



Karelia-ammattikorkeakoulu
Metsätalousinsinööri (AMK)

Energiapuun hankintahakkuun kannattavuus

Markus Laakkonen

Opinnäytetyö, tammikuu 2024

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2024
Metsätalouden koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Markus Laakkonen

Nimeke
Energiapuun hankintahakkuun kannattavuus

Tiivistelmä

Opinnäytetyö tehtiin kehittämistyönä, jonka tavoitteena oli tutkia energiapuun hankintahakkuun kannattavuutta hoitamattomassa nuoressa metsässä. Hakkuut toteutettiin moottorisahalla ja metsäkuljetukset vanhalla maataloustraktorilla sekä metsäperävau-
nulla ja kuormaimella. Hankintahakkuu tehtiin opinnäytetyön tekijän omassa metsässä ja omalla kalustolla. Työssä verrattiin myös energiapuunhakkuuta raivaussahalla teh-
tyyn nuoren metsän hoitoon sekä ainespuuhakkuuseen. Kannattavuutta selvitettiin
työstä aiheutuneiden kulujen ja saatavien tulojen erotuksella

Kehittämistyön aineistoa kerättiin suunnittelun, hakkuutyön ja metsäkuljetuksen aikana, joista saatujen lukujen avulla lähdettiin laskemaan kannattavuutta. Työssä käytettiin hakkuu- ja ajokalustolle konekustannuslaskentaa, työaikojen selvittämiseen työaikatutki-
mista ja kannattavuutta mitattiin työn kokonaistuloksen sekä eri työläjien vertailuilla.

Tutkimuksen mukaan energiapuun hankintahakkuu oli kannattavaa hoitamattomassa nuoressa metsässä. Kaikkien kulujen ja tulojen jälkeen tulokseksi jäi 1606 €/ha. Rai-
vaussahalla tehty nuoren metsän hoidon tuntituotos oli 87 prosenttia suurempi kuin energiapuun korjuun, mutta sen tulos jäi noin 600 € tappiolle. Ainespuukorjuun tulos taas jäi 79 prosenttia pienemmäksi hehtaaria kohden kuin energiapuun korjuu. Opinnäy-
tetyön lopputuloksen luotettavuutta heikentää aineiston vähäisyys.

Kieli
suomi

Sivuja 43
Liitteet 4
Liitesivumäärä 4

Asiasanat
energiapuu, metsuri, kannattavuus



THESIS
January 2024
Degree Programme in Forestry

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

Author
Markus Laakkonen

Title
The Profitability of Fuelwood Delivery Logging

Abstract

This thesis studies the profitability of fuelwood delivery logging in a neglected young forest. The logging was done with a chainsaw and forest transporting with an old tractor. The delivery logging was done in the thesis author's own forest with his own equipment. The work also compared fuelwood delivery logging to young forest management done with a clearing saw as well as industrial wood logging. Profitability was examined by the difference between the expenses incurred and the income received from the work.

The material was collected during planning, logging, and forest transporting. With the help of the figures obtained the profitability was calculated. The study utilised counting the machine costs and performing work time investigation. The profitability was measured by comparisons of the total result of work and different types of work.

This study shows that fuel wood harvesting was profitable in a neglected young forest. The result was a profit of 1606 euros per hectare. Young forest management done with a clearing saw was 87 per cent higher by the hourly yield than fuelwood harvesting but the result was a loss of about 600 euros. The hourly yield of industrial wood logging was 79 per cent lower per hectare than that of fuelwood harvesting. The reliability of the end result is undermined by the limited amount of data.

Language
Finnish

Pages 43
Appendices 4
Pages of Appendices 4

Keywords
fuelwood, lumbermen, profitability

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Puukaupamuodot.....	6
2.1	Puukauppa Suomessa.....	6
2.2	Puutavaran mittaus.....	6
2.3	Pystykauppa ja hankintakauppa	7
2.4	Muut kaupamuodot	9
3	Energiapuunhankinta.....	9
3.1	Energiapuukauppa.....	9
3.2	Valtion rahoittamat tukijärjestelmät	10
4	Metsurityö	12
4.1	Metsurityön historia.....	12
4.2	Manuaalinen hakkuu.....	13
4.3	Työturvallisuus metsurityössä	15
5	Kannattavuus metsänhoitotöissä	16
5.1	Kannattavuus yleisesti	16
5.2	Hankintahakkuun kannattavuuden tekijät.....	16
5.3	Metsätalouden verotus	18
6	Tavoitteet.....	19
7	Aineisto ja menetelmät	19
8	Kehittämistyön laskelmat ja tulokset	23
8.1	Puustotiedot.....	23
8.2	Konekustannuslaskennat.....	25
8.3	Työkustannukset	28
8.4	Hakattu puumäärä ja puukaupparjoukset.....	29
8.5	Vertailut	30
8.6	Energiapuun hankintahakkuun lopputulos	33
9	Pohdinta	36
9.1	Tulosten tarkastelu ja päätelmät	36
9.2	Tulosten luotettavuus.....	40
9.3	Hyödynnettävyys ja jatkotutkimusmahdollisuudet	41
	Lähteet	42

Liitteet

Liite 1	Työajan seuranta, Suunnittelutyö
Liite 2	Työajan seuranta, Hakkuutyö
Liite 3	Työajan seuranta, Ajotyö
Liite 4	Puutavaran mittaus, Pinomittausmenetelmä

1 Johdanto

Suomen pinta-alasta yli kolme neljäsosaa on metsien peittämää. Metsistä 20,3 milj. ha on puuntuotantoon käytettävää ja 2,5 milj. ha kitumaata. Täysin suojeltuja hakkuiden ulkopuolisia metsiä on myös 2,5 milj. ha eli reilu kymmenen prosenttia metsä- ja kitumaan kokonaispinta-alasta. Metsien vuosittainen kasvu on noin 103,5 milj. m³. Vuoden 2022 puuston kokonaispoistuma oli 89 milj. m³, josta 74,7 milj. m³ hakkuukertymää. Vuoden 2022 hakkuukertymästä 86 prosenttia meni metsäteollisuuden käyttöön ja loput 14 prosenttia lämpöenergiaksi. Suomessa metsät on pääosin yksityisten metsänomistajien omistuksissa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2023a.)

Vaikka Suomessa metsäpinta-ala ja metsien kasvu on suurta ja metsiä hoidetaan hyvin, silti Suomesta löytyy paljon hoitamattomia nuoria metsiä ja taimikoita, joihin ei ole tehty mitään toimenpiteitä uudistamistoimien jälkeen. On myös paljon viljelyksestä pois jääneitä peltoja, joihin ei ole tehty uudistamistoimia ollenkaan. Metsien hoitamattomuus johtuu paljon siitä, että taimikonhoidot ja ensiharvennukset mielletään hyvin helposti kannattamattomiksi toimenpiteiksi, koska niistä ei tule paljon tuloja varsinkaan, jos työn teettää ulkopuolisella. Samoin pellonmetsitykset koetaan työlääksi ja kannattamattomaksi toimenpiteeksi. Sekä nuoren metsän hoitoon että pellonmetsitykseen on olemassa valtion rahoittamia tukijärjestelmiä tietyin ehdoin ja edellytyksin.

Tässä kehittämistyössä selvitettiin energiapuun harvennushakkuun kannattavuutta hoitamattomassa nuorena metsässä hankintahakkuuna. Kyseinen aihe valittiin, koska se oli ajankohtainen energiapuun kysynnän kannalta ja tekijän omasta metsästä löytyi sopivia kohteita työn toteutukseen. Kyseisiin metsikkökuvioihin haettiin valtiolta Kemera-tukea työn toteutukseen. Kehittämistyössä verrattiin energiapuun harvennustyön tuotosmääriä ja kustannuksia raivaussahalla tehtyyn nuorenmetsänhoitoon sekä kustannuksia pelkkään ainespuuhakkuuseen verraten. Kehittämistyössä tutkittiin myös vanhan maataloustraktorin polttoaineenkulutusta ja soveltuvuutta energiapuun ajoon.

2 Puukaupamuodot

2.1 Puukauppa Suomessa

Suomessa puukauppoja tekevät muun muassa yksityiset metsänomistajat, metsäyhtiöt sekä valtio. Puukaupassa puun ostaja ja puun myyjä ovat osapuolia sopimukseen (Metsäteho 2022a). Puun myyjänä on yleensä metsänomistaja tai hänen edustajansa tai asiamiehensä (Metsäteho 2022a). Puun ostaja taas on yleensä jonkun puuta ostavan organisaation edustaja. Puukaupposopimuksessa sovitaan kaupan voimassaoloajasta, hakkuutavasta, hakattavista puutaralajeista, mitta- ja laatuvaatimuksista hakkuualueista, hinnoitteluista ja varastoinnista (Metsäteho 2022a).

Vuonna 2022 yksityismetsistä ostettua teollisuuden puutavaraa kirjautui puukauppatilastoihin 41,9 milj. m³ koko Suomen alueelta. Puukauppamäärä on pienentynyt 12 prosenttia vuodesta 2021. (Luonnonvarakeskus 2023a.) Yleisimmät puukaupamuodot voidaan jakaa neljään eri lajiin: pystykauppa, hankintakauppa, käteiskauppa ja toimituskauppa. Näiden neljän lisäksi on myös valtakirjakauppa ja sähköinen puukauppa. Edellä mainitut kaupamuodot eivät ole lain-säädännössä säädettyjä, vaan ne ovat vakiintuneita tapoja toimia. (Metsäteho 2022a.)

2.2 Puutavaran mittaus

Puutavaran mittaus on yksi osa puunhankintaa. Puutavaran mittausta tarvitaan puun omistusoikeuksien vaihtuessa ja työpalkkojen ja urakointimaksujen määrittämiseen. Puutavaran mittauksella tarkoitetaan puutavaran määrän ja laadun mittausta jalostamattomassa muodossa. Puukaupassa tapahtuvan puumäärän mittauksen nimi on luovutusmittaus. Työpalkkojen ja urakointimaksujen mittaustavan nimi on työ- ja urakointimittaus. Molemmat mittaukset tehdään yleensä samalla kertaa ennalta sovitun mittausmenetelmän mukaan. (Metsäteho 2018.)

Mittaus toteutetaan kuorellisen tilavuuden perusteella. Suomessa puutavaran mittaus perustuu puutavaran mittauksen lakiin (414/2013), maa- ja metsätalousministeriön asetukseen (12/13) ja luonnonvarakeskuksen määräykseen yleisistä muuntoluvuista liittyen puutavaran mittaukseen. Nykyinen puunmittauksessa käytetty laki on otettu käyttöön ainespuiden osalta 1.7.2013 ja energiapuiden osalta 1.1.2014. Puutavaran mittauksessa käytettäviä menetelmät jaetaan kolmeen ryhmään. (Metsäteho 2018.)

Ryhmä 1 perustuu puutavaran fyysisiin ominaisuuksiin ja ulottuvuuksiin tai painoon, toisin sanoen mitattuihin suureisiin perustuvat menetelmät. (Metsäteho 2018). Ryhmä 1:n menetelmiä pölkyittäin mittaukseen ovat mittaus tukkimittareilla, manuaalinen pätkittäin mittaus ja hakkuukonemittaus. Puumuodostelmien mittaustapoja ovat kehyskuvamittaus, pinon kehystilavuus sekä hakkeen irtotilavuus (Maa- ja metsätalousministeriö 2013a).

Ryhmä 2 perustuu ryhmän 1 menetelmistä, jossa muutetaan mittayksikköä muuntoluvulla, joka perustuu otantaan. Ryhmä 2:n menetelmät ovat siis otantaan perustuvia menetelmiä. (Metsäteho 2018). Ryhmä 2:n menetelmiä ovat esimerkiksi paino-otanta-, kappale- ja nippuotanta-, kuivapaino-, kosteus- ja laatuotantomittaus (Maa- ja metsätalousministeriö 2013b).

Ryhmä 3 perustuu myös ryhmän 1 menetelmiin, jossa mittayksikkö muutetaan yleisellä muuntoluvulla. Eli yleiseen muuntolukuihin perustuvat menetelmät. (Metsäteho 2018). Yleiset muuntoluvut määrittelee Luonnonvarakeskus (ent. Metsäntutkimuslaitos). Ryhmä 3:n menetelmiä ovat esimerkiksi pinomittaus ja kuormainvaakamittaus (Maa- ja metsätalousministeriö 2013c).

2.3 Pystykauppa ja hankintakauppa

Pystykaupassa puuta ostava yritys hoitaa korjuun ja metsäkuljetuksen puukauppasopimuksen mukaan ja korjuun hinta sisältyy näin puusta maksettavaan hintaan. Puukauppasopimuksella annetaan puunostajalle oikeus hakkuun ja metsäkuljetuksen lisäksi tien käyttöön, tienvarsivarastointiin ja kaukokuljetukseen.

(Metsäteho 2022a.) Vuonna 2022 yksityismetsistä ostetun teollisuuden puutavaran osuus pystykauppana oli 88 prosenttia (Luonnonvarakeskus 2023a).

Pystykaupassa puunmittauksessa käytetään hakkuukonemittaa ja tehdasmittaa, josta yleisempi on hakkuukonemittaus, jonka osuus oli 88 prosenttia vuonna 2021. Hakkuukonemittauksessa puumäärä lasketaan harvesterin kourassa olevien puunmittausantureiden keräämien tietojen mukaan. Tehdasmittauksen osuus vuoden 2021 pystykaupoista oli 12 prosenttia. Tehdasmittauksella tarkoitetaan puun luovutusmittausta, joka tapahtuu vasta tehtaalla. Tehdasmittausta-
poja ovat esimerkiksi paino-otantamittaus ja laserskannaukseen perustuva mitaus. (Metsäteho 2018.)

