

# Metsäkoneen pituustarkkuuden ylläpitoon käytettävä aika

Olli Haverinen, Simo Kotka

Opinnäytetyö, helmikuu 2023



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Helmikuu 2023**  
**Metsätalouden koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

**Tekijä(t)**  
Olli Haverinen, Simo Kotka

**Nimeke**  
Metsäkoneen pituustarkkuuden ylläpitoon käytettävä aika

**Toimeksiantaja**  
Hakka Oy

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyössä tutkittiin metsäkoneen pituustarkkuuden ylläpitoon käytettävää aikaa päivässä. Työssä myös esitellään tarkasti hakkuukoneen koura ja sen toiminta sekä hakkuukoneen kuljettajan työpäivä. Työssä myös tarkastellaan pituusmitan tärkeyttä puuntuotannossa ja mitkä määräykset ja lait pätevät pituusmittaukseen.

Työn tavoitteena oli saada selkeä kuva pituustarkkuuden ajankäytöstä sekä selvittää miten kyseinen työvaihe olisi mahdollista suorittaa mahdollisimman tehokkaasti. Tutkimuksen aineisto kerättiin kuljettajilta heidän täyttämistään lomakkeista. Kuljettajat kellottivat itse ajan, jonka he olivat käyttäneet pituustarkkuuden ylläpitoon päivässä. Aineisto kerättiin syyskuun 2022 aikana ja tutkimukseen osallistui yhteensä 7 kuljettajaa. Kuljettajat tekivät kirjauksia vähintään kymmenenä päivänä. Tutkimusaineisto siirrettiin Exceliin, jossa siitä muodostettiin taulukot sekä kuviot kuvaamaan käytettyä aikaa. Tutkimus toteutettiin kvantitatiivisena tutkimuksena.

Pituustarkkuuden ylläpitoon käytettävä aika oli keskimäärin 3 minuuttia ja 53 sekuntia, joka oli odotettua hieman lyhyempi aika, kun otetaan huomioon, että kuljettaja poistuu koneen hytistä ja käy mittaamassa puiden pituudet käsin. Osa kuseista suoritti puiden mittaukset erittäin nopeasti, jopa alle 3 min:n. Ylläpitoon käytettävä aika erosi hieman muista tutkimuksista olemalla lyhyempi. Olosuhteilla tai hakkuutavalla ei tässä tutkimuksessa ilmennyt olevan vaikutusta.

**Kieli**  
suomi

Sivuja 39  
Liitteet 2  
Liitesivumäärä 2

**Asiasanat**  
mittaus, tarkkuus, pituus, hakkuukoneet, ajankäyttö



**THESIS**  
**February 2023**  
**Degree Programme in Forestry**

Tikkarinne 9  
FI 80200 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. +350 13 260 600

**Author(s)**  
Olli Haverinen, Simo Kotka

**Title**  
Use of Time in Maintaining the Length Measurement Accuracy of Harvester  
**Commissioned by**  
Hakka Oy

**Abstract**

In this thesis the time used to maintain the length measurement accuracy of the harvester was examined. The thesis also describes the grapple of the harvester and the harvester driver's day. Topics like the importance of the length measurement accuracy in forestry and in wood production, and laws that applies to length measurement accuracy were also examined.

The goal of the thesis was to get clear picture of time used to maintain the length measurement accuracy and to find out the most efficient way to do it. The research material was collected from the forms filled by harvester drivers. The drivers themselves clocked the time they had spent to maintain length accuracy. The data was collected during September 2022 and a total of 7 drivers participated in the study. The drivers made notes at least ten days. The survey material was transferred to Excel, where tables were generated along with graphs to show the time spent. The study was carried out as a quantitative study.

The average time used to maintain length accuracy was 3 minutes and 53 seconds, which was slightly shorter than expected, considering that the driver leaves the harvesters cabin and goes to measure the tree lengths manually. Some of the drivers completed the tree measurements very quickly, even in less than 3 minutes. The time spent on maintenance differed slightly from other studies by being shorter. Circumstances or logging method did not appear to have an effect in this study.

**Language**  
Finnish

Pages 39  
Appendices 2  
Pages of Appendices 2

**Keywords**  
measurement, accuracy, length, harvesters, use of time

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Puunkorjuu.....	6
2.1	Koneellinen puunkorjuu .....	6
2.2	Harvesterin toiminta ja rakenne .....	7
2.2.1	Harvesteripään toiminta .....	8
2.2.2	Eturunko .....	9
2.2.3	Keskirunko .....	10
2.2.4	Saharunko ja saha .....	10
2.2.5	Rungon pito ja puun käsittely harvesteripäällä.....	11
2.2.6	Mittalaitteet ja automatiikka.....	13
2.3	Hakkuukonekuljettajan työpäivä .....	14
3	Puutavaran mittaus .....	15
3.1	Yleistä puutavaran mittauksesta .....	15
3.2	Pituusmitan tarkastelu .....	16
3.3	Mittalaki .....	17
3.4	Laatuvaatimukset.....	18
3.5	Katkonnan ohjaus .....	19
4	Opinnäytetyön tavoite ja tehtävä.....	24
5	Aineiston keruu ja analysointi .....	25
5.1	Aineiston keruu .....	25
5.2	Aineiston analysointi .....	26
5.3	Opinnäytetyön menetelmälliset valinnat .....	26
6	Tutkimuksen tulokset .....	28
6.1	Kuljettaja 1 .....	28
6.2	Kuljettaja 2 .....	29
6.3	Kuljettaja 3 .....	30
6.4	Kuljettaja 4 .....	31
6.5	Kuljettaja 5 .....	32
6.6	Kuljettaja 6 .....	33
6.7	Kuljettaja 7 .....	34
7	Pohdinta.....	36
7.1	Tulosten tarkastelu ja vertailu .....	36
7.2	Tutkimuksen luotettavuus .....	38
7.3	Hyödynnettävyys ja jatkotutkimukset .....	39

Lähteet

Liitteet

Liite 1

Liite 2

## 1 Johdanto

Harvesterin mittatarkkuuden seuranta on yksi tärkeimmistä tehtävistä, joita koneenkuljettajan työpäivään kuuluu. Saha- ja vaneritehtaat vaativat tarkkaa pituusmittaa. Yleisesti pituusmitan täytyy pysyä tilanteessa, jossa 90 % katkotuista puista on katkontaikkunassa. Katkontaikkunalla tarkoitetaan pituuksia, joita saha- tai vaneritehdas tavoittelee saavansa.

Esimerkiksi saha haluaa saada tehtaalleen 430 cm pitkää tukkipuuta, jolloin koneeseen säädetty katkontaikkuna on tässä tilanteessa 428–432 cm. Mikäli kone katkaisee puun tähän katkontaikkunaan, on se tehtaalle hyväksyttävä tukki, mutta mikäli pituus jää alle tai menee yli katkontaikkunan, on tukki siinä vaiheessa raakki eli kelpaamaton sahalle. Pituusmitan tarkkuus ja seuranta ovat välttämättömiä asioita, jos puuaines halutaan käyttää mahdollisimman tarkkaan.

Tutkimuksen tavoitteena oli saada selvitettyä tarkalleen, kuinka paljon koneenkuljettajan työajasta kuluu pituusmitan tarkkuuden ylläpitämiseen ja kuinka paljon se laskee hakkuukoneen tuottavuutta. Tarkoituksena oli myös pyrkiä selvittämään, onko pituusmitan ylläpitämisestä mahdollista tehdä tehokkaampaa ja sitä myöten saada nostettua hakkuukoneen tehokkuutta.

Yhtenä teemana oli myös seurata työturvallisuutta, koska aina kun koneenohjaamosta poistutaan, on mahdollista tapahtua työtapaturma.

Tutkimuksen toimeksiantajana toimi Hakka Oy.

Kiitokset kaikille tähän opinnäytetyöhön osallistuneilla kuljettajille, jotka kirjasivat tunnollisesti aikoja ylös sekä työn ohjaajalle Ollipekka Hakoselle ja työn toimeksiantajalle Hakka Oy:lle.

## 2 Puunkorjuu

### 2.1 Koneellinen puunkorjuu

Koneellinen puunkorjuu on Suomessa tunnettu käsite, vaikka muualla maailmassa koneellistuminen ei ole vielä näin pitkällä ja puu valtaosin korjataan ihmistyönä. Koneellisella puunkorjuulla tarkoitetaan korjuuta, jonka kaikki työvaiheet suoritetaan koneellisesti. (Uusitalo 2003, 56.)

Nykypäivänä Suomessa puuta korjataan vuosittain noin 60 milj. m<sup>3</sup> ja 95 % puunkorjuusta tapahtuu metsäkoneilla. Ennen puunkorjuun koneellistumista Suomessa puut kaadettiin kirveillä ja sahoilla sekä kaukokuljetus tuotantolaitoksille hoidettiin hevosilla tai uittamalla. Suomalaisessa puunkorjuussa oli 1950-luvulla taitekohta, kun moottorisaha alkoi yleistyä. Sahan ansiosta korjuusta saatiin nopeampaa ja tehokkaampaa. 1960- ja 1970-luku olivat metsän koneellistumisen aikaa. Esimerkiksi maanmuokkausta ja taimikonhoitoa alettiin tekemään koneellisesti sekä kuorma-autot puun kaukokuljetuksessa yleistyivät. (Metsähallitus 2022.)

”Puunkorjuu tarkoittaa puiden kaatamista, karsimista ja katkontaa sekä runkojen kuljetusta metsästä välivarastolle, mistä kuorma-auto kerää ne puun kaukokuljetukseen, joka johtaa yleensä sahalle tai muulle teollisuuslaitokselle. Välivarasto on lähimmän tien varressa oleva puupino, yleensä 100–500 metrin päässä hakkuualueesta.”  
(Suomen metsäyhdistys 2018.)

Pohjoismaissa tavaralajimenetelmän korjuuketjuun kuuluu yleensä kaksi konetta: hakkuukone ja ajokone. Hakkuukone eli harvesteri kaataa, karsii, mittaa ja katkoo puun haluttuun mittaan. Tämän jälkeen puut lajitellaan ajouran varteen. Ajokoneella tai toiselta nimeltään kuormatraktorilla puut kuljetetaan metsästä tienvarteen lajiteltuihin kasoihin, josta ne on helppo noutaa jatkokuljetukseen. (Kare 2015, 20.)

## 2.2 Harvesterin toiminta ja rakenne

Kotimaisen metsäteollisuuden puuntarpeesta korjataan metsäkoneilla noin 95 %. Nykyaikaiset yksioteharvesterit (kuva 1) ovat kehittyneet tehokkaiksi puunkorjuun monitoimikoneiksi, joilla pystytään tekemään tehokkaasti puuta lähes kaikissa mahdollisissa olosuhteissa. Vain kaikista jyrkimmät rinteet ovat nykypäivän koneille haastavia työskentelyolosuhteita. Hakkuukoneita valmistetaan useaa eri kokoluokkaa. Kevyet hakkuukoneet on suunniteltu ensiharvennuksille ja energiapuun korjuuseen.

Keskiraskaat koneet on suunniteltu harvennuksille ja pienempipuustoisille avohakkuille ja raskaan sarjan koneet on käyttötarkoitukseltaan suunniteltu pääsääntöisesti vain avohakkuille. Suurimpia eroja eri kokoluokissa ovat koneen paino, harvesteripään koko ja koneen leveys. Vielä tällä hetkellä kaikki harvesterit toimivat dieselmootoreilla, jotka pyörittävät koneen hydraulipumppuja. Hydrauliiikkapumput tuottavat voiman nosturille ja harvesteripäälle sekä ajovoimansiirrolle.

Puun kaataminen harvesterilla alkaa, kun koneenkuljettaja vie harvesteripään eli nosturin päässä olevan kouran puuntyvelle ja tarttuu puuhun kouralla. Kun kuljettajalla on puu tukevasti kourassa ja kaatosuunta päätetty, tekee kuljettaja kaatosahauksen ja sahaa puun tyvestä poikki. Tämän jälkeen kouran hydraulisilla sylintereillä toimiva pystyssä pito toiminto vapautuu ja koura kaatuu puun kanssa asentoon, jossa puu voidaan karsia ja katkoa haluttuihin laatuihin. Kun puu on onnistuneesti kaadettu, valitsee kuljettaja ohjauskahvoissa sijaitsevalla näppäimellä oikean puulajin ja kone alkaa automaattisesti käsitellä valittua puuta apteerausohjeen mukaan haluttuihin mittoihin.

Apteerausohjeessa on mittalaitteeseen syötetty tieto, jonka mukaan kone mittaa puuta haluttuun mittaan jatkokäsittelyä varten. Kuljettajalla on kuitenkin aina vastuu ja velvollisuus katsoa, että puu täyttää annetut laatuvaatimukset.

