



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

ALIKASVOKSEN VAIKUTUS SAANTOON JA TYÖAIKAAN ENERGIAPUUHAKKUULLA

Fixteri FX15a -kokopuupalain

Kalle Pisto

Opinnäytetyö
Joulukuu 2015
Metsätalouden koulutus



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden koulutus

PISTO KALLE:

Alikasvoksen vaikutus saantoon ja työaikaan energiapuuhakkuulla
Fixteri FX15a -kokopuupaalain

Opinnäytetyö 30 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Joulukuu 2015

Opinnäytetyössä tutkittiin alikasvoksen vaikutusta Fixteri FX15a -kokopuupaalaimen hakkuun saantoon ja työaikaan nuoren metsän kasvatushakkuulla. Tutkimuksen taustalla oli pirkanmaalaisen metsäkoneyrityksen PJP Metsäexpertit Oy:n yrittäjän mielenkiinto Fixteri FX15a:n tuottavuuslukuihin. Tutkimusmenetelmänä oli aikatutkimus. Tutkimusmateriaali kerättiin hakkuukoneeseen kiinnitetyllä kameralla.

Tutkimuskohteena oli Valkeakosken Sääksmäellä sijaitseva nuoren metsän hoitokohte. Valtapuusto oli koivua ja harmaaleppää. Alikasvoksena oli runsaasti pienempää lehtipuustoa ja kuusentaimia. Valtapuuston keskiläpimitta oli 5,5 cm ja pituus 11 metriä. Lehtipuita, joiden rinnankorkeusläpimitta oli yli 3 cm, oli 8933 runkoa hehtaarilla. Metsänomistajan tavoite oli kuusien vapauttaminen lehtipuuston alta. Tutkimuskohteelle rajattiin kolme koealuetta. Yhden alueen koko oli 0,1 hehtaaria. Alueen leveys oli 20 metriä ja pituus 50 metriä. Kaksi koealueista raivattiin Mhy Pirkanmaan ammattimetsurin toimesta eri runkoläpimittoihin. Koealueen 1 raivatun alikasvoksen rinnankorkeusläpimitan yläraja oli 3 cm (poistuma 11950 r/ha). Koealueen 2 vastaava raja oli 4 cm (poistuma 12467 r/ha). Kolmas koealue oli raivaamaton, ja se antoi vertailutulokset. Tulokset olivat verrattavissa keskenään kohteiden puuston ollessa tasalaatuisia.

Alikasvoksen poistuman vuoksi koealueen 1 saanto oli 5,33 m³/ha (13 %) vähemmän kuin vertailukoealueen. Koealueen 2 saanto oli 8,7 m³/ha (21 %) vähemmän. Koealueen 1 kokonaiSHakkuuajaksi oli 76 % vertailualueen hakkuuajasta. Koealueen 2 kokonaiSHakkuuajaksi oli 52 % vertailukoealueen hakkuuajasta.

Alikasvoksen poistuman vuoksi hakkuun tuotos kasvoi. Syy työn tehostumiseen oli taakan keräämisen nopeutuminen ja taakkojen lukumäärän väheneminen. Vertailualueella oli pienin keskimääräinen taakkakoko (57 % koealueen 2 taakkakoosta) ja taakkoja oli lukumäärällisesti eniten. Toinen syy oli korjuun helpottuminen. Hakkuukoneen kuljettajan oli helpompaa korjata yksittäisiä ja suurempia runkoja kuin useita pieniä alikasvospuita.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Program in Forestry

PISTO KALLE:

The Effect of Undergrowth on Yield and Working Time at Energy Wood Harvest
Fixteri FX15a –Energy Wood Baler

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 0 pages
Joulukuu 2015

This thesis studies the effect of undergrowth on yield and working time at Fixteri FX15a – whole tree bundler energy wood harvest. Behind this study was the entrepreneur of forestry contracting company PJP Metsäexpertit Oy who had interest and in studying the machines productivity. The study was carried out as time study. Data was gathered with a camera attached to the harvester.

The research subject was an young stand at Valkeakoski, Pirkanmaa. Forest cover consisted of birch and grey alder. Average diameter of stems was 5.5 cm and height 11 meters. The undergrowth consisted of dense deciduous young stand and spruce saplings. The goal of the forest owner was to release spruce saplings from under the deciduous trees. Three sample areas were outlined. The area of each compartment was 0.1 hectares. Two of the three areas were cleared of undergrowth to different breast height diameters by a professional lumberjack from Pirkanmaa forest management association. The third sample area was not cleared to give comparison results. The results were comparable as the forest cover was uniform.

Deleting the undergrowth gave 5,33m³ less yield from sample area 1. Deleting the undergrowth gave 8,7m³ less yield from sample area 2. Working time at sample area 1 was 24 % less than the time at comparison area. Working time at sample area 2 was 48 % less than the comparison area working time.

Harvests productivity grew because the deletion of the undergrowth. The reason for growth was quicker gathering of the load and lesser number of loads. Comparison sample area had the smallest average load. (57 % of the size of sample area 2) and there were most amount of loads. Another reason was easier harvesting. The harvester's driver had easier time to gather single and bigger tree stems than many small undergrowth stems.

Key words: undergrowth, time study, energy wood, whole-tree bundling

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TUTKIMUKSEN TAUSTA	7
2.1	Kokopuupaalaus.....	7
2.2	Tutkimuksen hakkuukoneyhdistelmä	8
3	TUTKIMUSMENETELMÄT	12
3.1	Tutkimusmenetelmät.....	12
3.2	Tutkimuskohteen yleinen kuvaus	15
3.3	Koealueiden puustotiedot.....	16
4	TULOKSET	18
4.1	Raivauksen tulokset	18
4.2	Aikatutkimuksen tulokset	19
4.3	Hakkuun saanto.....	22
5	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	25
5.1	Tuloksien tarkastelussa huomioitavia asioita.....	25
5.2	Johtopäätökset.....	28
	LÄHTEET.....	30

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia alikasvoksen vaikutusta Fixteri FX15a:n kokopuupaalauksen saantoon ja työajankäyttöön nuoren metsän kasvatushakkuulla. Tutkimuksen taustalla on pirkanmaalaisen korjuuyrityksen PJP Metsäexpertit Oy:n yrittäjän mielenkiinto Fixteri FX15a:n hakkuun tuottavuustekijöihin. Tutkimusmenetelmä oli aikatutkimus, joka toteutettiin Valkeakosken Sääksmäellä syyskuussa 2015. Tutkimus suoritettiin kolmella koealueella, jotka rajattiin yhdelle metsikkökuviolle. Kahden koealueen alikasvos raivattiin eri runkolukuihin ja läpimittoihin. Kolmatta koealuetta ei raivattu. Tämän vertailualueen ja raivattujen koealueiden tuloksia verrattiin keskenään alikasvoksen vaikutuksen tutkimiseksi.

Tuloksissa tarkasteltavat tekijät ovat hakkuun kokonaisajankäyttö, muutos hakkuun saannossa (m^3/ha) ja tuotoksessa (m^3/h) sekä kestävän metsätalouden rahoituslain (Kemera) tuen määrä kiintokuutiometriä kohden ($\text{€}/\text{m}^3$). Itse Fixteri FX15a -paalaimen työprosessien ajankäyttöä ei tutkittu. Paalaimen työttehokkuus ei rajoita hakkuun kokonaisehokkuutta pieniläpimittaisella ja lyhytrunkoisella puustolla. Aikatutkimuksen materiaali kerättiin hakkuukoneen ohjaamon oven sisäpuolelle kiinnitetyllä kameralla. Hakkuukoneen kuljettajan työskentelymenetelmiä ohjainten käytössä ei tallennettu.

Energiapuun korjuun kannattavuuteen vaikuttaa metsikön ominaisuuksien lisäksi vahvasti tukipolitiikka. Uusi kestävän metsätalouden rahoituslaki astui voimaan 1.6.2015. Metsänhoitoyhdistyksen järjestämässä energiapuukaupan korjuussa korjuukustannuksia korvataan korjuuyritykselle Kemera-tuilla nuoren metsän hoitoon ja pienpuun keräämiseen. Muutoksen taustalla oli aikaisemman metsätalouden tuen ristiriita tulevien Euroopan unionin tukisääntöjen kanssa. ”Nykyisen lainsäädännön perusteella korjuutukea voidaan myöntää vain energiakäyttöön menevälle puulle.” (Bioenergia ry. Bioenergia-uutiset 3/14)

Muutos hakkuun kokonaissaantoon vaikuttaa Kemera-tuen määrään kiintokuutiometriä kohden. Osana työn tavoitetta on selvittää, mahdollistaako energiapuuhakkuulla tehtävä raivaus tuottavamman lopputuloksen korjuuyritykselle kompensoimalla raivauksen kulut parantuneilla hakkuun tuottavuudella ja Kemera-tuen määrällä kuutiometriä kohden laskevasta kokonaissaannosta huolimatta.

