätiedosta olisi niihin apua.

Lisätiedon tarve nähtiin suurimmaksi kuusella. Kuusen sairauksien ja laatuvikojen näkemäesteistä merkittävin on koko rungon pituudelta kasvavat tiheet oksat.

Paljasrunkoisista puulajeista kuten männystä ja koivusta laatuviat ja sairaudet huomaa helpommin, joten lisätiedosta ei nähty olevan yhtä paljon hyötyä kuin kuusen osalta.

Lenkouden, mutkan, koron ja roson automaattinen tunnistamiseen etenkin rungon vastakkaiselta puolelta nähtiin tarpeelliseksi. Myös latvakatkon, kaksihaaraisuuden, poikaoksan, lahon ja vaurioiden automaattinen tunnistaminen auttaisi kuljettajaa poistettavien puiden valinnassa. Etenkin lahon tunnistaminen päälle päin on lähes mahdotonta. Automaattinen tunnistaminen kaivattiin avuksi, jos laatuominaisuuksien tekijöinä olivat lumituhoalueiden latvakatkot, kuusikoiden lahoviat ja toisella puolen runkoa olevat tervasrosot.

### 6.5 Harvennusvoimakkuuden tekijät

Harvennusvoimakkuuden säätelyssä keskeisintä on kuljettajan oma kyky arvioida jäävän puuston määrää. Kokemuksen tuoman arviointikyvyn uskottiin olevan riittävä oikean harvennusvoimakkuuden saavuttamiseksi. Omavalvontamittauksilla oma arviointikyky asetetaan testiin, ettei kuljettajan näkemys pääse vääristymään. Kasperin (2019, 50–51) tekemässä tutkimuksessa kuljettajan omaa arviointikykyä sekä näppituntumaa pidettiin keskeisimpänä harvennusvoimakkuuteen vaikuttavana tekijänä. Myös Väätäisen ym. (2005) tutkimuksessa huomattiin kuljettajan hiljaisen tiedon vaikuttavan hakkuujälkeen ja hakkuun tuotavuuteen. Tutkimuksien tuloksiin verrattuna kuljettajien näkemykset olivat yhteneväisiä.

Metsikkö pyritään harventamaan harvennusmallien mukaisesti tekemällä siitä tasalaatuinen, vaikka lähtökohtana olisi laadullisesti huono, tilajärjestykseltään epätasainen tai liian tiheään kasvava puusto. Laadullisesti heikossa metsikön lähtötilanteessa, puustosta on vaikea saada harvennettua tasalaatuinen. Heikkolaatuinen lähtötilanne nähtiin hankalana saada oikeaan harvennustiheyteen, koska kuljettajien näkemyksellä, ”mitään ei haluttaisi jättää kasvamaan, jos kaikki puut ovat huonolaatuisia”.

Tilajärjestykseltään epätasaista metsää pidettiin vaikeana harvennettavaksi oikeaan harvennusvoimakkuuteen, etenkin jos puut kasvavat usean puun ryppäissä.



Liian tiheään metsikön harventaminen nähtiin lumi- ja myrskytuhojen takia merkittäväksi riskiksi. Tiheään metsikön harventaminen ajateltiin toisaalta helpoksi, poistettavien puiden runsaan määrän takia. Kuljettajien näkemykset ovat yhteneväiset Huuskosen (2008, 16) tekemän tutkimuksen kanssa, jossa todettiin latvukseltaan supistuneiden, riukuuntuneiden puiden olevan riskialttiita lumi- ja myrskytuhoille.

Etenkin kivikkoisilla paikoilla ja jyrkillä rinteillä harvennusvoimakkuuden seuranta pidetään haastavana. Hankalakulkuisissa maastoissa helposti saavutettavista paikoista harvennetaan liikaa, jolloin vaikeasti saavutettavat paikat jäävät liian tiheäksi. Pehmeillä maaperillä nähtiin olevan sama vaikutus harvennusvoimakkuuteen kuin kivisyydellä. Hankalakulkuiset maastot rajoittavat myös ajourien suunnittelua.

Käytettävä korjuukalusto ja asetettu kertymäärä vaikuttavat vähiten harvennusvoimakkuuteen. Tärkeimpänä tekijänä nähtiin oikean kokoisella hakkuukoneella työskenteleminen. Liian pieni hakkuukone isoon puustoon, tai vastaavasti liian iso kone pienelle puustolle ovat harvennusvoimakkuutta määritteleviä tekijöitä. Asetetun kertymäärän ei anneta määritellä harvennusvoimakkuutta.

Harvennusvoimakkuutta seuraavaa sovellusta käyttäisi suurin osa kuljettajista. Sovelluksen käytön edellytyksenä pidetään sen toimivuutta sekä minimaalista ajanhukkaa. Toivotuin sovelluksen toimintaperiaate olisi automaattisesti korjuutyössä mukana tuleva, omia näkemyksiä ja päätöksiä tukeva apuväline. Osalla kuljettajista on jo käytännön kokemusta harvennusvoimakkuutta seuraavan sovelluksen käytöstä. Aiemmat sovellukset nähtiin monimutkaisina käyttää, joten uuden sovelluksen kehittämisessä käyttäjäystävällisyyteen tulisi panostaa enemmän.