(Leväniemi, J. 2022.)

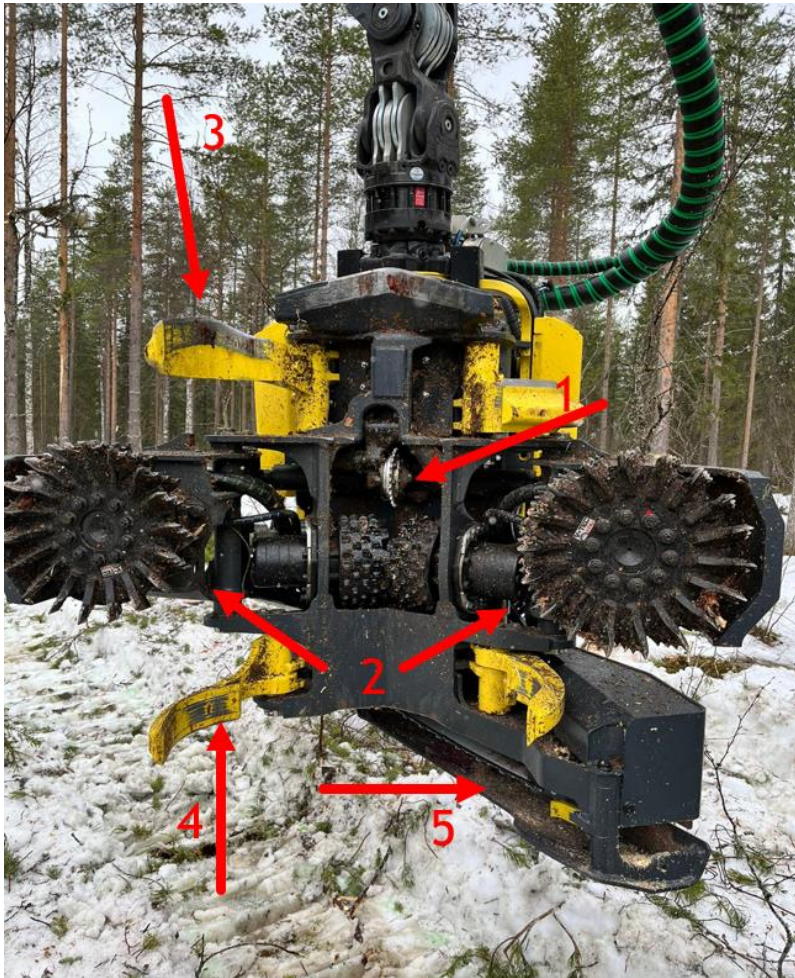


Kuva 1. John Deere hakkuukone (kuva: Olli Haverinen).

### 2.2.1 Harvesteripään toiminta

Harvesterikouria on kaksi ja nelivetoisia. Kaksi vetoinen harvesteripää syöttää puuta vain kahdella vetävällä syöttörullalla. Tässä opinnäytetyössä tehtävässä tutkimuksessa on käytössä vain nelivetoisia kouria, jotka syöttävät puuta neljällä vetävällä syöttörullalla. Nelirullaisen harvesteripään keskeisiä ominaisuuksia ovat neljä syöttörullaa, joiden varret ovat kiinni rungon keskiosassa. Tällä tavalla harvesteripään keskirungosta saadaan mahdollisimman kapea. Syöttörullien (kuva 2) toiminnasta vastaa hydraulikkamootorit ja jokaisella rullalla on oma moottorinsa. Syöttömoottoreiden ja rullien avulla puuta liikutetaan kourassa oikeaan katkaisu kohtaan. Harvesteripäissä on yleensä erotettavissa seuraavat osat: eturunko, keskirunko, saharunko ja tilttirunko. (Leväniemi 2022.)





Kuva 2. Harvesterikouran eri osat numeroituna. 1 Mittapyörä. 2 ulommat syöttörullat. 3 yläkarsimaterät. 4 alakarsimaterät. 5 sahalaite ja sahalaippa (kuva: Olli Haverinen).

### 2.2.2 Eturunko

Eturungossa on yleensä kolme karsimaterää: yksi kiinteä yläterä ja kaksi liikkuvaa etuterää, jotka karsivat puiden oksia. Puuta kaadettaessa kaikki neljä liikkuvaa karsimaterää ottavat tiukasti puusta kiinni ja mahdollistavat suunnatun ja turvallisen puun kaatamisen. Puun kaatamisen jälkeen karsimaterät liukuvat puunrunkoa vasten syötön aikana ja leikkaavat oksat pois. Liikkuvia karsimateriaa käytetään hydraulisten sylinterien avulla.

Yhdessä kiinteään yläterän kanssa ne leikkaavat oksat tarkasti puunrunkoa eteenpäin syöttäessä, mutta vain alaterät, jotka sijaitsevat keskirungossa

leikkaavat oksia, jos puuta joudutaan syöttämään taaksepäin. Kiinteä yläterä on kouran eturungon yläosassa. Teräkokoonpanot valitaan jokaiselle harvesteripäälle käyttöympäristön mukaan. Yleensä kiinteä yläterä on valurautaa ja liikkuvat terät ovat hitsattua terästä. Terien terävyys vaikuttaa puun karsintalaatuun ja koneen tehokkuuteen merkittävästi. (Jormanainen 2019.)

### **2.2.3 Keskirunko**

Keskirunko on harvesteripään keskus, johon kaikki muut harvesteripään rungon osat ja toimintaan liittyvät laitteet on kiinnitetty. Yleensä harvesteripään keskirungossa ovat kiinni ylemmät vetomoottorit ja yläsyöttörullat. Alasyöttörullat ovat asennettu niitä avaaviin ja sulkeviin rullarunkoihin, jotka kiinnittyvät myös keskirunkoon. Rullarungot liikkuvat hydraulisyntereillä auki ja kiinni. Keskirungossa sijaitsee myös puun pituusmittaukseen tarkoitettu mittakelkka, mittapyörä ja mittapyörän työntösylinteri.

Keskirunkoon kiinnittyy myös tilttirunko, joka puunkaato vaiheessa pitää kouran pystyasennossa. Kun puu on sahattu poikki, tiltti kaataa kouran puintiasentoon. Keskirunkoon kiinnittyneinä ovat myös liikkuvat alaterät ja yksi kiinteä takaterä. Tiltti kaataa kouran puintiasentoon. Keskirunkoon kiinnittyneinä ovat myös liikkuvat alaterät ja yksi kiinteä takaterä. (Jormanainen 2019.)

### **2.2.4 Saharunko ja saha**

Saharunko sijaitsee harvesteripään takaosassa, kun harvesteripäätä tarkastellaan puintiasennossa (kuva 3). Pystyasennossa saharunko on alimmaisena. Saharungossa nimensä mukaan sijaitsee sahalaite, joka kaataa ja katkoo rungot oikeisiin mittoihin automatiikan avustuksella tai vaihtoehtoisesti kuljettajan päätöksellä. Saharungossa on pöllien värimerkkauslaite, jolla voidaan merkata eri tavaralajit toisistaan. Saharungossa sijaitsee myös

kantokäsittelylaite, joka ruiskuttaa kantokäsittelyainetta kantoihin puun kaadon yhteydessä. (Jormanainen 2019.)



Kuva 3. Kuvassa numeroituna: 1 Sahamoottori 2 sahalaippa. 3 alakarsimaterät (kuva: Olli Haverinen).

### 2.2.5 Rungon pito ja puun käsittely harvesteripäällä

Neljärullainen harvesteripää pitää käsiteltävää runkoa kourassa syöttörullilla ja neljällä karsimaterällä. Alemmat syöttörullat pitävät runkoa alapuolelta ja nostavat runkoa samalla kiinteää yläterää ja ylempiä syöttörullia vasten, tällöin

puu on kaikista parhaiten kaikissa rullissa kiinni (kuva 4). Suurin osa rungon kiinnipito voimasta tulee alemmilta syöttörullilta. Pienillä ja keskisuurilla rungoilla etuterän paineen pitäisi juuri ja juuri riittää ihanteellisen karsintalaadun tavoittamiseen. Suuremmilla rungoilla alemmat syöttörullat eivät ole kovin kaukana rungon alapuolella, joten etuterät tarvitsevat kovemman paineen suuremman pitovoiman saavuttamiseksi. Takaterien paineen pitäisi riittää ihanteellisen karsintalaadun saavuttamiseksi. Oikeanlaiset pitopaineet mahdollistavat myös puun tarkan mittaamisen, minkä takia oikeanlaisten paineiden merkitys on tärkeää muutenkin kuin laadullisesti. Pitopaineet muuttuvat puun tilavuuden mukaan. Jos puun läpimitta on 50–150 mm on yläkarsimaterien pitopaine 65 bar, alakarsimaterien 20 bar ja syöttörullien pitopaine on 60 bar. Toisaalta rungon tilavuuden suurentuessa pitopaineet nousevat. Jos rungon läpimitta on 450 mm, on yläterien pitopaine 150 bar, alaterien 45 bar ja syöttörullien 145 baria. (John Deere käyttöohje H424 2021, 41.)





Kuva 4. Hakkuukoneenkuljettaja tekemässä mittapuita (kuva: Olli Haverinen).

### 2.2.6 Mittalaitteet ja automatiikka

Pituusmittalaitteet ovat yleisimmin kouran keskirungossa, mutta joissain malleissa ne voivat sijaita myös eturungossa. Rungon halkaisijaa mittaavat anturit sijaitsevat yleensä etukarsimaterissä. Pituusmittausjärjestelmä ohjaa sylinteriä harvesteripään hydraulikan kautta. Kun puuhun tartutaan kaatoa varten, on mittapyörä harvesteripään sisässä suojassa. Kuljettaja antaa kouralle käskyn sahata, muodostuu sylinteriin paine ja mittapyörä painuu kourassa olevaa puuta vasten. Kun puuta ruvetaan syöttämään, pyörii mittapyörä puunrunkoa vasten, ja mittausjärjestelmä muuntaa mitta-anturista saadun tiedon pituudeksi. (John Deere käyttöohje H424 2021, 56.)

### 2.3 Hakkuukonekuljettajan työpäivä

Harvesterin kuljettajan työ on monipuolista, mutta haastavaa. Yleensä hakkuukoneet toimivat 1–2 työvuorossa, mutta joskus koneet voivat toimia myös kolmessa vuorossa. Kuljettajan työpäivä alkaa, kun hän saapuu koneelle ja kirjaa oman työvuoronsa alkaneeksi. Uuden työmaan aloituksessa harvesterinkuljettajan työhön kuuluu aloittaa tietokoneelta uusi leimikko. Tietokoneelle on tullut apteeraustiedosto ja korjuuohje kyseisestä leimikosta, jossa on tarpeelliset tiedot kohteen tekemiseen. Kuljettajan aloittaessa työt aamuvuorossa hän tarkastaa koneen pintapuolisesti, ettei siitä löydy mitään työtä estävää tai mahdollisesti vaaraa aiheuttavaa ongelmaa. (Juvonen & Kortelainen 2018, 8–9.)

Aamuvuorossa koneen tarkastamisen jälkeen kuljettaja nousee koneen ohjaamoon ja käynnistää moottorin, tietokoneen ja talvikelissä laittaa valot päälle. Moottorin ja hydrauliiikan lämmitys on tärkeää talvella. Tätä varten harvestereissa on automaattinen lämmityskäyttö, jonka kuljettaja voi kytkeä päälle. Lämmityskäytöllä kone pyörittää kouran toimintoja rauhallisella nopeudella, näin saadaan öljy kiertämään koneessa ja lämpenemään. Moottorin ja hydrauliiikan lämmitettyä voi kuljettaja aloittaa työskentelyn. Kun kuljettaja on tehnyt koneella puuta esimerkiksi 30 min, tekee kuljettaja mittapuut ja käy tarkastamassa ne manuaalisesti. Tällä tavoin selvitetään, onko koneen pituusmittaus kohdallaan vai pitääkö pituutta mahdollisesti säätää johonkin suuntaan. Tämän jälkeen kuljettaja voi keskittyä normaaliin työskentelyyn vuoronsa ajaksi, jos ei tule mitään normaalista poikkeavaa, esimerkiksi koneen toimintaa haittaavia ongelmia.

Työvuoron lähestyessä loppua ajaa kuljettaja koneen tienvarteen huoltopaikalle takaisin. Siellä suoritetaan päivittäinen koneen huolto, johon kuuluvat kouran rasvaus, teräöljyn ja värien lisääminen, koneen tankkaus, kantokäsittelyaineen tankkaus ja koneen yleinen kunnossapito. (Juvonen & Kortelainen 2018, 10.) Iltavuoron kuljettaja saapuu yleensä tässä vaiheessa paikalle, ja siinä samalla voidaan vaihtaa ajatuksia työmaasta ja sen mahdollisista huomioitavista

asioista sekä siitä, onko koneessa päivän aikaan ollut ongelmia tai mahdollisia työskentelyn yhteydessä silmälläpidettäviä asioita.