Uuden Kemeran mukaan nuoren metsän hoidon tuki on 230 €/ha. Tuki kasvaa 220 eurolla hehtaaria kohden, kun osa puustosta kerätään talteen energiapuuksi. Tuen saamiseksi hehtaaria kohden kerättävän pienpuun määrä on oltava Etelä-Suomessa vähintään 35 kiintokuutiometriä, jolloin tuki on 450 €/ha. Lisätukea kutsutaan pienpuun energiatueksi (petu). Tuet haetaan alueelliselta metsäkeskukselta ja metsänhoitotyöt voi aloittaa heti tukihakemuksen lähettämisen jälkeen sillä riskillä, että hoitotyö ja alue ovat tuen piirissä. Taulukossa 1 on esitetty edellytykset Kemera-tuen saamiseksi. (Metsäkeskus, tuki nuoren metsän hoitoon, 2015)

TAULUKKO 1. Edellytykset Kemera-tukeen nuoren metsän hoidossa

Alueen koko vähintään	2 ha
Yksittäisen kuvion koko vähintään	0,5 ha
Kasvatuskelpoisen puuston keskipituus työn jälkeen väh.	3 m
Keskiläpimitta työn jälkeen enintään	16 cm
Poistuma vähintään, E -suomi	1000 r/ha
Poistuma vähintään, P -suomi	800 r/ha
Kantojen läpimitta vähintään	3 cm
Työn jälkeinen tiheys enintään	3000 r/ha
Hoito - ja kunnossapitovelvoite	10 v
Korotetun tuen (petu) edellytys, E -Suomi	35 m ³ /ha
Korotetun tuen (petu) edellytys, P -Suomi	25 m ³ /ha

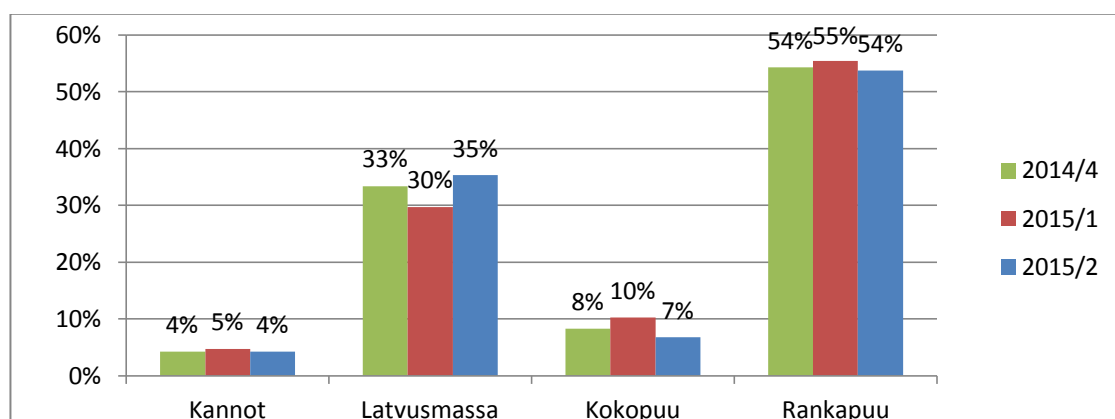
2 TUTKIMUKSEN TAUSTA

2.1 Kokopuupaalaus

Metsäenergiapuun haketetaan joko tien varressa siirrettävällä hakeautolla tai suoraan hakkeen käyttöpaikalla. Ajatus Fixterin tehokkuuden taustalla on kokopuupaalien kustannustehokas kuljetus haketettavaksi käyttöpaikalle. ”kokopuun metsäkuljetuksen kustannukset olivat yli kaksinkertaiset verrattuna kokopuupaalien metsäkuljetukseen, ja ensiharvennuskuitupuunkin metsäkuljetus oli keskimäärin noin 60 % kalliimpaa kuin kokopuupaalien metsäkuljetus.” (Metsätehon raportti 211, 2009, 48) Metsäkuljetuksen kustannukset alenevat korkeamman kuljetuskapasiteetin vuoksi.

Kilpailuvalttina rankapuun hakkuuseen verrattuna on kokopuun korjuu, joka mahdollistaa korkeamman saannon oksien ja latvuksien hyödyntämisen vuoksi. Korjuun voi ulottaa näin aikaisempaa nuorempaan metsään. Energiapuupaaleja pystytään kuljettamaan normaalilla puutavara-autolla, joten puutavara-autoilijoiden ei tarvitse muuttaa kalustoaan. Kaukokuljetus puutavara-autolla oli Metsätehon raportin mukaan yksikkökustannuksiltaan samaa luokkaa kuin mäntykuitupuulla.

Kokopuun korjuu on murto-osa metsäenergian kokonaismäärästä. Kuviossa 1 on Luonnonvarakeskuksen tilastointipalvelun ilmoittamat energiapuun korjuuosuudet Suomessa vuoden 2014 lopusta ja vuoden 2015 alkupuoliskolta (Luonnonvarakeskuksen tilastointipalvelu, 2015). Kokopuupaalaus on vielä vain osa kokopuuna korjattavasta energiapuusta.



KUVIO 1. Suomessa korjatun energiapuun osuudet vuosineljänneksittäin 2014 ja 2015

Kustannukset tien varressa (tienvarsihintana) muodostuvat kantohinnasta, korjuusta, metsäkuljetuksesta, haketuksista ja kaukokuljetuksesta. Hintaa tulee lisää mahdollisista toimihenkilöiden kustannuksista ja varastointikustannuksista. Vuonna 2009 Pöyry Energia Oy:n loppuraportissa ennustettiin, että metsähakkeen keskimääräisiin korjuukustannuksiin ei tapahdu enää merkittävää alenemaa ja metsähakkeen kysynnän kasvaessa korjuuta on tehtävä entistä nuoremmissa ja pienemmissä leimikoissa (Pöyry Energia Oy:n loppuraportti, 2009, 15). Fixteri Oy:n strategia kokopuupaalaimellaan on tehostaa metsäenergiapuun korjuuta ja ulottaa korjuu hoitamatta jääneisiin nuoriin metsiin. Taimikonhoidon rästejä oli vuonna 2012 700 000 hehtaaria (Metsätieteen aikakauskirja 2/2012, 88). Nuoren metsän hoidon ja ensiharvennuksien rästien yhteismäärä on samalla tasolla. ”Suomen tavoitteena on nostaa metsähakkeen käyttö 25 TWh:iin vuoteen 2020 mennessä. Vuonna 2014 metsähakkeen käyttö oli 15 TWh. Tavoite edellyttää nykyisen nopean kasvuvauhdin jatkumista” (Energiateollisuus, Energia.fi/Metsäenergia).

Metsäntutkimuslaitos tutki Fixteri FX15a:n työn tehokkuutta (Nuutinen, Björheden 2014). Tutkimuksen tuloksissa kävi ilmi, että joukkokäsittelevä kone ja Fixteri-paalain toimivat tehokkaimmin metsikössä, jossa puuston keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta ennen hakkuuta oli välillä 6–9cm. Tehotuntituottavuus ei kasvanut ainespuuhakkuulla rungon keskimääräisen litrakoon kasvaessa yli 93 dm³. Joukkokäsittelyaste väheni tämän rajan jälkeen, jolloin Fixterin ominaisuuksia ei voitu hyödyntää. Lisäksi puun pituuden kasvaessa hakkuukoneen kuljettaja joutuu odottelemaan paalaimen automaattisyyttöä ja nämä muodostavat rajan Fixteri FX15a:n hakkuutehokkuudelle. Tuloksissa pohdittiin, että optimialuetta pienempien puiden korjuukustannukset todennäköisesti nousevat ja hakkuu on kannattamatonta. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan alle 6 cm keskiläpimitan omaavaa puustoa.

2.2 Tutkimuksen hakkuukoneyhdistelmä

Alustakone Logman 811FC

PJP Metsäexpertit Oy:n Fixterin alustakoneena toimii Logman 811FC. Koneen Loglift F 91 -puomi on kiinnitetty hytin oikean sivustan puolelle ja hytti seuraa aina puomin sivuttaisliikettä. Puomin ulottuma on 10 metriä kiinnityspisteestä ja nostomomentti on 81 kNm. Puomin ollessa ojennettuna nostosylinteri jaksaa nostaa 740 kg:n puumassan

puomin ja kouran painojen ohella. Energiapuuhakkuulla nostosylinterin teho ei rajoita maksimiulottuvuudessa tapahtuvaa hakkuuta. Paalaimen aiheuttama korkea painopiste on syytä muistaa kaltevassa maastossa puomin ollessa ojennettuna koneen sivulle. Kone on 8-renkainen ja 2-telinen. Alustakoneen pituus on 8810 mm. Leveys renkaiden ulko-reunoista on 2890 mm. Akseliväli on 4855 mm. Koneen maavara on 650 mm. Korkeus maasta hytin kattoon on 3710 mm. Ohjaus on hydraulinen runko-ohjaus, jonka kääntökulma on 43 astetta kumpaankin suuntaan. Paino on perusvarusteiden ja säiliöiden ollessa täynnä 14960 kg. Kuvassa 1 on PJP Metsäexpertit Oy:n hakkuukoneyhdistelmä kokopuupaalaukseen Fixteri FX15a, Logman 811FC ja hakkuupää Moipu 300ES



KUVA 1. Hakkuukoneyhdistelmä Fixteri FX15a, Logman 811FC, Moipu 300 ES (Kuva: Kalle Pisto 2015)

Alustakoneen ja paalainyksikön voimanlähteenä toimii 4 – sylinterinen Sisu Diesel 49 CWA-4V, jonka teho (DIN standardi) on 125 kw 2200 kierroksella minuutissa. Maksimivääntö on 750 Nm 1500 kierroksella. Työhydrauliikkapumppu on muuttuvatilavuuksinen Linde. Pumpun tuotto on välillä 135–210 litraa minuutissa ja työpaine on välillä 160–215 bar. Hydrauliöljysäiliön koko on 200 litraa.

Hakkuupää

Hakkuupää on Moipu 300 ES -giljotiinikoura syöttävillä rullilla. PJP Metsäexpertit on lisännyt oman Fixterin Moipuun joukkokäsittelyn mahdollistavat käpälät, jotka pitävät kourassa olevat katkaistut rungot paikoillaan taakan keräämisen aikana. Taakka on joukkokäsittelyllä kouralla kerätty yhden tai useamman rungon puumäärä, jonka hakkuukoneen kuljettaja voi siirtää Fixteri-paalaimelle käsiteltäväksi. Ilman käpäliä joukkokäsittelyyn tulisi tällä kouramallilla lisätyövaihe, jossa hakkuukoneen kuljettaja joutuisi järjestelemään kaadettuja runkoja maassa. Käpälien lisäys on kasvattanut PJP:n Fixterin hakkuun tehokkuutta.

Syöttörullat hakkuupäässä on edellytys tehokkaaseen korjuuseen. Rullien avulla hakkuukoneen kuljettaja ei joudu ottamaan uutta otetta taakasta, vaan pääsee syöttämään kerätyt rungot suoraan paalainyksikköön. Syötön nopeus on 5 m/s, mutta nopeudesta ei tule suurta hyötyä syöttömatkan ollessa pieni. Hakkuukoneen kuljettaja päästää rungot kouran otteesta heti paalainyksikön alettua oman automaattisen syöttönsä. Moipun syöttörullien avauma on 35 cm. Karsimateriaalien suurin avauma on 130 cm. Tehtaan ilmoittama paino on 650 kg. Paino on lisääntynyt keräyskäpälien myötä, tosin ei huomattavasti.