Omaa arviointikykyä sekä relaskooppi mittausta pidetään yhä varmimpana keinona oikean harvennusvoimakkuuden ylläpitämiseen. Vahtilan (2019, 101) tutkimuksessa todetaan harvennusvoimakkuuden seurantaan tarkoitetun sovelluksen antavan varmuutta hakkuukoneenkuljettajan työntekoon. Kuljettajien näkemyksiä voidaan pitää yhteneväisinä tutkimuksen tulosten kanssa.

## 6.6 Puuvalintaa opastavan järjestelmän potentiaali

Puuvalintaa tehdään useita puita yhtäaikaaisesti hahmotettuina ja puuvalinnan pitää tapahtua sekunneissa useiden eri häiriöntekijöiden vallitessa. Harvennuksen tavoitteiden sekä puuvalinnan kriteerien ollessa kunnossa, ammattitaitoisella kuljettajalla puuvalinta onnistuu mainiosti. Tästä huolimatta yli puolet kuljettajista uskoivat puuvalintaa opastavista järjestelmistä olevan hyötyä joissain puuvalinnan tilanteissa. Kuljettajat uskoivat opastavan järjestelmän parantavan hakkuutyön laatua, etenkin ääriolosuhteiden vallitessa. Kuljettajien näkemys opastavien järjestelmien hyödyllisyydestä korjuutyön laadun parantamisessa on yhteneväinen Metsäkeskuksen (2018) kanssa, jonka mukaan vuoden 2018 tarkastetuista kasvatushakkuista vain 55 prosenttia arvioitiin korjuujäljeltään hyväksi. Huomautettavaa löytyy eniten puustovaurioista, ajouran leveyksistä ja liian voimakkaista harvennuksista (Metsäkeskus 2018). Laadun uskottiin parantuvan etenkin vaikeissa puuvalinnan tilanteissa sekä ääriolosuhteiden vallitessa.

Tulevaisuudessa olosuhteiden vaikutus kasvaa, ääriolosuhteiden voimistuttua ilmaston lämpenemisen seurauksena. On syytä varautua ilmaston muutoksen aiheuttamiin muutoksiin kuten tuhoriskien kasvuun sekä korjuuolosten vaikeutumiseen. (Tapio 2019.) Näkyvyysongelmiä ovat etenkin havupuuvaltaisessa metsikössä runsaita. Korjuukohteet myös vaihtelevat muun muassa puuston, metsän käsittelyn, maaston, sääolojen ja valaistuksen suhteen. Nämä aiheuttavat ammattitaitoisellekin kuljettajalle entistä enemmän ongelmia puuvalintaan sekä hakkuutyön onnistumiseen. Vahtilan (2019, 13) mukaan ihmistä tarvittavan tulevaisuudessakin vähintään työprosessin valvontaan, vaikka työprosessin vaiheet olisivat automatisoituja. Ammattitaitoisista hakkuukoneenkuljettajista on jatkuvasti pulaa ja ongelman epäillään lisääntyvän tulevaisuudessa (Väätäinen ym. 2012, 6).

Näkyvyysongelmiensa puolellakaan tulevaisuus ei näytä harvennushakkuuta ajatellen kovin valoisalta. Suurien ikäluokkien siirtäessä metsäomistajuuden nuoremmille ikäpolville, etämetsänomistajuus lisääntyy merkittävästi (Hänninen 2009, 7). Kasperin (2019, 71) mukaan tulevaisuudessa voi olla hyvinkin mahdollista, että ensiharvennuskohdeiksi tullaan tarjoamaan entistä enemmän ylitieheitä, alikasvosta kasvavaa ja laatuviikasta metsää. Metsänomistajilla on tulevaisuudessa

entistä vähemmän tietoja sekä taitoja alkaa tehdä metsänhoitotöitä ja hoitaa metsäasioita itse. Metsän merkitys tulonlähteenä myös vähenee (Rämö, Mäkijärvi, Toivonen & Horne 2009, 41–42). Edellä mainitut asiat voivat vaikuttaa tulevaisuuden metsien tilaan heikentävästi erityisesti näkyvyyden kannalta. Metsästä saatavien tulojen riippumattomuus ja tietoisuuden väheneminen metsänhoidosta voi myöhästyttää ensiharvennuksia sekä metsänhoitotyöt voivat unohtua.

Etenkin näkyvyysongelmien takia puuvalinnan automaattisen opastuksen uskottiin auttavan kuljettajaa jaksamaan paremmin työssään. Ylimääräinen kurkkiminen puiden yläosaan ja latvukseen jäisi vähemmälle, sekä konetta ei tarvitsisi liikutella edes takaisin. Väsymätön koneäly olisi hyödyllinen tukemassa päätöksiä etenkin työvuoron loppupuolella. Lisäinformaation vaikutusta korjuutyön tuottavuuteen voi olla hankala parantaa, vaikka etenkin kuljettajan havainnointikertojen määrän laskiessa, korjuutyön sujuvuuteen opastavat järjestelmät voivat vaikuttaa runsaasti. Päätöksenteon tukeminen auttaa paitsi tavoitteiden saavuttamisessa, myös parantaa kuljettajan jaksamista, kun työhön kohdistuvaa henkistä rasitusta saadaan vähennettyä (Kauppinen ym. 2016, 27). Nykyisten hakkukoneiden tekninen kehittyminen ja suorituskyvyn kasvu nostaa opastavien järjestelmien tarvetta, koska nykyisin tuottavuuden kasvua rajoittaa useimmiten kuljettaja eikä kone (Väätäinen ym. 2012; Ylimäki ym. 2012).

