

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutus

Maiju Pääkkönen

HAKKUUTÄHTEEN LÄMPÖLAITOSTOIMITUSTEN
KANNATTAVUUS METSÄNHOITUYHDISTYS SAVOTALLE

Opinnäytetyö
Toukokuu 2021



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2021
Metsätalouden koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Maiju Pääkkönen

Nimeke
Hakkuutähteen lämpölaitostoimitusten kannattavuus Metsänhoitoyhdistys Savotalle

Toimeksiantaja
Metsänhoitoyhdistys Savotta ry

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä selvitettiin Metsänhoitoyhdistys Savotan hakkuutähdetoimitusten kannattavuutta lämpölaitoksille. Työn tavoitteena oli lisäksi löytää kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä ja keinoja, joilla sitä voitaisiin parantaa. Tutkimusaineisto kerättiin yhteen yhdistyksen eri toimintajärjestelmistä ja lämpölaitosten toimittamista energiaraporteista. Ehdot täyttäviä hakkuutähd Hankkeita löytyi yhteensä 28.

Metsänhoitoyhdistys Savotan hakkuutähdetoimitusten kannattavuus on tulosten perusteella vaihtelevaa. Kun hakkuutähteen toimitusketjun eri vaiheissa toimitaan yleisten suositusten mukaisesti, on toiminta ollut taloudellisesti kannattavaa. Sen sijaan suosituksista poikkeaminen on johtanut heikentyneeseen tai jopa kannattamattomaan tulokseen. Korjattavilla pinta-aloilla, määrillä, kuljetusmatkoilla ja erityisesti toimitetun lopputuotteen kosteudella voidaan vaikuttaa saavutettavaan tulokseen.

Järkevien korjuukohteiden valintaan ja toimitusten oikea-aikaisuuteen tulisi kiinnittää huomiota. Toimihenkilöitä tulisi ohjeistaa varmistamaan riittävät hakkuutähdemäärät ja huolehtimaan, että tiedot merkitään järjestelmiin oikein, jotta hakkuutähdemäärät eivät unohdu varastoihin.

Kieli
suomi

Sivuja 34
Liitteet
Liitesivumäärä

Asiasanat
hakkuutähteet, metsänhoitoyhdistykset, lämpölaitokset, kannattavuus



THESIS
May 2021
Degree Programme in Forestry

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author (s)
Maiju Pääkkönen

Title
Profitability of Forest Logging Residue Deliveries in Forestry Management Association Savotta
Commissioned by
Forestry Management Association Savotta Ry

Abstract

The aim of this thesis was to find out the profitability of logging residue deliveries in Forestry Management Association Savotta. The purpose of the thesis was also to investigate the effects of profitability and the ways which profitability could be improved. The research material was collected from the association's operating systems and energy reports from heating plants.

The results show that the profitability of Savotta's logging residue deliveries varies. When operated within the given recommendations the logging residue deliveries have been profitable. Instead, acting against the recommendations makes the profit low or even unprofitable. The areas, the logging residue amounts, the transport distances and in particular the moisture content of the final product can affect the result.

Attention should be paid to the selection of reasonable harvesting destinations and the timeliness of deliveries. Employees should be guided to focus on getting the logging residues on places where the costs will stay low and to make sure that the information is entered into the systems correctly.

Language
Finnish

Pages 34
Appendices
Pages of Appendices

Keywords
logging residues, Forestry Management Associations, heating plants, profitability

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Energiapuun korjuu.....	6
2.1	Hakkuutähteiden korjuu uudistusaloilta	7
2.2	Kasoille puinti ja palstalla kuivatus.....	8
2.3	Metsäkuljetus.....	9
2.4	Varastointi.....	9
2.4.1	Varastopaikka ja varaston rakenne.....	10
2.4.2	Aluspuut ja varaston peittäminen.....	10
2.5	Haketus ja kaukokuljetus	11
2.5.1	Hajautettu haketus.....	11
2.5.2	Keskitetty haketus.....	12
3	Hakkuutähdehakkeen kustannustekijät.....	13
3.1	Hakkuu ja metsäkuljetus	13
3.2	Haketus ja kaukokuljetus	14
3.3	Metsänomistajalle maksettava hinta ja muut kustannukset	15
4	Energiapuunkorjuu Metsänhoitoyhdistys Savotassa.....	16
5	Tutkimuksen tarkoitus	18
6	Tutkimuksen toteutus.....	18
6.1	Tutkimusaineiston hankinta	18
6.2	Aineiston analysointi	19
7	Tutkimustulokset.....	20
7.1	Toimitusten kannattavuus	20
7.2	Kustannusten jakautuminen.....	24
7.3	Metsäkuljetus-, haketus- ja varastointiaikojen vaikutus kosteuteen ...	26
8	Pohdinta.....	28
8.1	Kannattavuuden lisääminen.....	29
8.2	Jatkotutkimusideat	31
	Lähteet.....	33

1 Johdanto

Puuenergian osuus energiantuotannosta on merkittävä ja siitä onkin tullut maamme suurin energianlähde. Suomen energiantuotannosta 28 % tuotettiin puuperäisillä polttoaineilla v. 2020. Suomen lämpö- ja voimalaitoksissa käytetään vuosittain n. 20 milj. m³ kiinteitä puupolttoaineita. Metsähakkeen osuus puupolttoaineista oli 7,5 milj. m³ vuonna 2020. Metsähakkeeseen lasketaan kuuluvaksi hakkuutähdehake, pienpuuhake, kantomurske sekä järeästä runkopuusta tehty hake. Hakkuutähteiden osuus metsähakkeesta oli 2,5 milj. m³. (Luonnonvarakeskus 2021.)

Energiapuun korjuun kannattavuutta on tutkittu, ja useassa tutkimuksessa on korjuun todettu olevan kannattavaa tietyin reunaehdoin. Opinnäytetyön aiheeseen päädyttiin Metsänhoitoyhdistys Savotan energiapuun lämpölaitostoimitusmäärien kasvettua. Havaittiin, ettei hakkuutähdetoimitusten kustannustehokkuuteen ole kiinnitetty erityisemmin huomiota. Toimitusmäärien lisääntyttä haluttiin toimitusten kustannusrakenteeseen perehtyä. Metsänhoitoyhdistys Savotta halusi tarkastella omaa toimintaansa lämpölaitostoimitusten osalta ja selvittää kustannustekijöiden ja eri toimitusten vaiheiden vaikutusta laatuun sekä saavutettavaan tulokseen.

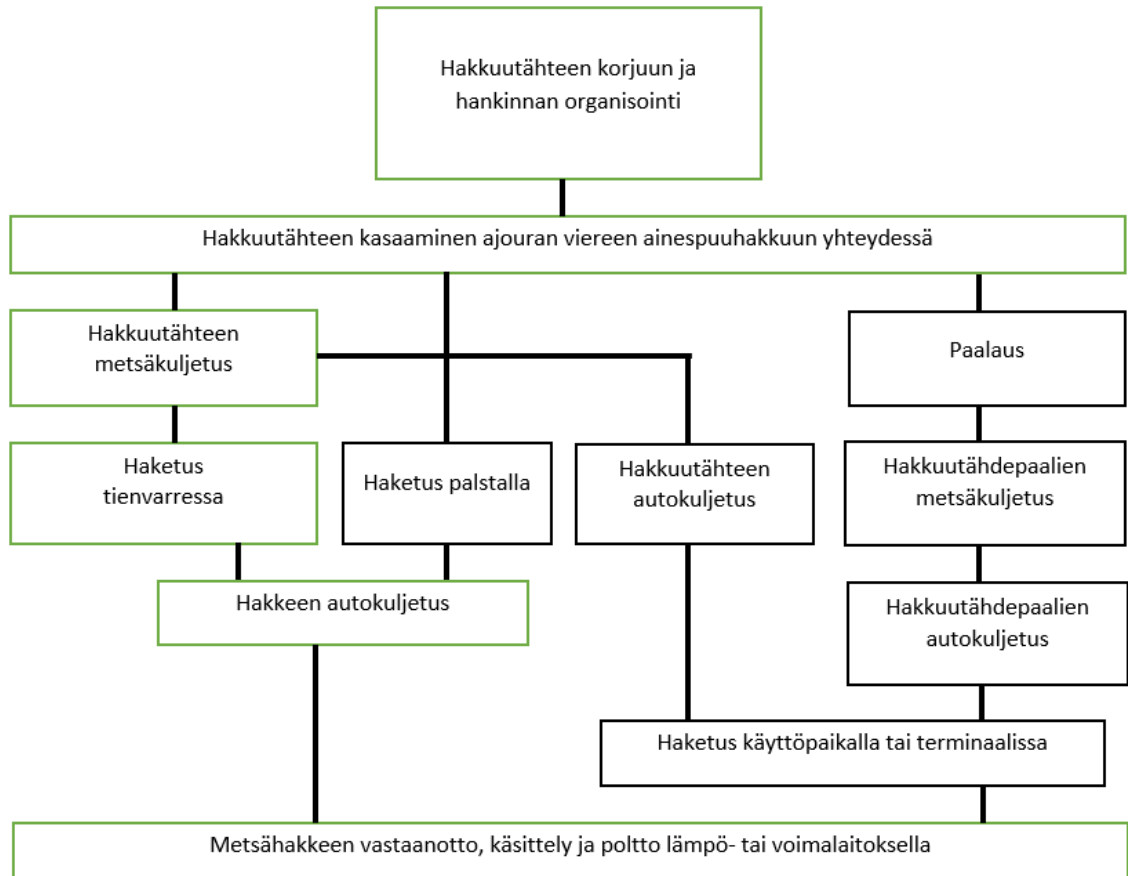
Energiapuun toimituksessa on useita tekijöitä, joilla on vaikutusta sen kannattavuuteen. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Metsänhoitoyhdistys Savotan hakkuutähdetoimitusten taloudellista kannattavuutta kolmen eri lämpölaitoksen alueella. Tutkimusjoukkoon kuuluvien hankkeiden avulla haluttiin selvittää, onko toiminta ollut laadukasta ja voisiko laatua sekä toimitusten kannattavuutta parantaa.