Paalainyksikkö

Paalaimen paino on noin 6500 kg. Pituutta sillä on 4100 mm, leveyttä 2400 mm ja korkeutta 2800 mm. Työhydrauliikan se saa alustakoneesta. Paalaimen toiminnot, kuten katkonta ja käärintä ovat automatisoitu. Paalainyksikön runko on tehty tukevasta levyteräksestä. Laite on tästä syystä rasiitusta kestävä, mutta myös painava. Painon vähentäminen on oleellinen parannuskohta. Koneen siirtäminen työmaalle vaatii ison lavettiauton hakkuukoneyhdistelmän painaessa helposti yli 22 tonnia. PJP Metsäexpertit Oy:n Fixteri – energiapuupaalaimen hakkuutehokkuus ja tuottavuus ovat kasvaneet vikakohteiden tunnistuksien sekä laitteisiin tehtyjen parannuksien vuoksi.

Ennen tutkimushakkuuta paalainyksikköön ilmeni useampi kuluvien osien vaurio, jotka huoltohenkilö ja hakkuukoneen kuljettajat korjasivat tai vaihtoivat. Kuluvia osia ovat muun muassa paalia pyörittävät ketjut ja sylinterit, jotka nostavat paalainyksikön yläpuoliskoa. Ongelmia hakkuun aikana aiheuttavat paalausverkon katkaisun epäonnistuminen ennen paalin tiputusta, jolloin verkko ei lähde kääriytymään seuraavan paalin ympärille. Koneen ollessa ylämäessä, paalattavat puut saattavat luiskahtaa paalainyksi-

kön takaosaan estäen paalin pyörimisen. Hakkuukoneen kuljettajan on tavalla tai toisella irrotettava tukos. Käytännössä se tarkoittaa hakkuun keskeyttämistä ja puut on kammettava irti käsivoimin.

Paalin paino ja tilavuus määräytyvät asetetun läpimitan mukaan. Läpimitta asetetaan koneen tietokoneelta puuston mukaan sopivaksi, jolloin paalit ovat mahdollisimman kiinteitä ja helppoja käsitellä jatkossa. Paalien pituudet ovat välillä 2,5–2,7 metriä ja puuaineksen kiintotilavuus on välillä 0,3–0,5 m³. Paalain mittaa jokaisen paalin tuoremassan punnituslevyillä, joiden päälle paali pyörähtää käärinnän jälkeen. Punnitusta varten koneen tulee olla liikkumatta, ettei punnitustulos vääristy tai paali vierähdä pois varsilta ennen aikojaan. Paalin vierähtämisen voi estää asettamalla puomi punnitusvarsin ja paalin eteen. Kuvassa 2 on Fixteri FX15a –paalainyksikkö. Kuvan ottamisen aikana osa muodostettavan paalin runkoja oli luisunut ylämäessä paalaimen takaosasta ulos. Hakkuukoneen kuljettajan oli käsivoimin irrotettava tukos. Tapahtuma oli ennen tutkimushakkuuta.



KUVA 2. Fixteri FX15a –kokopuupaalain. (Kuva: Kalle Pisto 2015)

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Tutkimusmenetelmät

Yleistä

Hakkuun tehokkuutta tutkittiin aikatutkimuksella. Tutkimus tehtiin nuoressa, tiheäkasvuisessa ja koivuvaltaisessa metsässä, johon rajattiin kolme koealuetta. Alikasvoksen eri tiheyksiä mallinnettiin Metsänhoitoyhdistys Pirkanmaan ammattimetsurin suorittamalla raivauksella. Kaksi koealuetta raivattiin eri runkolukuihin. Kolmas alue oli vertailukoealue, jonka tarkoitus oli tuottaa vertailutulokset kahden muun koealueen saanto- ja aikatuloksiin. Ensimmäisen koealueen lehtipuusto raivattiin kokonaisuudessaan 3 cm läpimitaan asti. Toisen koealueen raivaus tehtiin 4 cm läpimitaan asti. Raivauksen ohjeistus muodostui puustotietojen mittauksen jälkeen. Tutkimusmateriaali kerättiin hakkuukoneeseen kiinnitetyllä GoPro -kameralla. Hyötynä videomateriaalissa on materiaalin tarkastelu jälkikäteen ja kaikki hakkuudata oli tallennettuna tarkasti. Ohella tarkasteltiin metsurin ajankäyttöä ja kustannusta. Metsänomistajan kannalta hakkuun tavoite oli kasvatettavan puuston elinvoimaisuus ja kuusien suosiminen. Heikkokasvuiset ja huonossa sijainnissa olevat kuuset korjattiin lehtipuiden ohella.

Aikatutkimus

Jokaisen taakan tiedoista kerättiin talteen katkaisujen lukumäärät, taakan keräämiseen käytetty kokonaisaika ja keräämisen aikana tapahtuneet mahdolliset tauot. Termit katkaisu ja katkaisun koko johtuvat puuston keskimääräisesti pienestä läpimitasta. Se vastaa asiasisällöltään runkoa ja runkotilavuutta. Materiaalin läpikäymisessä oli helpompaa seurata katkaisujen lukumäärää kuin runkojen, koska kone otti useamman rungon yhdellä katkaisulla. Siirtymisten ajat otettiin talteen taakallisina ja taakattomina.

Työvaiheet ovat jaettu kahteen pääluokkaan; hakkuun tehollisiin työvaiheisiin ja muihin työvaiheisiin. Tehollisiin työvaiheisiin kuuluvat kaikki puomin ja hakkuupään liikkeet, joilla korjataan puuta; Kouran vienti puulle (tyhjänä ja taakan kanssa), katkaisu, taakan tuonti paalaimelle ja sen syöttö paalaimen. Tehollinen työaika käynnistyi, kun hakkuukoneen kuljettaja aloitti uuden taakan keräämisen. Taakan kerääminen päättyi paalainyksikön automaattisen syötön alkamiseen, jolloin hakkuukoneen kuljettaja päästi kouran taakasta irti.

Muut työvaiheet ovat kaikki siirtymiset (Siirtyminen, ei taakkaa/taakka), odotus- ja järjestelyaika paalin tippumista varten (paalaus), järjestelyaika ja muu odotus. Siirtymiset on jaettu ilman taakkaa tehtyihin ja taakan kanssa tehtyihin. Siirtymisiin luetaan kaikki hakkuukoneella tehdyt liikkeet. Taulukossa 2 on esitetty hakkuun teholliset työvaiheet ja muut työvaiheet.

TAULUKKO 2. Teholliset työvaiheet ja muut työvaiheet

Teholliset työvaiheet	Muut työvaiheet
Kouran vienti puulle, tyhjä	Siirtyminen, ei taakkaa
Katkaisu	Siirtyminen, taakka
Kouran vienti puulle, taakka	Paalaus
Taakan tuonti paalaimelle	Järjestelyaika
Taakan syöttö paalaimen	Muu odotus

Saanto

Aikatutkimuksen ohella tutkimuksessa kerättiin eri alikasvosmallien omaavilla koealueilla korjatun energiapuun määrät eli saanto. Korjuumäärät tallentuvat reaaliaikaisesti hakkuukoneen ohjaamossa olevalle tietokoneelle, jota seurataan erillisestä näytöstä. Tallennetut luvut ovat paalien lukumäärä, hakkuupään tekemien katkaisujen lukumäärä, energiapuun kilomäärä ja koneen käyttötunnit.

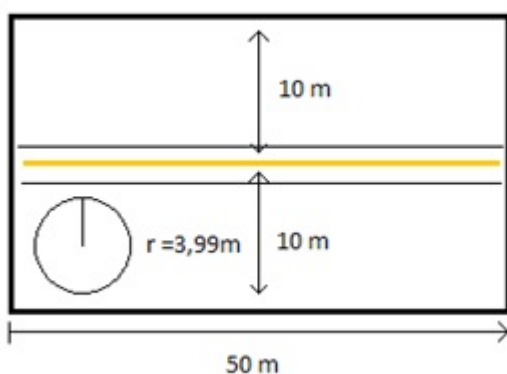
Koealueiden kuvaus ja puustotiedot

Koealueet olivat suorakaiteen muotoisia, 50 metriä pitkiä ja 20 metriä leveitä. Koealat mitattiin maastoon 20 metrin mittanauhalla ja alueiden rajat merkittiin punaisella kuitunauhalla. Koealueiden mitat määrittyivät osaksi myös tutkimusmetsän mittojen mukaisesti. Alueiden suurentaminen ei olisi tilan puutteen vuoksi onnistunut. Reunojen suorat kulmat määritettiin silmämääräisesti. Ajourat merkittiin koealueiden keskelle oranssilla kuitunauhalla. Ajouran keskeltä alueiden reunoille oli 10 metriä.

Koealueet olivat maastossa peräkkäin. Ensimmäisenä hakkuusuunnassa oli 3 cm läpimittaan asti raivattu koealue 1. Tämän jälkeen kone siirtyi 4 cm läpimittaan asti raivatulle koealueelle 2. Koealue 1 ja 2 välissä oli 10 metrin tutkimuksesta erillään oleva alue. Se rajattiin ulkopuolelle sillä kasvavan pähkinäpensaikon runsaan kasvun vuoksi ja hakkuukoneen kuljettaja vain puhkaisi ajouran sen lävitse. Vertailukoealue oli tutkimushakkuussa viimeisenä.

Puustotiedot mitattiin 3,99 metrin säteisillä ympyräkoealoilla (50 m²). Jokaiselta koealueelta mitattiin 4 koealaa, jotka sijoitettiin koealueille tasaisesti. Mitattujen koealojen pinta-ala oli yhteensä 20 prosenttia koko koealueen pinta-alasta. Mitatut tunnuksot olivat puuston runkoluvut läpimittaluokittain ja valtapuuston pituus. Lisäksi raivatuilta koealueilta mitattiin kantojen lukumäärät läpimittaluokittain. Kantojen mittaus tehtiin kahdella koealalla koealuetta kohden.

Jokaisella koealueella oli kohta, jossa puuston tiheys ei ollut aluetta vastaava. Raivattujen alueiden kohdalla oli kyseessä niin sanotusta pienaukosta ja raivaamattomalla alueella sijaitsevi kolmen koivun ja yhden ison kuusen säästöpuuryhmä. Puuttomien alueiden koot olivat samanlaisia ja ne eivät vaikuttaneet hakkuukertymiin suhteessa toisiinsa. Raivaamattoman alueen teholliseen ajankäyttöön säästöpuut vaikuttivat muutaman taakan osalta. Hakkuukoneen kuljettaja kiersi ryhmän ongelmitta. Kuvassa 3 on esitetty koealueiden mitat ja mittasuhteet.