Hankintakaupassa tehdään puukauppasopimus puunostajan ja puun myyjän välille ennen hakkuuta. Myyjä sitoutuu sopimuksen mukaan toimittamaan sopimuksen mukaista puuta sovittuun tienvarsivarastoon tiettyyn päivään mennessä. Hankintakaupassa puuta ostava yritys maksaa vain puusta, ja sen vuoksi korjuun ja metsäkuljetuksen tienvarsivarastoon hoitaminen kuuluu puun myyjälle. (Metsäteho 2022a.) Myyjä voi tehdä korjuun itse esimerkiksi moottorisahalla tai omalla harvesterilla. Korjuun voi jättää myös jollekin metsänomistajan valitsemalle korjuuyrittäjälle. Metsäkuljetuksen voi samoin kuin korjuunkin tehdä itse haluamallaan kalustolla tai teettää ulkopuolisella. Vuonna 2022 yksityismetsistä ostetun teollisuuden puutavaran osuus hankintakauppana oli 12 prosenttia (Luonnonvarakeskus 2023a).

Hankintakaupoissa puunmittaustapoja ovat hakkuukonemittaus, kuormainvaakamittaus, pinomittaus ja tehdasmittaus. Yleisin näistä on kuormainvaakamittaus, jota oli 39 prosenttia vuoden 2021 hankintakauppojen määrästä. Kuormainvaakamittauksessa puun kaukokuljetusvaiheessa mitataan nosturissa olevan vaa'an avulla lastattavien puiden paino. Kun paino on tiedossa, tilavuus saadaan selville yleisesti sovituilla puun tiheyskertoimilla. Toiseksi yleisin mitaustapa hankintakaupoissa on hakkuukonemittaus, jonka osuus oli 37 prosenttia hankintakauppojen määrästä. Tehdasmittausta käytettiin 17 prosenttia vuoden 2021 hankintakaupoista ja pinomittausta käytettiin vain 7 prosenttia hankintakaupoista. (Metsäteho 2018.)

2.4 Muut kauppamuodot

Pystykaupan ja hankintakaupan lisäksi on muita vähemmän käytettyjä kauppamuotoja. Käteiskaupasta on kyse, kun metsänomistaja tekee puukauppasopimuksen puunostajan kanssa puuerästä, joka on jo valmiiksi tienvarsivarastossa. Käteiskaupassa puun hinnasta ja mitta- ja laatuvaatimuksista ei ole aiemmin sovittu mitään puunostajan kanssa. (Metsäteho 2022a.) Käteiskauppa tehdään yleensä pienistä puutavaraeristä, kuten tonttihakkuut tai myrskytuhoakkuut (UPM 2023).

Toimituskaupassa tehdään puukauppasopimus, jossa puun myyjä toimittaa valmiiksi korjatun, myytävän puutavaraerän ostajan kanssa sovittuun paikkaan ja aikaan mennessä. Metsähallituksen tekemät puukaupat ovat luonteeltaan toimituskauppoja. (Metsäteho 2022a.) Yksityisen metsänomistajan toimituskaupan toisena osapuolena on yleensä polttopuunrangan tai energiapuunrangan ostajat.

Valtakirjakaupassa annetaan toiselle henkilölle tai yhtiölle oikeus kilpailuttaa ja tehdä puukaupat. Valtakirjakauppoja ovat esimerkiksi metsänhoitoyhdistysten tarjoamat puukaupat. Valtakirjakauppojen määrä on merkittävässä roolissa puukauppojen kokonaisuudessa. Sähköisestä kaupasta puhutaan silloin kun puukaupattarjouksia kilpailutetaan verkossa eri yhtiöiden välillä. Tällaisia sähköisiä kilpailutuksia tekee esimerkiksi Kuutio-puukaupapaikka. (Metsäteho 2022a.)

3 Energiapuunhankinta

3.1 Energiapuukauppa

Energiapuu on metsistä korjattavaa puuta, jotka menevät energiatuotannon käyttöön. Energiapuulla yleensä tarkoitetaan niitä puita, jotka ei kelpaa muuhun puujalostukseen. Metsistä kerättävät energiapuut jaetaan kolmeen eri luokkaan: hakkuutähteet, karsittu energiारanka ja karsimaton kokopuu. (Karjalan Metsä ja

Energia Oy 2022.) Karsimaton kokopuu korjataan nimensä mukaisesti oksineen ja neulasineen. Karsitun energiarangan korjuu taas ei sen suuremmin poikkea normaalista ainespuunkorjuusta. Hakkuutähteiden korjuu tapahtuu uudistushakkuun yhteydessä ja se käsittää latvat, oksat, neulaset ja lehdet. (Koistinen, Luiro & Vanhatalo 2016, 28–35, 44–48.) Energiapuun kauppamuodot voivat olla esimerkiksi pysty-, hankinta- ja käteiskauppaa. (Metsäteho 2022a.)

Kaikkiaan Suomessa korjattiin energiapuuta 4,056 milj. m³ vuonna 2022 eli noin 10 prosenttia teollisuuteen menevän ainespuun kauppamäärästä. Määrä on pienentynyt vuodesta 2021 noin 3 prosenttia. Energiapuukaupoista vuonna 2022 noin kolme neljäsosaa oli pystykauppoja ja noin yksi neljäsosa hankintakauppoja. Latvusmassan osuus kokonaisenergiapuumäärästä oli 52 prosenttia ja karsitun rangan osuus 41 prosenttia. Kokopuun osuus oli 5 prosenttia ja kantojen osuus 3 prosenttia. (Luonnonvarakeskus 2023b.)

Energiapuuta korjataan sekä kasvatusmetsistä että uudistusaloilta. Energiapuun korjuu kasvatusmetsissä voidaan toteuttaa sekä hoidettuun että hoitamattomaan metsikköön. Korjuu voidaan toteuttaa pelkkänä energiapuun korjuuna tai myös yhdistettynä energiapuun ja ainespuun korjuuna. Enimmäkseen energiapuuta korjataan ensiharvennuksilta mutta voidaan tehdä myös varttuneimmissa metsissä. Yhdistetyssä korjuussa voidaan parantaa hoidettujen metsien puunkorjuun kannattavuutta. (Koistinen, Luiro & Vanhatalo 2016, 28–35.)

Uudistushakkuilta kerättävät hakkuutähteet ovat ainespuuhakkuun sivutuotteita. Harvennushakkuilta ei kerätä hakkuutähteitä energiaksi. Hakkuutähteiden keräystä voidaan toteuttaa kuivahkoilla ja sitä viljavammilta kivennäismailla sekä puolukka-, mustikka- ja ruohoturvekankailla. Hakkuutähteitä voidaan kerätä myös pohjavesialue 1 ja 2:selta. (Koistinen, Luiro & Vanhatalo 2016, 44–48.)

3.2 Valtion rahoittamat tukijärjestelmät

Taimikon varhaishoitoon ja nuoren metsän hoitoon on muun muassa mahdollista saada valtiolta tukea, joka on tällä hetkellä kestävän metsätalouden

rahoituslaki (Kemera). Kemera-tukijärjestelmä tuli voimaan vuoden 2015 kesäkuussa. Kemera-tuen lain voimassaolo päättyy kuitenkin vuoden 2023 lopussa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2023b.) Kemera-tukien hakemuksien jättöaika päättyi 1.10.2023 ja tämän jälkeen saapuneet hakemukset jäävät käsittelemättä. Kemera-tuen mukaisia tukimaksuja voidaan maksaa 31.12.2026 saakka. Kemera-tukijärjestelmän tilalle tulee uusi tukijärjestelmä, metsätalouden kannustejärjestelmä (Metka), joka alkaa vuoden 2024 alusta. (Metsäkeskus 2023a.)

Taimikon varhaishoidosta saatava kemera-tuki on tällä hetkellä 160 euroa hehtaarille. Taimikon varhaishoito tarkoittaa taimikon yläpuolella olevan verhopuuston poistoa ja taimikon perkausta sekä harvennusta. Taimikon keskipituus on oltava varhaishoidon jälkeen 0,7–3 metriä. Nuoren metsän hoidon tuki taas kattaa sekä varttuneen taimikon hoidon että nuoren metsän kunnostuksen. Nuoren metsän hoidon tuki on tällä hetkellä 230 euroa hehtaarille. Molempia tukia voidaan myöntää vain yksityisille maanomistajille ja haettava tukimäärä hakemuksessa on oltava yli 2 ha. Yksittäisen metsikkökuvion on myös oltava yli puoli hehtaaria. Hakemus voidaan kuitenkin tehdä useamman maanomistajan kanssa yhdessä, jolloin kahden hehtaarin määrä täyttyy helpommin. (Metsäkeskus 2023a.)

Nuoren metsänhoidon tukeen puuston keskiläpimitta on oltava alle 16 cm ennen ja jälkeen työn. Poistettavien puiden kantoläpimitta on oltava yli 3 cm. Jäävän puuston pituus on oltava yli 3 metriä. Poistettavan puuston määrä täytyy olla vähintään 1000 runkoa hehtaarilla Etelä-Suomessa ja 800 runkoa hehtaarilta Pohjois-Suomessa. Nuoren metsänhoidon tuen lisäksi energiapuunkorjukseen voidaan myöntää pienpuun keruun tuki, kun kerättävää puuta on vähintään 35 m³ hehtaarilla Etelä- ja Keski-Suomessa ja 25m³ hehtaarilla Pohjois-Suomessa. Tällöin nuoren metsän hoidon ja pienpuun keruun tuki ovat yhteensä 450 euroa hehtaarille 1.6.2022 jälkeen saapuneisiin rahoitushakemuksiin. Tätä ennen nuoren metsänhoidon tuki ja pienpuun keruun tuki oli 430 euroa hehtaarille. (Metsäkeskus 2023a.)

Kemera-tukijärjestelmän päättyessä vuoden 2023 lopussa sen tilalle astuu heti vuoden 2024 alussa voimaan metsätalouden kannustejärjestelmä (Metka).

Metka tukien haku alkaa maalikuun 2024 alussa. Samoin kuin Kemera-tukea, myös metka tukea voidaan hakea muun muassa taimikonhoitoon, nuoren metsän hoitoon sekä pienpuun keruuseen. Metkaa koskeva laki on vahvistettu 19.1.2023, mutta se edellyttää vielä Euroopan komission hyväksyntää. Metka tukijärjestelmän on tavoitteena olla voimassa vuosina 2024–2029. (Metsäkeskus 2023b.)

Taimikon varhaishoitoon, taimikon hoitoon ja nuoren metsän hoitoon suurin muutos Kemera-tukeen verrattuna on, että tuki on kaikille toimenpiteille sama. Tuen määrä taimikonhoito töissä on 200 euroa hehtaarille. Toinen muutos on, että ei tarvitse ennen töiden aloittamista jättää rahoitushakemusta. Työn toteutuksen jälkeen tehdään vain toteutusilmoitus metsäkeskukselle. Kolmas muutos Metkassa on 5 vuoden aikaraja edellisestä tuensaannista. Kemera-tuessa vastaava aikaraja oli tukea myönnetystä taimikonvarhaishoidosta 7 vuotta tai 10 vuotta metsän uudistamisesta. (Metsäkeskus 2023b.)

Metka tuen pinta-ala raja on vähintään yksi hehtaari, mutta se voi koostua useammasta kuviosta. Kemera-tuessa kyseinen raja oli 2 ha ja kuvion koko vähintään 0,5 hehtaaria. Nuoren metsän hoidon tuessa suurin muutos tulee pienpuun keruun tukeen. Nuoren metsän hoidon tuki tulee olemaan 300 euroa hehtaarille, pienpuun keruun tuen kanssa, kun se oli kemera-tuessa 450 euroa hehtaarille. (Metsäkeskus 2023b.)

4 Metsurityö

4.1 Metsurityön historia

Suomen väestöstä noin 90 prosenttia asui maaseudulla 1800-luvun lopulle saakka. Ansiotöistä oli pulaa maaseudulla ja siksi metsätöistä tuli lisätienestien tärkein tarjoaja maaseudun mieshenkilöille. Metsätyövoiman tarve kasvoi hakuiden ja metsäteollisuuden lisääntyessä. 1800-luvun lopulla oli arviolta noin 100 000 metsätyömiestä. Metsätyövoiman määrä saavutti huippunsa 1940-

luvun lopulla, jolloin metsissä työskenteli arviolta yli 300 000 miestä, jonka lisäksi vielä kymmeniä tuhansia miehiä puun kaukokuljetuksissa. 1940-luvun lopulta lähtien metsätyövoima on jatkuvasti vähentynyt puun korjuun koneellistumisen myötä. (Pakkanen & Leikola 2010, 368–426.)

Metsuri-ammattinimike on kuitenkin Suomessa melko tuore ja samalla katoava käsite, sillä metsureiden määrä laskee jatkuvasti. Metsuri-ammattinimike on tullut käyttöön 1960-luvulla koulutuksen myötä, kun metsätyöntekijöille tuli ympärivuotiset työsuhteet. Tätä ennen metsätyö oli enemmän kausipainotteista. (Pakkanen & Leikola 2010, 368–426.) Vakituksessa työsuhteessa olevia metsureita on vuonna 2016 ollut arviolta noin 3500–4000 (YLE 2019). Valtaosa Suomessa työskentelevistä metsureista on nykyisin yksityisyrittäjiä (Halonen 2021).