Opastavasta järjestelmästä uskottiin olevan hyötyä sekä ensi- ja myöhemmällä harvennuksella. Molemmista harvennuksista nähtiin olevan omat haasteensa, joihin opastava järjestelmä olisi hyödyllinen.

## 6.7 Kuljettajaa opastavan järjestelmän kehittäminen

Vahtilan (2019, 99) mukaan hakkukoneteknologiassa kehitys on menossa kohti älykkäiden järjestelmien käyttöönottoa. Vahtilan (2019, 99) mukaan pitkällä aikajänteellä metsäteknologian kehitystyön tavoite on kuljettajan korvaaminen hakkuutyössä. Ennen autonomisten hakkukoneiden tuloa, semiautomatisoitujen ratkaisujen odotetaan yleistyvän (Vahtila 2019, 99).

Opastavien järjestelmien kehittämisen lähtökohtana tulisi painottaa poistettavien puiden valinnassa ilmenevien ongelmiin sekä järjestelmän käyttäjystävällisyyteen. Opastusta ei voida rakentaa pelkän matemaattisen tarkastelun varaan,

koska mukaan on otettava myös osin heuristisia tutkimusmenetelmiä. Kuljettajien motivaatio, havainnointikyky ja jaksaminen vaihtelevat työpäivien aikana sekä työpäivien välillä. Nämä tekijät tuovat haasteita tietokoneperusteisen järjestelmän kehittämiseen. Ylimäki ym. (2012, 35) mukaan on myös huomioitava ihmisten yksilöllinen kyky mieltää opastuksen muoto, hyödyllisyys sekä tarve puunkorjuun erilaisissa tilanteissa.

Opastuksen kehittämisen suunta pitäisi olla puuvalinnassa ilmenevien näkyvyysongelmien ratkaisussa. Näkyvyysongelmat vaikeuttavat ja hidastavat työntekoa sekä aiheuttavat kuljettajalle ylimääräistä fyysistä ja henkistä väsymystä. Etenkin ylimääräinen kurkkiminen puun latvukseen sekä rungon yläosaan on fyysisesti rankkaa. Vaikeiden sääolosuhteiden vallitessa puiden laatuominaisuuksien ja sairauksien hahmottaminen vaikeutuu entisestään. Opastavien järjestelmien päätöstuen kehittämisessä on otettava pääasialliseksi kehityksen suunnaksi kuljettajan päätöksiä tukeva automaattinen järjestelmä, joka on vapaaehtoinen käyttää, eikä häiritse kuljettajan työskentelyä. Opinnäytetyöstä saatujen tulosten perusteella voidaan määritellä puuvalintaan liittyviä muuttujia ja rajoitteita. Tuloksista saadaan suuntaviivoja opastukseen puun eri osien suhteen ja puulajien välillä sekä pystytään määrittämään merkittävimmät näkyvyysongelmat.

Kuljettajan opastuksen kehittämisessä tulee pyrkiä selvittämään toimivin ratkaisu opastuksen näkökulmaan. Ennakkoleimatuilla kohteilla työskennelleet kuljettajat näkivät tärkeimmäksi tekijäksi leimauksen sijoittumisen puuhun. Leimaajan näkökulmat ja tavoitteet voivat erota kuljettajien näkemyksestä hyvinkin merkittävästi, koska esimerkiksi maan tasalla tehty leimaus voi olla haastava havaita korkeammalle koneen hyttiin. Edellä mainittujen tekijöiden takia opastuksen pitäisi tapahtua samalta tasolta, missä kuljettaja tekee omaa puuvalintaa tai muuten opastavan järjestelmän tarjoama apu voi johtaa kuljettajan ja järjestelmän ristiriitisiin. Saariluoman (2004, 15) käyttäjäpsykologian mukaan laitteita suunniteltaessa olisi syytä selvittää aluksi käyttötilanteet ja vasta sen jälkeen niihin sopivat laitteet. Ihmisen tarpeisiin perustuvassa suunnittelussa vaaditaan kuitenkin ihmisen toiminnan syvällisempää ymmärtämistä, ja on huomattava, että ihmisen ja koneen kommunikaatio poikkeaa kommunikaatiosta toisen ihmisen kanssa (Saariluoma 2004, 7–9, 15).