KUVA 3. Koealueiden mittasuhteet. Tutkimushakkuussa hakkuukone kulki koealueiden keskellä oranssilla merkatulla ajouran keskiviivalla.

Hakkuukoneen kuljettajan tiedot

PJP Metsäexpertit Oy:n Fixterillä työskenteli syyskuussa 2015 kaksi hakkuukoneen kuljettajaa ja yrittäjä itse mahdollisuuksien mukaan. Tutkimushakkuun suoritti kuljettajista kokeneempi. Toinen Fixterillä työskentelevä hakkuukoneen kuljettaja on työskennellyt metsäkoneiden parissa lyhyemmän aikaa ja PJP:n Fixterillä loppuvuodesta 2014. Tutkimushakkuun suorittanut kuljettaja on työskennellyt koneella alkutalvesta 2014, jolloin Fixteri hankittiin yritykseen. Ainespuukorjuusta hänellä on kokemusta lyhyen

haastattelun perusteella useilta vuosilta. Tutkimushakkuupäivänä työvuoro alkoi kello 07:00 aamulla ja tutkimushakkuu alkoi kello 09:00 valaistusolosuhteiden ollessa riittävän hyvät. Hakkuu päättyi juuri hänen vuoronsa loppuessa kello 14:00 päivällä.

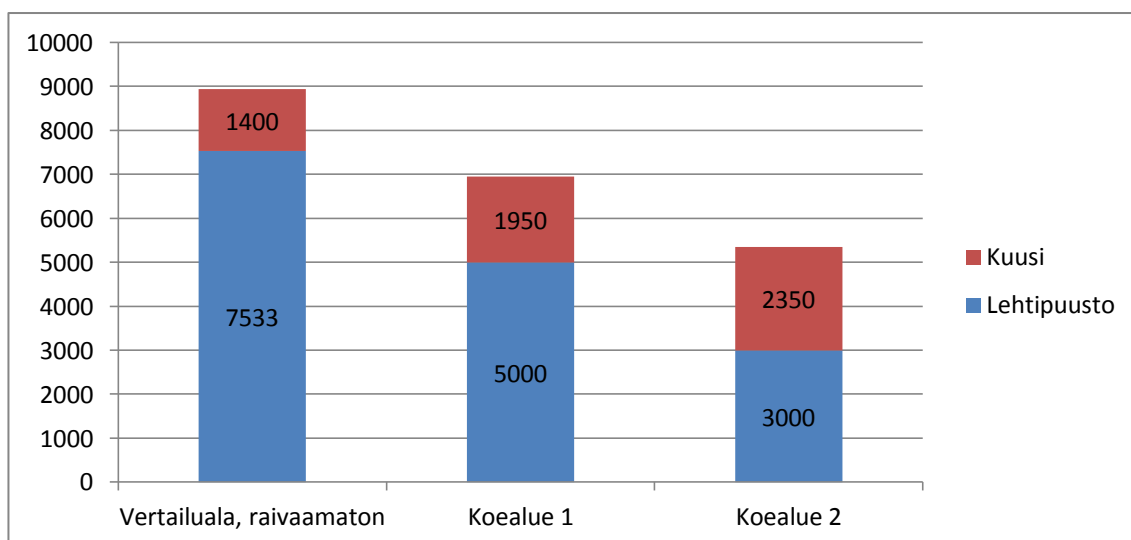
3.2 Tutkimuskohteen yleinen kuvaus

Tutkimuskohteen valinta kohdistui nuoreen koivikkoon Valkeakosken Sääksmäellä Sydänniemessä syyskuun alussa 2015. PJP Metsäexpertit Oy:n yrittäjän mukaan monesti energiapuutyömaita yhdistävät taimikkovaiheessa hoitamatta jääminen ja rehevällä kasvupaikalla nopeasti kasvavien puulajien, kuten hieskoivujen ja harmaaleppien suuri runkoluku. Tavoitteena on monesti myös alikasvokseksi jääneen istutustaimikon vapauttaminen kilpailussa nopeammin kasvaneiden puiden alta.

Tutkimuskohde oli pinta-alaltaan hehtaarin kokoinen ja kulki etelä-pohjoissuunnassa alueen vieressä olevaa luonnonsuojelualuetta. Kuvion ja luonnonsuojelun puustossa oli selvä ero mutta rajaa ei ollut merkattu. Ennen hakkuuta metsänhoitoyhdistyksen metsäneuvoja rajasi kuitunauhalla luonnonsuojelun ja hakkuun välisen rajan. Metsikön maasto tutkimusalueella oli tasainen ja pinta kesti hakkuuta hyvin. Tutkimusalueen erityispiirteitä oli huomattava lehtomaisuus ja pähkinäpensaskasvusto. Isoin pähkinäpensakeskittymä rajattiin hakkuun ulkopuolelle mutta yksittäisiä pensaita oli metsänomistajan ohjeistuksella lupa hakata. Alueen valtuusto oli koivikkoa. Keskipituudeltaan puusto oli 9–10 metriä ja keskiläpimitta oli 5 cm. Harmaaleppien määrä kasvoi kuvion pohjoisrajalle mentäessä. Kuitupuukoossa olevia runkoja oli 10 prosenttia alueen lehtipuuston kokonaisrunkoluvusta. Suurimmat läpimittaluokat ennen hakkuuta olivat välillä 4–6 cm. Alikasvoksena oli runsaasti koivua ja kuusentaimia. Metsänomistajan ohjeistuksella kuusia jätettiin pystyyn koealueiden raivausvaiheessa.

3.3 Koealueiden puustotiedot

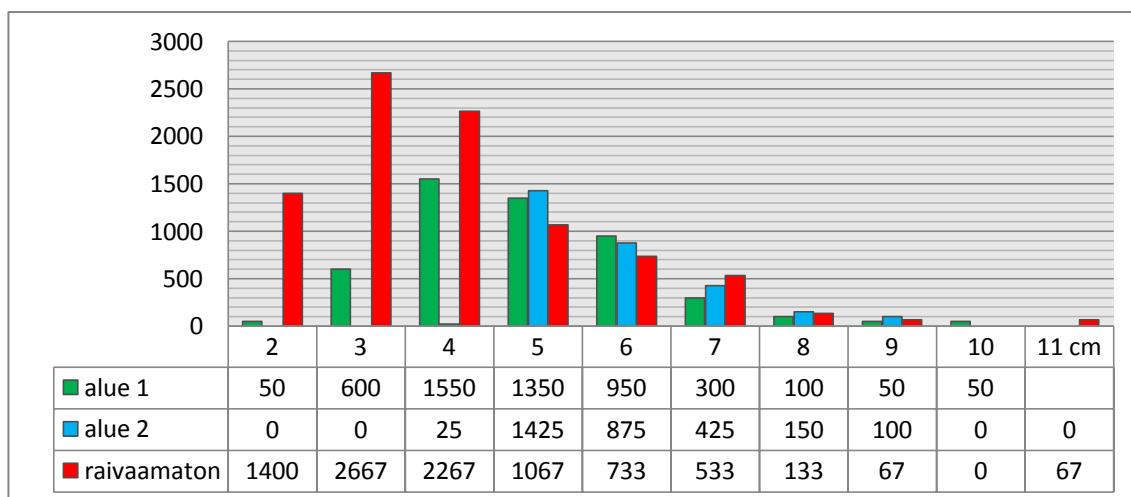
Raivaamattoman vertailukoealueen lehtipuuston yli 3cm rinnankorkeusläpimittainen runkoluku ennen hakkuuta oli 7533 r/ha. Koealueen 1 lehtipuuston runkoluku raivauksen jälkeen oli 5000 r/ha. Valtapuuston pituus oli keskimäärin 9,5 metriä. Koealueen 2 lehtipuuston runkoluku raivauksen jälkeen oli 3000 r/ha. Valtapuuston pituus oli keskimäärin 10,5 metriä. Alikasvokseksi jääneet kuusentaimet olivat hyvässä kasvussa vähäisestä tilasta huolimatta. Kuusien määrä väheni kuvion pohjoisrajalle mentäessä, jossa pähkinäpensaiden ja harmaaleppien määrät kasvoivat. Raivaamattomalla koealueella kuusentaimia oli 1400 runkoa hehtaarilla (keskipituus 3 metriä). Koealueen 1 kuusien runkoluku oli 1950 r/ha (keskipituus 3,3 metriä). Koealueen 2 kuusien runkoluku oli 2350 r/ha (keskipituus 3,9 metriä). Kuviossa 2 on kokonaisrunkoluvut lehtipuustolle ja kuusitaimikolle koealueittain.



KUVIO 2. Kokonaisrunkoluvut koealueittain

Puusto mitattiin raivauksen jälkeen läpimittaluokittain alkaen 2 cm luokasta. Suurin mitattu läpimitta oli 11 cm. Koealueella 1 oli hieman alle 4 cm läpimitan omaavaa puustoa. 3 cm läpimittaluokassa lehtipuita oli 600 r/ha. Valtaosa tämän koealueen puustosta oli läpimittaluokissa 4–6cm, joissa oli yhteensä 3850 r/ha. Koealueen 2 lehtipuusto alkoi 5 cm läpimittaluokasta, jossa oli myös miltei puolet tämän koealueen lehtipuuston runkoluvusta: 1425/3000 r/ha. Raivaamattoman alueen puuston runkoluvusta valtaosa oli 4 cm, tai sitä pienemmässä luokassa: yhteensä 5934/8930. Pienimmän ja riukumaisemman alikasvoksen (alle 2 cm rinnankorkeudelta) runkoluku oli 1400 r/ha. Kuviossa

3 on esitetty lehtipuuston runkoluvut läpimittaluokittain. Kuvassa 4 on koalueilla vallinnut puusto ennen raivausta ja hakkuuta. Kuva on otettu vertailukoalueelta, jossa harmaaleppien osuus lehtipuustosta kasvoi alueen pohjoisreunalle mentäessä.