4.2 Manuaalinen hakkuu

Lähes kaikki puunkorjuu tapahtuu nykyisin koneellisesti. Manuaalinen hakkuu on vastakohta koneelliselle hakkuulle. Manuaalihakkuu tehdään nykyisin moottorisahalla. Manuaalista hakkuuta tehdään pääosin ensiharvennuksien hankintahakkuissa, erikoispuiden korjuussa ja vaikeissa olosuhteissa (Metsäteho 2022a). Tuottavuus on manuaalihakkuussa koneellista hakkuuta merkittävästi alempi, n. 1–4 m³/h ja siihen vaikuttavat olosuhteet, puuston määrä ja järeys sekä sahaajan ammattitaito (Metsäteho 2022a). Manuaalihakkuussa tapahtuvia työvaiheita ovat esimerkiksi ajourien suunnittelu, kaato, karsinta, pätkintä ja kausaus kourakasoihin.

Ajourien suunnittelussa pyritään mahdollisimman lyhyeen metsäkuljetusmatkaan sijoittaen ne parhaisiin maastonkohtiin. Ajourat pyritään tekemään mahdollisimman suoriksi. Ajouraväli ja -leveys on pidettävä tasaisena. (Metsäteho 1990, 53–54.) Ajouran leveyteen vaikuttaa ajokaluston koko. Jos puut ajetaan normaalilla metsätraktorilla, ajourat ovat kivennäismaalla yleensä noin 4–4,5 metriä leveitä ja turvemaidella 4–5 m leveitä ja ajouraväli on vähintään noin 20 m (Metsäteho 2022a).

Kaatosahauksessa on otettava huomioon kaatosuunta ja kaatotekniikka. Kaatotekniikka valitaan puun koon ja vaikeuden mukaan. Yleisiä kaatotekniikoita ovat perinteinen kaatokolo, viiltokaatokolo ja siirtelykaatotekniikka. Perinteisessä kaatokolossa tehdään puuhun kaatosuunnan puolelle kaatokolo, ensin yläsahaus noin 50 asteen kulmassa puuhun nähden ja sitten alasahaus 90 asteen kulmassa. Kaatokolon syvyys on yleensä noin kolmasosa puun tyven läpimitasta. Kaatosahaus tehdään kaatokolon vastakkaiselle puolelle hieman kaatokolon pohjan yläpuolelle. Viiltokaatokolossa kaatokolo tehdään tekemällä pelkkä yläsahaus rungon kaatosuunnan puolelle ja sitten itse kaatosahaus vastakkaiselta puolelta. (Kiuruveden Metsola 2017a.)

Siirtelykaatotekniikassa käytetään hyväksi kaatuvan puun liike-energiaa, jolloin saadaan puut suoraan kasoihin ilman erillistä kasaustyötä. Siirtelykaatotekniikassa tehdään kaksi sahausta 90 asteen kulmassa puuhun nähden, ensin yläsahaus sille puolelle runkoa, jonne halutaan, että latva menee. Sitten tehdään alasahaus noin rungon läpimitan verran alempaa vastakkaiselle puolelle. Siirtelykaatotekniikassa sekä ylä- että alasahaus tehdään noin rungon puoleenväliin hieman toistensa ohi, jolloin puu on poikki mutta pysyy silti pystyssä. Puuta kaataessa kasaus tehdään molempia käsiä käyttäen liikuttamalla tyveä taaksepäin. Siirtelykaatotekniikkaa käytetään enimmäkseen energiapuunsahauksessa hyödyksi. (Kiuruveden Metsola 2018.)

Karsintatyötä ovat latvan katkaisu minimiläpimitaan ja oksien poisto puusta. Hakkuutyössä eniten aikaa vievä työvaihe on karsinta ja siksi on tarpeen osata oikeat karsintatekniikat. Karsintatekniikoita on olemassa useita mutta kaksi käytetyintä ovat vipuamismenetelmä ja pyyhkäisymenetelmä. Vipuamismenetelmässä oksat karsitaan vipuamalla sahalla oksia irti järjestyksessä ensin rungon oikealta puolen, sitten rungon päältä, vasemmalta puolen ja jatkaen vasemmalta taas rungon päälle ja oikealle puolelle. Pyyhkäisymenetelmässä nimensä mukaisesti oksat karsitaan liikuttamalla sahaa edestakaisin runkoa vasten (Metsäteho 1990, 39–42). Näiden lisäksi on esimerkiksi nippukarsinta, jossa karsitaan useita runkoja yhtä aikaa. Nippukarsintaan liittyy vahvasti siirtelykaatotekniikka, jossa karsittavat puut saadaan kaadettua yhteen kasaan. Nippukarsintaa

käytetään pääasiassa energiapuun sahauksessa ja ensiharvennuksissa. (Kiuruveden Metsola 2017b.)

4.3 Työturvallisuus metsurityössä

Metsurityössä työturvallisuus on todella merkittävässä roolissa, koska työskennellään kaikenlaisessa maastossa ja olosuhteissa. Sahatöissä työturvallisuuden tärkeys vielä korostuu, koska käytettävissä on väärinkäytettynä jopa tappavia koneita.

Moottorisahaa käytettäessä on tärkeää käyttää kunnollisia turvavarusteita, jotka voivat estää vakavia tapaturmia. Tärkeimpiä turvavarusteita ovat viiltosuojatut turvahousut, viiltosuojatut turvakengät, kypärä silmä- ja korvasuojaimilla, kaatoon tarvittavat apuvälineet, ensiapupakkaus ja matkapuhelin. (Mäki 2012, 13.)

Ennen sahauksen aloittamista pitää kokeilla, että sahassa toimii ketjujarru. Ketjujarru toimii takapotkun suojana pysäyttäen teräketjun pyörimisen. Takapotku tapahtuu, kun sahan terälaipan kärkipyörä osuu puuhun tai se saa kimmokkeen esim. oksasta tai kivistä. Sahassa pitää olla paikallaan myös ehjä ketjusieppo, joka pysäyttää paikaltaan pois lähteneen teräketjun ja estää sen tulemasta sahaajaa päin. Sammutinkytkin ja kaasukahvan turvaliipaisin estävät myös toimissaan tapaturmia. (Kiuruveden Metsola 2019b.)

Metsässä epätasaisella alustalla liikuttaessa kaatumiset ja liukastumiset ovat yleisiä. Kaatumiseen ja liukastumiseen on hyvä varautua ja opetella sahan turvallista käyttöä. (Kiuruveden Metsola 2019b.) Moottorisahan kanssa liikuttaessa sahaa on pyrittävä aina pitämään kiinni vartalossa tai puun rungossa kaikkien työvaiheiden aikana (Kiuruveden Metsola 2017a). Karsimisessa työturvallisin tapa on pitää sahan terä aina toisella puolella puun runkoa, kun itse liikkuu ja kun pysähtyy, voi karsia toisen puolen rungosta (Mäki 2012, 15).

5 Kannattavuus metsänhoitotöissä

5.1 Kannattavuus yleisesti

Kannattavuus on monessa toiminnassa kuten yritystoiminnassa elinehto. Kannattavuuden perusteena voidaan pitää, että tulot ovat suuremmat kuin menot. Yrityksen kannattavuuden laskemiseen on olemassa monia katemittareita, joiden avulla se onnistuu. Kannattavuus mittaa siis voitonmaksukykyä. Kannattavuutta voidaan parantaa tulojen kasvattamisella tai menojen pienentämisellä. (Kasvurahoitus 2022.)

Yrityksen tehdessä investointeja pyritään selvittämään etukäteen, onko kyseinen investointi kannattava vai ei. Investoinnin kannattavuudelle on olemassa monia laskentatapoja. Laskentatapoja on ainakin nykyarvomenetelmä, annuiteettimenetelmä, sisäinen korkokannan menetelmä ja takaisinmaksuajan menetelmä. Käytetyimpiä menetelmiä investoinnin kannattavuuden laskentaa ovat sisäisen korkokannan menetelmä ja takaisinmaksuajan menetelmä. (Yritystulkki.fi 2023.)

Sisäisen korkokannan menetelmässä kulut ja tuotot diskontataan nykyhetkeen tietyllä korkokannalla. Jos nettotulojen nykyarvon korkokanta on suurempi kuin tavoite, niin investointi katsotaan kannattavaksi. Takaisinmaksuajan menetelmässä selvitetään nopeutta investoinnin nettotuottojen tuloksen ylittävän hankintakustannukset. Laskentatapana hankintakustannus jaettuna vuotuisella nettotuotolla. (Yritystulkki.fi 2023.)

5.2 Hankintahakkuun kannattavuuden tekijät

Hankintahakkuu ja toisin sanoen hankintakauppa on puunkorjuun yksi tapa, jossa metsänomistaja vastaa itse puuston hakkuusta ja metsäkuljetuksesta. Hankintakaupassa maksetaan yleensä aina korkeampaa hintaa kuin pystykaupassa, koska pystykaupassa puun hintaan sisältyy myös puunkorjuu ja kuljetus.

Pystykaupan ja hankintakaupan hinnan erotusta sanotaan hankintalisäksi (Kiuveden Metsola 2019a).

Kannattavuuteen manuaalihakkuuta tehdessä vaikuttaa ensinnäkin se tekeekö hakkuuta täysipäiväisenä työnään vai muiden töiden ohessa harrastuksena. Jos hankintahakkuuta tekisi täysipäiväisenä, omasta työpalkasta vähennettäisiin noin 30 % palkan sivukuluja. Jos tavoitteena olisi verojen jälkeen 15 € tuntipalkka, niin todellinen tuntipalkka olisi noin 22 €/h. Jos hakkuusta saisi 12 €/m³, niin 15 € tuntipalkalla päivätuotos pitäisi olla 10m³, kun taas 22 € tuntipalkalla päivätuotos pitäisi olla 14,7 m³, jotta työ olisi samassa suhteessa kannattavaa.

Toinen kannattavuuden tekijä on hakkuuseen tarvittava kaluston määrä ja kaluston arvo. Jos kalusto löytyy tekijältä jo omasta takaa ja niiden vuosipoistot on jo maksettu loppuun asti, niin niitä ei välttämättä tarvitse huomioida kannattavuuteen niin suuressa määrin kuin sellaisissa koneissa, joissa on vielä vuosipoistoja jäljellä. Kun kalusto on jo tavallaan takaisinmaksettu, silloin konekustannuslaskennassa voidaan jättää kaluston pääoman poisto kokonaan pois. Täysin uudella kalustolla pääoman poiston osuus on suuri mutta taas huolto ja korjauskulut pitäisi olla pienemmät. Mitä halvemmalla kalustolla ja kuitenkin lähes samalla työajalla saadaan työ hoidetuksi, niin hankintahakkuusta tulee kannattavampaa.

Kolmas kannattavuuden tekijä hankintahakkuussa on tekijän aiempi kokemus. Kokemuksen mukana työskentelytavat kehittyvät ja päivätuotos kasvaa. Esimerkiksi ammattimetsuri pystyy tekemään moottorisahalla 8 tunnin työpäivässä 15-20m³ riippuen olosuhteista, puulajista ja puun koosta. Aloittelevalla hankintahakkaajalla on jo tiukassa saada 8 tunnin työpäivässä 10m³ samoilla kohteella kuin ammattimetsuri. Työkokemuksen lisääntyessä turhat työliikkeet ja turha työn tarkkuus jäävät tekemättä, jolloin hankintahakkuusta saadaan kannattavampaa.

Kannattavuutta hankintahakkuulle voidaan laskea esimerkiksi konekustannuslaskennalla tai investoinnin kannattavuuslaskelmalla. Konekustannuslaskentaa

voidaan käyttää esim. moottorisahalle sekä myös ajokalustolle ja näin saadaan käytetyille kalustolle tunti tai kuutiokohtaiset kulut selville.

5.3 Metsätalouden verotus

Metsänomistajia verotetaan sekä ansio- että pääomaverotuksen mukaan. Metsätalouden tulot verotetaan pääomatulona paitsi hankintahakkuusta, jossa verovapaan puumäärän ylittävältä osalta verotetaan ansiotulona. Yleinen pääomatu-
lojen veroprosentti on 30 prosenttia ja yli 30 000 € ylittävältä osuudelta 34 prosenttia. Ansiotulovero verotetaan metsänomistajan henkilökohtaisen verotuksen mukaan, joten veroprosentti riippuu henkilön muista tuloista. (Jauhiainen 2022, 22.)

Hankintahakkuussa työn osuus on verovapaata 125 m³ asti. Hankintatyön arvo lasketaan puutavarakohtaisesti sekä hakkuulle että ajolle. Laskentaperusteena käytetään metsäalan työehtosopimuksien mukaisia palkkoja paikkakunta-
kohtaisesti tai verohallinnon tietyn vuoden keskimääräisiä taksoja. Hankintatyön verovapaan osuuden ylittävä arvo verotetaan sinä vuonna, jolloin työkin on tehty eikä puutavaran luovutushetken mukaan. Metsänomistaja voi vähentää myös hankintatyöhön aiheutuneet menot tulonhankkimismenoina pääomatuloista. (Verohallinto 2023.)

Arvonlisävero(alv) on vero, joka verottaa tuotteen tai palvelun arvonlisää. Arvonlisävero on osa tuotteen tai palvelun myyntihintaa. Arvonlisävero lisätään tuotteen hintaan, jos alkutuottaja on itse arvonlisäverovelvollinen. Arvonlisäveron maksaa lopullinen käyttäjä, joka ei pysty enää vähentämään sitä verotuksessa. (Yrityksen perustaminen 2023.)