### **3 Puutavaran mittaus**

#### **3.1 Yleistä puutavaran mittauksesta**

Tärkeä osa puutuoteteollisuutta on puutavaranmittaus. Puutavaranmittausta tarvitaan eri vaiheissa puun matkalla metsästä tehtaan jalostamiseen. Mittaus voi olla haastavaa, sillä siihen vaikuttavat puuraaka-aineen laatu, olosuhteet ja kertaluontoisuus. Puunhankinnan, logistiikan ja tehtaan prosessien suunnittelu ja valvontatehtävät ovat riippuvaisia työvaiheita mittauksesta. (Kiviniemi 2015, 615.)

Käytetyin puuraaka-aineen mittausmenetelmä on hakkuukonemittaus. Vuoden 2020 aikana hakatuista pystykaupoista oli jopa 85 % mitattu hakkuukonemittauksella. (Metsäteho 2021.) Hakkuukonemittauksen käyttöön liittyvät edut ovat selvät. Puut voidaan mitata yksitellen, nopeasti ja tarkasti hakkuun yhteydessä. Lisäksi hakkuukonemittausta käyttämällä puun liikkuminen metsästä tehtaalle on tehokkaampaa verrattuna muihin mittausmenetelmiin. Hakkuukonemittaus takaa esimerkiksi katkaistujen pölkkyjen mittauksen kuin myös kirjauksen luovutusmittaustodistuksen. (Uusitalo 2003, 152.)

Mittalaitteella saadaan mitattua työmittaus korjuujaksojen määrittämiseksi ja luovutusmittaus, jolloin metsänomistaja saa nopeaan tulot metsästä. Hakkuukonemittauksen on havaittu pienentävän kustannuksia ja vapauttavan metsätoimihenkilöiden resursseja toisiin tehtäviin. (Uusitalo 2003, 152.)

### 3.2 Pituusmitan tarkastelu

Pituusmitan tarkastus tehdään aina manuaalisesti, jolloin kuljettajan on pysäytettävä konetyöskentely ja jalkauduttava ulos koneesta mittaamaan puutavaraa (kuva 5). Pituusmitan tarkastukseen täytyy mitata tarpeeksi runkoja, esimerkiksi 10 runkoa, että saadaan luotettava ja selkeä näkemys siitä, paljonko koneen pituusmitta näyttää manuaalisesti mitatulle rungolle pituutta ja täytyykö pituusmittaa säätää. Mikäli pituusmitan tarkastuksessa ilmenee, että harvesteri tekee pidempää tai lyhempää mittaa, kuin mitä mittalaite näyttää, on mittalaiteelta pituusmittaa säädettävä. Tämän jälkeen tehdään uudet mittapuut ja suoritetaan jälleen manuaalinen mittaus ja tarkastetaan, näyttääkö harvesterin mittalaite saman mitan manuaalisesti mitattujen puiden kanssa.



Kuva 5. Hakkuukoneenkuljettaja suorittamassa puiden mittausta (kuva: Olli Haverinen.)

Keväisin lämpötilan vaihtelu on suurta ja aamulla töiden aloittamisen aikaan lämpötila voi olla vielä reilusti miinuksella, mutta päivän aikaan lämpötila voi



kohota reilusti nollan yläpuolelle. Lämpötilavaihtelun takia puunrunko sulaa päivän mittaan ja aiheuttaa pituusmitan vääristymistä, koska pituusmittapyörä painuu syvemmälle sulaneessa puurungossa kuin jäätyneessä puurungossa. Tästä syystä sen pyörintä kehä on pienempi ja pituusmitta voi näyttää liikaa pituutta. Tämän takia pituusmitan tarkastuksia voi kuljettaja joutua tekemään jopa useita kertoja työvuoron aikana.

### 3.3 Mittalaki

Puutavaranmittauksen neuvottelukunta on antanut v. 2018 suosituksen hakkuukoneen mittaustarkkuuden ylläpitoon. Suositus on osa puutavaran mittaustarkkuuslakia 414/2013. Suosituksen mukaan hakkuukoneen mittaustarkkuudesta vastaa urakointiyhtiö, ja jokaisessa työvuorossa hakkuukoneenkuljettajan on varmistettava sen toimivuudesta. Suosituksessa todetaan, että kuljettajan on seurattava mittaustarkkuuden toimivuutta jatkuvasti.

Puutavaranmittauksen neuvottelukunnan on tarkoitus kehittää ja edistää puutavaranmittausta. Neuvottelukunta koostuu puutavaranmittauksen olennaisten sidosryhmien edustajista.

”Mittauksessa on saavutettava tarkoituksenmukainen ja riittävä mittaustarkkuus. Se katsotaan saavutetuksi, kun mittaustuloksen poikkeama vertailuarvoon nähden ei ylitä mittaukselle määritettyä suurinta sallittua poikkeamaa. -- Mittauksessa ei saa olla merkittävää systemaattista virhettä, joka pysyy mittausta toistettaessa samansuuntaisena. Mittaustuloksen satunnaisen vaihtelun on pysyttävä mittausmenetelmälle tyypillisissä rajoissa siten, että suurin sallittu poikkeama ei ylitä.” (Puutavaran mittaustarkkuuslaki 414/2013, 13 §.)

”Metsäntutkimuslaitoksessa on virallisia mittajia, joiden tehtävänä on tämän lain noudattamisen valvonta, valvontamittaus ja mittausvirheiden ratkaiseminen virallisena mittauksena. Virallisten mittajien tehtäviin kuuluu myös puutavaran mittaukseen liittyvä neuvonta.” (Puutavaran mittaustarkkuuslaki 414/2013, 6 §.)

Puutavarasta maksetaan mitatun tilavuuden mukaan sovittu korvaus puiden myyjälle, minkä vuoksi puuston tilavuus on merkittävä tieto. On sekä myyjän että ostajan etujen mukaista mitata tarkkaan puusto. Tärkeää on pituuden oikea

katkonta, jotta sahalla voidaan suunnitelman mukaisesti jalostaa raaka-aine lopputuotteeksi. Puutavaranmittauksen tarkoituksena on saada oikea käsitys puun laadusta ja määrästä. Puun tilavuus lasketaan kuorellisesta raaka-aineesta Suomessa. (Sipi 2009, 12.) Puutavaran mittausta valvovat harvesterin kuljettajat omatoimisesti suorittamalla kalibrointimittauksia 3 tukkia 2 kertaa viikossa ja uutta leimikkoa aloitettaessa otetaan isompi otanta n. 10–15 tukkia.

Koneeseen suoritetaan myös ulkopuolisen tahon tarkastusmittaus vähintään 6 kk:n välein. Sen voi suorittaa esimerkiksi metsäyhtiön edustaja. Otanta on tällöin suurempi: 30 tukkia, joista pääpuulajia on vähintään 10 tukkia. Jos mittaustulos on virheellinen, konetta kalibroidaan ja tehdään uudet puut sekä suoritetaan uudet mittaukset. Mittaustulos on hyväksyttävä, jos hakkuukoneen ja tarkastusmittauksen tilavuusmittaustulos poikkeaa enintään  $\pm 4$  %. Mikäli tulos ylittää suurimman sallitun poikkeaman, on suoritettava lisämittaus, jossa hakataan vähintään 10 tukkia. (Puuhuolto.fi, 2015)

### **3.4 Laatuvaatimukset**

Metsäyhtiöillä on omat asiakas-, tehdas- ja tuotekohtaisista tarpeista muodostuneet puutavaralajit, ja niihin kuuluvat mitta- ja laatuvaatimukset. Vaatimukseen sisältyvät esimerkiksi puutavaralajien minimiläpimitat, tyven maksimiläpimitat, sallitut pituudet ja sallitut laatuviat. Laatuviat voivat olla oksaisuus, lahoisuus tai mutkat. Puutavaralajeja voidaan määritellä myös niiden käyttömuodon mukaan, kuten pylväät, tai muiden tekijöiden perusteella, kuten pystykarsittu puu. (Puuhuolto.fi, 2022b.)

Korjuuohjeessa kerrotaan puutavaran katkonnassa noudatettavat laatuvaatimukset. Lisäksi ohjeessa kerrotaan, perustuuko puutavaralajien erottelu värimerkintään vai käytetäänkö lajittelussa hyväksi jotain muuta menetelmää. Värimerkintään perustuvassa lajittelussa puutavaralajit erotetaan toisistaan pölkkyjen päihin ruiskutettavan värin perusteella. Laatumääreisiin perustuvassa lajittelussa puutavaralajien tunnistus lähikuljetusvaiheessa

tapahtuu kuljettajan silmämääräisen arvion perusteella pölkyjen pituus- ja läpimitoista. (Puuhuolto.fi, 2022b.)

Hakkuukoneenkuljettaja voi helpottaa kuljettajan arviointityötä prosessoimalla pölkyt niin, että päät ovat tasan kasoissa sekä kuormatraktorinkuljettajan vaivattomasti nähtävissä. Hakkuumuodostelmiin perustuvassa lajittelussa puutavaralajit erotetaan toisistaan tekemällä jokaisesta oma kasa riittävän kauas toisistaan. Puutavaralajit on tunnistettava erityisesti talvisin ja lumisissa olosuhteissa tähän tapaan kasattuna. Kasoista on hyvä tehdä isoja, mikä helpottaa lähikuljetusta. (Puuhuolto.fi, 2022b.)

### 3.5 Katkonnan ohjaus

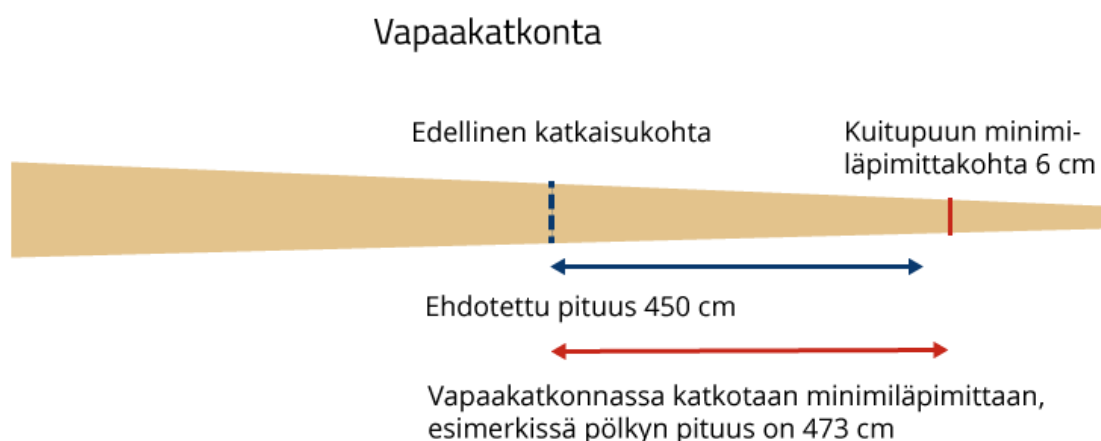
”Tärkeä osa puutavaraerien määrien ja laadun hallintaa on hakkukoneiden katkonnan ohjaus. Se tehdään katkonnan ohjausjärjestelmien avulla. Valmistettavalla puutavaralla on tuote- ja asiakaskohtaisia vaatimuksia, jotka tulee huomioida katkonnassa. Raaka-aineen ensijalostus tapahtuu metsässä katkomalla rungot laadullisesti sekä pituus- ja läpimittajakaumien osalta parhaalla mahdollisella tavalla vastaamaan toimituskohteiden mitta- ja laatuvaatimuksia sekä määrätarpeita. Hakkuukoneissa runkojen katkontaa ohjataan arvo-, jakauma- ja määräraajataulukoiden avulla, jotka tallennetaan muiden katkontaa ohjaavien asetusten kanssa hakkukoneen puutavaralajikohtaisiin pin-tiedostoihin. Toimintaperiaatteet ovat kaikilla metsäkonemerkeillä samat.” (Puuhuolto.fi, 2022a.)

Katkonnan ohjaukseen liittyy monia eri käsitteitä. Termi tekoalue vastaa käytännössä korjuukohdetta tai sen osaa (lohko). Metsäkoneiden järjestelmissä hakattavan erän tallennusyksikkö, hpr-tiedostot ja mittaustulosteet muodostetaan yleensä lohko- tai tekoalue-kohtaisesti. Tekoaluetta voidaan vaihtaa kesken hakkuun ja sitä voidaan jatkaa myöhemmin. Joillakin mittalaitteilla katkonnanohjaustiedostoa (pin), puutavaralajeja tai katkonta-asetuksia voidaan vaihtaa kesken hakkuun riippuen muutoksesta.