KUVIO 3. Runkoluvut läpimittaluokittain



KUVA 4. Koalueiden puusto ennen hakkuuta. Kuva on vertailukoalueelta. (Kuva: Kalle Pisto 2015)

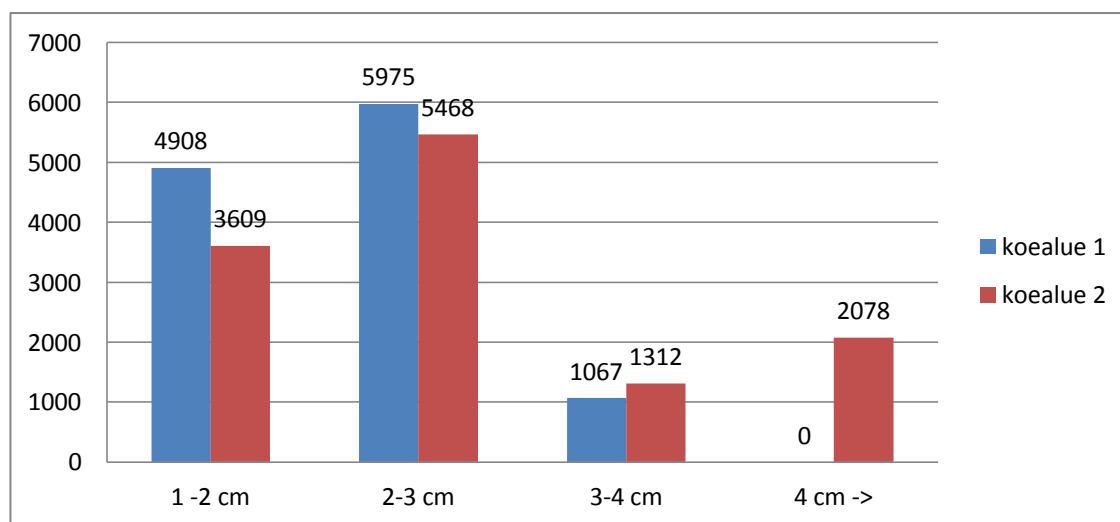
Alikasvos tässä tutkimuksessa on kaikki alle 5 cm runkoläpimitaltaan oleva puusto. Koalueella 2 alikasvosta on siis kuusien taimet, 2350 r/ha. Koalueella 1 alikasvosta ovat kuusentaimet ja lehtipuusto läpimitoissa 3–4cm noin 4000 r/ha. Vertailualueella alikasvosta on 6330 r/ha.

4 TULOKSET

4.1 Raivauksen tulokset

Kantojen lukumäärät

Koealueella 1 kantoja oli 1–2 cm läpimittaluokassa 4908 kpl/ha. 2–3 cm luokassa kantoja oli 5975 kpl/ha ja 3–4 cm luokassa kantoja oli 1067 kpl/ha. Yli 4 cm kantoja ei ollut koealueella lainkaan. Koealueella 2 1–2 cm läpimittaluokassa kantoja oli 3609 kpl/ha. 2–3 cm luokassa kantoja oli 5468 kpl/ha ja 3–4 cm luokassa kantoja oli 1312 kpl/ha. Koealueella 2 4 cm kantoja oli 2078 kpl/ha. Yhteensä koealueella 1 kantoja oli 11950 kpl/ha ja koealueella 2 kantoja oli 12467 kpl/ha. Kuviossa 4 on esitetty raivattujen koealueiden kantojen lukumäärät läpimittaluokittain.



KUVIO 4. Raivattujen alueiden kantojen lukumäärät hehtaarilla

Metsurityön kustannus

Metsurin työaika oli yhteensä 5 tuntia. Tästä kaksi tuntia metsuri käytti koealue 1 raivaukseen. Koealue 2 raivaukseen kului 3 tuntia. Ajankäytön suhde koealueiden välillä oli näin 2/3. Ajankäyttöön on laskettu ruokatunti, muut tauot ja sahan toiminnan ylläpitämiseen (tankkaaminen, viilaus) kulunut aika. Laskutuksessa metsurin tuntikustannus oli 35,068 euroa. Kustannus koealueiden raivauksessa oli viideltä tunnilta 175,34€. Hehtaarikustannus tällä koealueen 1 työaikarakenteella olisi 701,4€ (70,14€x10). Koealueen 2

työaikarakenteella raivauksen hehtaarikustannus olisi 1052€ (105,2€x10). Taulukossa 3 on esitetty metsurin kustannukset koealueittain.

TAULUKKO 3. Metsurin kustannukset koealueittain

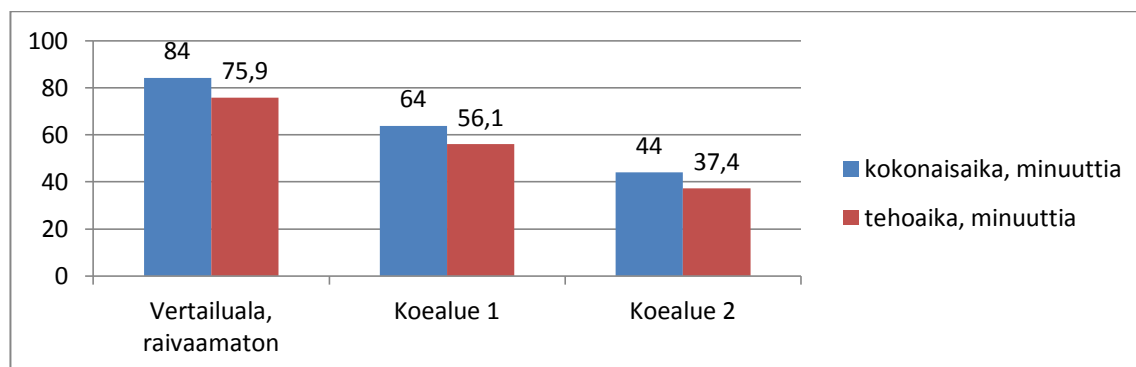
	ala, ha	tunteja	kustannus €/h	kustannus €	kustannus €/ha
Koealue 1	0,1	2	35,068	70,136	701,36
Koealue 2	0,1	3	35,068	105,204	1052,04

4.2 Aikatutkimuksen tulokset

Hakkuun tehollinen aika ja kokonaisaika

Kokonaisuudessaan tutkimusalueen 0,3 hehtaarin työajaksi muodostui 3 tuntia 16 minuuttia. Vertailukoealalla hakkuun kokonaisaika oli 84 minuuttia. Tehollista työaikaa tästä oli 76 minuuttia. Paalien punnitukseen ja niiden järjestelyyn kului työajasta 5 minuuttia (302 sekuntia). Siirtymisiin kului 50 metrin matkalla alle 2 minuuttia (108 sekuntia).

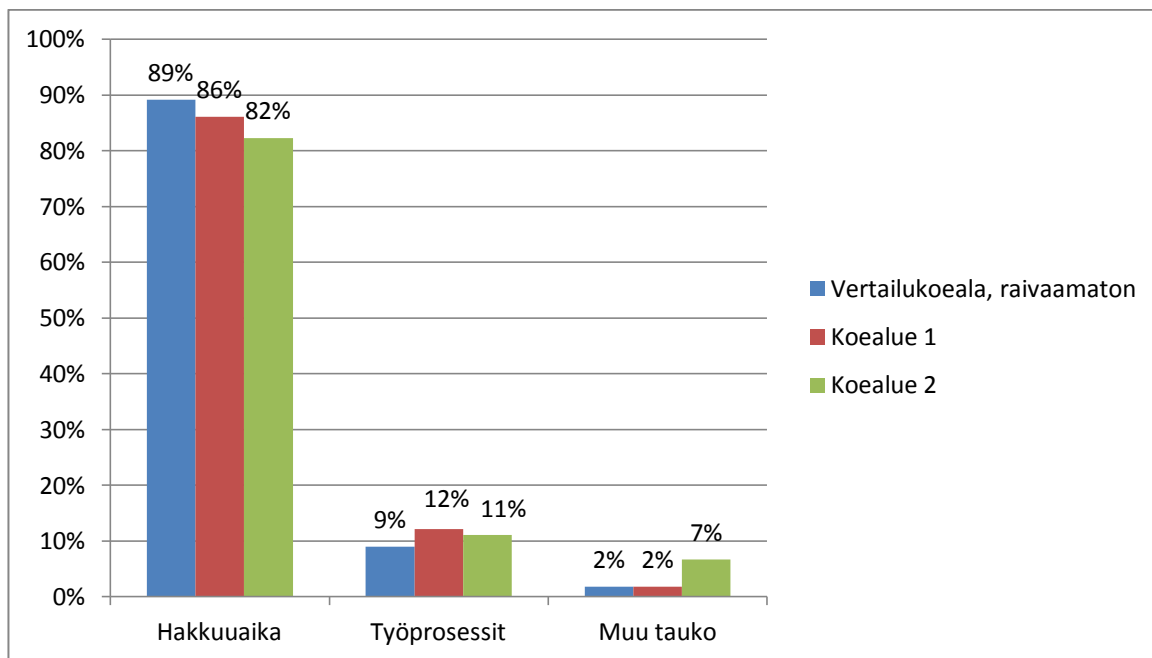
Koealueen 1 kokonaishakkuuaika oli 64 minuuttia. Tehollista työaikaa tästä oli 56 minuuttia. Paalien punnitukseen ja niiden järjestelyyn kului aikaa noin 4 minuuttia (234 sekuntia). Siirtymiin kului aikaa noin 3 minuuttia (173 sekuntia). Koealueen 2 kokonaisaika oli 44 minuuttia. Paalien punnitukseen ja järjestelyyn kului alle 3 minuuttia (161 sekuntia). Siirtymisiin kului 50 metrin matkalla 87 sekuntia. Kuviossa 5 on kuvattu kokonaisajankäyttö ja hakkuun tehollinen ajankäyttö.



KUVIO 5. Koealueiden hakkuuajat.