## 7 POHDINTA

Haastateltavien otannan vähäinen määrä oli haasteellinen määrällisen tutkimuksen kriteereillä. Pienen otannan takia työssä saatuja tuloksia ei voida yleistää tai luoda tilastollisesti luotettava mallia, joka koskisi koko hakkuukoneenkuljettajien ammattiryhmää. Saaduista tuloksista onnistuttiin selvittämään puuvalintaan liittyviä ongelmia ja päätöstuen tarpeellisuus saatiin kartoitettua riittävältä osin. Laadullinen aineisto sen sijaan yllätti runsaudellaan ja auttoi opinnäytetyön tekijää pureutumaan aiheeseen syvemmälle. Myös harvennusvoimakkuuden tekijöitä ja harvennusvoimakkuuden sovelluksen tarpeellisuutta saatiin selville riittävältä osin. Opastavien järjestelmien mahdollisuuksista on tehty tämän tutkimuksen lisäksi selvitys myös Itä-Suomen hankinta-alueelle. Yhteensä 60 kuljettajan otannasta saadaan hyvä pohja opastavien järjestelmien kehittämiseen.

Tätä tutkimusta tehtiin erittäin mielenkiintoisesta ja uudesta aiheesta, koska automatisoituja puuvalintaa opastavia järjestelmiä ei ole vielä ollut käytössä hakkuukoneissa eikä edes demoversiota siitä ole kehitetty. Teknologia kehittyy hurjaa vauhtia, ja metsätalouden puolellakin on syytä odottaa automatisoitujen opastavien järjestelmien tuleamista osaksi hakkuukoneenkuljettajan työtä. Opinnäytetyön tekijällä ei ollut ennestään kovin laajaa tietoa hakkuukonetyöstä, mutta tutkimusta tehdessä oppi hakkuukoneenkuljettajan työstä paljon. Kuljettajat vastailivat mielellään myös sellaisiin kysymyksiin, joita ei ollut kyselylomakkeella. Yhden haastattelun tekeminen hakkuukoneen kyydissä, kuljettajan tehdessä samalla puuvalintaa, olisi opinnäytetyön tekijän käsitykset puuvalinnan ongelmista ja haasteista parantunut luultavasti paljon.

Puhelinhaastattelut koettiin tätä tutkimusta tehdessä hyväksi tutkimusmuodoksi runsaan laadullisen aineiston lisäksi myös siksi, että kuljettajien tehdessä usein samaan aikaan työtään, pystyttiin keskustelemaan puuvalinnasta sekä siihen liittyvistä ongelmista juuri silloin kun kuljettaja oli puuvalintoja tekemässä. Lähes kaikki haastatteluihin osallistuneet kuljettajat olivat hyvin innokkaita kertomaan työstään ja keskustelemaan mahdollisista työhönsä liittyvistä kehitys- ja uudistuskohdeista. Puhelinhaastatteluja tehdessä ja keskustelujen syventyessä, oli mielenkiintoista kuulla kuljettajien mielipiteitä sellaisiin järjestelmiin, joita ei ole edes päästy vielä testaamaan.

Haastattelun haasteeksi muodostui myös puutteellinen tietous opastavista järjestelmien toimivuudesta, etenkin opinnäytetyön tekijän osalta. Puutteellinen tietous vaikeutti haastateltavien vastaamista järjestelmien tarpeellisuutta kysyessä sekä loi haasteita opinnäytetyön tekijälle monessa suhteessa. Tästä syystä puuvalinnan opastuksen kehittäminen vaatisi esimerkiksi simulaattoritutkimuksen, millä voitaisiin konkreettisesti testata opastuksen hyödyllisyyttä. Opastavien järjestelmien kehittämisessä pitää tietää kenelle, millaista ja mihin olosuhteisiin opastusta kehitetään.

Hakkuukoneenkuljettajan puuvalintaan liittyvä päätöksenteko voi olla tietyissä olosuhteissa todella psyykkisesti kuormittavaa ja stressaavaa. Nopean työtahdin ylläpitämiseksi kuljettajan täytyy tehdä puuvalintaa yhtä nopeasti ja tarkasti työvuoron alku- ja loppupuolella. Työkokemuksen myötä kehittynyt ammattitaito ja tuntuma helpottavat kuljettajaa muodostamaan kokonaiskuvan hakkuun toteutuksesta jopa psyykkisten ja ulkoisten häiriötekijöidenkin vallitessa. Tästä huolimatta kuljettajaa opastavat järjestelmät pystyisivät mahdollisesti tarjoamaan ratkaisun kuljettajan suorituskyvyn parantamiselle ja työn laadun hallintaan. Kaikista kokeneimmat kuljettajat eivät välttämättä koe opastavia järjestelmiä tarpeelliseksi, mutta hyötyisivät opastuksesta ääriolosuhteissa ja erittäin vaikeissa puuvalinnan tilanteissa. Opinnäytetyön tekijä ymmärsi myös niitä haastateltavia, joiden mielestä nykyinen kehitys on jo niin pitkällä, ettei uutta automatisoitua teknologiaa voida kehittää ihan lähiaikoina.

Muilla teollisuuden toimialoilla mm. autoteollisuudessa on jo kehitetty monipuolisesti kuljettajaa opastavia sekä avustavia järjestelmiä. Esimerkiksi auton kaistavahdit, etäisyysvahdit ja automaattiset hätäjarrusysteemit ovat uudenlaista sensoriteknologiaa, jota ei ole vielä metsäkoneteollisuuteen astutettu. Suoraan ei voida ajatella samankaltaisista tarvetilanteista avustavia järjestelmiä kehittäessä metsäkoneeseen, vaan esimerkiksi automaattisen hätäjarrusysteemien ihmisen tunnistavia sensoreita pystyttäisiin mahdollisesti kehittämään puun laatuominaisuudet tunnistavaksi avustavaksi järjestelmäksi. Hätäjarrusysteemit ovat kehitetty sillä ajatuksella, että järjestelmä pystyisi tunnistamaan ihmisen esimerkiksi toisen auton takaa ja vaikeidenkin sääolosuhteiden vallitessa. Tätä teknologiaa voitaisiin hyödyntää hakkuukoneenkuljettajan työssä esimerkiksi ääriolosuhteiden vallitessa.