Metsänomistajan on ilmoitauduttava arvonlisäverovelvolliseksi, kun metsätalouden vuositulot on 15 000 € vuodessa tai enemmän. Arvonlisäverovelvolliseksi voi kuitenkin ryhtyä kaikki metsänomistajat niin halutessaan. Metsänomistaja, joka on arvonlisäverovelvollinen, joutuu maksamaan arvonlisäveron sisältävistä tuloista arvonlisäveron takaisin valtiolle. Metsänomistaja saa kuitenkin taas

vähentää arvonlisäverollisesta menosta arvonlisäveron pois kuluvan vuoden verotuksessa. (Jauhiainen 2022, 25.)

6 Tavoitteet

Kehittämistyön aihe syntyi tekijän omasta tarpeesta tutkia hoitamattoman nuoren metsän seuraavaa toimenpidettä tekijän omassa metsässä. Sen tavoitteena oli selvittää, kannattaako tehdä hoitamattomaan nuoreen metsään energiapuuharvennusta hankintahakkuuna. Harvennettavilta kuvioilta oli tarkoitus tehdä karsittua rankapuuta ja karsimatonta kokopuuta sekä lisäksi myös kuitupuuta.

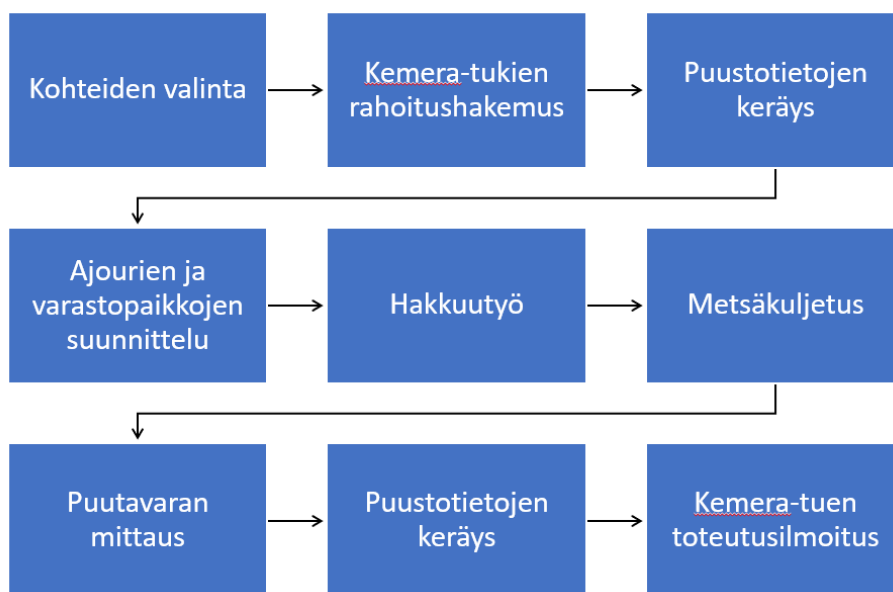
Kehittämistyön toisena tavoitteena oli verrata energiapuun korjuuta ranka- ja kokopuuna, energiapuun korjuuta rankana ja ainespuun korjuuta kyseisiltä kuvioilta saatujen tulosten mukaisesti. Kehittämistyössä kolmas tavoite oli verrata moottorisahalla tehtyä nuoren metsän hoitoa raivaussahalla tehtyyn nuoren metsän hoitoon, jossa ei kerätä kaadettuja puita ollenkaan. Kehittämistyön muita tutkimuskysymyksiä olivat:

- Mikä on maataloustraktorin kulutus puunajossa tuntia tai kuutiota kohden?
- Soveltuuko vanha maataloustraktori energiapuun ajoon?

7 Aineisto ja menetelmät

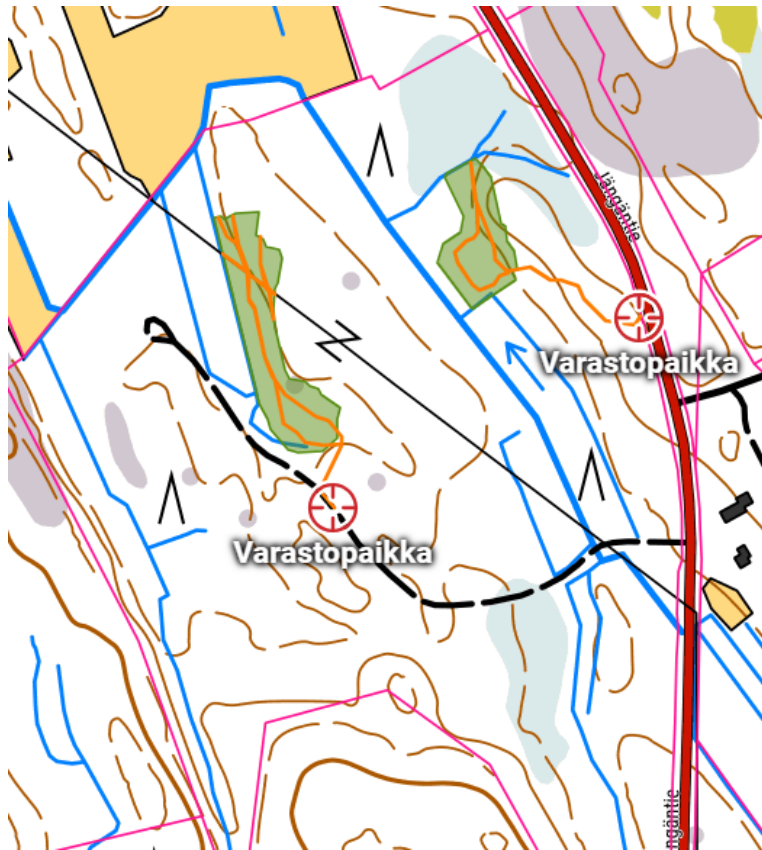
Kehittämistyössä kyseessä oli toiminnallinen opinnäytetyö, jossa kaikki numeraalinen aineisto oli peräisin työn tekijältä. Kehittämistyön toteutus tapahtui tekijän omassa metsässä, omalla ajalla ja omalla työvoimalla. Harvennushakkuuta ei tehty täysipäiväisesti, vaan muiden töiden ohella iltaisin, viikonloppuisin ja vapaapäivinä. Aineisto kerättiin ennalta tehtyihin maastolomakkeisiin kynällä merkatien maastossa ja siirrettiin työn valmistuttua myöhemmin tietokoneelle Microsoft Exceliin, jossa laskettiin lopulliset tulokset. Maastolomakkeet oli tehty

puustotietojen keräykseen, työajan seurantaan ja puutavaran pinomittaukseen. Työ toteutettiin kuvan 1 mukaisessa järjestyksessä.



Kuva 1. Työn toteutusjärjestys (Kuva: Markus Laakkonen)

Kehittämistyön tuloksia varten harvennetut kuviot olivat hoitamattomia nuoria metsiä ja niihin haettiin nuoren metsän hoidon Kemera-tukea ja pienpuun keruun tukea. Hakkuutyö tehtiin 20 vuotta vanhalla moottorisahalla ja kuljetus tienvarsivarastoon 40 vuotta vanhalla maataloustraktorilla ja 15 vuotta vanhalla metsäperävaunulla ja kuormaimella. Harvennetut kuviot näkyvät alla olevassa kartassa korostettuna. Lisäksi kartasta näkyvät varastopaikat ja ajourat (kuva 2).



Kuva 2. Harvennetut kuviot, ajourat ja varastopaikat (Kuva: Markus Laakkonen)

Ennen hakkuutyön aloittamista molemmille kuviolle tehtiin 3 kiinteää koealaa, joista mitattiin runkoluku, keskiläpimitta ja keskipituus ennalta tehtyyn maastolomakkeeseen (taulukko 1). Samalla kun puustotietoja kerättiin, suunniteltiin ja merkittiin ajourat metsäkuljetusta varten sekä varastopaikat. Hakkuutyön valmistuttua molemmilta kuvioilta kerättiin puustotiedot jälleen samoista koealoista kuin ennen hakkuutakin. Puustotietojen keräyksen jälkeen hakatut kuviot kierrettiin GPS:n avulla ympäri ja saatiin selville todelliset pinta-alat.

Metsäkuljetusmatkat mitattiin myös GPS:n jäljen perusteella ja keskimääräinen metsäkuljetusmatka laskettiin pisimmän ja lyhimmän ajomatkan keskiarvolla. Koealojen puuston keskijäreydet laskettiin keskiläpimitan ja keskipituuden mukaan ennen työtä ja työn jälkeen. Puustotietojen mukaan laskettu hakkuukertymä laskettiin keskijäreyksien keskiarvojen ja poistetun puuston runkoluvun keskiarvon mukaan (taulukko 2).

Menetelmät, joita kehittämistyöhön tarvittiin, olivat konekustannuslaskenta ja työaikatutkimus sekä kulujen- ja tulojen selvittäminen. Konekustannuslaskenta on perusta kannattavaan yritystoimintaan ja yrityksen palveluiden laskentaan (Metsäteho 2022b). Konekustannuslaskennalla on hyötyä myös uuden koneen hankinnan suunnittelussa, optimaalisen pitoajan laskennassa sekä vertailtaessa eri vaihtoehtoja koneiden välillä (Metsäteho 2022b). Metsäkonetyön kustannukset koostuvat kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista (Lauhanen 2014, 53). Kiinteät kustannukset ovat esimerkiksi koneen pääomakustannukset, vakuutukset ja kirjanpitokustannukset (Lauhanen 2014, 53). Kiinteät kustannukset ovat käyttömäärästä riippumattomia (Lauhanen 2014, 53).

Muuttuvat kustannukset koostuvat muun muassa työvoima- ja polttoainekustannuksista (Lauhanen 2014, 53). Muuttuvien kustannusten määrä on työmäärään perustuvia (Lauhanen 2014, 53). Konekustannuslaskennan olennainen osa on koneen käyttötuntituotos ja vuotuiset käyttötunnit, joiden mukaan määritetään vuosituotos (Metsäteho 2022b). Vuosituotoksen ja muuttuvien ja kiinteiden kulujen perusteella saadaan käyttötuntikustannus (Metsäteho 2022b).

Työaikatutkimusta käytetään tietyille työlle vaatiman panoksen määrittämiseen. Työaikatutkimusta toteutetaan sekä reaaliaikaisesti että videoimalla ja analysoimalla jälkikäteen. Työaikatutkimusta tekevät yleensä työntutkijat, jotka ovat kyseiseen tehtävään erikseen koulutettuja. Aikatutkimusta varten on määritettävä ensin työn tehoajan käsite ja tehollisen ajan suhde kokonaisuikaan. Tehoaika on työn suorittamiseen kuluva aika, joka ei sisällä mitään työn keskeytyksiä (Metsäteho 2022b.)

Konekustannuslaskentaa käytettiin tässä työssä ajokalustolle sekä hakkuukalustolle. Ajokaluston ja hakkuukaluston konekustannuslaskennoissa selvitettiin vuotuiset kiinteät sekä muuttuvat kustannukset. Kustannukset jaettiin molempien laitteiden omien vuotuisten käyttötuntien mukaan. Molempien kalustojen käyttötuntihintaan lisättiin työntekijän 15 € tuntipalkka, jolloin saatiin koneen todellinen käyttötuntikustannus kuljettajan kanssa.

Työajanseuranta tapahtui työaikatutkimuksena itsenäisesti, jossa laskettiin käytetty tehoaika tunteina erikseen suunnittelu-, saha- ja ajotyölle. Työaikatutkimus toteutettiin kirjaamalla työn suorituksesta aloitus ja lopetus kellonajat etukäteen tehtyihin maastolomakkeisiin, jotka siirrettiin jälkikäteen tietokoneelle Excelin laskentataulukon. Tulot saatiin selville myytävästä energiapuun- ja kuitupuun määrästä sekä niistä maksetuista hinnoista ja Kemera-tukien määrästä.

Energiapuun hankintahakkuuta verrattiin raivaussahalla tehtyyn nuoren metsän hoitoon sekä myös ainespuuhakkuuseen. Nuoren metsän hoidon tuotos vertailu tehtiin keräämällä erään suomalaisen metsäalan yrityksen neljän oman metsurin työaikoja vuoden 2022 aikana. Kuvion pinta-ala jaettiin työhön käytetyllä ajalla, jolloin saatiin vertailukelpoinen työn tuotos (ha/h). Vertailu tehtiin neljän metsurin tuotoksen mukaan verraten tämän työn tekijän tuotokseen. Myös kustannusten ja tulosten vertailua tehtiin nuoren metsän hoidon ja energiapuuharvennuksen välillä. Toinen vertailukohde oli ainespuuhakkuun ja energiapuuhakkuun välillä. Vertailussa energianpuun korjuu ranka- ja kokopuuna suoritettiin ilman ennakkoraivausta, energiapuunkorjuu rankana ja ainespuunkorjuu verrattiin taas ennakkoraivauksen kanssa.

Kehittämistyö perustui siis itse moottorisahalla tehtyyn ja traktorilla ajettuun harvennustyöhön, josta kerättiin tuloksia kannattavuuden laskentaan. Työssä selvitettiin harvennustyöhön aiheutuneet kulut ja työstä saatavat tulot. Kulujen ja tulojen selvittämisen jälkeen laskettiin työn kannattavuus. Laskelmien ja tuloksien tulkinta oli merkittävin osa tätä kehittämistyötä.