Hakkuuaikojen rakenne

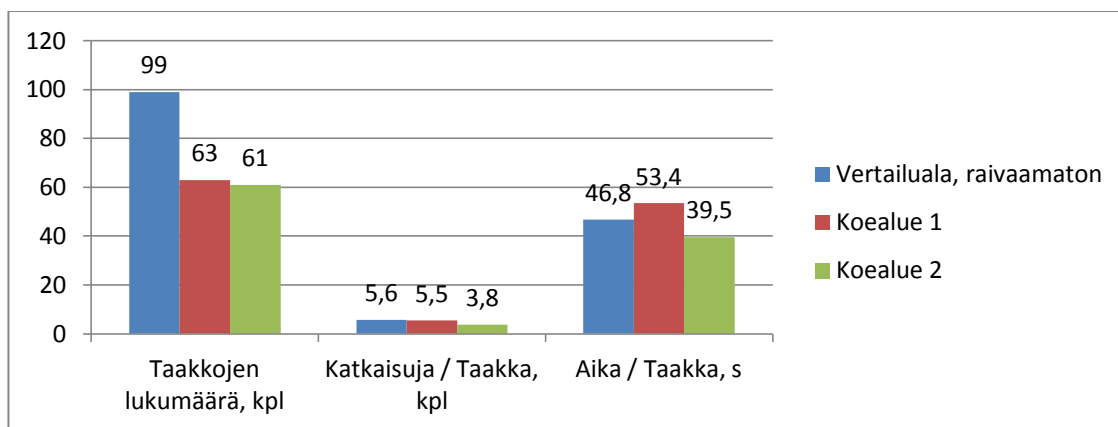
Vertailukoealalla hakkuun kokonaisajankäytöstä 89 prosenttia kului tehotyövaiheisiin. Työprosessit eli siirtymiset, paalin punnitus ja järjestely veivät 9 prosenttia kokonaistyöajasta. Muut tauot veivät 2 prosenttia kokonaistyöajasta. Koealueen 1 vastaavat luvut ovat 86 % (tehoaika), 12 % (työprosessit) ja 2 % (muu tauko). Koealueen 2 luvut olivat 82 % (tehoaika), 11 % (työprosessit) ja 7 % (muu tauko). Kuviossa 6 on hakkuuajan käytön rakenteen prosentuaaliset osuudet.



KUVIO 6. Hakkuuajankäytön rakenne

Taakkojen tiedot

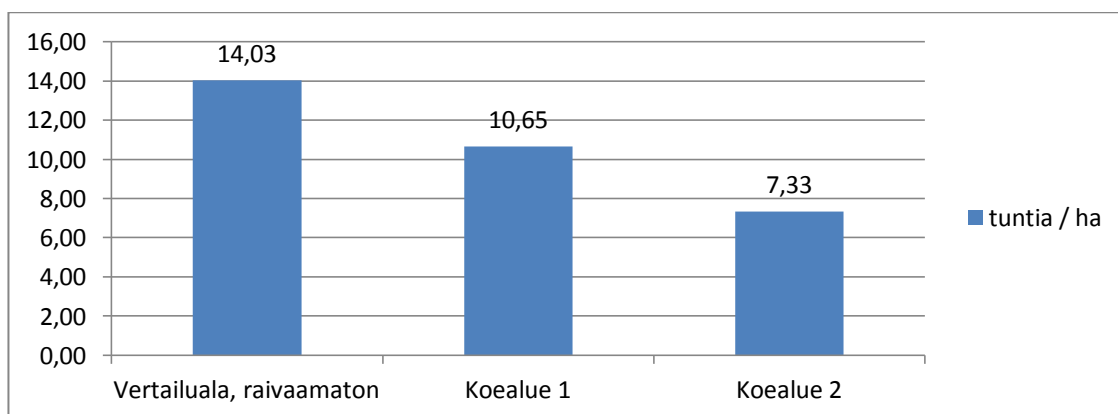
Vertailualueella taakkojen lukumäärä oli 99 kpl. Taakan keräämiseen kului aikaa (keskimäärin) 46,8 sekuntia ja katkaisuja oli 5,6 kpl/taakka. Koealueella 1 taakan keräämiseen kului eniten aikaa, koska hakkuukoneen kuljettaja joutui napsimaan pieniä runkoja yksitellen ja aikaa kului 53,4 sekuntia/taakka ja katkaisuja oli 5,5 kpl/taakka). Koealueella 2 taakan keräämiseen kului aikaa 39,5 sekuntia ja katkaisuja oli 3,8 kpl/taakka. Kuviossa 7 on koealueittain taakkojen lukumäärät, katkaisujen lukumäärät taakkaa kohden ja käytetty aika taakkaa kohden.



KUVIO 7. Taakkojen lukumäärät, katkaisut/taakka ja aika/taakka

Hakkuajat hehtaarille

Vertailukoealalla hehtaarin hakkuuseen aikaa kuluisi 14 tuntia. Koealueella 1 työaika hehtaarille olisi 10 tuntia 40 minuuttia. Koealueella 2 aikaa hehtaarin hakkuuseen kuluisi 7 tuntia 20 minuuttia. Kuviossa 8 on esitetty aikatutkimuksen perusteella lasketut hehtaarikohtaiset ajankäytöt.

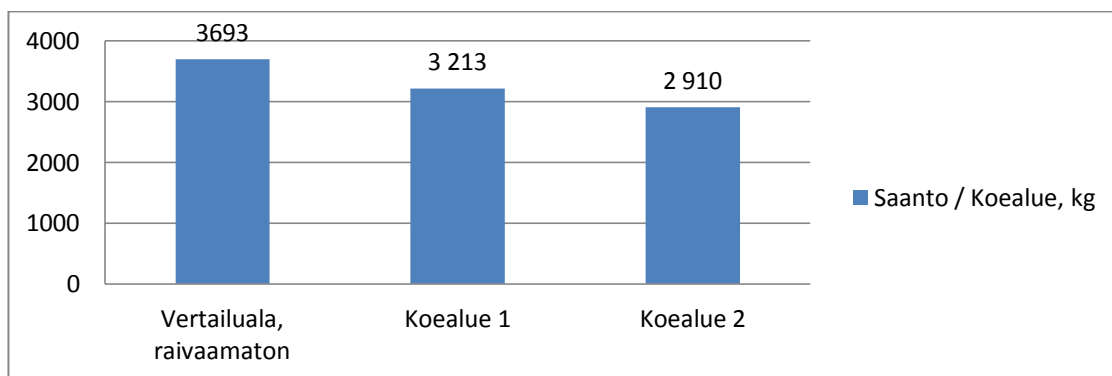


KUVIO 8. Työtunnit hehtaaria kohden.

4.3 Hakkuun saanto

Saannot

Raivaamattoman vertailukoealueen saanto oli 3693 kg (4,103 m³) paalattua energiapuuta. 3 cm asti raivatulta koealueelta 1 korjattiin 3213 kg (3,570 m³) ja 4cm asti raivatulta koealueelta 2 2910 kg (3,233 m³). Kilogrammat muutetaan tilavuudeksi tuoretiheyskerroimen avulla. Tuoretiheyskerroimenä on käytetty Metlan energiapuun mittausopas 2013 taulukko 3:n antamaa lukua 900 kg/m³ (Harvennusenergiapuun tuoretiheysluvut koivulla Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla. Energiapuun mittaus. 2013, 12)). Vertailualueen ja koealueen 1 välillä eroa on 480 kg (0,533 m³). Vertailualueen ja koealueen 2 välillä eroa on 783 kg (0,870 m³). Koealueen 1 ja 2 välillä eroa on 303 kg (0,337 m³). Hakkuun poistuman runkoluku oli vertailualueella 5550 r/ha (yli 3cm rinnankorkeusläpimitta). Koealueella 1 poistuman lukumäärä oli 3500 r/ha. Koealueella 2 poistuman lukumäärä oli 2320 r/ha. Kuviossa 9 on esitetty hakkuun saannot kilogrammoissa koealueittain.



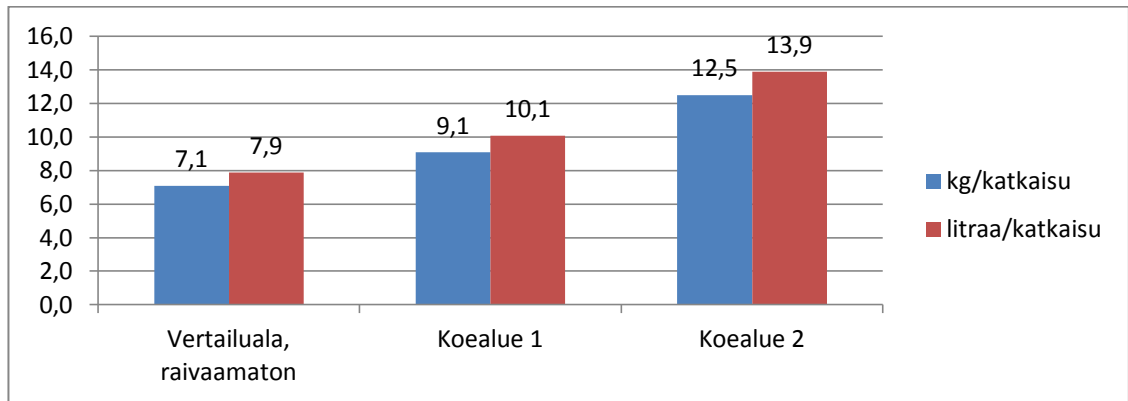
KUVIO 9. Saannot kilogrammoissa

Paalien massat ja katkaisujen tilavuudet

Paalien massat laskettiin Fixteri -koneen ilmoittaman kokonaismassan ja paalien lukumäärien perusteella. Vertailukoealueen paalien massa oli hieman pienempi, kuin raivatujen koealueiden. Vertailualueen paalin keskimääräinen massa oli 284 kg ja raivatujen koealueiden paalien keskimääräinen massa oli 312 kg. Koealueelta 1 muodostui 11 paalia, koealueelta 2 muodostui 9 paalia ja vertailualueelta muodostui 13 paalia.