## LÄHTEET

Hartikainen, S., Hyvärinen, E., Airaksinen, P., Siren, M., Aholainen, R. & Lilleberg, R. 1990. Harvennushakkuille asetettavat vaatimukset, sekä korjuujäljen arviointi ja mittaaminen. Helsinki: Tuokiprint Ky. Viitattu 16.1.2020.

[http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Opas\\_harvennushakkuiden-korjuuj%C3%A4ljelle-asetettavat-vaatimukset-1990.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Opas_harvennushakkuiden-korjuuj%C3%A4ljelle-asetettavat-vaatimukset-1990.pdf).

Husu, T. 2010. Päätöksenteon tukijärjestelmien ihmiskeskeinen suunnittelu. Helsingin yliopisto. Tietojenkäsittelytieteen laitos. Seminaarialustus. Viitattu 13.2.2020. [https://www.cs.helsinki.fi/u/thusu/opinnot/kl\\_sem/2010-04-15\\_dss.pdf](https://www.cs.helsinki.fi/u/thusu/opinnot/kl_sem/2010-04-15_dss.pdf).

Huuskonen, S. 2008. Nuorten männiköiden kehitys - taimikonhoito ja ensiharvennus. Helsingin yliopisto. Viitattu 18.1.2020 <https://dissertationesforestales.fi/article/1844>.

Huuskonen, S., Hynynen, J., & Valkonen, S. 2014. Metsän kasvatusta, menetelmät ja kannattavuus. Porvoo: Metsäkustannus Oy.

Hynynen, J., Valkonen, S., & Rantala, S. 2005. Tuottava metsänkasvatusta. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.

Hynynen, J. 2008. Metsän kasvattaminen. Teoksessa S. Rantala (toim.) Tapion taskukirja. Helsinki: Metsäkustannus Oy. 177–197.

Hämäläinen, J., Holopainen, M., Hynynen, J., Jyrkilä, J., Rajala, P., Ritanen, R., Räsänen, T., & Visala, A. 2014. Perusteita seuraavan sukupolven metsävarajärjestelmälle. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos. Viitattu 13.2.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016102425523>.

Hänninen, H. 2009. Metsänomistuksen rakennemuutos edistämisenorganisaatioiden kannalta. Metsäntutkimuslaitos. Viitattu 27.2.2020. <https://docplayer.fi/3052256-Metsänomistuksen-rakennemuutos-edistämisenorganisaatioiden-toiminnan-kannalta-harri-hanninen.html>

Jyväskylän yliopisto. 2015. Määrällinen tutkimus. Jyväskylän yliopisto. Viitattu 7.2.2020

Kaila, E. & Saarenmaa, H. 1990. Tietokoneavusteinen päätöksentekoa metsätaloudessa. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos. Viitattu 14.2.2020 <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1120-1>.

Kallio-Mannila, P. 2016. Puuhuolto/puun hankinta - Case Stora Enso. Viitattu 28.2.2020 [https://smy.fi/wp-content/uploads/2016/05/PMA40\\_PekkaKallio-Mannila.pdf](https://smy.fi/wp-content/uploads/2016/05/PMA40_PekkaKallio-Mannila.pdf).

Kariniemi, A. 2006. Kuljettajakeskeinen hakkuukonetyön malli - työn suorituksen kognitiivinen tarkastelu. Helsingin yliopisto. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Väitöskirja. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön

laitoksen julkaisuja 38. Viitattu 8.1.2020. <http://hdl.handle.net/1975/443>.

Kasper, J. 2019 Kuljettajan puuvalintaa opastavan järjestelmän hyötypotentiaali harvennushakkuilla. Karelia-ammattikorkeakoulu. Metsätalous. Opinnäytetyö. Viitattu 13.2.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201905067800>.

Kauppinen, J., Väätäinen, K., Tauriainen, S., Einola, K., Malinen J. & Sirén, M. 2016. Monilähdetietoa hyödyntävien karttaopasteiden tarve puunkorjuussa. Haastattelututkimus hakkuukoneenkuljettajille. Luonnonvarakeskus. Viitattu 14.2.2020. <http://urn.fi/URN:ISBN:%20978-952-326-196-9>.

Kokkarinen, J. 2012. Koneellinen puunkorjuu – Hallitusti hyvään tulokseen. Vantaa: Metsäteho.

Kääriäinen, R. 2017. Metsäkoneenkuljettajan osaamistarpeet metsäkoneyrityksessä. Hämeen ammattikorkeakoulu. Biotalousliiketoiminnan kehittämisen koulutusohjelma. Opinnäytetyö, ylempi AMK. Viitattu 9.1.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017062213940>.