Työ haluttiin kohdistaa hakkuutähdetoimituksiin, sillä niiden kannattavuudesta on vielä varsin vähän tietoa. Hakkuutähteiden kohdalla mittaus on hankalaa, ja tiedot kulkevat usean eri järjestelmän kautta. Sen sijaan karsitun rangan mittaminen on selkeämpää ja kustannusrakenteen seuraaminen sekä hallitseminen helpompaa.

2 Energiapuun korjuu

Energiapuunkorjuusta on tullut merkittävä osa puukauppaa. Energiapuuta korjataan ensiharvennus- ja nuoren metsän kunnostuskohteilta, taimikoista sekä päätehakkuualoilta. Kasvatushakkuiden yhteydessä energiapuuta voidaan korjata karsittuna rankana tai kokopuuna. Päätehakkuualoilta energiapuu muodostuu lähinnä hakkuutähteistä eli latvusmassasta ja kannoista. (Koistinen, Luiro & Vantalo 2016, 13.) Latvusmassan ohella päätehakkuilta kertyy lahovikaista puuta ja hukkarunkopuuta, kuten tyveyksiä (Laitila 2020, 172). Tässä tutkimuksessa oleva aineisto koostuu hakkuutähteestä tuotetusta metsähakkeesta.

Energiapuuntoimitusketjut vaihtelevat raaka-aineesta, hakkeen valmistumisvaiheen sijoittumisesta ja valmistustavasta riippuen. Jokaisella toimitusketjun vaiheella on vaikutusta lopputuotteen eli metsähakkeen laatuun. Erityisesti kosteudella on merkittävä vaikutus laatuun ja sen vähentäminen alkaa jo raaka-aineen käsittelyssä. (Lähdevaara ym. 2010, 37, 40.) Kuvassa 1 näkyy hakkuutähdehakkeen hankinnan eri vaiheet. Tässä työssä mukana olevat toimitusketjut näkyvät kuvassa vihreällä.



Kuva 1. Hakkuutähdehakkeen toimitusketjun erilaisia toteutusvaihtoehtoja (Laitila ym. 2010, 35).

2.1 Hakkuutähteiden korjuu uudistusaloilta

Hakkuutähteen korjuupotentiaalit ovat suoraan sidoksissa teollisuuden ainespuun erityisesti päätehakuiden korjuumääriin. Hakkuutähdettä korjataan pääsääntöisesti kuusivaltaisilta päätehakkuukohteilta, joilla hakkuutähteen kertymä on yli kaksinkertainen männiköihin ja koivikoihin verrattuna (Laitila ym. 2012, 171; Laitila 2020, 172; Alakangas ym. 2016, 69). Kuusikoissa talteen saatavan hakkuutähteen määrä on noin 25–30 % korjattavan runkopuun määrästä (Alakangas ym. 2016, 69).

Hakkuutähteitä ei suositella korjattavaksi kuivahkoja kankaita karummilta kasvu- paikoilta ravinnetasapainon säilymiseksi. Hakkuutähteen kokonaismäärästä suositellaan jätettäväksi korjaamatta noin 30 % samasta syystä. Uudistusalalle jäävällä hakkuutähteellä saadaan lisäksi suojattua maastoa vaurioilta. (Laitila 2020, 176.)

Hakkuutähteen korjaaminen päätehakkuualoilta parantaa maanmuokkauksen laatua ja helpottaa metsänviljelyitä. Se edistää myös luontaisten havu- ja lehti-puutaimien syntymistä eli helpottaa luontaista uudistamista tai viljelytaimikon täydentymistä. Hakkuutähteen talteenottoa on lisäksi perusteltu pienentyneellä juurikäpäriskillä seuraavassa puusukupolvessa, virkistyskäytöllä sekä sillä, että liikkuminen hakkuualueella helpottuu. (Laitila 2020, 175.)

2.2 Kasoille puinti ja palstalla kuivatus

Lopputuotteen laatuun voidaan vaikuttaa jo puunkorjuuvaiheessa. Päätehakkuilta saatavan metsähakkeen korjuussa hakkuukoneen työtapaa muutetaan niin, että oksat ja latvat kasataan hakkuu-uran viereen, kun normaalisti ne pyritään keräämään ajouralle lisäämään kantavuutta ja suojaamaan maaperää. Kasoille puinnin tarkoituksena on saada hakkuutähteet reilun kokoisiin kasoihin, josta niiden lähikuljetus tienvarteen on helppo suorittaa. Latvusten kasaamisella parannetaan kertymää metsäkuljetuksessa, tehostetaan korjuutyötä ja ehkäistään vierasaineiden joutumista latvusmassan joukkoon. (Laitila ym. 2012, 172).

Hakkuutähteestä valmistetun hakkeen tuotannossa palstakuivatuksen merkitys on suuri. Kuusivaltaisilla korjuualoilla hakkuutähteen kuivattamista palstalla suositellaan aina. Hakkuun ajankohta vaikuttaa hakkuutähteen kuljetukseen palstalta välivarastoon. Koistisen ym. (2016) suositusten mukaan palstalla kuivatusaika on alkukesästä vähintään kaksi viikkoa ja loppukesästä vähintään neljä viikkoa. Syys-toukokuun välissä hakattujen kohteiden hakkuutähteet kannattaa kuljettaa pois palstalta vasta kesäkuussa kuivumisen takaamiseksi. (Koistinen ym. 2016, 43–44.)

Palstakuivatuksella saadaan parannettua hakkuutähteen laatua ja sen energiasisältöä. Myös varastoitavuus paranee, kun hakkuutähteet saadaan varastokasaan jo hieman kuivahtaneina. (Laitila 2020, 176.) Kuivatus palstalla voi laskea hakkuutähteen kosteuden jopa 20–30 %:iin (Alakangas ym. 2016, 70). Neulas-

ten osuus hakkuutähteistä on merkittävä. Neulasety sisältävät klooria, joka aiheuttaa korroosio-ongelmia lämpö- ja voimalaitoskattiloissa. Palstakuivatuksella osa neulasista saadaan jäämään hakkuualalle, jolloin myös neulasten osuus polttohakkeessa pienenee. (Alakangas ym. 2016, 75; Laitila 2020, 176.)

2.3 Metsäkuljetus

Tienvarsivarasto syntyy lähikuljetuksen tuloksena. Ajokoneen kuljettaja on avainasemassa hakkeen tuotantoketjussa, sillä hänen ammattitaitonsa määrittää hakkeen puhtauden sekä varaston kuivattavan vaikutuksen. (Lepistö 2010, 18.)

Hakkuutähteitä on pyrittävä kuljettamaan mahdollisimman paljon kerrallaan. Kuormatilaa saadaan kasvatettua metsätraktoriin kiinnitettävien jatkopankkojen avulla. Tavallinen puutavarakoura ei sovellu hakkuutähteen kuormaukseen, vaan kuormauksessa suositellaan käyttämään siihen suunniteltua piikkikouraa. (Koistinen ym. 2016, 43–44.) Vierasaineet huonontavat saatavan hakkeen laatua ja piikkikouran avulla voidaan vähentää vierasaineiden hakkuutähteen mukana kulkeutuminen.