Giljotiiniterien tekemien katkaisujen kokonaislukumäärä raivaamattomalla vertailukoealueella oli 521 ja keskimääräinen puumassa katkaisua kohden oli 7,1 kg. Litroiksi

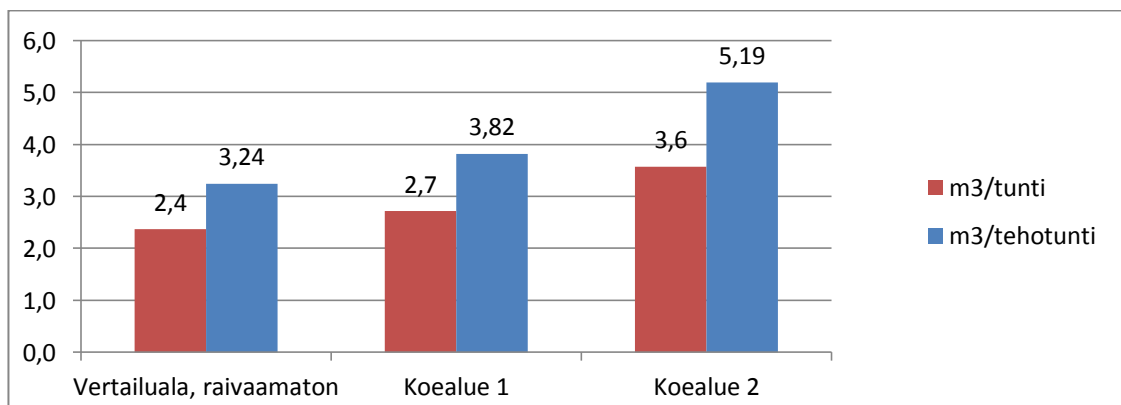
muutettuna keskimääräisen katkaisun tilavuus alueella oli 7,9 dm³. 3cm asti raivatulla koealueella 1 katkaisujen lukumäärä oli 354 kpl (9,1 kg / 10,1 dm³) ja 4 cm asti raivatulla koealueella 2 katkaisujen lukumäärä oli 233 kpl (12,5 kg / 13,9 dm³). Koealueen 2 taakkakoko oli suurin. Koealueen 1 taakkakoko oli 30 % vähemmän ja vertailukoealueen taakkakoko oli 43 % vähemmän. Kuviossa 10 on esitetty katkaisujen massat ja niistä johdetut tilavuudet koealueittain.



KUVIO 10. Taakkojen keskimääräiset koot

Tuotos

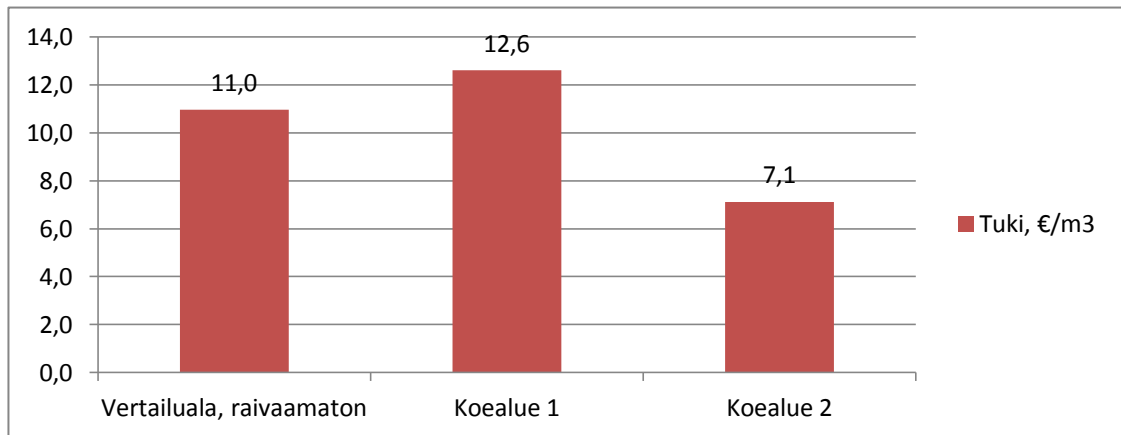
Vertailukoealalla Fixteri FX15a:n tuotos oli tuntia kohden 2,4 m³ energiapuuta, mikä on tehotuntituotokseksi muutettuna 3,24 m³/h. Koealalla 1 tuntia kohden kone korjasi 2,7 m³ energiapuuta ja tehotunnissa 3,82 m³/h. Koealalla 2 tuntia kohden koneen tuottavuus oli 3,6 m³ ja tehotuntia kohden 5,19 m³/h. Tehotuntiajat ovat ilmaistu aikaisemmassa kuviossa 5. Kuviossa 11 on esitetty tuntituotos ja tehotuntituotos koealueittain.



KUVIO 11. Koealueiden hakkuun tuotokset

Kemera-tuki kiintokuutiometriä kohden

Vertailukoealueella Kemera-tuen määrä kiintokuutiometriä kohden on 11,0 €/m³. Koealueella 1 tuen määrä kiintokuutiometriä kohden on 12,6 €/m³. Koealueella 2 hehtaarikohtainen saanto jäi alle vaaditun 35 m³, joten sille ei myönnetä täyttä tukea (petu). Tämän alueen tuen määrä kiintokuutiometriä kohden on 7,1 €/m³. Kuviossa 12 on esitetty Kemera-tuen määrät koealueittain korjattua kiintokuutiometriä kohden.



Kuvio 12. Erot Kemera -tuessa kiintokuutiometriä kohden

5 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Tuloksien tarkastelussa huomioitavia asioita

Korjuuolosuhteet

Tämä tutkimus ottaa kantaa vain yhden tyyppisen metsikön tuotokseen ja hakkuun ajankäyttöön. Eri hakkuukohteiden vertailussa on otettava huomioon tekijät, jotka vaikuttavat korjuuseen. Näitä ovat esimerkiksi maaston kaltevuus ja kivisyys tai pehmeys, jotka vaikuttavat siirtymisiin. Kelirikkoaikaan raskaalla korjuukalustolla on normaalia hakkuukonetta riskialttiimpaa korjata puuta maastosta, jossa on mahdollisuus veden aiheuttamaan pehmyteen. Tutkimuksen aikana maasto ei ollut sateiden vähyyden vuoksi kovin märkä. Maastovaurioita eli pinnan rikkoutumista syntyi 100 metrin matkalla 3 metriä. Vuodenajan vaikutus puustoon on otettava huomioon hakkuun tuloksien tarkastelussa. Tutkimushakkuu suoritettiin syyskuussa, jolloin puut olivat pudottamassa lehtiään. Syksy oli vielä alkuvaiheessa ja olosuhteiltaan verrattavissa kesällä tapahtuvaan hakkuuseen.

Vallitseva valon määrä vaikuttaa hakkuukoneen kuljettajan työskentelytapoihin, vaikka metsäkoneissa olevat työvalot ovat tehokkaita. Tutkimuksen hakkuuaika alkoi aamupäivästä hyvän kelin aikaan ja kulkusuunta oli auringosta poispäin, joten korjuuolosuhteet olivat otolliset tutkimusta varten. Syksyn edetessä talveksi lehtipuut tiputtavat lehtensä ja tällä tapahtumalla on kokopuupaalauksessa (pelkästään puustoon) kahdenlainen vaikutus: näkemähaitan sekä saannon väheneminen. Tosin lehtien massa varsinkin kuivuttuaan voidaan olettaa pieneksi puustolla, jonka latvusto ei ole erityisen suurta. Sekä alikasvoksen lehdet eivät ole tutkimushakkuun suorittaneen hakkuukoneen kuljettajan mukaan yhtä paha näkemähaitta kuin tiheä kuusitaimikko.

Koneen ja hakkuukoneen kuljettajan vaikutukset tuloksiin

Hakkuukoneen kuljettajien vaikutus tuottavuuteen ja korjuun sujuvuuteen ja kustannukseen on otettava huomioon. Tutkimuksen hakkuukonekuljettaja teki nopeita päätöksiä ja käytti hakkuupään joukkokäsittelyominaisuutta tehokkaasti hyödyksi. Muutaman taakan aikana kuljettaja teki ilmiselvästi turhia liikkeitä, jolloin käsittelyssä ollutta taakkaa vietiin koneen puolelta toiselle. Jokaisella koealueella joukkokäsittelyprosentti oli 100.

Alikasvoksen vaikutus työskentelytapoihin ja kasvatettavan puuston laatuun

Näkemähaitan ajallista vaikutusta ei voi tällä tutkimuksella erotella hakkuuajankäytön yleisestä rakenteesta. Todettakoon, että se on olemassa jokaisella koealueella kuusi-
taimikon vuoksi. Työtehoseuran teettämässä tutkimuksessa (Alikasvoksen ennakkoraivaus ja ensiharvennuspuiden korjuu 1/2015, 5) haastateltiin korjuuyrittäjiä, hakkuukonekuskia ja metsätoimihenkilöjä ensiharvennusten ennakkoraivaustilanteesta ja –
tarpeista. Kyselyssä kysyttiin muun muassa mikä on hakkuuta haittaava alikasvos.

Vastauksissa kävi ilmi, että havupuualikasvoksella 1152 runkoa hehtaarilla ja 1,42 metrin pituus ovat keskimäärin haittaava raja. Lehtipuualikasvokselle hakkuuta haittaavat runkoluvun ja pituuksien rajat olivat vastauksissa keskimäärin suuremmat, kuin havupuulla. Havupuutaimikko koetaan hakkuun tehokkuutta haittaavampana tekijänä, kuin lehtipuualikasvos. Saman kommentin antoi tutkimushakkuun suorittanut PJP Metsäexpertit Oy:n hakkuukoneen kuljettaja.

Kasvatettavan puuston kannalta raivaus parantaa hakkuutyön jälkeä. Raivatuilla koealueilla hakkuukoneen kuljettaja pystyi napsimaan runkoja kerrallaan taakkaan näkyvyyden ollessa hyvä sekä runkojen ollessa selkeästi erillään toisistaan. Tästä syystä erot alueiden kasvatettavan puuston laadussa olivat huomattavat. Kuvassa 5 on 3 cm läpimitaan asti raivatun koealueen 1 puusto hakkuun jälkeen. Jäljelle jääneet kasvatettavat lehtipuut ja kuusentaimet jäivät tasaisesti jakautuneena alueelle.