Katkonnan ohjaukseen liittyy monia erilaisia termejä. Termillä tekoalue tarkoitetaan korjuukohdetta (leimikko) tai sen osaa, eli lohkoa. Hakkuukoneiden

tietojärjestelmissä korjuukohteelta hakattavan puuerän tallennusyksikkö on hpr-tiedosto ja mittaustulosteet muodostetaan yleensä korjuukohde kohtaisesti.

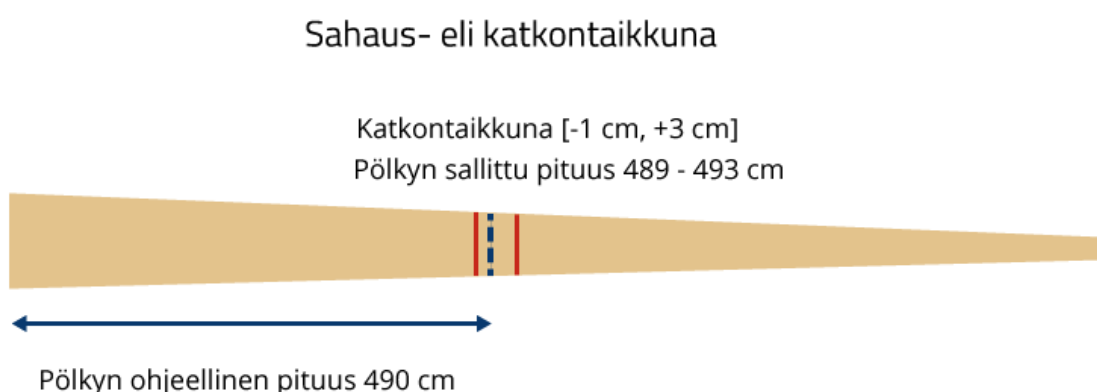
Puutavaralajien pituudet voivat olla vakiintuneita, mutta ne voivat myös vaihdella eri ostajilla ja tuotantolaitoksilla esimerkiksi markkinatilanteen mukaan. Arvo, jakauma ja määräraajataulukkoita on mahdollista muuttaa kesken korjuukohteenkin, jos asiakas yllättäen tarvitseekin jotain tiettyä laatua tai vaihtoehtoisesti ei jostain syystä jotain laatua tarvitsekaan voidaan arvotaulukossa tietyn puutavaralaadun tekeminen kieltää kokonaan. Kieltämisen jälkeen harvesteri ei kyseistä puutavaralajia enää katkontaan tarjoa. Pituusmittauksen tarkkuuden parannuttua kehityksen myötä, käytetään sahoilla nykyisin tarkemmin määrättyjä pituuksia, tällä pyritään siihen, että tukkipuusta tulisi mahdollisimman vähän hukkatavaraa. Korjuukohteella tukkipuun pituusmitta voi olla 425–428 cm ja jatkojalostuksessa siitä tehdään 420 cm pitkää sahatavaraa. Kuitupuussa on yleensä käytössä vapaakatkonta. Vapaakatkonnessa on määrätty puutavaralle minimipituus ja maksimipituus. Minimipituus on yleisesti 270 cm ja apumittana 255 cm, ja maksimipituus on 550 cm. Vapaakatkonnessa on myös määritetty puutavaralle minimi ja maksimi läpimittaluokat (kuva 6). Minimiläpimitta on 60 mm latvasta ja maksimiläpimitta 550 mm latvasta, ja kun kuitupuuksi menevä puutavara täyttää nämä edellytykset, voi sen katkoa vapaasti mihin tahansa pituuteen näiden mittojen sisällä.



Kuva 6. Vapaakatkonta (Puuhuolto.fi 2022b).

Arvo- ja jakaumataulukkoissa (kuva 8) olevia lyhyitä pituusmittoja kutsutaan apumitoiksi. Apumittojen mittaisien kappaleiden katkonta voi olla sallittua esimerkiksi laadun takia tai muissa poikkeustilanteissa. Apumittojen mukainen katkonta ei kuitenkaan ole toivottua sahan toimitusten kannalta. (Puuhuolto.fi, 2022b.)

Syötettäessä runkoja hakkuulaitteen läpi suurella syöttönopeudella tarvitaan sahaus- eli katkontaikkunaksi kutsuttu alue, johon hakkuulaite pysäyttää rungon automaattisesti (kuva 7). Katkontaikkuna on siis kappaleen pituusalue, jonka kohdalla katkonta on sallittua. Esimerkiksi, kun kappaleen nimellismitta on 490 cm, katkontaikkuna (-1,3) tarkoittaa, että katkonta on sallittu pituusalueella 489–493 cm. Katkontaikkunaa käytetään pääasiassa tukeilla. (Puuhuolto.fi, 2022b.)



Kuva 7. Katkontaikkuna (Puuhuolto.fi, 2022b).

Rungonkäsittelyn aikana hakkuukoneen katkonta-automatiikka laskee arvoapteerauksen mukaan arvokkaimman puutavaralaadun ja ehdottaa sitä tehtäväksi. Pelkästään arvoapteerauksella tehty korjuukohde johtaa helposti siihen, että tukkijakaumasta tulee epätyytyttävä ja vain yhtä tiettyä tukkimittaa on paljon. Tämän vuoksi myös hyvää ja arvokasta sahatavaraa jää käyttämättä. Siksi käytössä on myös jakaumataulukko, jolla ohjataan katkonta-automatiikkaa tekemään tasaisesti siihen annettuja arvoja. Koneella on käytössään useita eri katkaisuvaihtoehtoja ja tällä tavalla saadaan puusta saatava sahatavara kerättyä mahdollisimman tarkkaan.

Optimointilaskennan perusedellytys on, että rungon muoto ennustetaan mahdollisimman tarkasti. Hakkuukone laskee jokaiselta korjuukohteelta kaadettujen puiden runkoprofiilia ja pyrkii ennustamaan sen mukaan korjattavan

rungon kokoa ja sen kautta laskemaan, millaisilla mitoilla runko saadaan hyödynnettyä taloudellisesti tehokkaimmin. Hakkuukone siis opettelee koko ajan korjuukohteen puustoa. Runkoprofiilin ennustamisen mahdollistajana on hakkuukonemittauksen tarkkuus. Ainut mahdollinen tapa pitää hakkuukoneen mittaus tarkkana on kuljettajan suorittama mittatarkkuuden seuranta ja koneen säätäminen.

Katkonta-automatiikka helpottaa kuljettajaa keskittymään puutavaran laadun seurantaan niiltä osin, joita hakkuukone ei pysty havaitsemaan tai ymmärtämään. Hakkuukohteella voi esiintyä erilaisia vikoja puustossa, esimerkiksi lahoa, jota kone ei havaitse. Hakkuukone ei ymmärrä puusta muuta kuin pituuden ja läpimitan, eli koneenkuljettajan vastuulla on aina lopuksi hyväksyä tai hylätä koneen tarjoama katkontaehdotus, jos puusta löytyy vikoja.

Katkontatavoitteita, katkontatarkkuutta ja puutavaran laatua seurataan puun vastaanoton yhteydessä. Myös hakkuukoneen kuljettajat seuraavat omatoimisesti mittauksia maastossa. Kuljettaja ottaa kaksi kertaa viikossa 3 pölkyn saksiotannan ja seuraa päivittäin koneen pituusmittaa. Puuta käyttävät tuotantolaitokset seuraavat omalta osaltaan puutavaran laatua ja erityisesti pituusmittatarkkuutta. Tuotantolaitokset antavat palautteen puutavaran laadusta ja pituusmittatarkkuudesta korjuuyrittäjälle ja näin mahdollista laatuvirhettä pyritään korjaamaan.

Kuusitukki		esimerkkitaulukko							
Pituus	312	370	430	460	490	520	550	580	610
Läpimitta									
150	0	0	0	0	250	0	0	0	0
160	160	180	240	265	265	267	267	266	268
170	140	180	220	230	240	233	233	237	237
180	0	170	210	220	230	222	220	217	220
200	0	170	210	220	230	222	220	217	220
220	0	0	210	220	222	222	220	217	220
240	0	0	210	220	222	222	220	217	220
260	0	0	210	220	222	222	220	217	220
280	0	0	210	220	222	222	220	217	220
300	0	0	210	220	222	222	220	217	220
320	0	0	210	220	222	222	220	217	220
340	0	0	210	220	222	222	220	217	220

Taulukko 1. Esimerkkitaulukko arvotaulukosta (Puuhuolto.fi, 2022b).

Jakaumataulukossa (kuva 9) asetetaan katkontaa ohjaavat pituusjakaumatavoitteet, jotka merkitään joko prosentteina tai promilleina. Jakaumatavoitteet voidaan asettaa joko kaikkia läpimitta- ja pituusluokkien suhteellisinä tavoiteosuuksina tai kunkin läpimittaluokan sisäisinä jakaumatavoitteina.

Kuusitukki					esimerkkitaulukko					
Pituus	312	370	430	460	490	520	550	580	610	Summa
Läpimitta										
150	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
160	0	1	5	9	40	18	12	5	10	100
170	0	1	5	9	40	18	12	5	10	100
180	0	1	5	9	40	18	12	5	10	100
200	0	1	5	9	40	18	12	5	10	100
220	0	0	14	22	19	12	15	8	10	100
240	0	0	14	19	19	15	15	8	10	100
260	0	0	12	18	18	16	18	8	10	100
280	0	0	12	17	20	15	18	8	10	100
300	0	0	15	15	15	18	17	10	10	100
320	0	0	18	12	13	17	20	10	10	100
340	0	0	10	10	26	17	17	10	10	100

Taulukko 2. Esimerkki jakaumataulukosta (Puuhuolto.fi, 2022b).

Määrärajataulukossa nimensä mukaisesti asetetaan haluttujen tavaralajikappaleiden maksimimäärät kappaleina tai tilavuuksina. Tätä taulukkoa voidaan käyttää esim. erikoistilauksissa, joissa halutaan tietty määrä puutavaraa. Jos annettu määräraja ylittyy, toimintavaihtoehdot ovat: ei rajoituksia katkonnalle, katkonta ei enää sallittu tai katkonta ei enää sallittu ja hinta nollataan.

## 4 Opinnäytetyön tavoite ja tehtävä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää hakkuukoneenkuljettajan päivittäin käyttämä aika hakkuukoneen kouran pituusmitan ylläpitämiseen ja kalibrointiin. Tavoitteena oli saada selkeä kuva pituustarkkuuden ajankäytöstä ja selvittää, miten kyseinen työvaihe olisi mahdollista suorittaa mahdollisimman tehokkaasti ja laadukkaasti. Tavoitteena oli myös saada selville, kuinka paljon se tuottaa yritykselle mahdollisia kustannuksia, kun tuottava työskentely joudutaan keskeyttämään. Kun metsäkone on liikkumatta, se tarkoittaa aina kustannusta yrittäjälle.



Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Hakka Oy, joka on Kainuussa toimiva metsäkoneyritys. Hakka oy on perustettu vuonna 1998, ja sen päätoimiala on puunkorjuu. Yritys työllistää 20 työntekijää. Metsäkoneita yrityksellä 12, joista 6 on harvestereita ja 6 on ajokoneita. Lisäksi yrityksellä on kaksi koneiden kuljettamiseen soveltuvaa kuorma-autoa. Hakka Oy:n työkohteet sijaitsevat pääsääntöisesti Kuhmon ja Sotkamon alueella. Hakka Oy toimii Metsähallituksen, Stora Enson ja UPM:n työmailla. Vuodessa Hakka Oy korjaa puuta 250 000–300 000 m<sup>3</sup> ja yrityksen liikevaihto on noin 2,5–3,0 miljoonaa euroa vuodessa.

## **5 Aineiston keruu ja analysointi**

### **5.1 Aineiston keruu**

Opinnäytetyön suunnitteleminen ja tekeminen aloitettiin maaliskuussa 2022. Toukokuussa pidettiin opinnäytetyön suunnitelmaseminaari ja tarkoitus oli aloittaa tutkimusaineiston kerääminen välittömästi, mutta kummankin opinnäytetyön tekijän muut työkiireet hidastivat tutkimusaineiston keruun aloittamista valitettavan paljon.

Sovimme Hakka Oy:n kanssa tutkimuksen suorittamisesta, ja tutkimusaineiston keräämisen aloitimme syksyllä 2022. Toimitimme Hakka Oy:n harvesterin kuljettajille paperisen kaavakkeen ja ohjeistimme kaavakkeen oikeanlaiseen täyttämiseen. Jokainen tutkimukseen osallistunut kuljettaja keräsi tutkimuksessa käytettävää tietoa n. 2 vk:n ajan.