2.4 Varastointi

Energiapuu kuljetetaan palstalta tienvarteen kuivamaan sekä odottamaan hakeutusta ja kaukokuljetusta. Oikein tehdyllä varastoinnilla saadaan parannettua hakkeen laatua ja energiasisältöä (Koistinen ym. 2016, 48).

Tuoreena varastoidun puun kosteus voi oikein toteutetulla varastoinnilla alentua kesän aikana jopa alle 40 %:iin (Lepistö 2010, 26; Hillebrand 2009, 6). Myös vuodenajalla on vaikutusta energiapuun kosteuteen. Kesäaikainen kosteus voi olla alle 30 %, kun taas lumen ja jään vaikutuksesta voi kosteus talvella nousta jopa 65 %:iin. (Alakangas ym. 2016, 73.)

Palstalle ja varastokasan pohjalle jäävien neulasten ja katkenneiden oksien määrä on latvusmassalla suurin. Suuren kuiva-ainehävikin vuoksi latvusmassaa voidaan varastoida tienvarressa maksimissaan vuoden verran. (Laitila ym. 2012, 174.) Myös varastoihin sitoutunut pääoma asettaa omat vaatimuksensa varastojen kiertonopeudelle (Laitila, Leinonen, Flyktman, Virkkunen & Asikainen 2010, 44).

2.4.1 Varastopaikka ja varaston rakenne

Lepistön (2010) Laatuhaakkeen tuotanto-oppaan mukaan hyvä varastopaikka sijaitsee kuivapohjaisella, aukealla ja muuta ympäristöä korkeammalla paikalla. Paikan tuulisuus ja aurinkoisuus edistää hakkuutähteiden kuivumista. Varastopaikan sijoittelussa tulee lisäksi huomioida riittävä tilantarve varastoinnille ja haketuksessa käytettävälle kalustolle. (Lepistö 2010, 19.) Hakkuutähteiden vaatima tilantarve on noin 20 metriä jokaista ha kohden (Koistinen ym. 2016, 49).

Korkea, mahdollisimman ilmava ja muotonsa säilyttävä varastokasa edistää energiapuun kuivumista. Varastokasa tulisi kasata hieman etunojaan siten, että päällimmäinen energiapuukerros muodostaa kasaa suojaavan lipan. Näin saadaan estettyä veden ja sulaneen lumen valumista kasan keskelle. (Lepistö 2010, 21.)

2.4.2 Aluspuut ja varaston peittäminen

Varastoinnin laatua voidaan parantaa varastokasojen peittämisellä ja aluspuilla. Aluspuiden avulla varasto saadaan pidettyä irti maasta ja siten ilma pääsee kiertämään kasan alta. Aluspuut helpottavat myös energiapuun keräämistä haketusvaiheessa. Aluspuina voidaan hyödyntää myyntiin kelpaamatonta järeää puutavaraa tai tarvittaessa energiapuuta. Huomioitavaa aluspuiden valinnassa kuitenkin on, että niiden tulisi jaksaa kannatella varastokasaa jopa parin vuoden ajan. (Lepistö 2010, 20.)

Varastokasojen peittäminen tapahtuu yleensä metsäkuljetuksen yhteydessä. Peittämiseen tarkoitettulla paperilla suojataan kasaa kastumiselta ja mahdollistetaan haketus myös huonoissa sääolosuhteissa. Paperi voidaan hakettaa energiapuun mukana, jolloin se ei jää varastopaikalle. (Alakangas ym. 2016, 73.) Varastokasojen peittämisellä saadaan Hillebrandin ym. (2009) tutkimuksen mukaan hakkuutähteen kohdalla 10–15 % kuivempaa polttohaketta kuin peittämättömillä. Kasojen peittämisen vaikutus on siis huomattava. (Hillebrand ym. 2009, 5–6.)

2.5 Haketus ja kaukokuljetus

Haketus voidaan yleisesti ottaen jakaa kahteen kategoriaan, keskitettyyn ja hajautettuun haketukseen. Hajautettuun haketukseen luetaan kuuluvaksi välivarastohaketus ja palstahaketus ja keskitettyyn haketukseen terminaali- sekä käyttöpaikkahaketus. Keskitetyssä haketuksessa vältetään kaukokuljetuksen aiheuttamilta viivästyksiltä. Sen heikkoutena voidaan kuitenkin pitää kaukokuljetuksen pientä kuormakokoa latvusmassan ollessa prosessoimatonta. Hajautetussa haketuksessa kuormakoko saadaan suuremmaksi, mutta koneiden käyttöasteet eivät ole yhtä korkeat. (Laitila ym. 2012, 174–175.)

Hakkeen kosteus vaihtelee vuosittain sääolojen mukaan. Varastoissa kuivuneesta energiapuusta saadaan kuivinta haketta kesäaikaan, jolloin hakkeen kosteus on 30–35 %. Talvella haketettaessa kosteus nousee. (Lauhanen, Esala & Ahokas 2014, 16.)

2.5.1 Hajautettu haketus

Välivarasto- eli tienvarsihaketus on yleisin hakkuutähdehakkeen tuotantoketju Suomessa. Vuonna 2019 tienvarsihaketuksen osuus hakkuutähdehakkeen tuotannosta oli 80 %. (Strandström 2020, 10, 12.) Tienvarsihaketuksessa energiapuu haketetaan suoraan kuljetusauton kuormatilaan. Kuorman täytyttyä se kuljettaa hakkeen käyttöpaikalle ja palaa sitten hakemaan uutta kuormaa. Auton

kuormatilavuus saadaan hyödynnettyä ja menetelmä soveltuu myös pitkille kaukokuljetusmatkoille. (Laitila ym. 2012, 175.)

Palstahaketuksessa energiapuu haketetaan jo hakkuualueella metsätraktori-pohjaisella hakkurilla, joka kuljettaa valmiin hakkeen tienvarteen. Palstahakkuri vaatii kantavan ja tasaisen maapohjan sekä lyhyet metsäkuljetusmatkat, sen ollessa kalliimpi ja painavampi verrattuna normaaliin metsäkoneeseen. Palstahaketetun hakkeen määrä jää pieneksi ja tuotantokustannukset ovat korkeat. (Laitila ym. 2010, 38.) Huonon tuottavuuden vuoksi palstahakkureita ei enää käytetä laajamittaisessa metsähakkeen tuotannossa (Strandström 2020, 18).

2.5.2 Keskitetty haketus

Keskitetty haketus voidaan jakaa käyttöpaikka- ja terminaalihaketukseen. Käyttöpaikkahaketuksessa haketus tapahtuu vasta tuotantolaitoksella. Käyttöpaikkahaketus vaatii suuria investointikustannuksia, joten se sopii ainoastaan suurille voimalaitoksille. (Laitila 2010, 36–37.) Vuonna 2019 käyttöpaikkahaketuksen osuus hakkeen tuotannosta oli 8 % (Strandström 2020, 10–12).

Terminaalihaketuksessa energiapuu kuljetetaan haketettavaksi terminaaliin, jossa se odottaa kuljetusta loppukäyttöpaikalle. Terminaalit toimivat puskurivarastona ja menetelmän avulla voidaan varautua paremmin kelirikoon sekä muihin viivästyksiin. Useat käsittelykerrat ja materiaalin liikuttelu moneen kertaan kuitenkin lisäävät menetelmän kustannuksia. (Laitila 2010, 37.) Terminaalihaketuksen osuus hakkuutähdehakkeen tuotannosta oli 12 % vuonna 2019 (Strandström 2020, 12).

3 Hakkuutähdehakkeen kustannustekijät

Metsäenergian käyttöpaikkahinta muodostuu metsänomistajalle maksettavasta kantohinnasta, korjuusta ja metsäkuljetuksesta, varastoinnista, kaukokuljetuksesta sekä haketuksesta (Koistinen ym. 2016, 17). Vuonna 2020 metsähakkeesta valmistetulle energialle käyttöpaikkahinta, eli lopputuotteen arvo oli noin 22,5 €/MWh (Tilastokeskus 2021).

Koska lämpölaitokset maksavat metsähakkeesta usein sen sisältämän energiamäärän mukaan (MWh), on kuivattamisella erittäin suuri merkitys metsäenergian hankintaketjun kannattavuudelle. Oikein tehdyllä korjuulla, palstakuivatuksella ja varastoinnilla, haketuksella sekä kaukokuljetuksella voidaan vaikuttaa oleellisesti metsähakkeen kosteuteen ja sitä kautta koko metsähakkeen hankintaketjun kannattavuuteen. (Koistinen ym. 2016, 61.) Kosteuden lisäksi hakkeen laadulla on oleellinen vaikutus siitä maksettavaan hintaan (Hillebrand 2009, 12; Koistinen ym. 2016, 61).