Littiläinen, P., Hyppölä, A., Kariniemi, A., Nieminen, A., Poikela, T., Ranta, A., Roininen, R., Rumpunen, K., Tolonen, H. & Äijälä, O. 2003. Korjuu-jälki harvennushakkuussa- opas. Helsinki: Metsäteho. Viitattu 16.1.2020. [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Korjuujalki\\_harvennushakkuussa\\_opas.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Korjuujalki_harvennushakkuussa_opas.pdf).

Luonnonvarakeskus. 2019. Ruoka- ja luonnonvaratilastojen e-vuosikirja 2019. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu 23.2.2020. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-880-7>.

Metsäkeskus. 2018. Korjuujäljen otantatarkastukset vuonna 2018. Helsinki: Metsäkeskus. Viitattu 17.2.2020. <https://www.metsakeskus.fi/korjuujaljen-laatu>.

Mielikäinen, K & Riikilä, M, 1997. Kannattava puuntuotanto. Metsäntutkimuslaitos ja Tapio. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.

Ovaskainen, H. 2009. Timber harvester operators' working technique in first thinning and the importance of cognitive abilities on work productivity. Dissertations Forestales 79. Viitattu 8.1.2020. <https://dissertationesforestales.fi/pdf/article1862.pdf>.

Ovaskainen, H. 2012. Koneellinen puunkorjuu- verkko-opas. Vantaa: Metsäteho Oy. Viitattu 17.1.2020. <http://www.metsateho.fi/koneellinen-puunkorjuu-verkko-opas/>.

Palander, T., Toivonen, M., & Laukkanen, S. 2002. Groupware and group decision support systems for wood procurement organisation. Silva Fennica 36(2). Viitattu 1.3.2020. <https://doi.org/10.14214/sf.546>.

Pesonen, M., littiläinen, P., Immonen, K. Jaakkola, S., Kariniemi, A., Korpilahti, A., Nieminen, T., Roininen, K., Strandström, M. & Vartiamaäki, T. 2005. Korjuun suunnittelu ja toteutus. Helsinki: Metsäteho Oy. Viitattu 23.1.2020.



[http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Korjuun\\_suunnittelu\\_ja\\_toetus\\_ver02.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Korjuun_suunnittelu_ja_toetus_ver02.pdf).

Poikela, A. 2008. Korjuujälki. Teoksessa S. Rantala (toim.) Tapion taskukirja. Helsinki: Metsäkustannus Oy. 407–414.

Rämö, A.K., Mäkijärvi, L., Toivonen, R., Horne, P. 2009. Suomalaisen metsänomistajan profiili vuonna 2030. Helsinki: Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos PTT. Viitattu 20.2.2020. [https://www.metsasaatio.fi/content/download/1442/16549/file/Suomalaisen\\_metsanomistajan\\_profiili\\_vuonna\\_2030.pdf](https://www.metsasaatio.fi/content/download/1442/16549/file/Suomalaisen_metsanomistajan_profiili_vuonna_2030.pdf).

Saaranen-Kauppinen, A & Puusniekka, A. 2006. Aineiston hankinta. Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Viitattu 16.2.2020.

Saariluoma, P. 2004. Käyttäjäpsykologia. Ihmisen ja koneen vuorovaikutuksen uusi ajattelutapa. Helsinki: WSOY.

Sandström, M. 2019. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2018. Helsinki: Metsäteho Oy. Viitattu 14.1.2020. [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja\\_2019\\_17a\\_Puunkorjuu\\_ja\\_kaukokuljetus\\_vuonna\\_2018.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2019_17a_Puunkorjuu_ja_kaukokuljetus_vuonna_2018.pdf).

Stora Enso Metsä 2020. Stora Enso Metsä ottaa käyttöön sähköisen allekirjoituksen puukaupassa. Viitattu 28.2.2020 <https://www.storaensometsa.fi/storaenso-metsa-ottaa-kayttoon-sahkoisen-allekirjoituksen-puukaupassa/>.

Taanila, A. 2013. Akin menetelmäblogi. Viitattu 1.4.2019. <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/03/08/mann-whitney-u-testi/>.

Tapio 2019. Maa ja metsätalousministeriön ja Tapion yhteistiedote. Helsinki: Tapio. Viitattu 20.2.2020. <https://tapio.fi/tiedotteet/metsanhoidon-suosituksia-paivitettiin-jatkuvan-kasvatuksen-ja-ilmastonmuutokseen-sopeutumisen-osalta-2/>.

Tiilikainen, M. 2018. Metsäkoneenkuljettajan työympäristön kehittäminen. Karelialan ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 7.1.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018111317050>.

Tikkanen, J., Hokajärvi R., Hujala T. & Lappalainen S. 2007. Asiakaslähtöisyys metsäsuunnittelun kehittämishaasteena. Metsäntutkimuslaitos. Viitattu 14.2.2020. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp065.htm>.

Vahtila, M. 2019. Metsien ekologia ja käyttö. Poistettavien puiden etukäteisvaikuttavuus hakkuun tuottavuuteen ja laatuun koneellisessa harvennushakkuussa. Helsingin yliopisto. Metsätieteiden maisteriohjelma. Maisterin tutkielma. Viitattu 19.2.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201905081886>.