Aineiston keruu suoritettiin systemaattisena havainnointina, jossa havainnoitsijoina toimivat kuljettajat. Systemaattinen havainnointi eroaa tavallisesta havainnointitutkimuksesta siinä, että systemaattinen havainnointi on systemaattisempaa, strukturoidumpaa ja jäsennellympää sekä yksityiskohtaisempaa (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006).

Tutkimuksessa aineistoa kerättiin siitä, kuinka kauan työaikaa kuljettajalla kuluu päivässä koneen pituusmittatarkkuuden ylläpitämiseen. Tutkimuskaavakkeessa oli kohdat, joihin kuljettaja merkkasi joka päivä, mihin aikaan hän kävi mittaamassa puiden pituutta sekä kuinka monta tukkia kuljettaja mittasi. Kuljettaja myös kellotti sekuntikellolla ajan, joka meni tukkien mittaukseen. Kaavakkeessa oli myös kohta, millaista hakkuutapaa suoritettiin mittauksen ajankohtana, eli oliko hakkuutapa harvennus vai päätehakkuu. Myös sää pyrittiin huomioimaan eli oliko sää sateinen tai kuiva. Lämpötiloja seurasivat muutamat kuljettajat, joiden koneissa ovat tarkat ulkotilanlämpömittarit. Näin pyritään löytämään asioiden välille yhteyksiä ja luomaan syy-seuraussuhteita.

## **5.2 Aineiston analysointi**

Kuljettajilta kerätyt aineistot siirrettiin Excel-kaavakkeisiin, joihin laskettiin mukaan keskiarvoaika, jonka kuljettaja käytti pituusmitan ylläpitoon. Toimeksiantaja yritykseltä kerättiin ylös koneiden katkontatarkkuusraportteja, jotta pystyimme tarkemmin vertaamaan, onko pituusmitan säätämiseen käytettävällä ajalla merkitystä puutavaran katkontatarkkuuteen tehtaalla.

Jokaisesta kuljettajasta muodostettiin omat pylväskaaviot, jossa eritellään kukin mittausaika sekä eri väreillä kuvataan, oliko kyseessä harvennus- vai päätehakkuu.

## **5.3 Opinnäytetyön menetelmälliset valinnat**

Tämä opinnäytetyö perustuu kvantitatiiviseen eli määrälliseen tutkimukseen. Määrällisessä tutkimuksessa tutkimustieto saadaan numeroina, joita on helppo tulkita ja joista on helppo analysoida eri tulosten eroja. Kyseessä on vertaileva tutkimus, jossa vertaillaan eri kuskien käyttämää aikaa tiettyyn toimintoon.

Tutkimuksessa harvesterikuljettajat tekivät erinäisiä työaikakirjauksia, joiden perusteella seurattiin harvesterin pituusmitan ylläpitämiseen ja mahdolliseen kalibrointiin kuluvaan aikaan. Työaikakirjaukset kerättiin noin kahden viikon ajalta ja siirrettiin yhteen Excel-taulukkoon. Tutkimukseen käytettiin yhteensä kuutta harvesteria, jotka pyörivät kahdessa vuorossa ja tässä tapauksessa tutkimustietoa kerättiin seitsemältä eri kuljettajalta. Tutkimuksen aineiston kannalta oli selvitettävä kuljettajien ikä ja työkokemus. Näin voidaan analysoida vaikuttavatko nämä tekijät tutkimuksen tuloksiin. Myös tutkimuksen ajankohta voi vaikuttaa tutkimukseen ja sen tuloksiin. Aineiston keruu suoritettiin syyskuun 2022 aikana.

Tutkimuksessa käytetään samantapaista kellotusmenetelmää, kuten Juvosen ja Kortelaisen (2018) tekemässä tutkimuksessa. Toisin kuin Juvosen ja Kortelaisen tutkimuksessa (2018) kuljettajat kellottavat itse ajan, jonka he päivän aikana käyttävät pituusmitan ylläpitoon ja kalibrointiin. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan vain yhtä keskeytyksen kategoriaa.

Taulukossa lasketaan kuljettajien kirjausten perusteella, kuinka paljon pituusmitan ylläpitäminen laskee koneen tuottavuutta sekä mietitään, mitkä asiat vaikuttavat pituusmitan säätämiseen kuluvaan aikaan. Kahden viikon seuranta-ajan perusteella voidaan laskea koko vuoden kokonaisaika, joka on käytetty pituusmitan ylläpitoon ja kalibrointiin. Näin saadaan laskettua, paljonko kustannuksia vuositason tasolla tulee yritykselle, kun kone ei ole käytössä. Tulosten perusteella pyritään selvittämään, miten työtä voisi tehostaa ja millä keinoin saataisiin pituusmitan ylläpitoaika mahdollisimman pieneksi työnlaadusta kuitenkin tinkimättä.

## 6 Tutkimuksen tulokset

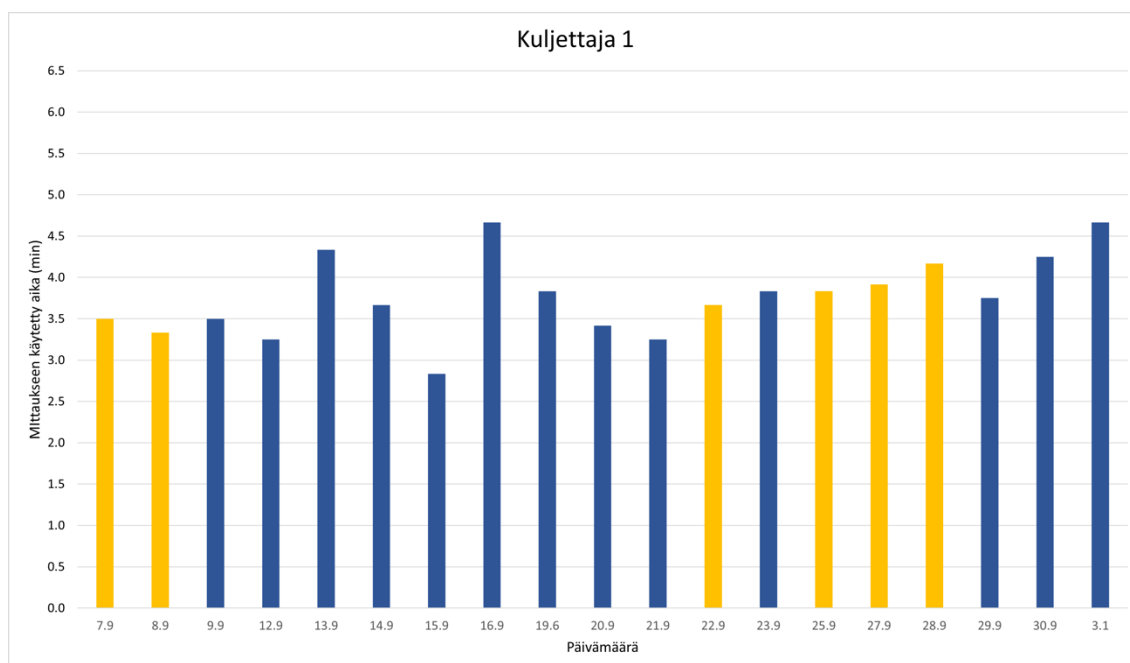
### 6.1 Kuljettaja 1

Kuljettaja 1 on 41-vuotias mies. Kuljettajalla on 16 v:n työkokemus metsäkonealalta. Hän on ollut koko työuransa ajan harvesterinkuljettaja. Toimeksiantajayrityksessä kuljettaja on ollut töissä 7 vuotta. Harvesteri, jolla kuljettaja työskentelee, on ollut hänen käytössään uudesta asti, ja kyseistä konetta hän on ajanut tutkimuksen ajankohtana noin 2 vuotta. Kuljettajalle kone, sen toiminta, säätäminen ja säätämisen tarve ovat tuttuja.

Tutkimuksessa kuljettaja kirjasi ylös aikoja, joita hänellä meni pituusmitan ylläpitämiseen. Aikojen mittaamiseen hän käytti puhelimen sekuntikelloa. Nopeimmillaan kuljettaja kävi mittaamassa mittapuut 2 minuuttiin ja 50 sekuntiin. Hitaimmillaan mittaukseen aikaa kului 4 minuuttia ja 40 sekuntia.

Mittausten keskiarvo aika tutkimuksessa oli 3 minuuttia ja 54 sekuntia. Keskiarvoajalla mitattuna koneen kuljettaja käyttää vuodessa pituusmitan ylläpitämiseen aikaa noin 14 tuntia ja 33 minuuttia.

Tutkimuksen aikana tehtyjen puiden katkontatarkkuus oli 96,66 %. Näin korkea katkontatarkkuus täyttää kaikki vaatimukset mitä katkontatarkkuuteen tulee. Mittaukseen käytetty aika oli kuljettajalla yksi tutkimuksen nopeimmista keskiarvolla mitattuna. Hakkuutapa ei vaikuttanut mittausaikoihin. Keltaisella merkityt palkit kuvaavat päätehakkuuta ja siniset palkit harvennushakkuuta (kuvio 1).



Kuvio 1. Kaavioissa keltaisella värillä on avohakkuu kohteella suoritettut mittaukset ja sinisellä värillä harvennushakkuukohteilla suoritettut mittaukset.

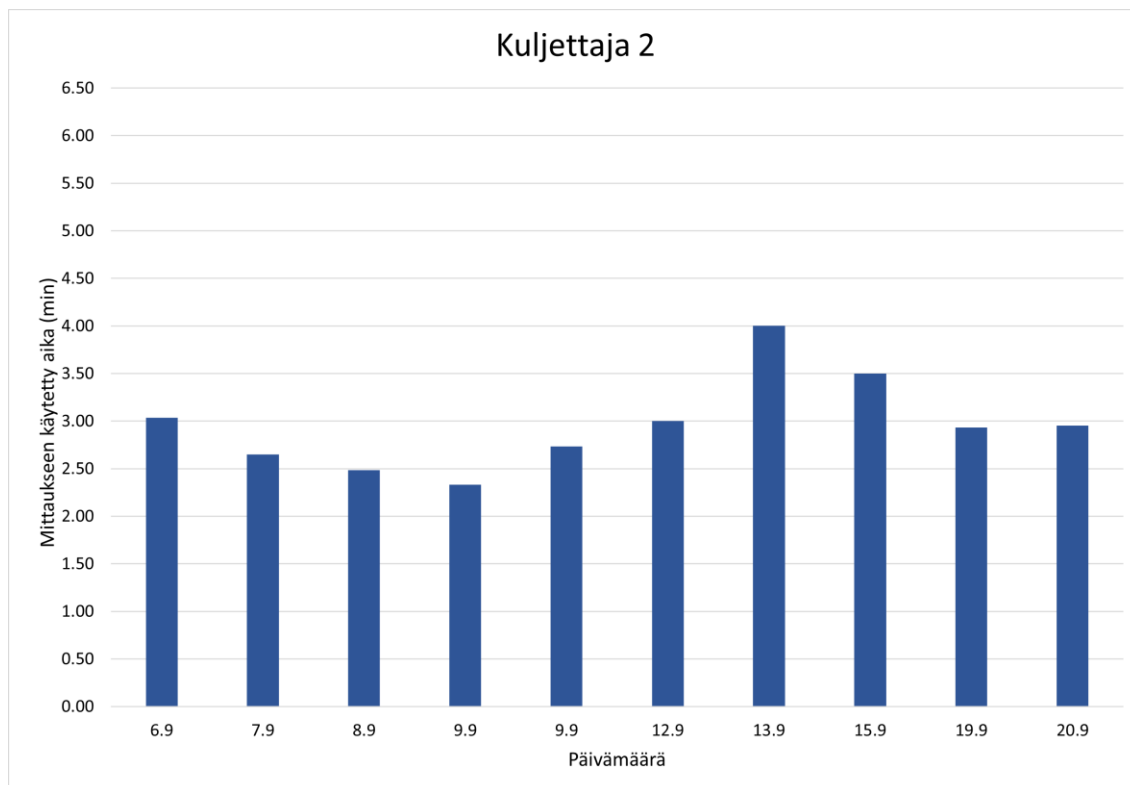
## 6.2 Kuljettaja 2

Kuljettaja 2 on iältään 28-vuotias ja työkokemusta on noin 10 vuotta. Kuljettaja on työskennellyt koko työuransa Hakka Oy:ssä ja siitä ajasta kuljettaja on ajanut harvesteria noin 6 vuotta. Harvesteri, jota kuljettaja ajaa on noin kolme vuotta vanha ja kuljettaja on ajanut kyseistä konetta uudesta asti. Kuljettaja tietää hyvin, kuinka kone pysyy säädöissä.