3.1 Hakkuu ja metsäkuljetus

Metsänhoitosuosituksen (2016) mukaan hakkuutähteen kannattava korjuu edellyttää vähintään kahden ha:n pinta-alaa ja 200 kiintokuutiometrin ainespuupoisutmaa. Hakkuutähteen kasoille puinnista maksetaan yrittäjälle yleensä pieni lisä. Maksuperusteena käytetään ainespuusta kertyneitä kiintokuutiometrejä. Laitilan ym. (2010) tutkimuksessa kasoille puinnin kustannukseksi saatiin 0,30 €/m³ (Laitila ym. 2010, 65–66.) Koko hankintaketjun kustannuksista on kasoille puinnin osuus siis melko pieni.

Kustannukset kasvavat sitä mukaa, kun metsäkuljetusmatka pitenee. Laitilan ym. (2010) tutkimuksessa 250 metrin metsäkuljetusmatkalla hakkuutähteen metsäkuljetuskustannus oli 6,3 €/m³ (Laitila ym. 2010, 65–66). Lauhasen & Hakosen (2014) mukaan metsäkuljetuskustannus hakkuutähteelle on 100 metrin

matkalla 5,70 €/m³ ja 400 metrin matkalla 7,90 €/m³ (Lauhanen & Hakonen. 2014, 47).

Hakkuutähteitä ei suositella kuljettavan pitkiä matkoja tienvarsivarastolle sen tiheyden ollessa alhainen verrattuna ainespuuhun. Yhteen metsäkuljetuskuormaan hakkuutähdettä mahtuu irtonaisena noin 8 m³ ja paalattuna noin 11 m³. Mikäli hakkuutähdde kuljetetaan irtonaisena, metsäkuljetusmatkan tulisi olla alle 300 metriä, jotta se on kannattavaa. (Koistinen ym. 2016, 37.)

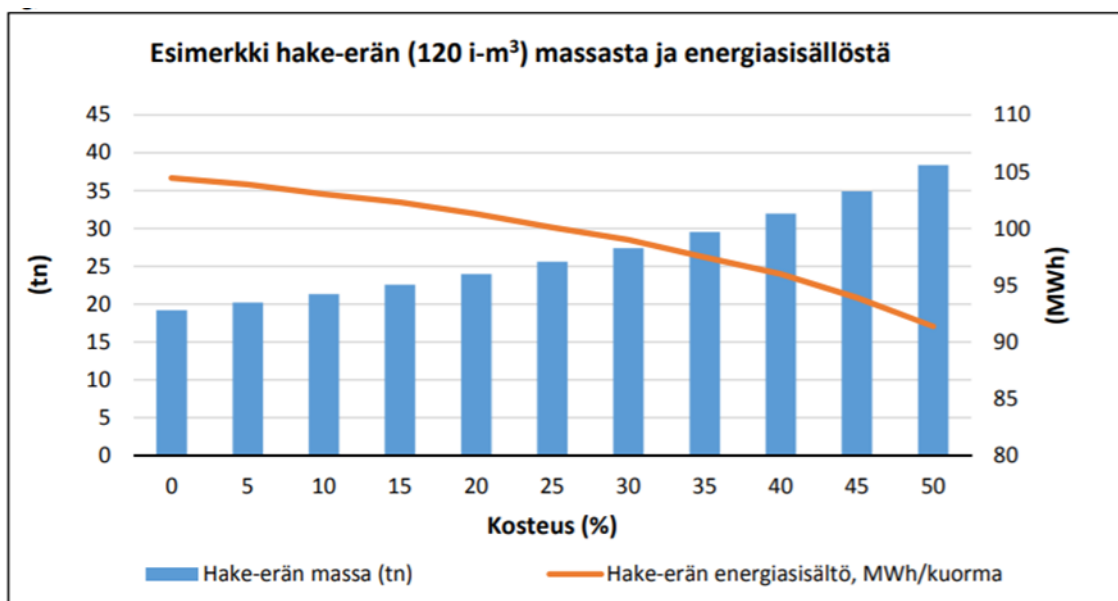
3.2 Haketus ja kaukokuljetus

Laadun varmistamiseksi myös energiapuubarastojen haketuksen ja toimituksen on tapahduttava oikea-aikaisesti (Laitila ym. 2010, 44). Hakkuutähteen haketus on yleisesti ottaen hitaampaa kuin kokopuun tai karsitun rangan haketus, sillä irtonaisen hakkuutähteen syöttö hakkurille on hidasta (Lauhanen & Laurila 2007, 27). Laitilan ym. (2010) tutkimuksessa latvusmassahakkeen haketus-
kustannus tienvarsivarastolla oli 5,9 €/m³ (Laitila ym. 2010, 64).

Kaukokuljetuskustannuksiin vaikuttaa oleellisesti matka ja kuljetettavan tavaran määrä sekä polttoaineen hinta (Lepistö 2010, 35). Tieverkkoa pitkin taloudellisesti kannattava hankinta-alueen säde voimalaitoksen ympärillä on noin 100–150 km (Asikainen ym. 2012, 177; Laitila ym. 2010, 41). Lauhosen & Hakosen (2014) mukaan hakkuutähteen kaukokuljetuksen yksikkökustannus on 40 kilometrin matkalla 5,70 €/m³. Matkan ollessa 100 kilometriä on kuljetuskustannus 8,30 €/m³. (Lauhonen & Hakonen 2014, 43–47.)

Energiapuun kosteus vaikuttaa sen energiasisällön lisäksi myös kuljetuskustannuksiin. Mitä suurempi kosteus on, sitä suurempi on energiapuun massa. Massan määrä vaikuttaa polttoaineen kulutukseen ja sitä kautta kustannuksiin. Suurempi massa vaatii myös paikallis- ja metsäautoteiltä enemmän kestävyyttä. Kuljetuskalustolle on määritelty suurin sallittu kokonaismassa, jota se saa kuljettaa. Energiapuun ollessa kosteampaa ei kuormatilaa voida välttämättä täyttää kokonaan, jos suurin kokonaismassa tulee täyteen. Tämän vuoksi ajokertojen

määrä voi lisääntyä. (Hakonen & Lauhonen 2012, 57.) Kosteuden ollessa yli 48 % hakeauton kantavuus alkaa rajoittamaan kuorman kokoa (kuva 2).



Kuva 2. Kosteuden vaikutus hakekuormaerän massaan ja energiasisältöön (Koistinen ym. 2016, 61).

3.3 Metsänomistajalle maksettava hinta ja muut kustannukset

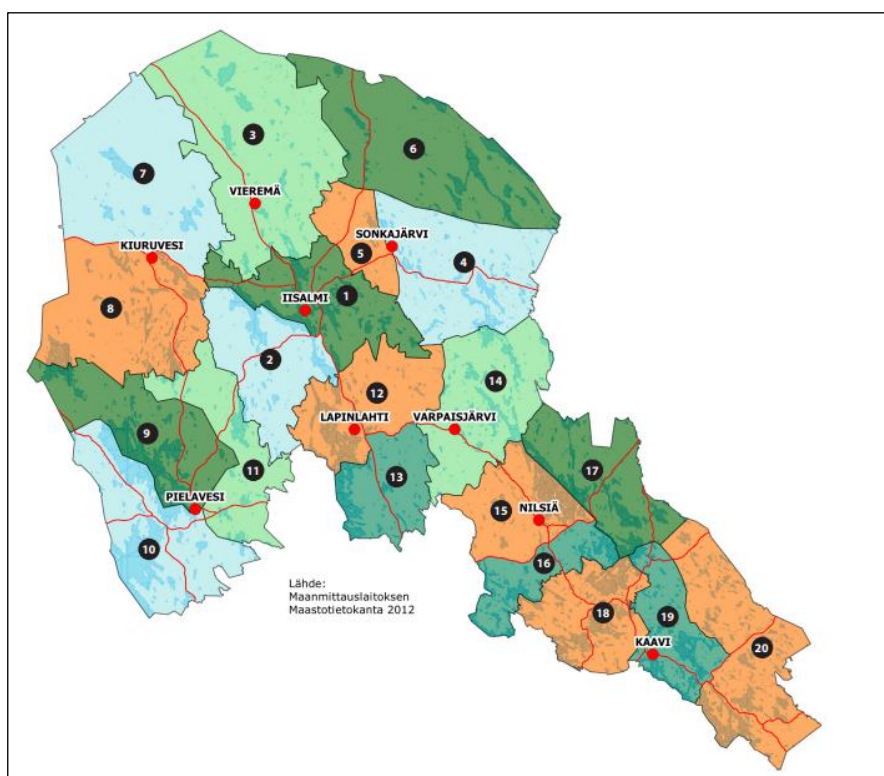
Energiapuun hankintaketjussa on metsänomistajalle maksettava kantohinta merkittävä kulu. Hakkuutähteitä voidaan hinnoitella joko kiintokuutioina (€/m³) tai irtokuutioina (€/irto-m³). Metsänomistajalle maksettava hinta voi perustua myös energiasisältöön (€/MWh), massaan (€/tonni) tai työmaan pinta-alaan (€/ha). Hinnoittelun lähtökohtana on lämpölaitoksen raaka-aineen tarve sekä hinta, joka energiapuusta maksetaan. (Lauhanen & Hakonen 2014, 40.)