8 Kehittämistyön laskelmat ja tulokset

8.1 Puustotiedot

Kuvioilta saatujen puustotietojen mukaan hakkuun jälkeen kuvion 9 runkoluku on pienentynyt keskimäärin 4800 kpl/ha. Keskiläpimitta on kasvanut keskimäärin 3,3 cm ja keskipituus kasvanut keskimäärin 3 m. Kuvion 19 runkoluku on

pienentynyt keskimäärin 7000 kpl/ha. Keskiläpimita on kasvanut keskimäärin 2,3 cm ja keskipituus kasvanut keskimäärin 3 m. (Taulukko 1.)

Taulukon 1 puustotietojen mukaan laskettuna ennen hakkuuta kuvion 9 keskijäreys oli 11,7 dm³ koealojen hajonnan ollessa välillä 7,02-14,95 dm³. Hakkuun jälkeen kuvion 9 keskijäreys oli 39,7 dm³ koealojen hajonnan ollessa välillä 20,39-58,92 dm³. Kuvion 19 keskijäreys ennen hakkuuta oli 7,82 dm³ koealojen hajonnan ollessa välillä 4,45-11,24 dm³. Hakkuun jälkeen kuvion 19 keskijäreys oli 21,7 dm³ koealojen hajonnan ollessa välillä 20,39-24,32 dm³. Keskijäreys kasvoi siis koko leimikolla hakkuun jälkeen kolminkertaiseksi (taulukko 2).

Kuvio nro.	Pinta-ala(ha)	Pääpuulaji	Mk-matka(m)	Koeala	ENNEN	JÄLKEEN	ENNEN	JÄLKEEN	ENNEN	JÄLKEEN
					Runkoluku(kpl/ha)		Kesk. LPM(cm)	Kesk.pituus(m)		
9	0,50	Hieskoivu	162,5	1	6000	1400	6,0	9,0	11,0	13,0
				2	7400	1200	6,0	11,0	10,0	13,0
				3	5200	1400	5,0	7,0	7,0	11,0
19	0,60	Hieskoivu	165	1	12000	1800	5,0	8,0	8,0	10,0
				2	6000	1600	6,0	7,0	8,0	11,0
				3	8400	1800	4,0	7,0	7,0	11,0

Kuvio nro.	Koeala	ENNEN		JÄLKEEN	
		Keskijäreys(dm3)			
9	1	14,95	39,75		
	2	13,66	58,92		
	3	7,02	20,39		
19	1	7,77	24,32		
	2	11,24	20,39		
	3	4,45	20,39		

Taulukko 1. Kuvioden puustotiedot ennen ja jälkeen harvennuksen.

Mk-matka leimikolla	164	metriä
Rungon keskijäreys leimikolla ennen hakkuuta	9,85	dm3
Rungon keskijäreys leimikolla hakkuun jälkeen	30,69	dm3
Poistuma leimikolla	5967	kpl/ha
Hakkuukertymä leimikolla	120,95	m3/ha

Taulukko 2. Kuvion puustotiedoilla laskettu keskijäreys ja hakkuukertymä.

8.2 Konekustannuslaskennat

Hakkuu- ja ajotyön kustannuksia varten tehtiin konekustannuslaskennat kyseisille kalustoille. Ajokaluston ja hakkuukaluston konekustannuslaskennoissa selvitettiin vuotuiset kiinteät sekä muuttuvat kustannukset. Kustannukset jaettiin molempien laitteiden omien vuotuisten käyttötuntien mukaan. Laskelmissa käytettiin arvonlisäverottomia hintoja. Molempien kalustojen käyttötuntihintaan lisättiin työntekijän 15 € tuntipalkka, joka on korkeampi kuin metsäalan työehtosopimuksien mukaan. Tässä työssä ei laskettu työvoimakustannuksia mukaan kiinteisiin kuluihin, koska vuosipalkka on näillä käyttötuntimäärillä epäpätevä.

Ajokaluston konekustannuslaskenta tehtiin kyseiseen työhön käytetyn traktorin ja perävaunun todellisen hinnan mukaan (taulukko 3). Metsäalalla on yleisesti käytetty toiminnan riskiprosenttina 5 % korkoa (Lauhanen 2014, 53). Mutta koska tässä työssä kyseessä oli 40 vuotta vanha traktori ja 15 vuotta vanhat metsäperävaunu ja kuormain (kuva 3), niin toiminnan riskiprosentiksi laitettiin 15 % korko, koska tekijän kokemuksen mukaan vanhemmalla kalustolla urakoiminen ei ole niin luotettavaa kuin uudemmalla kalustolla, koska voi tulla paljon ennalta arvaamattomia seisokkeja sekä remontteja.

Korjaus ja huoltokulut pyritään määrittämään vuosikeskiarvona koneen pitoajan mukaan (Metsäteho 2022b). Yleisesti käytettyä korjaus ja huoltokulujen osuutta ei ole tiedossa, mutta metsätehon konekustannuslaskennan esimerkissä on käytössä 29 % vuotuisen pääoman poiston määrästä (Metsäteho 2022b). Tässä työssä vuotuiset korjaus ja huoltokulut olivat 50 % vuotuisen pääoman poiston määrästä, koska tekijän kokemuksen mukaan ainakin korjauskulut ovat korkeammat kuin uudemmalla kalustolla, vaikka huoltokulut ovatkin halvemmat. Traktorin kulutus laskentoja varten saatiin laskemalla 10 tunnin aikana kulunut polttoainemäärä.

Maataloustraktori+metsäperävaunu:			
Hinta	22500 €		
Koneen käyttötunnit/käyttöaika	200 h/vuosi		
koneen käyttöaika/käyttöikä	3000 h		
pitoaika	15,0 vuotta		
polttoaineen kulutus	2,5 l/h		
vuotuinen arvonalennusprosentti	20 % /vuosi		
Jäännösarvo pitoajan jälkeen	792 €		
Poistoarvo	21 708 €		
Muuttuvat kustannukset:	€/l	€/h	€/vuosi
Polttoaine	1,58	3,95	790
korjaus ja huolto			724
YHT			1514
Kiinteät kustannukset:	€/vuosi		
Pääoman poisto	1447		
vakuutukset	250		
YHT	1697		

MUUTTUVAT JA KIIENTEÄT KUSTANNUKSET YH'	3211 €/vuosi	
Toiminnan riski	482 €/vuosi	15 %
KOK.KUST. YHT	3692 €/vuosi	

KÄYTTÖTUNTIKUSTANNUS	18,5 €/h
Kuljettajan tuntipalkka	15 €/h
Käyttötuntikustannus + kuski	33,46 €/h

Taulukko 3. Puunajokaluston konekustannuslaskenta



Kuva 3. Ajokalusto. Valmet 805 + Kesla 203 t kuormain + Kesla 10 t perävaunu (Kuva: Markus Laakkonen)

Hakkuukaluston konekustannuslaskenta tehtiin uuden moottorisahan ja apukahvan hinnalla laskettuna (taulukko 4), vaikka työssä käytetty moottorisaha oli jo 20 vuotta vanha ja apukahvat oli jo 10 vuotta vanhat (kuva 4). Moottorisahan bensa- ja teräketju öljyn kulutus saatiin laskemalla täydet sahatut tankilliset ja

mittaamalla tankkien todelliset tilavuudet. Kaksitahtiöljyn määrä on laskelmissa laskettu 2,5 % seoksella, vaikka sahaus tehtiin 2 % seoksella. Samoin teräketjuöljyn määrä laskettiin täysillä tankeilla, vaikka se ei loppunut koskaan samaan aikaan kuin bensatankillinen.

Moottorisahan tuntikustannus

Ostohinta/ €	1170	€
Jäännösarvo	300	€
Poisto aika tunteina	3000	h
vuotuinen käyttöaika tuntia	300	h
korkoprosentti	5	%
polttoaineen kulutus litraa/h	0,41	l/h
teräketjuöljyn kulut.	0,23	l/h
Korj.kust./vuosi	100	€
Laipan kesto aika h	200	h
Ketjun kesto aika h	100	h
Bensan hinta/€/l	2,1	€
2-T öljyn hinta	7,78	€/l
Teräketjuöljyn hinta	2,8	€/l

Laipan hinta	42	€
Ketjun hinta	13	€

Laipan pitoaika tunteina	200	h
Ketjun pitoaika tunteina	100	h

Tavara	Hinta
Moottorisaha	900
Kaatokahva	270
YHT	1170

Moottorisahan tiedot		
Husqvarna 353		
Paino ilman ketjua ja laippaa	5	kg
kuutiotilavuus	51,7	cm ³
bensatankin koko	0,5	l
öljytankin koko	0,28	l

Pääomakustannukset yht.		0,77	€/h
Muuttuvat kust. yht.		1,90	€/h
Kust.yht.		2,66	€/h
Sahaajan tuntipalkka		15	€/h
Moottorisaha ja sahaaja tuntikustannus		17,66	€/h

Taulukko 4. Moottorisaha + kaatokahva konekustannuslaskenta



Kuva 4. Hakuukalusto. Husqvarna 353 ja apuri-kaatokahva (Kuva: Markus Laakkonen)

Traktorin ja metsäperävaunun kiinteitä kustannuksia olivat vain vakuutukset (liikenne- ja palovakuutus) ja pääoman poistot. Muuttuvia kustannuksia polttoaineen kulutus ja korjaus ja huoltokulut. Lisäämällä näihin kuluihin 15 % toiminnan riskimahdollisuus saadaan vuosikuluiksi 3 692 €. Käyttötuntikustannus saadaan jakamalla vuosikulut vuotuisella käyttötuntimäärällä, jolloin käyttötuntihinnaksi tuli 18,50 €/h. Käyttötuntihintaan kun lisätään kuljettajan tuntipalkka, saadaan todelliseksi käyttötuntikustannukseksi 33,46 €/h.

Ajetun puumäärän ja ajotyön tehotuntien perusteella saatiin tuottavuudeksi ranka/kuitupuulle 3,82 m³/h ja karsimattomalle kokopuulle 2,35 m³/h. Ajotyön tuottavuus jaettuna käyttötuntikustannuksella saatiin kuutiokohtainen ajotyön hinta. Ranka/kuitupuulle hinnaksi tuli 8,77 €/m³ ja karsimattomalle kokopuulle 14,27 €/m³. (Liite 3.)

Moottorisahan ja apukahvan kiinteät kustannukset olivat sahan, ketjun ja laipan pääomapoiston määrä ja muuttuvia kuluja taas polttoaine-, teräketju öljy-, ja korjauskustannukset. Käyttötuntikustannus kiinteiden ja muuttuvien kulujen mukaan on 2,66 €/h ja siihen kun lisätään sahaajan tuntipalkka, saadaan todelliseksi käyttötuntikustannukseksi 17,66 €/h.

Hakatun puumäärän ja hakkuutyön tehotuntien perusteella ranka ja kokopuun yhdistetyssä korjuussa saatiin tuottavuudeksi 1,03 m³/h. Hakkuutyön tuottavuus jaettuna käyttötuntikustannuksella saatiin kuutiokohtainen hakkuutyön hinta 17,09 €/m³. (Liite 2.)

8.3 Työkustannukset

Työkustannukset laskettiin tekemällä työaikatutkimusta erikseen suunnittelutyölle (liite 1), hakkuutyölle (liite 2) ja ajotyölle (liite 3). Työaikatutkimus toteutettiin kirjaamalla työn suorituksesta aloitus ja lopetus kellonajat etukäteen tehtyihin maastolomakkeisiin. Toteutuneet tuntimäärät saatiin selville siirtämällä maastolomakkeisiin kirjatut tuntimäärät Excelliin, jossa lopulliset laskut suoritettiin. Todelliset työkustannukset saatiin kertomalla kunkin työlajin tuntimäärä

omalla tuntikustannuksellaan ja laskemalla lopuksi kaikkien työkustannusten summa (taulukko 5). Työkustannukset hehtaaria kohden saatiin jakamalla työn kokonaiskustannukset pinta-alalla (taulukko 5).

Työlaji	Suunnittelutyö	Hakkuutyö	Ajotyö
Yksikkökustannus (€/h)	15	17,66	33,46
Tuntimäärä (h)	3	74,26009	10
Hinta (€)	45,00	1311,64	334,62
Työkustannukset yhteensä		1 691,26 €	
		1 537,51 € /ha	

Taulukko 5. Energiapuun hankintahakkuun työkustannukset

Kaikissa kolmessa työlajissa työntekijän tuntipalkka on sama, 15 €/h, mutta hakkuutyössä ja ajotyössä on lisätty konekustannuslaskennoissa lasketut kustannukset tuntipalkkaan (taulukko 3 ja 4). Suunnittelutyö sisälsi ajourien suunnittelut, koealojen merkinnät, puustotietojen mittauksen kaksi kertaa, pinta-alojen mittaukset sekä puutavaran pinomittaukset. Hakkuutyö sisälsi molempien kuvioiden harvennuksen, ajourien teot sekä varastopaikkojen teot. Ajotyöhön sisältyi vain hakatun puutavaran metsäkuljetus palstalta varastopaikalle tien varteen.