Tutkimuksessa kerätyn aineiston mukaan kuljettajalla 2 puiden mittaamiseen aikaa kului keskimäärin 2 minuuttia ja 58 sekuntia. Nopeimmillaan kuljettaja mittasi puut 2 minuuttiin ja 33 sekuntiin. Pisimmillään mittauksiin kuljettajalla kului tasan 4 minuuttia. Keskiarvoajalla kuljettajalla kului vuodessa pituusmitan ylläpitämiseen aikaa noin 11 tuntia ja 15 minuuttia. Katkontatarkkuudet kuljettajalla 2 olivat 98,37 % oikein katkottuja.

Kuljettajan 2 kohdalla kaikki tutkimuksen mittaukset on tehty harvennushakkuulla (kuvio 2). Sääolosuhteilla ei ollut merkitystä mittausten keston, mutta mitä myöhempään kuljettaja mittasi puut, sitä nopeammin mittausta tapahtui. Lämpötilat tutkimuksen ajankohtana olivat vielä lämpimät ja

keli pysyi koko ajan +5 asteen yläpuolella, eli lämpötilan takia mittaan ei tullut muutoksia.



Kuvio 2. Kuljettaja 2:n mittausajat.

### 6.3 Kuljettaja 3

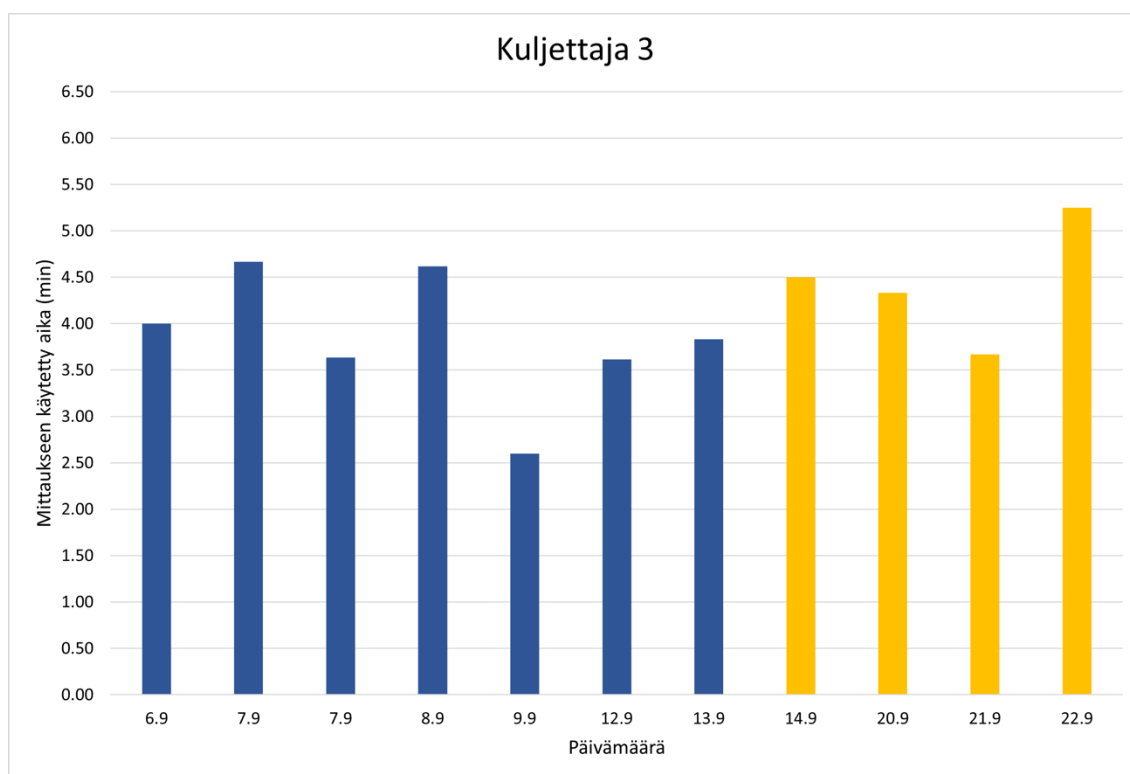
Kuljettaja 3 on iältään 51 vuotta ja työkokemusta metsäalalta on 34 vuotta.

Pitkästä 34 vuoden työurasta kuljettaja on työskennellyt toimeksiantajayrityksessä noin 6 vuotta. Harvesteri, jota kuljettaja tutkimuksen aikana ajoi, on ollut kuljettajalla käytössään uudesta asti ja kone on kolme vuotta vanha. Tässäkin tapauksessa kuljettaja siis tuntee hyvin koneen ja sen, kuinka koneen säätäminen tapahtuu sekä koneen säätämisen tarpeen.

Kuljettaja 3:lta kerätyn aineiston mukaan kuljettajalla kului puiden mittaamiseen aikaa keskimäärin 4 minuuttia ja 4 sekuntia työvuorossa. Nopeimmillaan kuljettaja mittasi puut 2 minuuttiin ja 40 sekuntiin. Hitaimmillaan kuljettaja mittasi puut 5 minuuttiin ja 25 sekuntiin. Keskiarvo aika kuljettajalla oli 4 minuuttia ja 7

sekuntia. Keskiarvoajalla mitattuna kuljettajalla kuluu vuodessa pituusmitan ylläpitämiseen aikaa 15 tuntia ja 27 minuuttia.

Kuljettajan 3 ajaman koneen katkontatarkkuus oli tutkimuksen aika 98,29 %. Sääolosuhteilla ei ollut kuljettajan mittaustuloksiin merkitystä. Vaikutusta ei ollut myöskään hakkuutavalla (kuvio 3). Puiden mittausta tapahtui yhtä nopeasti avohakkuu kuin harvennushakkuulla. Lämpötilat olivat kuljettajan 3 mittausten ajankohtana lämpöasteiden puolella ja pysyivät koko ajan +5 asteen yläpuolella.

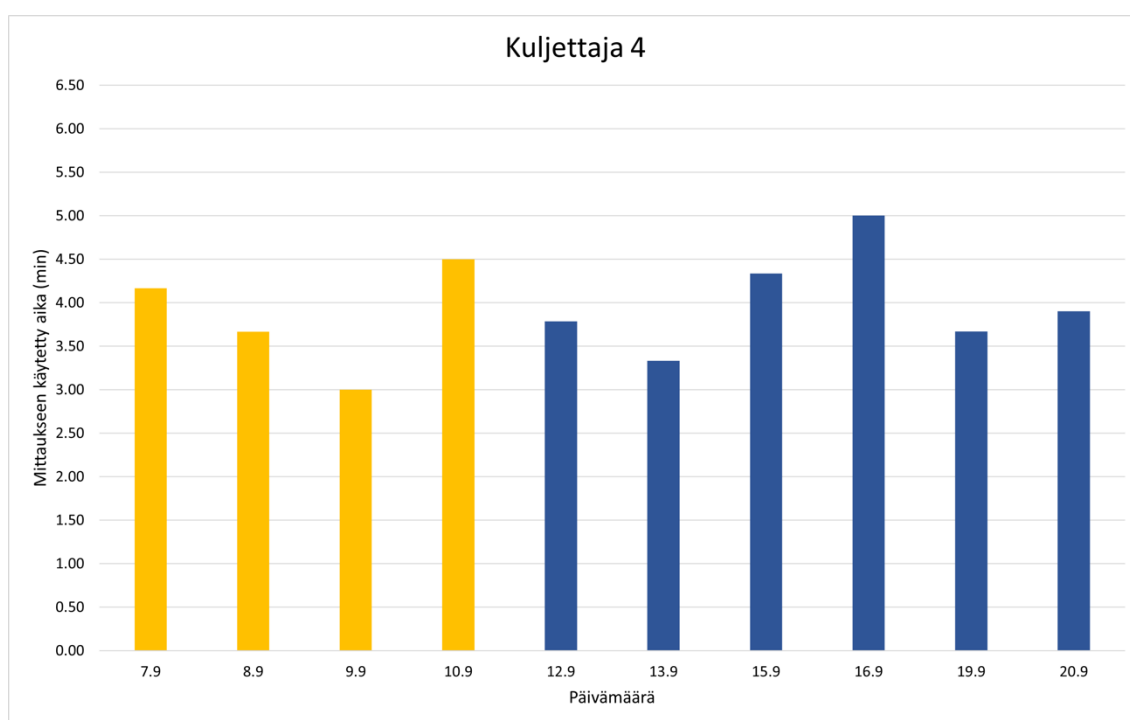


Kuvio 3. Kuljettaja 3:n mittaussajat.

#### 6.4 Kuljettaja 4

Kuljettaja 4 on iältään 18 vuotta ja työkokemusta on kertynyt 1,5 vuotta. Kuljettaja on työskennellyt työuransa Hakka Oy:ssä. Kuljettaja on ajanut vajaan vuoden konetta, joka hänellä oli käytössään tutkimuksen aikana. Kone on 6 vuotta vanha. Tässä tapauksessa kuljettajalla on vielä hieman totuttelua koneen säätämisen kanssa, koska kuljettaja on ajanut konetta vasta vajaan vuoden ja työkokemus on muutenkin vielä suhteellisen lyhyt.

Kuljettaja 4:tä kului puidenmittaamiseen keskimäärin 3 minuuttia ja 56 sekuntia, joka on lähes sama kuin yhteensä kaikkien kuskien keskimääräinen mittausaika. Nopein mittaus kesti tasan kolme minuuttia, kun taas hitaimmassa mittauksessa kului aikaa tasan viisi minuuttia. Kuljettaja 4:llä kuluu keskimäärin 14 tuntia ja 58 minuuttia vuodessa puiden mittaamiseen. Olosuhteissa oli pientä vaihtelua, kun kahtena mittauskertana oli sateinen ilma. Tällöin myös mittauksenkesto oli aavistuksen pidempi. Hakkuutapa ei vaikuttanut mittauksenkestoan (kuvio 4). Kuljettajan 4 katkontatarkkuus oli 94,3 %.



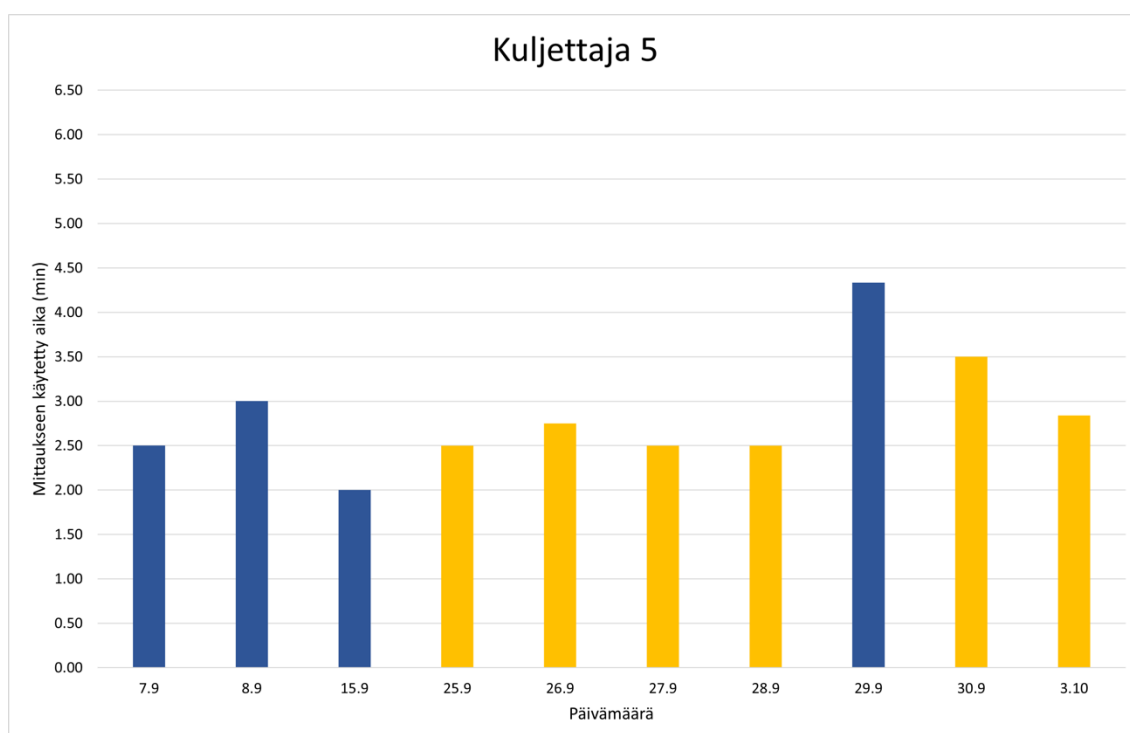
Kuvio 4. Kuljettaja 4:n mittaussajat.

## 6.5 Kuljettaja 5

Kuljettaja 5 on 34-vuotias ja omaa 16 vuoden työkokemuksen. Kuljettaja on työskennellyt koko työuransa ajan Hakka Oy:ssä ja on ajanut koko ajan harvesteria. Tutkimuksen aikana kuljettajan käyttämä harvesteri on ollut hänen käytössään uudesta asti. Kone, jota kuljettaja ajaa on kolme vuotta vanha. Kuljettaja 5 ajaa kuljettajan 2 kanssa samaa konetta. Katkonta tarkkuus oli 98,37 %.