Yleensä metsänomistajalle maksetaan hakkuutähteestä 1-4 €/m³ (Hakonen & Viitasaari 2013, 23). Hakkuutähteen viimeisen viiden vuoden keskihinnat ovat koko maassa olleet 2,5–4 €/m³ (Luonnonvarakeskus 2021). Metsänomistajan taloudellisesta näkökulmasta katsottuna on energiapuukaupalla melko vähäinen merkitys. Päätehakkuukohteilla energian osuus on vain muutamia prosentteja koko kantorahatulosta. Hakkuutähteen korjuu helpottaa kuitenkin uudistamista ja alentaa kustannuksia. (Tapion taskukirja 2018, 391.)

Energiapuun korjuun kustannuksiin lasketaan mukaan myös yleiskuluja, jotka koostuvat muun muassa korjuun organisoinnista ja toimihenkilöiden ajankäytöstä. Laitilan ym. (2010) tutkimuksessa käytettiin kokonaiskustannusten laske-
misessa arvoa 3,51 €/m³ (Laitila ym. 2010, 63).

4 Energiapuunkorjuu Metsänhoitoyhdistys Savotassa

Metsänhoitoyhdistykset ovat metsänomistajien yhdistyksiä ja etujärjestöjä. Metsänhoitoyhdistys Savotta tarjoaa metsänomistajille palveluita liittyen metsien hoitoon, käyttöön ja metsäomaisuuden hallintaan. Yhdistys toimii Iisalmen, Kiuruveden, Sonkajärven, Vieremän, Lapinlahden, Kaavin, Nilsiä ja Juankosken alueilla (kuva 2). Yhdistyksen palveluksessa on 44 toimihenkilöä ja jäseniä alueella on lähes 9 500.



Kuva 3. Metsänhoitoyhdistys Savotan toimialue.

Metsänhoitoyhdistys Savotta toimittaa karsittua ja karsimatonta rankaa sekä hakkuutähteitä toimialueensa lämpölaitoksille. Kokopuuta eli karsimatonta rankaa korjataan pääsääntöisesti pelkiltä energiapuukohteilta. Karsittua rankaa korjataan ainespuun korjuun yhteydessä ja hakkuutähteet ovat pääosin peräisin kuusivaltaisilta päätehakkuualoilta. Hakkeen lopullinen toimituspaikka määräytyy kohteiden maantieteellisen sijainnin ja toimitussopimusten perusteella.

Hakkuutähteiden korjaamisesta sovitaan puukaupan teon yhteydessä. Arvio kertyvästä hakkuutähteen kiintokuutiomäärästä saadaan selville kertomalla ainespuumäärä tietyllä arvolla. Metsänhoitoyhdistys Savotan ohjeistuksessa käytettäväksi arvoksi on määritelty 0.2.

Hakkuun jälkeen hakkuutähteet kuljetetaan palstalta tienvarteen odottamaan haketusta ja kaukokuljetusta. Energiapuu mitataan metsäkuljetuksen yhteydessä metsätraktoriin kiinnitettävällä vaa´alla. Mittauserän paino muutetaan kiintokuutiometreiksi tuoretiheysluvun avulla. Tuoretiheydellä (kg/m^3) tarkoitetaan puuaineen tuorepainon ja tuoreena mitatun tilavuuden suhdetta. (Lindblad & Korri 2014, 7–8.) Myös varaston peittäminen tapahtuu metsäkuljetuksen yhteydessä.

Kaikki suoraan lämpölaitoksille toimitettava energiapuu varastoidaan ja haketetaan tienvarressa. Haketuksen ja kaukokuljetuksen hoitaa sama yrittäjä. Haketus- ja autokuljetusyrittäjälle maksetaan tietty summa jokaista haketettua ja kuljetettua irtokuutiometriä kohden. Kustannukseen vaikuttaa, haketettava hakelaji ja matka, joka metsähaketta kuljetetaan.

Lämpölaitokset ottavat vastaan hakkuutähteestä tuotettua haketta valtaosin ke-sääaikaan. Kokopuusta ja karsitusta rangasta valmistettua haketta toimitetaan sen sijaan laitoksille talvisin. Laitokset ovat kokoluokaltaan keskikokoisia lämpölaitoksia. Keskikokoisille lämpölaitoksille toimitettavan hakkeen kosteuden tulisi olla alle 40 %. Pienissä lämpölaitoksissa kosteuden tulisi vastaavasti olla alle 25 %. Hakkuutähteestä tuotettua haketta voidaan käyttää keskikokoisissa laitoksissa, kunhan huolehditaan tasaisesta palakoosta. Isoilla lämpölaitoksilla ei ole

yhtä suuria vaatimuksia kosteuden suhteen, mutta tasalaatuinen polttoaine takaa parhaan hyötysuhteen ja toimintavarmuuden. (Lepistö 2010, 6–7.)

Lämpö- ja voimalaitokset maksavat metsähakkeesta sen sisältämän energian (MWh) mukaan, joten kosteudella on suuri vaikutus saavutettavaan tulokseen. Maksu metsänomistajalle perustuu metsäkuljetettuun määrään, mutta tapahtuu pääosin vasta lämpölaitokselle toimittamisen jälkeen, jolloin yksikköhintaa voidaan vielä mahdollisuuksien mukaan nostaa.

5 Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, kuinka kustannustehokkaita Metsänhoitoyhdistys Savotan hakkuutähdetoimitukset lämpölaitoksille ovat olleet. Samalla tutkittiin, löytyykö tekijöitä, joilla kustannustehokkuutta voitaisiin parantaa. Tutkimuksen avulla pyrittiin tuottamaan tietoa energiapuutoimitusten suunnittelun tueksi.

6 Tutkimuksen toteutus

6.1 Tutkimusaineiston hankinta

Tutkimukseen valitut hakkuutähdet hankkeet saatiin tiedoksi Metsänhoitoyhdistykseltä ja aineisto koottiin yhteen yhdistyksen eri toimintajärjestelmistä. Hankkeet valikoituivat edellisen puolentoista vuoden ajalta. Pois rajattiin hankkeet, jotka sisälsivät useita eri hakelajeja tai maanomistajan itse tienvarsivarastoon toimittamia hakkuutähteitä. Pois rajattiin lisäksi hankkeet, joita ei ollut haketettu 30.4.2021 mennessä.

Hankkeilta kerättiin tiedot kohteiden pinta-aloista ja puumääristä. Analysointia varten tarvittiin tiedot kustannuksista, jotka muodostuvat kasoille puinnista, metsäkuljetuksesta, haketuksesta ja kaukokuljetuksesta sekä metsänomistajalle maksettavasta hinnasta. Taksatiedot saatiin pääosin kerättyä sopimuksilta ja yrittäjien lähettämiltä laskuilta. Myös ilmoitetut määrät ja kuljetusmatkat kerättiin talteen.

Haketoimitusten vastaanottotiedot, kuten energiamäärät (MWh) ja hakkeen kosteus saatiin tietoon lämpölaitoksilta tulleista energiaraporteista. Lisäksi selvitettiin lämpölaitoksen maksama hinta, joka metsähakkeesta maksetaan sen sisältämän energiamäärän (MWh) mukaan. Näiden tietojen lisäksi aineistoon kerättiin tiedot hakkuu- sekä metsäkuljetus- ja haketusajankohdista.

6.2 Aineiston analysointi

Kustannukset ja tulot koottiin hankkeittain yhteen, jotta hankkeista jäänyt kate saatiin selvitettyä. Jäävää katetta verrattiin tavoitellun katteen määrään. Kannattavuuteen vaikuttavia syitä lähdettiin etsimään muun muassa kosteuden, kertymän, pinta-alojen ja kuljetusmatkojen avulla. Kosteuden vaikutusta tuloihin tarkasteltiin haketusajankohdan ja varastointiajan suhteen. Lisäksi selvitettiin, kuinka kosteusprosentti vaihtelee haketusajankohdan suhteen ja miten varastointiaika vaikuttaa kosteusprosenttiin.