Viljamaa, M. 2014. Poistettavien puiden valinta laatuperustein. Metsäteho. Viitattu 1.3.2020. [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Semi-naari\\_2014\\_01\\_g\\_Harvennushakkuun\\_oppimispolku\\_Viljamaa\\_19032014.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Semi-naari_2014_01_g_Harvennushakkuun_oppimispolku_Viljamaa_19032014.pdf).

Väätäinen, K., Ikonen, T., Ala-Illomäki, J., Sirén, M., Lamminen, S. & Asikainen, A. 2012. Kuljettajaa opastavat älykkäät järjestelmät ja niiden käyttö koneellisessa puunkorjuussa. Metlan työraportteja 223. Viitattu 4.2.2020. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp223.htm>.

Väätäinen, K., Ovaskainen, H, Ranta, P& Ala-Fossi, A. 2005. Hakkuukonekuljettajan hiljaisen tiedon merkitys hakkuutulokseen työpistetasolla. Kuopio: Metsäntutkimuslaitos. Viitattu 3.2.2020. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1950-4>.

Ylimäki, R., Väätäinen, K., Lamminen, S., Siren, M., Ala-Illomäki, J., Ovaskainen, H. & Asikainen, A. 2012 Kuljettajaa opastavien järjestelmien tarve ja hyöty-potentiaali koneellisessa puunkorjuussa. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos. Viitattu 19.2.2020. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2352-1>.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset. Metsäkustannus Oy.

## LIITTEET

Liite 1(1)

**Kuljettajan puuvalintaa opastavan järjestelmän hyötypotentiaali harvennushakkuilla -selvitys**  
**Samuli Inge/Lapin Ammattikorkeakoulu & Etoro Enso Metsä**

Selvityksen tarkoituksena on kerätä hakkuukonekuljettajien mielipiteitä ja näkemyksiä puuvalintaan liittyvissä tilanteissa harvennuksilla. Lisäksi selvityksen tavoitteena on selvittää, onko kuljettajaa avustaville järjestelmille tarvetta poistettavien puiden valinnassa. Tavoitteena on lisätä kuljettajien hyvinvointia ja työssäjaksamista sekä edistää hakkuutyön sujuvuutta harvennuksilla.

**Kuljettajaa koskevat tiedot**

Nimi \_\_\_\_\_

Ikä: \_\_\_\_\_

Puhelinnumero \_\_\_\_\_

Sähköpostiosoite \_\_\_\_\_ (selvityksen tulosten lähettämistä varten kuljettajalle)

Työkokemus hakkuukoneystöstä, \_\_\_\_\_

Koulutus \_\_\_\_\_

**Kuinka paljon hakkasit puuta vuonna 2018?**

Hakkuumääräni oli \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

**Mikä osuus viime vuoden hakkuusta oli harvennushakkuilla?**

Hakkaamastani puumäärästä noin \_\_\_\_\_ % tuli harvennuksilta viime vuonna (2018).

**Onko sinulla aiempaa kokemusta ennakkoleimatulla kohdella työskentelystä?**

Kyllä  Ei

**Jos vastasi kyllä, niin millaisia kokemuksia? Missä olti hakkaamassa ennakkoleimattua kohteita/työmaata ja kuinka koit sen vaikuttavan työsuoritukseesi?**

\_\_\_\_\_

**1. Poistettavien puiden valinta**

**1.1. Miten valitsit hakkuussa poistettavat puut harvennuksella?**

Valitsen työsektorissa ensin säästettävät puut, jolloin loput ovat poistettavia puuta.

Valitsen työsektorissa poistettavat puut, jolloin loput ovat säästettäviä puuta.

Valikoin sekä poistettavia että säästettäviä puuta vuorotellen.

**1.2. Minkä työvälineen/-välineiden aikana useimmiten teit poistettavien puiden valintaa harvennushakkuilla?**

\_\_\_\_\_

**1.3. Montako säästettävää/poistettavaa puuta hahmotat kerralla yleensä harvennushakkuilla?**

Hahmotan keskimäärin \_\_\_\_\_ puuta.

## 2. Poistettavien puiden ominaisuudet

2.1. Mitkä ominaisuudet vaikuttavat sinulla poistettavan puun valintaan harvennushakkuilla?  
Arvioi asteikolla 1-6: 1= Ei lainkaan vaikutusta ... 6=Vaikuttaa erittäin merkittävästi.

A) Laatuviat (lenkous, oksaisuus tms)	_____	1= ei lainkaan vaikutusta
B) Elävän latvuksen osuus	_____	2= vähäinen vaikutus
C) Puun sairaudet (esim. tervasoosi)	_____	3= vaikuttaa kohtalaisesti
D) Puulaji	_____	4= vaikuttaa merkittävästi
E) Epätasainen tilajärjestys	_____	5= vaikuttaa erittäin merkittävästi
F) Puun sijainti suhteessa ympäröivään puustoon	_____	
G) Puun sijainti suhteessa hakkuukoneeseen	_____	
H) Metsänomistajan toiveet	_____	
I) Runkojen järeys	_____	
J) Muu, mikä? _____	_____	

2.2. Mihin puun osaan kohdistat yleensä huomiota, kun valitset harvennuksessa poistettavia puita?  
Valitse yksi, kuvaavin vaihtoehto.