Kuljettaja 5:n keskimääräinen puiden mittausaika oli 2 minuuttia ja 50 sekuntia, joka oli myös kaikista kuskeista keskiarvoltaan nopein. Pisimmillään mittauksen kesto oli 4 minuuttia 20, kun taas lyhyimmillään kuljettaja suoritti mittauksen kahdessa minuutissa. Vuodessa kuljettajalta kuluu mittauksiin keskimäärin 10 tuntia ja 48 minuuttia. Olosuhteissa pysyttelivät poutaisena yhtä mittauskertaa lukuun ottamatta, mutta tämä ei mittaus aikaan vaikuttanut. Myöskään hakkuutapa ei näyttänyt vaikuttavan mittauksen keston (kuvio 5).



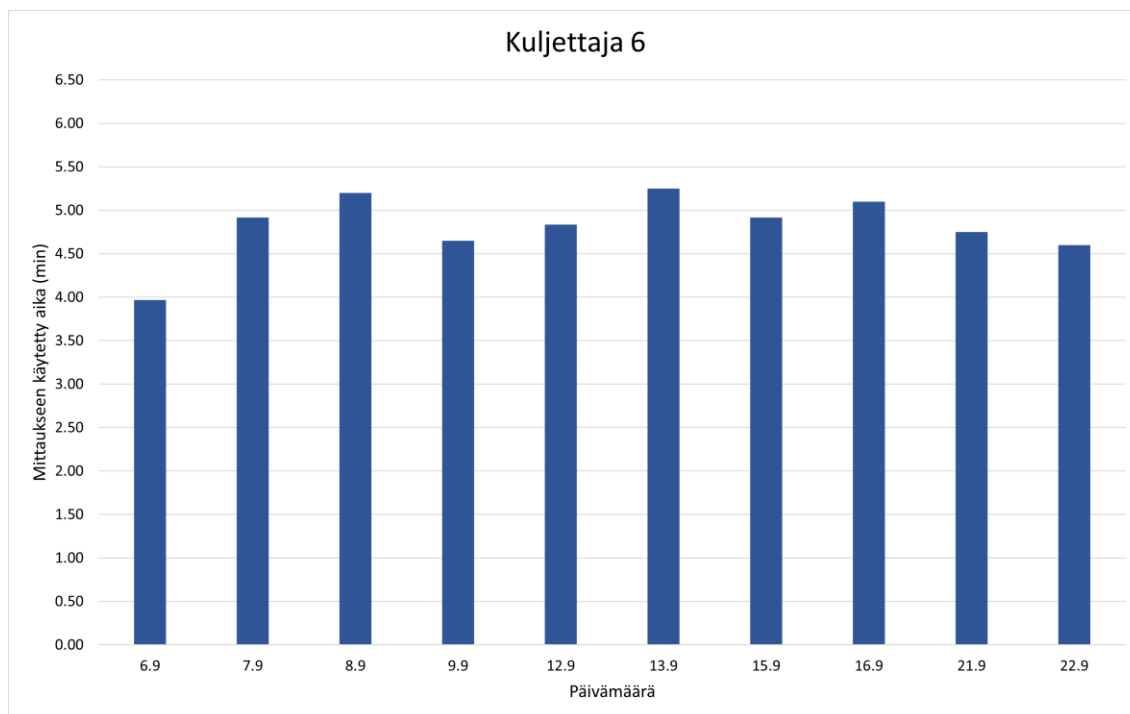
Kuvio 5. Kuljettaja 5:n mittaussajat.

## 6.6 Kuljettaja 6

Kuljettaja 6 on 58-vuotias ja hänellä on 38 vuoden työkokemus. Hakka Oy:ssä hän on työskennellyt muutaman vuoden. Kuljettajan käyttämä hakkuukone on ollut hänellä käytössä 5 kk, ja kuljettaja on ajanut kyseistä konetta uudesta asti. Kone on vielä vähän ajettu, ja sen säätämisen tarve ei välttämättä ole vielä kuljettajilla täysin selvänä mielessä.

Kuljettaja 6:lla kesti puiden mittauksessa keskimäärin 4 minuuttia ja 49 sekuntia. Nopein mittaus kesti 3 minuuttia ja 58 sekuntia ja hitain 5 minuuttia ja

15 sekuntia. Kerätyillä tiedoilla mittaukseen kuluu vuodessa 18 tuntia ja 18 minuuttia. Kaikki mittaukset on suoritettu harvennushakkuulla (kuvio 6). Sää on ollut kuiva koko tutkimuksen ajan. Lämpötilat ovat myös olleet vielä selvästi lämpimän puolella. Katkontatarkkuus oli 98,86 %.

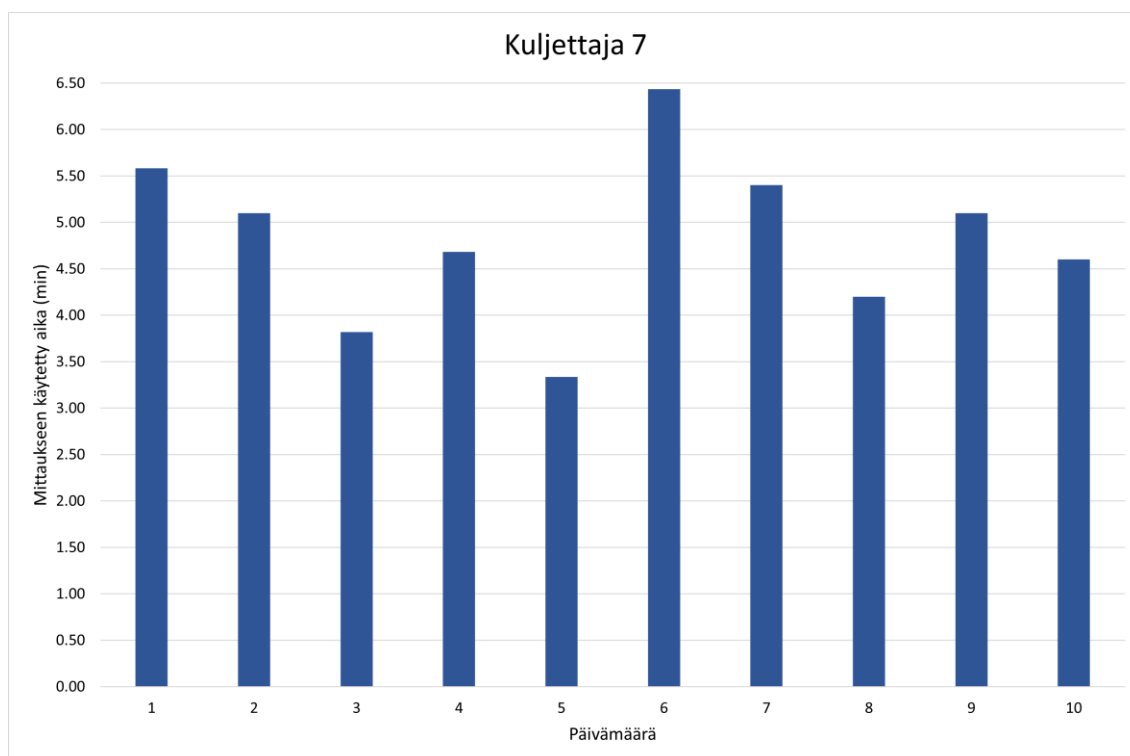


Kuvio 6. Kuljettaja 6:n mittausajat.

## 6.7 Kuljettaja 7

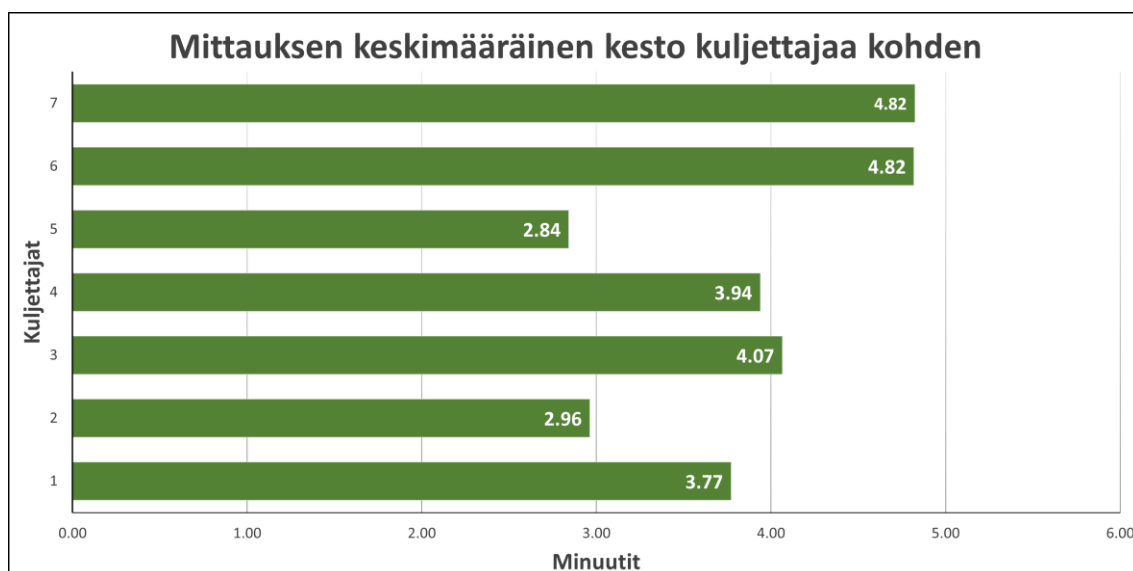
Kuljettaja 7 on 50-vuotias ja metsäalalta työkokemusta on 32 vuotta. Harvesterin kuljettajana hän on toiminut 25 vuotta. Hakka Oy:ssä kuljettaja on ollut töissä noin 4 vuotta. Kuljettaja 7 työskentelee samalla harvesterilla kuljettajan 6 kanssa. Katkonta tarkkuus oli 98,86 %.

Kuljettaja 7:n keskimääräinen mittausaika oli täysin sama kuin kuljettaja 6:lla. He ajavat samaa konetta. Nopeimmillaan kuljettaja suoritti mittauksen 3 minuutissa ja 49 sekunnissa, kun taas hitaimmillaan mittaus kesti 6 minuuttia ja 26 sekuntia. Keskimäärin kuljettaja käyttää vuodessa 18 tuntia ja 20 minuuttia. Myös kuljettajan 7 kaikki mittaukset ovat suoritettu harvennushakkuilla (kuvio 7) ja pouta kelillä.



Kuvio 7. Kuljettaja 7:n mittausajat.

Jokainen tutkimukseen osallistunut kuljettaja mittasi puut oletettua nopeammin ja keskiarvoajalla kuljettajilla meni puiden mittaukseen aikaa alle 4 minuuttia. Nopeimmat ajat mittasivat kuljettajat 2 ja 5 (kuvio 8). Heillä puiden mittaukseen kului keskiarvolla aikaa 2 minuuttia ja 55 sekuntia. Pisimmät ajat mittaukseen meni kuljettajilla 6 ja 7. Heillä puiden mittaukseen meni aikaa keskiarvolla n. 4 minuuttia ja 48 sekuntia. Tähän voi vaikuttaa työkohteen olosuhteet, mutta kyseisten kuljettajien kohdalla myös kone voi vaikuttaa tilanteeseen, koska kuljettajilla 6 ja 7 on ainoa eri valmistajan kone käytössään. Loput 5 kuljettajaa ajavat saman valmistajan koneilla. Puiden katkontatarkkuuksiin mittauksen kestolla ei ollut vaikutusta.



Kuvio 8. Kaikkien kuljettajien mittausaikojen keskiarvot.

## 7 Pohdinta

### 7.1 Tulosten tarkastelu ja vertailu

Työkokemuksella ja iällä on vaikutusta mittauksituloksiin vähäisissä määrin. Esimerkiksi kuljettaja, jolla on työkokemusta 10 vuotta, luottaa omaan tekemiseensä ja tietotaitoon enemmän kuin kuljettaja, jolla on työkokemusta vasta vuosi. Toisaalta puiden mittaukseen kului aikaa vain minuuttia vähemmän pidemmän työkokemuksen omaavilla kuljettajilla. Vanhemmat kuljettajat, joilla on pitkä työkokemus, mutta ikää yli 50 vuotta mittaavat puita pari minuuttia pidempään. Katkontatarkkuus ei kuitenkaan ole merkittävästi parempi, mutta aikakaan ei ole huomattavan paljon pidempi. Leimikon laatukin vaikuttaa mittausaikoihin, sillä tiheästi kasvavasta harvennus metsästä saa tehtyä pienemmältä alalta 10 mitattavaa pölliä helpommin kuin harvalta ja huonolaatuiselta kohteelta.