Aineisto syötettiin käsin Excel-taulukkoon, jota ei liiketoiminnallisten tietojen salassa pysymisen vuoksi liitetä työhön. Aineistosta tarkasteltiin pääosin kannattavuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Aineistoa analysoitiin kuvaajien avulla, jotka valittiin ja aseteltiin siten, että tarkkoja rahasummia, asiakkaiden tietoja tai yksikkökustannuksia ei pystytä päättämään.

7 Tutkimustulokset

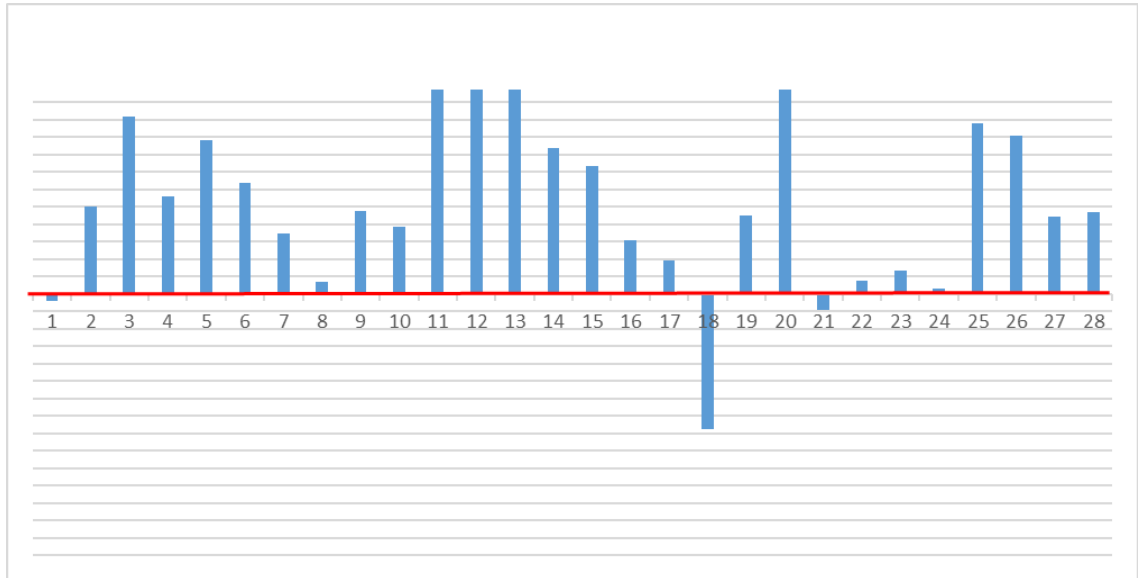
Hakkuutähteiden korjuun kannattavuutta on tutkittu ja tämän tutkimuksen tulokset ovat linjassa aiemmin tehtyjen tutkimusten kanssa. Tutkimuksen tuloksista toivotaan olevan hyötyä Metsänhoitoyhdistys Savotan energiapuutoimitusten kehittämiseen jatkossa.

Yhteensä ehdot täyttäviä hakkuutähdehankkeita löytyi 28 kappaletta. Hakkuutähteet oli korjattu kuusivaltaisilta päätehakkuukohteilta vuosien 2017–2020 aikana. Lähes kaikkien tutkimusjoukkoon kuuluvien hankkeiden osalta oli hakkuutähteiden korjuusta sovittu valtakirjakauppojen yhteydessä. Tutkimusjoukkoon kuuluvat hakkuutähdehankkeet oli toimitettu kolmelle eri Metsänhoitoyhdistys Savotan toimialueella sijaitsevalle lämpölaitokselle. Lämpölaitoksille toimitetun energian määrä tutkimukseen kuuluvien hankkeiden osalta oli yhteensä reilu 10 500 MWh.

7.1 Toimitusten kannattavuus

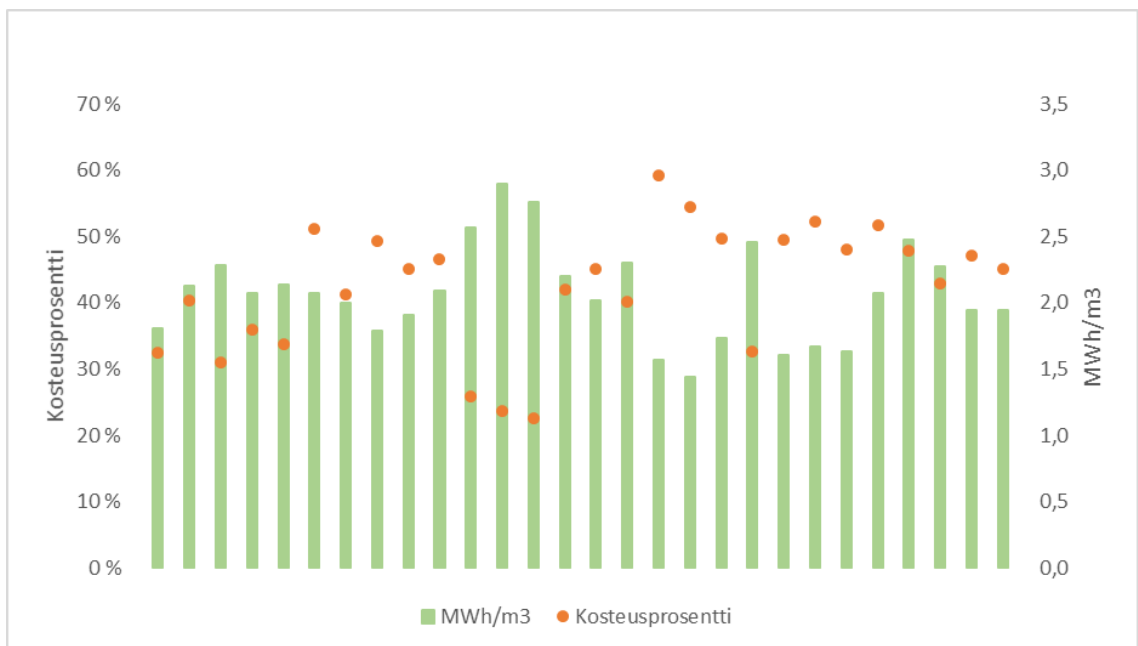
Tutkimuksen perusteella Metsänhoitoyhdistys Savotan hakkuutähde-toimitukset lämpölaitoksille ovat taloudellisesti kannattavia, kun yleisiä ohjeistuksia hakkuutähteen korjuussa noudatetaan. Ohjeistuksista poikkeaminen näkyy heikentyneenä tuloksena. Kosteuden tai jonkin kustannuksen noustessa liikaa kannattavuus laskee.

Kuviossa 1 esitetään, kuinka hyvin yhdistyksen tavoitteleva kate on tutkimusjoukkoon kuuluvien hankkeiden osalta saavutettu. Kuviosta voidaan havaita, että saavutettu kate on hankkeiden välillä vaihtelevaa. Pääosin katetavoite on kuitenkin saavutettu tai jopa reilusti ylitetty. 3 hankkeen osalta ei katetavoitteeseen ole syytä tai toisesta päästä lainkaan.



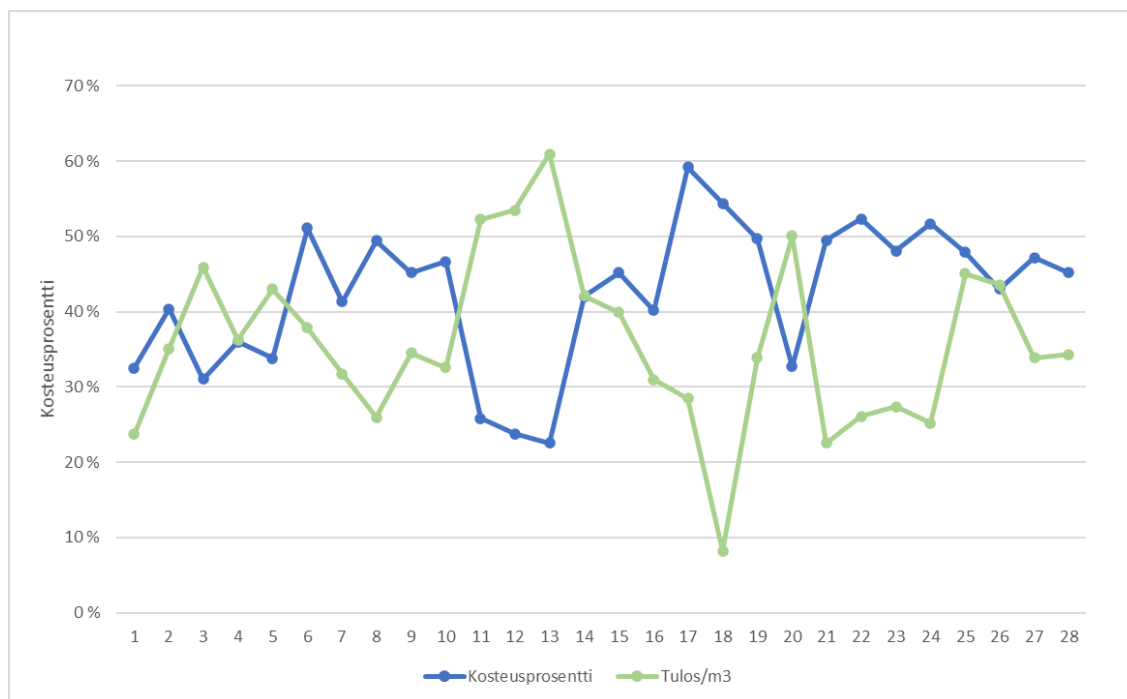
Kuvio 1. Saavutettu kate hankkeittain. Tavoiteltu kate esitetään kuviossa punaisena viivana.