8.4 Hakattu puumäärä ja puukauppajoukot

Leimikko koostui kahdesta kuvioista, kuvio 9 ja 19 (taulukko 6). Kuvioilta tehtiin tarkoituksen mukaisesti karsittua rankaa ja kokopuuta sekä karsitusta rangasta eroteltiin koivukuiduksi kelpaava osuus. Leimikolta hakatut puutavarat laskettiin pinomittaus menetelmällä (liite 4). Karsimatonta kokopuuta tuli 32,25 m³, joka laskettiin kehystilavuudesta 25 %:n kiintotilavuusprosentilla. Karsittua sekaran-kaa tuli 29,57 m³, joka laskettiin kehystilavuudesta 48 %:n kiintotilavuusprosentilla. Koivukuitua tuli 22,90 m³, joka laskettiin kehystilavuudesta 57 %:n kiintotilavuusprosentilla.

Leimikko	Kuviot 9 ja 19
Karsittu ranka	
29,57 m ³	
Kokopuu	
32,25 m ³	
Kuitupuu	
22,90 m ³	
Karsittu ranka + kuitu yht:	
52,46 m ³	

Taulukko 6. Leimikolta hakatut puumäärät

Kyseisten puumäärien mukaan kysyttiin puukaupparjouksia neljältä eri puunostajalta (taulukko 7). Puukaupparjoukset lähetettiin sähköpostilla ja neljästä yrityksestä yksi ei vastannut tarjoukseen ollenkaan 7 päivän aikana. Vain yksi tarjouksen tehneistä ostaa karsimatonta kokopuuta, karsittua sekarankaa ja koivukuitua. Toinen tarjouksen tehneistä ostaa vain sekarankaa ja koivukuitua. Kolmas tarjouksen tehnyt ostaa pelkästään koivukuitua. Puukaupparjouksien hintojen välillä ei ole suuria eroja. Puukaupat tehtiin sen yrityksen kanssa, joka tarjosi kaikista kolmesta puutavaralajeista, koska kaupat voitiin tehdä yhdellä kauppakirjalla.

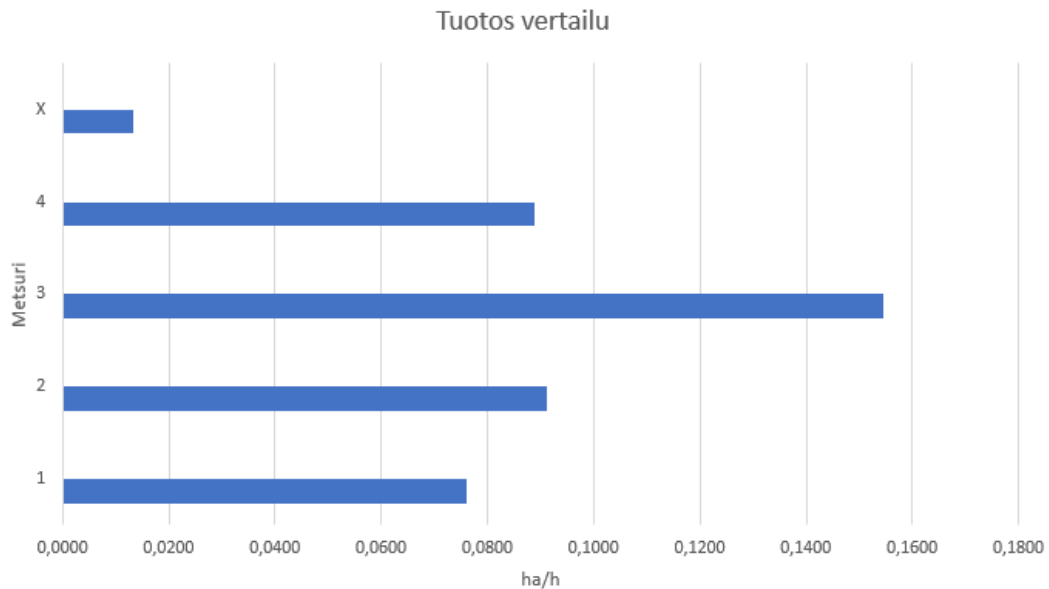
Puulaji	Yksikköhinta			
	Yhtiö A	Yhtiö B	Yhtiö C	Yhtiö D
Energiapuu(kokopuu)	38,00 €	-	-	-
Energiapuu(ranka)	46,00 €	42,00 €	-	-
Kuitupuu(koivu)	48,00 €	48,00 €	48,00 €	-

Taulukko 7. Hankintahakkuun puukaupparjoukset

8.5 Vertailut

Työssä vertailtiin hakkuutyön aikatutkimuksen tuloksien perusteella (liite 2) saadun tuotoksen mukaan normaaliin raivaussahalla tehtyyn nuoren metsän hoitoon (kuvio 1). Vertailukohteena oli erään suomalaisen metsäorganisaation neljän oman vakituisen metsurin vuoden 2022 aikana tekemien nuoren metsän hoitojen tuntituotoksen keskiarvoja ha/h (kuvio 1). Nuoren metsän hoidon kustannuksia myös verrattiin energiapuuhakkuun kustannuksiin. Nuoren metsän

hoidon hinta on runkoluvun poistuman mukaan vertailussa 860 €/ha (taulukko 8). Tässä vertailussa nuoren metsänhoidon tuloja oli kemera-tuki 230 €/ha. Energiapuuhakkuussa tuloja oli kemera-tuki 450 €/ha ja puunmyyntitulot 3 349 €/ha (kuvio 2).



Kuvio 1. Tuotos vertailu, jossa metsuri X on tämän tutkimuksen tekijä.

NUOREN KASVATUSMETSÄN KUNNOSTUSRAIVAUS / VARTTUNEEN TAIMIKON HARVENNUS

Hehtaarihinnoittelu

Poistuman ja/tai jäävän puuston valtapituus alkaen 7m.

Poistuma r/ha	0 - 2000	2000-5000	5000-10000	10000-15000	Yli 15000
Vaikeusluokka	Helppo	Normaali	Vaikeahko	Vaikea	Erittäin vaikea
Työn hinta €/ha	450	640	860	1000	1100
Kustannus €/ha kemera-tuen ja verovähennysten jälkeen	154	287	441	539	609

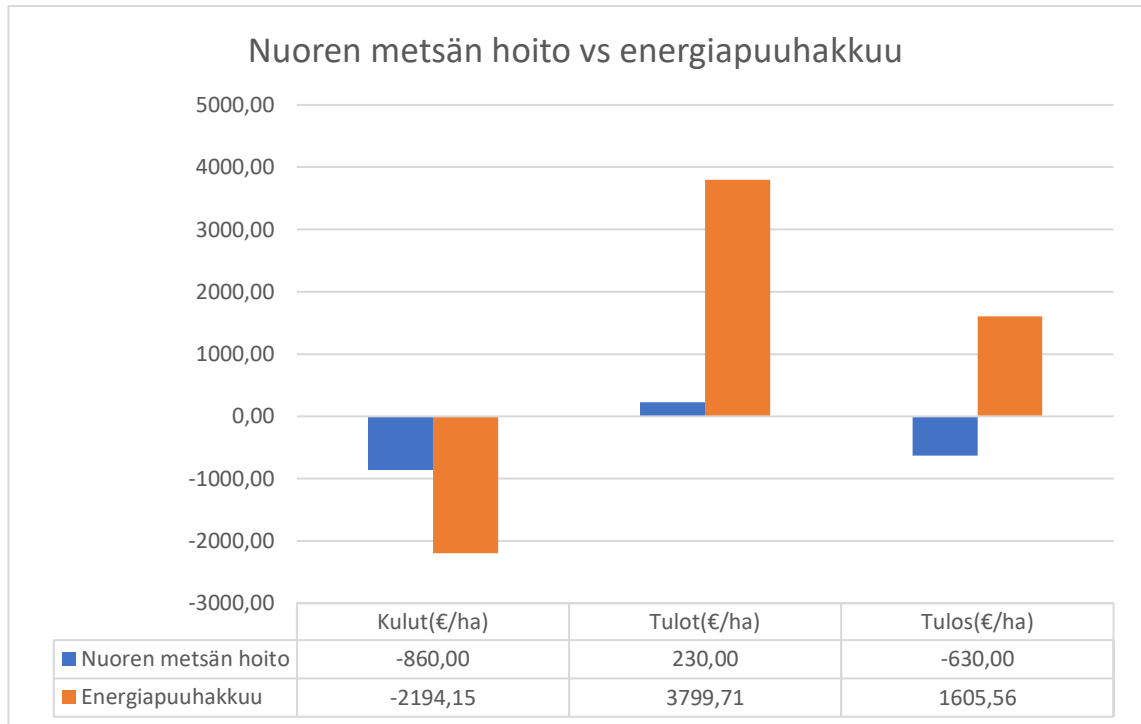
Kaikki 1cm ja sitä isommat kannot lasketaan poistumaan

HUOM. Nämä ovat toteutuneita keskihintoja eri vaikeusluokille ja siten vain suuntaa-antavia. Lopullisen hinnan pystyy antamaan vasta, kun olen nähnyt kohteen. Kohteen hinnoitteluun vaikuttavat poistuman lisäksi poistuman pituus, puulaji, maasto ja matkakustannukset.



Metsä Nieminen Oy
Päivitetty 11.12.2022

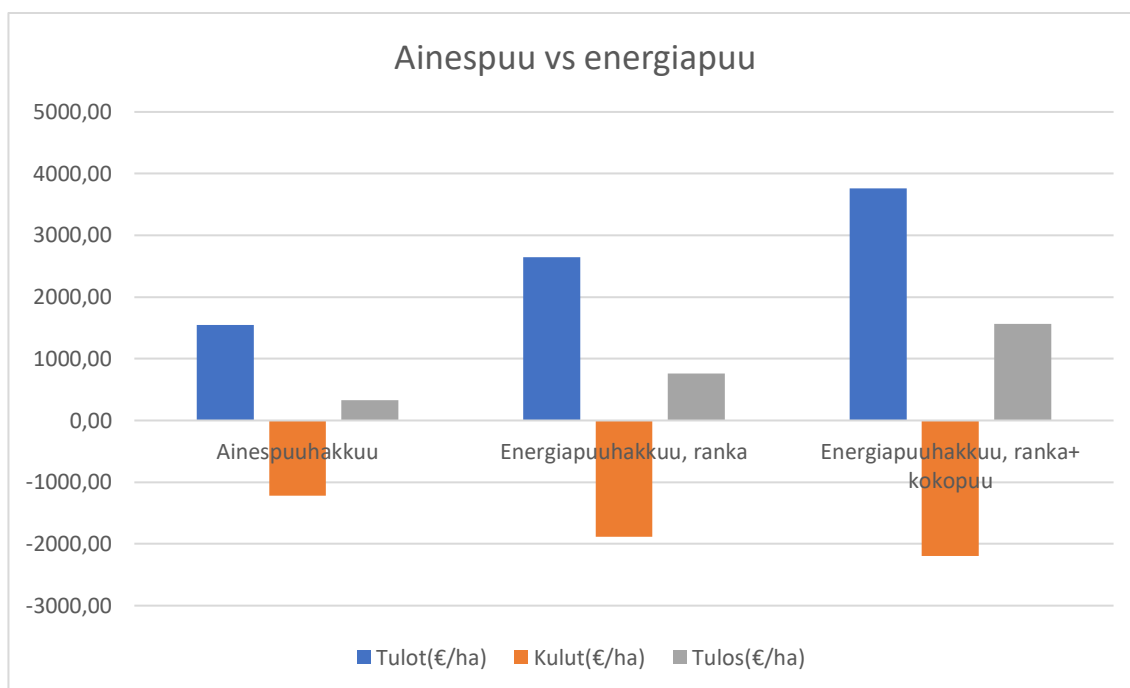
Taulukko 8. Nuoren metsän hoidon hinnasto poistuman mukaan (Nieminen 2022)



Kuvio 2. Nuoren metsä hoito vs. energiapuuhakkuu

Raivaussahalla tehdyn nuoren metsän hoidon tuntituotos on neljän metsurin keskiarvon mukaan 87 % suurempi kuin kyseisen työn energiapuun korjuun tekijän tuntituotos (kuvio 1). Raivaussahatyössä kulut on hehtaaria kohden 39 % pienemmät kuin energiapuun korjuun hehtaarikulut. Raivaussahatyön tulot ovat taas vain 6 % energiapuunkorjuun tuloista. Tulojen ja kulujen erotuksen jälkeen raivaussahalla tehdyn nuoren metsän hoidon hehtaaritulos on 630 € miinuksella kun taas energiapuunkorjuussa noin 1 606 € plussalla. Energiapuunkorjuulla saatiin siis kyseisellä leimikolla noin 2 000 € parempi tulos hehtaaria kohden. (Kuvio 2.)

Toinen vertailu tehtiin energiapuuhakkuun ja ainespuuhakkuun välillä toteutettiin arvioimalla ainespuuhakkuun kustannuksia laskemalla energiapuun hakkuun tuloksista ainespuun tekoon käytetyt työajat, jolloin saatiin melko todenmukainen työkuukustannus ainespuuhakkuulle €/ha (kuvio 3). Kemera-tuki on molemmissa työlajeissa 450 €/ha vaikka sen ehdot eivät täyty ainespuuhakkuun osalta.



Kuvio 3. Ainespuuhakkuu vs. energiapuuhakkuu

Tässä vertailussa vertailukohtana on energiapuuhakkuu, jossa tehdään pelkkää rankapuuta ja energiapuuhakkuu, jossa tehdään rankapuun lisäksi karsimatonta kokopuuta. Pelkässä rankapuun korjuussa sekä ainespuuhakkuussa lisättiin ennakkoraivauksen tarve keskimääräisen hinnan mukaan 600 €/ha. Vertailussa saatujen tuloksien mukaan energiapuunkorjuu sekä ranka, että kokopuuna sai parhaan tuloksen hehtaaria kohden. Kyseisessä työlajissa on myös korkeimmat kulut ja myös tulot. Ainespuu hakkuun tulos on ranka ja kokopuun korjuuta 79 % pienempi. Pelkkä rankapuun korjuu tulos on taas 51 % pienempi kuin ranka ja kokopuun korjuussa. (Kuvio 3.)