KUVA 5. Koealue 1 hakkuun jälkeen. (Kuva: Kalle Pisto 2015)

Vertailualueella kasvatettava puusto jäi alueelle epätasaisemmin. Hakkuun jälkeen puusto ei ollut laadullisesti aivan yhtä edullisessa asemassa raivattuihin koealueisiin nähden. Pientä lehtipuustoa (2–3cm rinnankorkeusläpimitta) jäi noin 700 r/ha pystyyn. Ajan kuluessa nämä tulevat haittaamaan kasvavia kuusia. Pienien, riukumaisten runkojen vaikutus hakkuun saantoon oletetaan olevan vähäinen, mutta otettava huomioon. Oletuksena on, että 2 cm läpimitan runko oksineen ja lehtineen on tilavuudeltaan 2 litraa. Laskennallisesti pienimmän läpimittaluokan puuston vaikutus hakkuun saantoon on noin 1,4 m³ hehtaarilla (noin 700 r/ha*0,02 m³). Kuvassa 6 on raivaamattoman koealueen puustoa hakkuusuunnassa ajouraan nähden oikealla puolella.



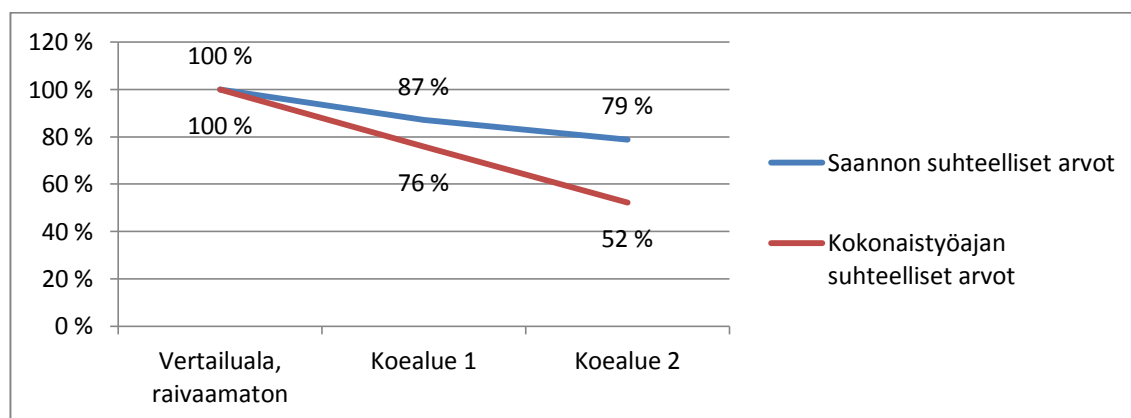
KUVA 6. Raivaamaton koealue hakkuun jälkeen. Ajoura kulkee kuvassa vasenta laitaa kohti säästöpuuryhmää. (Kuva: Kalle Pisto 2015)

5.2 Johtopäätökset

Alikasvoksen vaikutus saantoon ja työaikaan

Hehtaaria kohden raivaamattomalla koealueella korjattaisiin 41,03m³ energiapuuta. Koealueen 1 puustolla saanto olisi 35,70 m³/ha. Tämä on 5,33 m³ eli 13 % vähemmän kuin vertailukoealalla. Koealueen 2 saanto olisi 32,33 m³/ha. Tämä oli 8,7m³ eli 21 % vähemmän kuin vertailukoealalla. Raivattujen koealueiden välillä oli eroa 3.37 m³. Alikasvoksen poistumalla oli enemmän vaikutusta hakkuu-aikaan kuin hakkuusaantoon. Koealueen 2 kokonaishakkuu-aika oli 52 % vertailualueen ajasta (40 minuuttia vähemmän 0,1 hehtaarin alueella). Tehollinen hakkuu-aika oli 49 % vertailualueen hakkuu-ajasta. Koealueen 1 kokonaishakkuu-aika oli 76 % vertailualueen hakkuu-ajasta (20 minuuttia vähemmän 0,1 hehtaarin alueella). Tehollinen hakkuu-aika oli 74 % vertailualueen hakkuu-ajasta.

Syy aikojen eroihin oli taakkakoon muutoksessa ja taakkojen lukumäärässä koealueiden välillä. Vertailualueella oli pienin keskimääräinen taakkakoko (57 % koealueen 2 taakkakosta) ja taakkoja oli lukumäärällisesti eniten (99 kpl 0,1 hehtaarin alueella). Toinen syy tähän oli korjuun helpottuminen. Hakkuukoneen kuljettajan oli yksinkertaista korjata yksittäisiä ja suurempia runkoja kuin useita pieniä alikasvospuita. Kuviossa 13 on alikasvoksen poistuman vaikutukset hakkuun kokonaistyöaikoihin ja saantoihin suhteessa raivaamattomaan vertailukoealueeseen.



KUVIO 13. Alikasvoksen poistuman vaikutus hakkuun kokonaistyöaikaan ja saantoon vertailukoealueeseen suhteutettuna

Tuotos ja kannattavuus

Tuotos eli korjatun energiapuun määrä tunnissa kasvoi alikasvoksen poistuman johdosta. Syy tuotoksen kasvuun oli työn tehostuminen taakan keräämisen nopeutumisen ja taakkojen lukumäärän vähenemisen vuoksi. Keskimääräinen runkotilavuus vaikuttaa kokopuupaalauksessa eniten työaikaan. Ja myös puuston tiheys vaikuttaa kerättävien taakkojen määrään. Samalla alikasvoksen määrän vaikutus saantoon alle 5 cm läpimitoilla oli vähäinen suurellakin runkoluvulla. Tuotoksen kasvu ei ollut vertailualueen ja koealueen 1 välillä suurta, vain $0,1 \text{ m}^3/\text{h}$. Koealueella 1 saannon väheneminen oli tasapainossa vähentyneeseen hakkuu-aikaan, joten tuotos oli samaa luokkaa vertailukoalueeseen nähden. Koealueella 2 tapahtui jo $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$ ero. Tuotoksen kasvaessa koneen korjuukustannukset hehtaaria kohden vähenevät. Raportin ulkopuolella mallinnettiin arvoja korjuutaksalle ja korjuukustannuksille. Mallinnetuilla arvoilla tutkimuskohteen hakkuu ei ollut kannattavaa minkään koealueen puustolla, ellei hakkuutaksaa koroteta kaksinkertaiseksi.

Kemera-tuki, raivaus ja puuston laatu

Alikasvoksen poistuma vaikutti yrittäjän saamaan Kemera-tukeen korjattua kiintokuutiometriä kohden. Koealueen 1 tuloksissa jo $5,33 \text{ m}^3/\text{ha}$ ero kasvatti yrittäjän hakkuutaksaa $1,6 \text{ €/m}^3$. Parantunut taksa ei korvaa saannon vähenemisen aiheuttamaa kokonaissumman vähenemää. Yrittäjälle on kannattavaa, jos metsänomistaja tekee raivauksen omatoimisesti tiheän alikasvoksen omaavalla energiapuutyömaalla. Samalla metsänomistajalle jää laadullisesti parempi kasvatettava puusto. Teettämällä raivauksen ulkopuolisella, kuten metsänhoitoyhdistyksen metsurilla, kustannus on liian suuri hyötyihin nähden. Huomattavaa on, että koealueen 2 puustolla korjuumäärä ei riittänyt Kemera-tuen saamiseksi kokonaisuudessaan.

Loppulause

Kehitysehdotuksena olisi, että vastaavanlainen tutkimus tehtäisiin kohteessa, jossa on selkeämpi ero alikasvoksen ja valtapuuston välillä. Tällöin alikasvoksen vaikutus hakkuu-aikaan ja saantoon olisivat paremmin pääteltävissä. Tämän tutkimuksen suurin epävarmuustekijä oli tutkimuskohteen valtapuuston keskimääräisen runkotilavuuden pienuus ja tutkimusmateriaalin vähäinen määrä. Koealueiden koot olivat vain $0,1$ hehtaaria, joten on otettava huomioon otantojen tarkkuus. Näin pienellä tutkimuksella virheet kerätyvät 10-kertaisiksi hehtaarimääräksi muutettuina. Aikatutkimuksella kerätty materiaali on riittävän iso johtopäätöksien vetämiseen.

LÄHTEET

Bioenergiauutiset. Bioenergia ry. Luettu 8.10.2015

Björheden, R. Nuutinen, Y. 2014. Fixteri FX15a –kokopuupaalaimen tuottavuus ja työprosessit nuorten mäntyvaltaisten metsien energiapuun korjuussa. Metlan työraportteja 281.

Linblad, J. Jahkonen, M. Laitila, J. Kilpeläinen, H. Sirkiä, S. 2013. Energiapuun määrä ja laatu sekä niiden arviointi. Metlan työraportteja 259.

Energiapuun hinta parani loppuvuonna. Metsälehti. Luettu 16.10.2015.

<http://www.metsalehti.fi/Metsalehti/Metsauutiset/2015/3/Energiapuun-hinta-parani-loppuvuonna/>

Energiateollisuus ry. Energialähteet Suomessa. Metsäenergia. Luettu 30.11.2015

<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/energialahteet/metsaenergia>

Iikkanen, P. Keskinen, S. Korpilahti, A. Räsänen, T. Sirkiä, A. 2011. Energiapuuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli. Liikennevirasto. Helsinki.

Ilvesniemi, H. 2015. Energiapuun korjuun pitää olla ekologisesti kestävä. Maaseudun tiede 3/2015. [Maaseudun tulevaisuus – Liite], 12.

Koistinen, A. Lindbland, J. Äijälä, O. 2013. Energiapuun mittaus. Tapio. Metla.

Kärhä, K. Alikasvoksen ennakkoraivaus ja ensiharvennuspuun korjuu. 2015. Työteho-seuran raportti 1/2015. Rajamäki

Luonnonvarakeskuksen tilastopalvelu. Energiapuun kauppa. Luettu 9.10.2015

<http://stat.luke.fi/energiapuun-kauppa>

Moisio Forest Oy. Syöttävän koura tekniset tiedot. Luettu 6.9.2015.

<http://www.moisioforest.com/fi/kourat/syottavat-kourat/m300-f1>

Pöyry Energy Oy. 2009. Loppuraportti. Metsäbioenergian saatavuus energiantuotantoon eri markkinatilanteissa. Espoo Energiateollisuus Ry.

http://energia.fi/sites/default/files/et_metsabioenergiaselvitys_30042009.pdf

Rantala, J. Metsätieteen aikakauskirja 2/2012. Metsänhoidon kustannustehokkuuden merkitys metsätaloudessa. Metla.

Tuki nuoren metsän hoitoon. Metsäkeskus. Luettu 15.10.2015

<http://www.metsakeskus.fi/tuki-nuoren-metsan-hoitoon>