Kuten kappaleessa 2 kerrotaan, on jokaisella hakkuutähdehakkeen toimitusketjun vaiheella vaikutusta lopputuotteen laatuun ja kosteuteen. Toimitetun hakkeen kosteudella taas on vaikutusta siitä saatavan energian määrään. Alla olevasta kuviosta 2 nähdään, että mitä kuivempaa hakkuutähdehake on, sitä suurempi on sen energiasisältö.



Kuvio 2. Kosteuden vaikutus energiasisältöön.

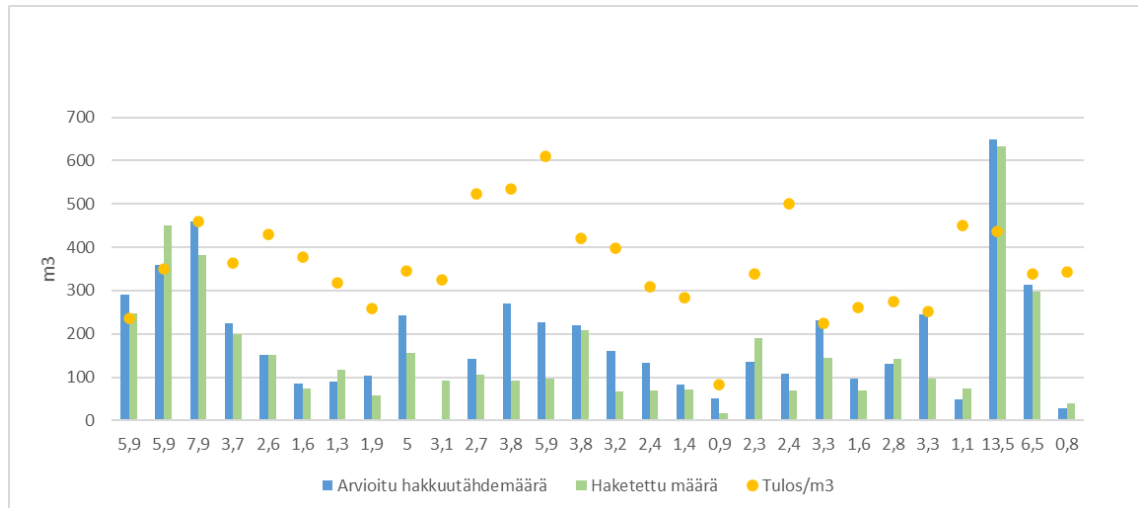
Koska metsähakkeesta maksetaan sen sisältämän energian (MWh) mukaan, on kuivan hakkuutähdehakkeen toimittaminen lämpölaitoksille oleellista. Kuviosta 3 voidaan havaita, että kosteuden laskiessa kannattavuus nousee. Lopputuotteen kosteudella on siten merkittävä vaikutus saavutettavaan tulokseen.



Kuvio 3. Kosteuden vaikutus saavutettuun tulokseen.

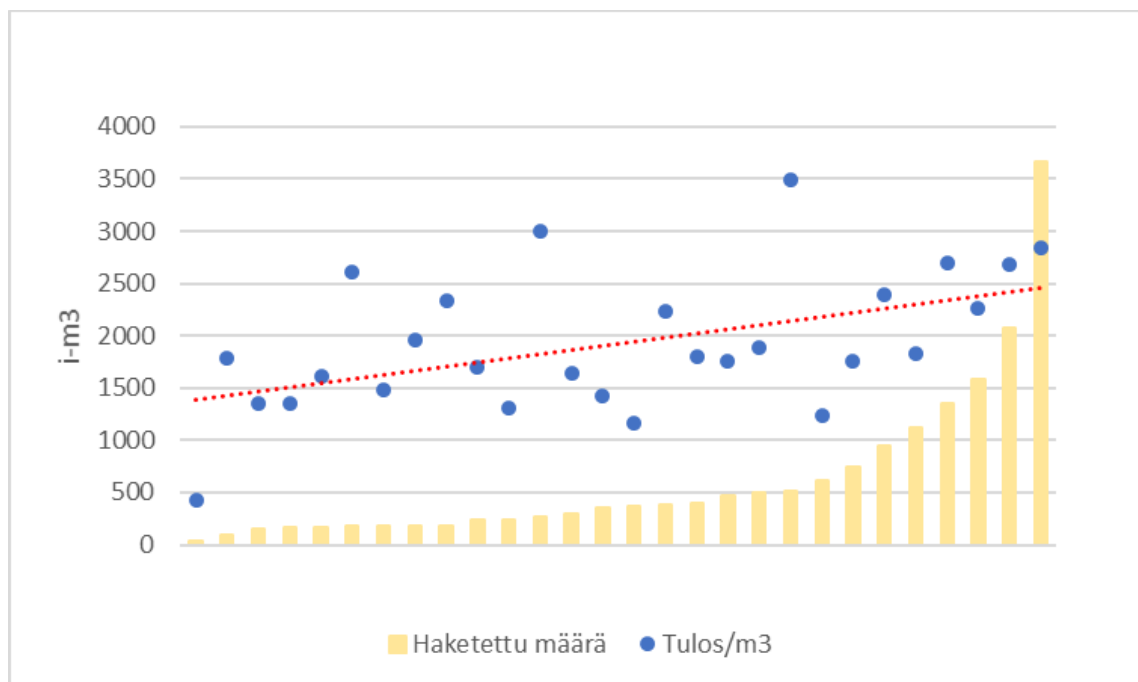
Kuten aiemmin kappaleessa 3.1 on kerrottu, hakkuutähteen kannattava korjuu edellyttää vähintään kahden ha:n pinta-alaa ja 200 m³:n ainespuupoistumaa (Koistinen ym. 2016, 37). Hakkuutähteen määrää arvioidaan kertomalla ainespuun määrä tietyllä kertoimella. Kertyvän hakkuutähteen määrän tulisi olla vähintään 50–60 m³ (Alakangas ym. 2016, 69).

Tutkimusjoukossa oli mukana kahdeksan hanketta, joissa pinta-ala tai hakkuutähdemääräsuosituksia ei ollut noudatettu (kuvio 4). Valtaosalla hankkeista haketettu hakkuutähdemäärä jäi arvioitua määrää pienemmäksi. Pinta-alaltaan suurin tutkimusjoukossa mukana oleva kohde oli 13,5 ha ja pienin 0,8 ha. Keskimääräisen hakkuutähdekorjuukohteen koko oli 3,6 ha. Kuviosta 4 voidaan havaita, että toiminta on ollut kannattavaa, kun pinta-ala ja hakkuutähdemäärä ohjeistuksia on noudatettu. Sen sijaan hankkeilla, joilla ohjeistuksista on poikettu, on toiminnan kannattavuus selkeästi heikompaa.



Kuvio 4. Hakkuutähdemäärän ja pinta-alan vaikutus saavutettuun tulokseen.