8.6 Energiapuun hankintahakkuun lopputulos

Hakattavan leimikon koko oli 1,1 ha, joka oli kahdessa eri kuviossa. Työn kesto kokonaisuudessaan oli 112,5 tuntia eli noin 14 kpl 8 tunnin työpäiviä. Suunnitellutyötä oli 3 tuntia, hakkuutyötä oli 82 tuntia ja ajotyötä oli 27,5 tuntia. Työ kuitenkin jakautui 27 päivälle, jolloin keskimääräinen työpäivän pituus oli 4,16 tuntia eli noin 4 tuntia 10 minuuttia. Suunnitellutyötä tehtiin 30.4.2023-31.9.2023. Hakkuutyötä tehtiin 7.5.2023-23.9.2023 (kuva 5 ja 6). Ajotyötä tehtiin

28.10.2023-17.11.2023 (kuva 7 ja 8). Metsäkuljetusmatkan keskiarvo oli 164 metriä eli varsin lyhyt.

Hankintahakkuun kustannukset olivat yhteensä 2 414 € eli 2 194 €/ha. Hankintahakkuun tulot olivat yhteensä 4 180 € eli 3 800 €/ha. Hankintahakkuun kokonaistulos saatiin vähentämällä työn kustannukset tuloista, jolloin tulokseksi tuli 1 766 € eli 1 606 €/ha. Hankintahakkuu tuotti siis voittoa 1 606 €/ha, josta valtion kemera-tuki oli 450 €/ha. Ilman kemera-tukea voitto olisi silti tullut 1 156 €/ha.



Kuva 5. Kuvio 19 ennen harvennuksen aloitusta. Ajoura on kuitenkin jo tehty. (Kuva: Markus Laakkonen)



Kuva 6. Kuvio 19 harvennuksen jälkeen samasta kohti kuin kuva 5 (Kuva: Markus Laakkonen)



Kuva 7. Kuvion 9 ensimmäinen kuorma varastopaikalla (Kuva: Markus Laakkonen)



Kuva 8. Kuvion 19 puut valmiina tienvarsivarastossa. (Kuva: Markus Laakkonen)

9 Pohdinta

9.1 Tulosten tarkastelu ja päätelmät

Tässä työssä käytetty puukauppamuoto oli hankintakauppa, jossa puun myyjä hoiti puun korjuun ja kuljetuksen. Puun korjuu tehtiin manuaalihakkuuna moottorisahalla, jossa kaatotekniikkana käytettiin enimmäkseen siirtelykaatotekniikkaa eritasosahauksella. Rankapuun ja kuitupuun karsinnassa hyödynnettiin nippukarsintaa, jossa siirtelykaatotekniikalla kasaan kaadetut puut karsittiin nipussa enimmäkseen pyyhkäisymenetelmällä. Hakatun puutavaran mittaustapana oli pinomittausmenetelmä, jonka mukaan kysyin tarjouksia puunostajilta. Työn aikana hakattu puutavaramäärä oli kokonaisuudessaan 84,72 m³, joten hankintatyön osuus on kokonaan verovapaata. Kyseiseen työhön käytetty kalusto ja

myös muut kulut on vähennettävissä kyseisen vuoden metsätalouden verotuksessa.

Ennen työn aloittamista energiapuun hankintahakkuun kannattavuus ei ollut tekijällä tiedossa, vaikka hän on tehnyt sitä aiempinakin vuosina. Arvio kannattavuudesta ennen työn aloitusta oli, että työstä jäisi kulujen jälkeen muutama sataanen voitto reilusta hehtaarin alasta. Tulosten laskennan jälkeen selvisi, että hankintahakkuu oli kannattavaa ja voittoa tuli 1606 €/ha, josta 450 € valtion kemera tukea. Uuden metka tuen myötä hankintahakkuun tulos olisi 1456 €/ha, josta 300 € valtion tukea. Vuoden 2024 alusta alkaen tämän kyseisen työn kannattavuus siis pienenee hehtaarilta 9 % kemera tuen vaihtuessa metka tueksi.

Kyseisellä kalustolla tehtynä, työntekijän palkan ollessa 15 €/h työ oli kannattavaa. Työntekijän palkka pystyisi olemaan kyseisellä kalustolla reilu puolet lisää ja silti työ olisi kannattavaa eli 30,5 €/h tuntipalkalla työn tulos olisi vielä plussan puolella. Työ olisi todennäköisesti kannattavaa myös hieman uudemmalla ajokalustolla, tuntipalkan ollessa 15 €/h.

Vanha maataloustraktori, tässä tapauksessa vuoden 1983 Valmet 805 soveltui erittäin hyvin energiapuun ajoon. Kyseisessä traktorissa on pyörivä penkki ja muutenkin tilava ohjaamo, jossa saa työskentelyergonomian hyvin säädettyä. Traktorin soveltuvuutta tärkeämpi asia on kuitenkin kuormaimen puomin ulottuvuus, joka kyseisessä työssä oli 6,7 m. Tuo 6,7 m ulottuvuus on juuri ja juuri riittävä energiapuun kuormaamiseen, jotta työskentely on jouhevaa. 6,7 m ulottuvuus riittää paremminkin ainespuulle, koska ainespuun kourakasat ovat paremmin tasapainoisia kuormata kuin energiapuu. Kuormaimen ulottuvuudesta eniten hyötyä on varastopaikalla kuormatessa, jotta kasoista saadaan mahdollisimman korkeita.

Vanhan maataloustraktorin kulutus on aina arvoitus, koska niihin ei löydy kulutustietoja niin kuin autoihin. Traktorin kulutus riippuu pääasiassa moottorin pyörimisnopeudesta. Traktorin tarkka kulutustieto pitää mitata jokaiselle työläjille erikseen. Puunajossa moottorin pyörimisnopeus on yleensä kuormatessa vähän

tyhjäkäyntiä korkeampi, mutta varastopaikalle ajaessa taas ajetaan vauhdikkaammin, joten kulutus puunajossa ei ole ennalta arvattavissa.

Kyseisessä työssä kulutus mitattiin käyttämällä ennen ajotyön aloitusta puutikkua polttoainetankissa ja merkkaamalla polttoaineen määrän merkki puutikkiin tarkasti. Traktorilla ajettiin tämän jälkeen 10 tuntia puunajoa ja tankattiin samassa kohdassa puutikkiin merkattuun merkkiin asti. Tällöin tankatut litrat jaettuna 10 tunnilla saadaan tuntikohtainen kulutus. Kyseisessä opinnäytetyössä käytetyn Valmet 805:n tuntikulutukseksi mitattiin 2,5 litraa yhtä työtuntia kohden. Kulutus yhtä ajettua kuutiota kohden saadaan jakamalla tuntikulutus 2,5 l/h tunnissa ajettavalla puumäärällä, joka on esimerkiksi ranka/kuitupuulla 3,82 m³/h. Eli kulutus ranka/kuitupuulla on 0,65 litraa per kiintokuutio.

Kyseisen työn aiheeseen liittyen on melko vähän vanhempaa tutkimustietoa saatavilla. Henri Lehtinen tutki opinnäytetyössään vuonna 2012 manuaalista energiapuunkorjuuta ja sen syitä Hirvikummun yhteismetsässä, Sysmässä. Tutkimuksen mukaan syitä manuaalihakkuuseen oli riittämätön taimikonhoito ja kylvötuppaissa kasvaneet puut. Lehtisen tutkimuksessa hakkuutyölle tuli hinnaksi 10 €/m³ ja ajotyölle 6 €/m³. Kulut olivat Lehtisen työssä 17 709 € ja tulot 22 400 €, joten tulos oli jäänyt plussan puolelle 4691 €. Käsiteltävän alueen koko on ollut 13,6 ha, joten voittoa on tullut 344,92 €/ha. (Lehtinen 2012, 20.)

Verrattaessa Lehtisen tutkimuksen tuloksia tähän kyseiseen työhön niin kulut ovat olleet noin 1300 €/ha kun ne kyseisessä työssä olivat noin 2200 €/ha eli kulut olivat kyseisessä työssä 69 % suuremmat. Tulot olivat Lehtisen tutkimuksessa noin 1650 €/ha kun taas ne olivat tässä kyseisessä työssä noin 3800 €/ha eli tulot olivat kyseisessä työssä yli kaksin kertaiset. Voittoa Lehtisen tutkimuksessa tuli 344,92 €/ha kun taas tässä työssä voittoa tuli 1606 €/ha eli voittoa tuli reilut nelinkertaisesti.

Toinen vertailukelpoinen tutkimus on Työtehoseuran tekemä tutkimus energia ja ainespuun korjuusta nuorista metsistä sekä koneellisesti että miestyönä. Työtehoseuran tutkimuksen mukaan metsurityönä tehty kokopuun korjuu oli kustannuksiltaan halvempi ja suuremmalla hakkuukertymällä kuin kolmen metrin kuitupuumenetelmällä. Tutkimuksen mukaan kokopuun korjuun

kokonaiskustannukset olivat noin kaksi kolmasosaa kuitupuumenetelmän kustannuksista. Hyöty tuli siitä, että kokopuun korjuu oli nopeampaa toteuttaa kuin kuitupuun korjuu, vaikka metsäkuljetuksen osalta kulut hieman kasvoivat. Kokopuun korjuulla saavutettiin jopa kahden kolmasosan lisäys hakkuukertymään verrattuna kolmen metrin kuitupuumenetelmään. (Rieppo, Mutikainen, Jouhiaho 2011, 27, 92)

Työtehoseuran tutkimuksessa energiapuunhakkuun tehotuntituotos oli metsurityönä karsimattomana kokopuuna hakkuun osalta 3,3 m³/h ja metsäkuljetuksen osalta 10,7 m³/h. Saman tutkimuksen mukaan kolmen metrin kuitupuumenetelmässä metsurityönä tehotuntituotos oli hakkuun osalta 1,6 m³/h ja metsäkuljetuksen osalta 14 m³/h. (Rieppo, Mutikainen, Jouhiaho 2011, 25.)

Vertailtaessa Työtehoseuran tutkimuksen tuloksia tämän työn tuloksiin, huomataan että ero on valtava. Tässä työssä yhdistetyssä ranka- ja kokopuun korjuussa tehotuntituotos oli hakkuussa 0,64 m³/h ranka/kuitupuulla ja 0,39m³/h kokopuulla eli yhteensä 1,03 m³/h. Metsäkuljetuksessa tehotuntituotos oli ranka/kuitupuulla 3,82 m³/h ja kokopuulla 2,35 m³/h. Ero Työtehoseuran tutkimuksen on siis molemmissa työlajeissa jopa kolminkertainen. Erot johtuu todennäköisesti siitä, että Työtehoseuran tutkimuksessa tehtiin vain karsimatonta kokopuuta, kun taas tässä työssä tehtiin kokopuun lisäksi karsittua rankaa ja siitä vielä eroteltiin koivukuiduksi kelpaava osuus. Metsäkuljetuksen osalta tulosten eroavaisuus johtuu siitä, että Työtehoseuran tutkimuksessa metsäkuljetukset hoidettiin normaalilla metsätraktorilla ja tässä työssä metsäkäyttöön varustellulla maataloustraktorilla, joten kuormakoot ovat erikokoisia.

Työtehoseuran tutkimuksen kustannukset ovat hakkuun osalta 12 €/m³ ja metsäkuljetuksen osalta 6,8 €/m³ (Rieppo, Mutikainen, Jouhiaho 2011, 26). Tässä työssä vastaavat luvut olivat hakkuussa 17,09 €/m³ ja metsäkuljetuksessa keskimäärin 11,52 €/m³. Hakkuun kustannukset olivat siis noin 42 % kalliimmat tässä työssä. Metsäkuljetuksen kustannukset olivat myös noin 70 % kalliimmat tässä työssä. Työtehoseuran tutkimukseen perustuen voidaan todeta, että tuotavin ja kustannustehokkain tapa tehdä energiapuuta metsurityönä on

karsimaton kokopuumenetelmä, vaikka karsitusta puusta saakin parempaa hintaa kuutiota kohden.

Hankintahakkuun teko moottorisahalla on nykyaikana Suomessa katoavaa kansanperinnettä. Vähentymisen syynä on todennäköisesti metsänomistajien ikääntyminen, kaupungistuminen ja osaamisen puute. Hankintahakkuiden määrä on kuitenkin pysynyt sekä energiapuu- että ainespuu hakkuissa melko tasaisena, vaikka moottorisahahakkuiden määrä on vähentynyt. Voidaankin todeta, että harvesterit tekevät yhä enemmän hankintahakkuiden määrästä tulevaisuudessakin.

9.2 Tulosten luotettavuus

Kehittämistyön tuloksia voidaan pitää melko luotettavina siltä osin, että aineiston keruu on tehty tarkasti. Puustotiedot on kerätty huolellisesti, työajat merkattu tarkasti ylös ja vähennetty tautot pois. Puumäärien mittaus tienvarsivarastossa on tehty Metsätehon ohjeiden mukaisesti ja sieltä saatujen kiintotilavuusprosenttien mukaan.