Yleisesti katsottuna hakkuutavalla, eli oliko metsänhoitokohde harvennus- vai päätehakkuukohde, ei ollut väliä mittauksen keston kanssa. Myöskään

sääolosuhteet eivät vaikuttaneet merkittävästi mittauksen kestoon. Mittauksen ajankohdan lämpötilat olivat vielä melko korkeat. Mittausajankohdan alin lämpötila oli aamulla mitattu +5 astetta ja ylin lämpötila oli päivällä mitattu +15 astetta. Nämä lämpötilamuutokset eivät vielä vaikuta koneen katkontatarkkuuteen, eivätkä nämä lämpötilavaihtelut muuta koneen pituusmittaa siinä määrin, että kuljettaja joutuisi konetta säätämään.

Talvikelissä mittaus on haastavampaa lumen takia ja myös pakkaskeli vaikuttaa mittaukseen ja koneen mitta muuttuu helpommin. Talviolosuhteissa pituuden ylläpitämiseen menee mahdollisesti enemmän aikaa. Talvikelissä pituusmittaa täytyy myös tarkkailla useammin, koska lämpötilan vaihtelu voi muuttaa pituusmittaa. Tutkimuksen aikana kuljettajat mittasivat puita vai kerran päivässä. Katkontatarkkuusraporttien mukaan kyseisissä olosuhteissa se on riittänyt ihan hyvin.

Mittaukseen kuluvat ajat olivat tutkimuksessa keskiarvolla 3 minuuttia ja 53 sekuntia. Mittausajat olivat minuuttia tai kahta oletettua lyhyemmät, mutta katkontatarkkuudet olivat silti hyviä. Olisi mahdollista kokeilla pysyvätkö katkontatarkkuudet yhtä hyvinä, jos puita mittaisikin 10 kappaletta sijasta esimerkiksi 5 kappaletta. Pituusmitan ylläpitämiseen käytettävä aika ei ole päivässä kovinkaan merkittävä, koska se vie vain muutamia minuutteja työvuorosta kesäaikaan, mutta vuodessa se vie jokaiselta kuljettajalta keskiarvolla 14 tuntia ja 46 minuuttia.

Juvosen ja Kortelaisen vuonna 2018 tekemässä tutkimuksessa käsiteltiin harvesterityön keskeytyksiä ja ajanmenekkiä. Heidän tutkimuksessaan pituustarkkuuden ylläpitoon käytettävä aika oli keskimäärin 4 minuuttia ja 41 sekuntia, joka on meidän tutkimukseemme verrattaessa lähes minuutin pidempi aika. Heillä tosin kyseistä aikaa oli mitattu vain kerran yhtä kuskia kohden ja pituusmittauksen tehneitä kuskeja oli vain viisi. Heidän tutkimuksessaan nopein mittaus suoritettiin tasan kahdessa minuutissa ja hitain mittaus yli seitsemässä minuutissa, eli hajonta oli melko suuri. Suuri hajonta selittyy otantojen vähyydellä. (Juvonen & Kortelainen 2018.)

Sanna Ruuskasen vuonna 2022 tekemässä opinnäytetyössä tutkittiin työajan jakautumista tuotantoaikaan ja käyttöaikaan metsäkonetyössä. Ruuskasen työssä on laskettu, kuinka paljon kuljettajat tekevät puuta yhdessä työtunnissa. Kuljettajien keskituntituotos on harvennushakkuulla 15 kuutiota tunnissa ja avohakkuu kohteella 25,7 kuutiota tunnissa, näiden keskiarvo oli 18,7 kuutiota tunnissa. (Ruuskanen 2022.) Ruuskasen tutkimuksen tuloksiin vertaamalla yhden kuljettajan pituuden mittaamiseen käytettävässä ajassa vuodessa kuljettaja tekisi puuta harvennushakkuulta 216,9 m<sup>3</sup> enemmän, ja avohakkuulta 371,6 m<sup>3</sup> enemmän. Keskiarvo tuotoksella puuta kuljettaja tekisi 270,4 m<sup>3</sup> enemmän vuodessa.

Mikko Pulkkinen v. 2009 tekemässä opinnäytetyössä tutkittiin lämpötilan vaikutusta puun mekaanisessa mittauksessa ja kyseisessä tutkimuksessa on havaittu, että mittauslaitteet alkavat vääristämään mittaustulosta, kun lämpötila putoaa -5 asteeseen ja alapuolelle. Kyseisessä tutkimuksessa on myös havaittu, että jos koneen mittapyörä painuu puuta mitattaessa 1 mm:n syvempään puunrunkoon aiheuttaa se 5,2 m pitkässä tukissa jo 6 cm:n heiton puun mittaan.

6 cm:n mittausvirhe 5,2 m pitkässä tukissa tekee siitä sahalla raakkitukin, joka ei kelpaa sahalle enää jatkojalostukseen. Tutkimuksessa havaittiin, että suurin muutos puunmittaustuloksissa tapahtui -5–15 asteen välissä, jolloin puuaineksen jäätyminen ja sen kautta kovettuminen oli suurinta. (Pulkinen 2009.) Tässä tutkimuksessa ei lämpötilaa huomioitu, mutta talviolosuhteet oletettavasti nostaisivat pituuden mittaamiseen käytettävää aikaa, koska mittauksia olisi tehtävä useammin kuin kerran päivässä.

## **7.2 Tutkimuksen luotettavuus**

Tutkimuksen luotettavuus on melko hyvä, koska pääosin tutkittiin vain harvesterinkuljettajan päivittäin käyttämää aikaa koneen pituusmitan tarkkuuden ylläpitämiseen. Tutkimuksessa käytettiin useita kuljettajia, ja jokainen itse piti kirjaa pituusmitan säätämisen ja ylläpitämisen ajankäytöstä, joten tämä vaikutti

tutkimuksen luotettavuuteen. Kaikkia kuljettajia oli kuitenkin ohjeistettu milloin aika alkaa ja milloin loppuu. Tämän avulla kaikilla kuljettajilla oli ollut samat ohjeet ajan mittaamiseen, jolloin myös tulosten luotettavuus saatiin maksimoitua.

Tutkimuksessa noudatettiin hyviä tieteellisiä käytäntöjä. Tutkijoina noudatettiin rehellisyyttä ja tarkkuutta tutkimustyössä sekä raportoitiin avoimesti tutkimuksen tulokset. Kaikille tutkimukseen osallistuville kuljettajille on esitetty opinnäytetyön aihe ja sisältö, mitä opinnäytetyö käsittelee. (ks. Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2019, 7–8.) Opinnäytetyön osallistujat ovat pseudonymisoitu, eli osallistujille on muodostettu peitenimet, kuten esimerkiksi kuljettaja 1, kuljettaja 2, kuljettaja 3.

### **7.3 Hyödynnettävyys ja jatkotutkimukset**

Toimeksiantaja voi käyttää tutkimusta pohjana parantamaan työn tehokkuuden ohjeistamiseen. Lisäksi myös muut metsäkoneyritykset voivat hyödyntää halutessaan tutkimuksen tuloksia oman toimintansa kehittämiseen. Tutkimusta voi jatkokehittää kalibrointimittaukseen. Tämän tyyppistä tutkimusta voisi käyttää metsäkonealalla myös erilaisiin työaika kuluttaviin toimintoihin, esimerkiksi siihen, kuinka paljon kuljettajan työaika kuluu yleisesti siihen, kun koneet ajetaan aina tienvarteen työvuoron vaihtoon.

## Lähteet

- Heikurainen, M., Paavilainen, L., Rintala, P., Palokangas, J., Saarentaus, T., Immonen, K., Sirviö, J., Jaakkola, S., Palojärvi, K., Laiho, J. & Hongisto, T. Suositus. 2018. Hakkuukoneen mittaustarkkuuden ylläpito. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2018092836899>. 20.10.2022.
- John Deere käyttöohje H424. 2021. Worldwide Construction And Forestry Division. Finland. 10.4.2022.
- Jormanainen, S. 2019. Syöttörullan pitävien elementtien ainespuuhun aiheuttamien vaurioiden syvyys. Opinnäytetyö. Karelia-ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019060314221>. 25.4.2022.
- Juvonen, E. & Kortelainen, M. 2018. Harvesterityön keskeytykset ja ajanmenekki. Opinnäytetyö. Karelia-ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201803022964>. 15.4.2022.
- Kare, E. 2015 Puunkorjuun koneistuminen—kehityspolku. <https://docplayer.fi/2137355-Puunkorjuun-koneistuminen-kehityspolku.html>. 18.4.2022.
- Kiviniemi, M. 2015. Metsäoikeus. Tallinna: Printon Trukikoda.
- Leväniemi, J. 2022. Huoltoneuvoja. Konehuolto Leväniemi Oy. Haastattelu 6.5.2022.
- Melkas, T. 2015. Puutavaran mittausmenetelmien osuudet vuonna 2020. WWW-dokumentti. <https://www.metsateho.fi/mittaustilasto-julkaistu-hakkuukonemittauksen-osuus-kasvanut-hankintahakkuissa/>. 11.11.2022.
- Metsähallitus. 2022. Metsätalouden kehitys kruununmetsistä monikäyttömetsiin. <https://www.metsa.fi/metsahallitus/nain-toimimme/historia/metsatalouden-kehitys/>. 9.4.2022.
- Niskanen, R.-M. 2015. Hakkuukoneen kuljettajan työruutiinien vaikutus tuottavuuteen. Opinnäytetyö. Karelia-ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015060211949>. 19.4.2022.
- Pulkkinen, M. 2009. Lämpötilan vaikutus puun rungon mekaanisessa pituudenmittauksessa. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-200912047055>. 20.4.2022.
- Puuhuolto.fi. 2015. Ulkopuolisen tahon tekemä tarkastusmittaus. <https://puuhuolto.fi/omavalvonta/tyoohjeet/ulkopuolisen-tahon-tekema-tarkastusmittaus/>. 10.8.2022.
- Puuhuolto.fi. 2022a. Puutavaran mitta- ja laatuvaatimukset. <https://puuhuolto.fi/koneellinen-puunkorjuu/koneellinen-puutavaran-valmistus/> 11.5.2022
- Puuhuolto.fi. 2022b. Korjuun suunnittelu. <https://puuhuolto.fi/korjuun-suunnittelu/korjuun-ohjaus/katkonnan-ohjaus/katkonnan-ohjauksen-kasitteita/>. 6.12.2022.
- Puunkorjuu. 2019. Verkkolehti. Suomen metsäyhdistys. <https://forest.fi/fi/sanasto/puunkorjuu-harvesting/>. 13.4.2022.
- Puutavaran mittauslaki 414/2013.
- Pylkkänen, J. 2017. Hakkuukoneen ja tukkimittarin tilavuuserot kuusen sorvitukissa. Opinnäytetyö. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201702132353>. 11.5.2022.



- Ruuskanen, S. 2022. Työajan jakautuminen tuotantoaikaan ja käyttöaikaan metsäkonetyössä. Opinnäytetyö. Karelia-ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2022052110951>. 28.11.2022.
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV-Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. [https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6\\_4.html](https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_4.html). 4.12.2022.
- Sipi, M. 2009. Puuraaka-aineen mittaust. Helsinki: Yliopistopaino. 13.5.2022
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2019. Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakoarviointi Suomessa.
- Uusitalo, J. 2003. Metsäteknologian perusteet. Hämeenlinna: Paino Karisto Oy.
- Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa. Määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi. 3.11.2022

## Liitteet

## Liite 1

[illegible]

## Liite 2

Hakka Oy							
Kuljettaja	Nimi:	Ikä: 41	Työkokemus: 16v				
				Mittaus sää		Hakkuutapa	
Pvm	Mittauksen kellonaika	Mittauksenkesto (min)	Mitatut puut kpl	Pouta	Sade	Avo	harv
7.9	7.59	3.5	10	X		X	
8.9	6.45	3.33	11	X		X	
9.9	7.45	3.50	10	X			X
12.9	9.00	3.25	10	X			X
13.9	9.25	4.33	11	X			X
14.9	8.50	3.67	10	X			X
15.9	10.30	2.83	11		X		X
16.9	9.25	4.67	10		X		X
19.6	8.40	3.83	10		X		X
20.9	10.15	3.42	10	X			X
21.9	7.40	3.25	11	X			X
22.9	9.25	3.67	12		X	X	
23.9	11.15	3.83	10	X			X
25.9	15.15	3.83	10		X	X	
27.9	8.20	3.92	10	X		X	
28.9	9.20	4.17	12		X	X	
29.9	11.15	3.75	10	X			X
30.9	9.30	4.25	10		X		X
3.1	10.40	4.67	10	X			X