Pääasiassa rungon tyviosaan (alle puolet puun pituudesta)	<input type="checkbox"/>
Pääasiassa rungon yläosaan ja latvukseen	<input type="checkbox"/>
Runkoon ja latvukseen koko puun pituudelta	<input type="checkbox"/>

## 3. Miten eri olosuhteet vaikeuttavat puuvalintaa?

Arvioi asteikolla 1-6 (1= Ei lainkaan vaikutusta ... 6=Vaikuttaa erittäin merkittävästi) seuraavien tekijöiden vaikutusta puuvalinnan onnistumiseen.

Metsikön suuri lähtöteho (esimerkiksi myöhästyneet ensiharvennukset)	_____	1= ei lainkaan vaikutusta
Lunta pölyssä	_____	2= vaikeuttaa vähän
Ruusu-alkasvos	_____	3= vaikeuttaa kohtalaisesti
Häikäisevä aurinkovalo	_____	4= vaikeuttaa merkittävästi
Ruusu-lehtipuun osuus, kun pääpuulaji on kuusi tai mänty	_____	5= vaikeuttaa erittäin merkittävästi
Pimeys ja vesisade	_____	
Jokin muu, mikä? _____	_____	

## 4. Kuljettajan tarvitsema lisäinformaatio

4.1. Mitä lisäinformaatiota uskot olevan hyötyä poistettavien puiden valinnassa?

Vastaa käyttäen asteikkoa 1-6: (1=EI lainkaan hyötyä ... 6=Erittäin merkittävä hyöty).

1. Lisätieto puun eri osista		1= ei lainkaan hyötyä
a. Rungon yläosa	_____	2= vähäinen hyöty
b. Rungon alaosa	_____	3= kohtalainen hyöty
c. Puun latvus	_____	4= merkittävä hyöty
		5= erittäin merkittävä hyöty
2. Lisätiedon hyöty puulajeittain		
a. Mänty	_____	
b. Kuusi	_____	
c. Kolvu	_____	

4.2. Valitse seuraavista kolme merkittävintä laatuominaisuutta, joiden automaattinen tunnistaminen helpottaisi poistettavien puiden valintaa harvennushakkuilla.

_____ Koro
_____ Lenkous
_____ Kaksikaarisuus
_____ Latvakatko
_____ Polkaaksa
_____ Oksaisuus
_____ Mutka
_____ Muu, mikä? _____

## 5. Harvennusvoimakkuus

5.1. Mitkä eri tekijät vaikuttavat mielestäsi eniten harvennusvoimakkuuteen?

Vastaa käyttäen asteikkoa 1-6: 1=EI lainkaan vaikutusta ... 6=Erittäin merkittävä vaikutus.

Harvennushakkuulle asetettu kertymäarvio	_____	1= ei lainkaan vaikutusta
Lähtöpuuston tiheys	_____	2= vähäinen vaikutus
Lähtöpuuston tilajärjestys	_____	3= vaikuttaa kohtalaisesti
Lähtöpuuston alhainen laatu	_____	4= vaikuttaa merkittävästi
Käytettävä korjuukalusto	_____	6= vaikuttaa erittäin merkittävästi
Kuljettajan kyky arvioida jäävän puuston määrää	_____	
Hankalat maastonmuodot kuten jyrkätteet	_____	
Jokin muu tekijä, mikä? _____	_____	

5.2. Jos käytössä olisi harvennusvoimakkuuden seurantaan tarkoitettu sovellus, käyttäisitkö sitä?

Kyllä  Ei  En osaa sanoa

## 6. Poistettavien puiden osoittaminen kuljettajalle

6.1. Kokisitko puuvalinnan opastuksesta olevan potentiaalisia hyötyä sinulle?

Kyllä  Ei  En osaa sanoa

6.2. Missä tilanteissa tieto poistettavista puista olisi hyödyllistä?

	Ei koskaan	Harvoin	Joskus	Usein
Valintatilanne kahden puulajin välillä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valintatilanne kahden virkaisen puun välillä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Säästettävien uranvarsipuiden valinta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poistettavien puiden valitseminen työpisteestä ulkoalueilta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jokin muu tilanne, mikä? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6.3. Mitä mahdollisia vaikutuksia puuvalintaa opastavasta järjestelmästä arvelet olevan?

	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
Puuvalinnan opastus nostaisi korjuutyön laatua.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Puuvalinnan opastus nostaisi korjuutyön tuottavuutta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Puuvalintaa opastavan järjestelmän käyttö auttaisi jaksamaan paremmin työssä.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Puuvalinnan opastus valkeutaisi itsenäistä työskentelyä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6.4. Miten näet, missä hakkuukoneen kuljettajan puuvalinnan opastuksella on suurin potentiaali?

Valitse yksi, sopivin vaihtoehto.

- \_\_\_\_\_ ensiharvennuksella  
 \_\_\_\_\_ myöhemmissä harvennuksella  
 \_\_\_\_\_ molemmissa on yhtä suuri potentiaali

Kiitos mielenkiinnosta ja vastauksistasi!

Samuli Inget

puh 040 6462064 [samuli.inget@nirml.com](mailto:samuli.inget@nirml.com)