Tulosten luotettavuuteen vaikuttaa myös hakkuun tekijän tiedot, taidot ja kokemukset hankintahakkuusta, moottorisahatoista ja metsäkuljetustoista. Tämän kehittämistyön tekijällä on kokemusta hankintahakkuista jo useammalta vuodelta. Moottorisahatoita hän on tehnyt noin 10 vuotta ja metsäkuljetustoita noin 8 vuotta. Tarkkaa vertailukohdetta tuloksiin ei kuitenkaan ole, koska jokainen työntekijä työskentelee eri tavalla ja sen vuoksi tulokset voivat vaihdella rajusti eri sahaajien ja puunajajien välillä.

Tuloksien luotettavuuteen vaikuttaa negatiivisesti aineiston pienuus. Jos aineisto olisi ollut suurempi, kannattavuuden vertailut olisi myös luotettavampia. Tässä työssä aineisto kerättiin 1,1 hehtaarin alueelta, joka on varsin vähän.

9.3 Hyödynnettävyys ja jatkotutkimusmahdollisuudet

Kehittämistyön tuloksista on hyötyä yksityisille metsänomistajille, jotka tekevät tai ovat kiinnostuneita tekemään omissa metsissään hankintahakkuuta ja eritoten energiapuun parissa. Kehittämistyöstä on hyötyä myös tekijälle itselleen, koska hän tulee todennäköisesti jatkossakin tekemään energiapuun hankintahakkuuta ja pystyy tämän työn tuloksien perusteella parantamaan työskentelytapoja ja kannattavuutta. Kehittämistyön tekijälle itse hakkuu ja ajotyö oli jo tuttua, mutta aineistoa kerätessä ja tuloksia laskiessa oppi lukemaan omaa työnteokoaan paremmin. Esimerkiksi sahaustyössä sai tuloksien perusteella melko hyvän käsityksen energiapuun hankintahakkuun tuntituotoksesta, kuinka paljon tekee kuutioita tunnissa tai tankin aikana. Ajotyössä tuloksista sai selville ajomäärän tuntia ja kuormaa kohden.

Kehittämistyön tuloksista voi olla myös hyötyä yritystoiminnan kannattavuuden laskentaan sekä uusille että vanhoille metsäpalveluyrityksille. Työssä käytettyistä konekustannuslaskennoista voi olla hyötyä käytetyn koneen ostossa, myynnissä tai vaihtokaupassa. Energiapuun teko moottorisahalla voi olla pienikokoisilla ja ennakkoraivaamattomalla kohteella edelleen kilpailukykyinen koneita vastaan. Jatkotutkimuksena tälle kehittämistyölle voitaisiin tutkia ja vertailla moottorisahalla tehtyä energiapuuharvennusta, metsäkoneella tai kaivurilla tehtyyn energiapuuharvennukseen. Kohteet pitäisi olla samanlaisia puustotiedoiltaan ja olosuhteiltaan.

Lähteet

- Halonen, J. 2021. Metsuri - Lue metsurin ammatista. <https://valineetkuntoon.fi/blogi/metsuri>. 22.11.2023.
- Jauhiainen, H. 2022. Metsäverokirja 2022. Helsinki: Tapio.
- Karjalan Metsä ja Energia Oy. Energiapuun osto ja käyttö. 2022. <https://kmeoy.fi/palvelut/energiapuun-osto>. 18.12.2023.
- Kasvurahoitus. 2022. Kannattavuus – näin parannat yrityksen kannattavuutta. <https://www.kasvurahoitus.fi/tiedotteet/kannattavuus/>. 18.12.2023.
- Kiuruveden Metsola. 2017a. Metsolan Metsäkoulu 11, Moottorisaha, Kaatokolat. YouTube-video. <https://www.youtube.com/watch?v=zNSeL97OTD4&t=8s>. 24.11.2023.
- Kiuruveden Metsola. 2017b. Metsolan Metsäkoulu 13, Moottorisaha, nippukarsinta. YouTube-video. <https://www.youtube.com/watch?v=MUF6EeqAL5g>. 22.11.2023.
- Kiuruveden Metsola. 2018. Metsolan Metsäkoulu 35, Siirtelykaatotekniikka. YouTube-video. <https://www.youtube.com/watch?v=M3WlqRIWZDU>. 24.11.2023.
- Kiuruveden Metsola. 2019a. Metsolan Metsäkoulu 45, Hankintatyön kannattavuuspohdintoja. YouTube-video. <https://www.youtube.com/watch?v=qcUjkFXPmak&t=36s>. 24.11.2023.
- Kiuruveden Metsola. 2019b. Metsolan Metsäkoulu 46, Moottorisahatyön turvallisuus. YouTube-video. <https://www.youtube.com/watch?v=j5-GWaiiZws&list=PLit2AoTRRFgJoKkKaWgixOG9GZWXGjr-F&index=46>. 22.11.2023.
- Koistinen, A., Luuro, J-P. & Vanhatalo, K. 2016. Hyvän metsänhoidon suositukset - Energiapuun korjuu, työopas. Helsinki: Metsäkustannus Oy.
- Lauhanen, R. 2014. Konekustannuslaskenta. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80849/C6.pdf?sequence=1>. 29.12.2023.
- Lehtinen, H. 2012. Manuaalinen energiapuun korjuu Hirvikumussa - Riittämätön taimikonhoito ja sen seuraukset. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/48670/Lehtinen_Henri.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 2.1.2024.
- Luonnonvarakeskus. 2023a. Tilastot. Teollisuuspuun kauppa 2022. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/teollisuuspuun-kauppa/teollisuuspuun-kauppa-2022>. 21.11.2023.
- Luonnonvarakeskus. 2023b. Tilastotietokanta. Metsätilastot. https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__04%20Talous__04%20Energiapuun%20kauppa/04_Energiapuu_puu-kauppamaarat_v.px/chart/chartViewColumn/. 21.11.2023.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2013a. Mitattuihin suureisiin perustuvat menetelmät (ryhmä 1). https://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/wp-content/uploads/sites/9/2017/03/mittausmenetelmaryhma_1.pdf. 21.11.2023.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2013b. Otantaan perustuvat menetelmät (ryhmä 2). https://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/wp-content/uploads/sites/9/2017/03/mittausmenetelmaryhma_2.pdf. 21.11.2023.

- Maa- ja metsätalousministeriö. 2013c. Yleisiin muuntolukuihin perustuva menetelmät (ryhmä 3). https://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/wp-content/uploads/sites/9/2017/03/mittausmenetelmaryhma_3.pdf. 21.11.2023.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2023a. Suomen metsävarat. <https://mmm.fi/metsat/suomen-metsavarat>. 21.11.2023.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2023b. Metsätalouden tuet. <https://mmm.fi/metsatalouden-tuet>. 21.11.2023.
- Metsäkeskus. 2023a. Kemera-tuet. <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsatalouden-tuet/kemera-tuet>. 21.11.2023.
- Metsäkeskus. 2023b. <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsatalouden-tuet/metkatuet>. 21.11.2023.
- Metsäteho. 1990. Metsurin puutavaranhakkuun työ- ja suunnitteluopas. Helsinki: Metsäteho.
- Metsäteho. 2018. Mittaus ja laatu. <https://puuhuolto.fi/mittaus-ja-laatu/johdanto/puutavaran-mittaus/>. 21.11.2023.
- Metsäteho. 2022a. Korjuun suunnittelu. <https://puuhuolto.fi/korjuun-suunnittelu/puukauppa/>. 18.12.2023.
- Metsäteho. 2022b. Metsäkoneoppi. <https://puuhuolto.fi/metsakoneoppi/>. 11.12.2023.
- Mäki, O. 2012. Metsätöitä Turvallisesti-työturvallisuusopas omatoimisiin metsätöihin. Helsinki: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.
- Nieminen, J. 2022. Metsänhoidon palveluiden hinnasto. <https://www.metsanienminen.fi/hinnasto/>. 5.1.2024.
- Pakkanen, E. & Leikola, M. 2010. Metsää, puuta ja kovaa työtä. Helsinki: Metsäkustannus Oy.
- Rieppo, K., Mutikainen, A. & Jouhiaho, A. 2011. Energia- ja ainespuun korjuu nuorista metsistä. TTS:n tiedote. Rajamäki: Työtehoseura.
- UPM Metsä. 2023. Käteiskauppa. <https://www.upmmetsa.fi/puukauppa-kanssamme/kateiskauppa/>. 21.11.2023.
- YLE Elävä arkisto. 2019. Metsuri on metsän vaatimaton uurastaja. <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2018/12/19/metsuri-on-metsan-vaatimaton-uurastaja>. 18.12.2023.
- Yrityksen perustaminen.net. 2022. Arvonlisävero. <https://yrityksen-perustaminen.net/arvonlisavero/>. 24.11.2023.
- Yritystulkki.fi. 2023. Investoinnin kannattavuus. <https://www.yritystulkki.fi/fi/alue/oulu/aloittava-yrittaja/suunnittelu/taloussuunnitelmat/investoinninkannattavuus/>. 23.11.2023.
- Verohallinto. 2023. Metsäverotus, Hankintatyö. https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/omaisuus/metsa/puun_myynti/hankintatyo/. 24.11.2023.

Työajanseuranta maastolomakkeet
Suunnittelutyö

Kuvio	PVM	Alkaa	Loppuu	Tunnit(h)
9	30.4.2023	10:45	11:45	1
	18.6.2023	10:00	10:30	0,5
YHT:				1,5
19	30.4.2023	12:00	13:00	1
	31.9.2023	15:30	16:00	0,5
YHT:				1,5
YHT:	0,5 Päivä			3

Työajanseuranta maastolomakkeet
Hakkuutyö

Kuvio	PVM	Alkaa	Loppuu	Tunnit(h)	Tankillisia(kpl)
9	7.5.2023	14:45	18:15	3,5	2,5
	13.5.2023	14:15	19:45	5,5	4
	19.5.2023	18:00	21:15	3,25	2,5
	27.5.2023	17:10	21:55	4,75	4
	3.6.2023	16:40	21:10	4,5	3,5
	5.6.2023	15:50	21:50	6	5
	10.6.2023	16:15	21:30	5,25	4,5
	17.6.2023	18:00	21:15	3,25	2
YHT:	8 Päivää			36	28
0,50	ha			0,014	ha/ h
				72	h/ha
19	17.6.2023	21:30	22:45	1,25	2
	18.6.2023	12:00	18:00	6	5
	2.7.2023	10:00	17:30	7,5	7,5
	14.7.2023	9:45	15:15	5,5	4,5
	30.7.2023	9:15	14:15	5	4
	13.8.2023	9:15	14:00	4,75	4
	18.8.2023	13:00	16:45	3,75	3
	27.8.2023	13:30	17:15	3,75	3
	1.9.2023	16:40	20:10	3,5	3
	23.9.2023	8:00	13:00	5	4
	YHT:	10 Päivää			46
0,60	ha			0,013	ha/h
				76,7	h/ha

Leimikko	18 Päivää		82 h	68 tankillista
1,10	ha		0,01 ha/h	0,02 ha/tankki
			74,26 h/ha	61,82 tankkia/ha
			0,39 m3/h	0,47 m3/tankki
			0,64 m3/h	0,77 m3/tankki
	yht		1,03 m3/h	1,25

kokopuu
rank/kuit

Tankin kesto keskim.	1,205882 h	
	eli	1h 12 min
bens tank koko	0,5 l	
ölj tank koko	0,28 l	
bensan kulutus	0,41 l/h	
öljyn kulutus	0,23 l/h	

Työajanseuranta maastolomakkeet
Ajotyö

Kuvio	PVM	Alkaa	Loppuu	Tunnit(h)	Kuormia (kpl)	Puulaji
9	28.10.2023	7:30	10:15	2,75	3	Kokopuu
	28.10.2023	13:15	16:00	2,75	3	Ranka
	28.10.2023	16:15	17:15	1	1	Kuitu
	29.10.2023	8:30	9:45	1,25	1,5	Kuitu
	29.10.2023	10:00	13:15	3,25	3,5	Kokopuu
	1.11.2023	9:00	10:45	1,75	2	Ranka
YHT:	3 Päivää			6	6,5	Kokopuu
				4,5	5	Ranka
				2,25	2,5	Kuitu
				12,75	14	
19	1.11.2023	7:30	9:00	1,5	1	Ranka
	4.11.2023	8:00	11:45	3,75	3	Kokopuu
	12.11.2023	15:00	17:15	2,25	2,5	Kokopuu
	15.11.2023	8:00	11:00	3	2,5	Ranka
	15.11.2023	11:00	12:45	1,75	2	Kuitu
	17.11.2023	10:00	11:45	1,75	2	Kokopuu
	17.11.2023	12:00	12:45	0,75	1	Kuitu
YHT:	5 Päivää			7,75	7,5	Kokopuu
				4,5	3,5	Ranka
				2,5	3	Kuitu
				14,75	14	
Leimikko	8 Päivää			27,5	28	

Kulutus 25 litraa 10 h aikana
Eli 2,5 litraa tunnissa

Kuorman koko kokopuulla 2,30 m³
Kuorman koko ranka/kuitupuulla 3,75 m³

Ajomäärä tunnissa kokopuu
0,98 h/kuorma eli 58,9 minuuttia
2,35 m³/h

Ajomäärä tunnissa rankapuu/kuitupuu
0,98 h/kuorma 58,9 minuuttia
3,82 m³/h

Ajotyön hinta	
Kokopuu	
14,27	€/m ³
Ranka/kuitu	
8,77	€/m ³