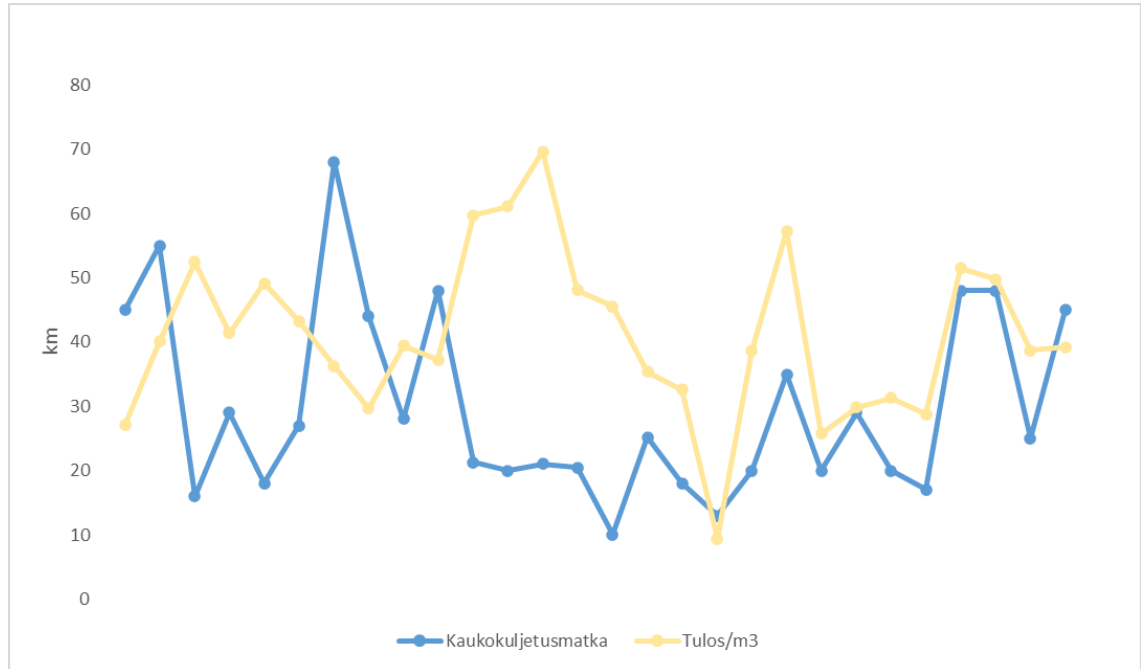
Kuviossa 5 tutkimusjoukkoon kuuluvat hankkeet on järjestetty haketetun määrän mukaan pienimmästä suurimpaan. Haketetut hakkuutähdemäärät vaihtelivat hankkeiden osalta 40 i-m³:n ja 3659 i-m³:n välillä. Kuvioista voidaan havaita, että tulos paranee, kun haketettava hakkuutähdemäärä kasvaa. Tavoiteltaessa hyvää tulosta on siten syytä kiinnittää huomiota kertyviin hakkuutähdemääriin.



Kuvio 5. Haketetun hakkuutähdemäärän vaikutus tulokseen.

Kuviossa 6 esitetään kaukokuljetusmatkan vaikutusta saavutettuun tulokseen. Tutkimusjoukon kuljetusmatkat vaihtelivat 10–70 km välillä. Keskimääräinen

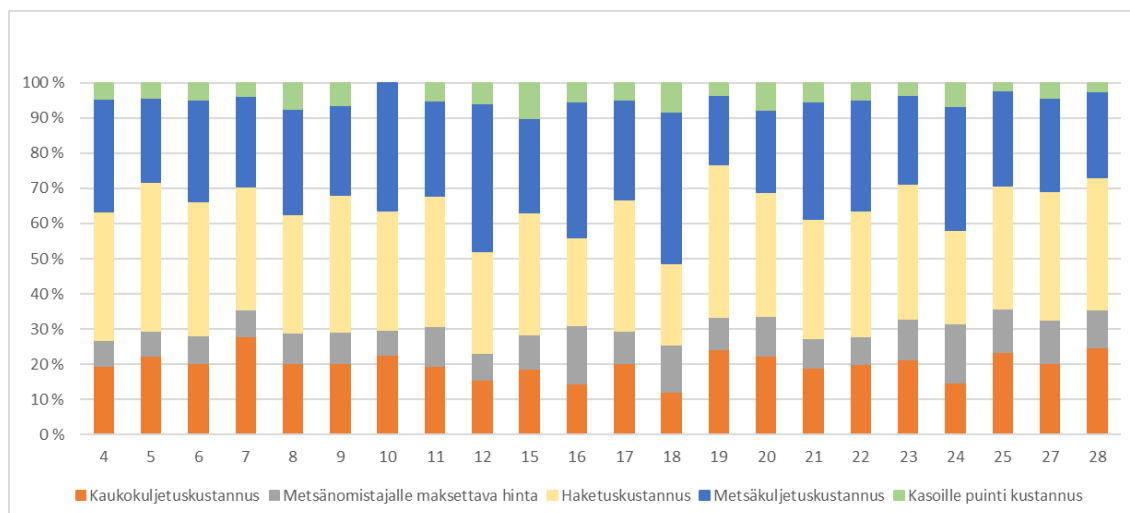
kaukokuljetusmatka oli 26,8 km. Tuloksen voidaan havaita olevan lyhyillä kuljetusmatkoilla lähtökohtaisesti parempi kuin pitkillä matkoilla. Kuitenkin myös pidemmällä kaukokuljetusmatkoilla toiminta saadaan pysymään kannattavana, eikä lyhyt kaukokuljetusmatka välttämättä takaa hyvää tulosta.



Kuvio 6. Kaukokuljetusmatkan vaikutus saavutettuun tulokseen.

7.2 Kustannusten jakautuminen

Kuviossa 7 on kuvattuna yhdistyksen hakkuutähdetoimitusten kustannusrakenne. Kokonaiskustannuksissa ei ole otettu huomioon toimihenkilökustannuksia tai muita, esimerkiksi talviaikaisesta aurauksesta syntyviä kustannuksia.



Kuvio 7. Kustannusten jakautuminen hankkeittain.

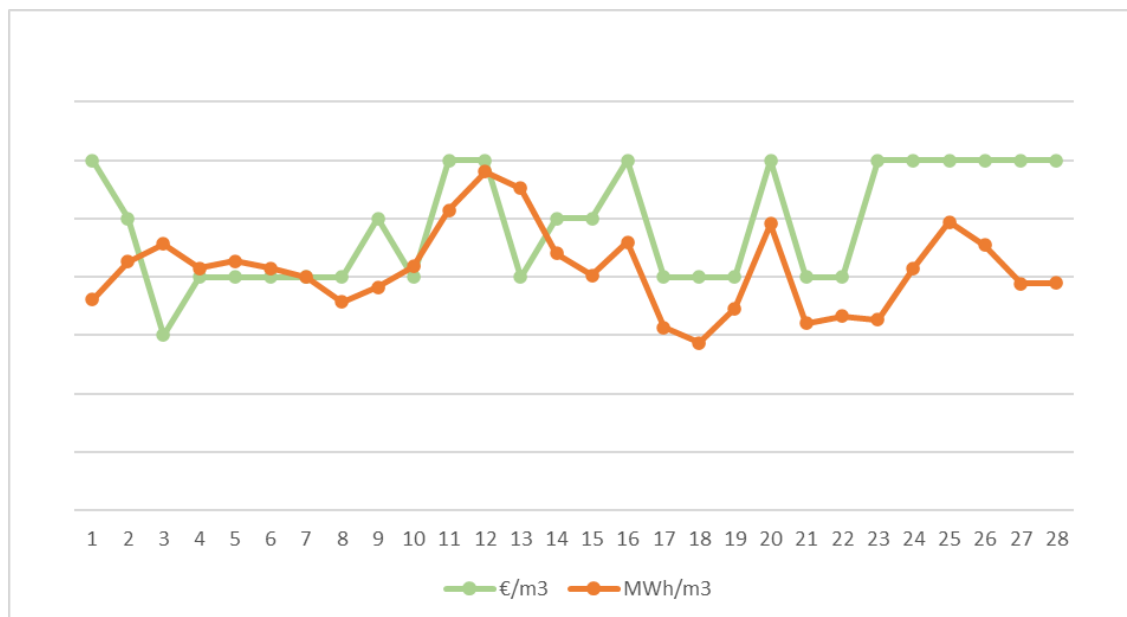
Metsäkuljetuksen osuus kokonaiskustannuksista vaihtelee 23–43 %:n välillä. Kustannukseen vaikuttaa kuljetettava hakkuutähdemäärä ja matka. Lisäksi maksettava taksa kuljetusyrittäjittäin vaihtelee. Yhtä metsäkuljetusyrittäjää lukuun ottamatta on kaikilla hankkeilla yrittäjät laskuttaneet alle 300 metrin kuljetusmatkan mukaisesti.

Haketus- ja kaukokuljetuskustannus ovat suurin kustannuserä hakkuutähdehakkkeen toimitusketjussa. Haketuksen osuus tutkimusjoukon kokonaiskustannuksista vaihtelee 24–43 %:n välillä. Haketuksen kustannus vaihtelee hakelajista riippuen ja kustannus irtokuutiota kohden on sama riippumatta haketettavasta määrästä. Matka loppukäyttöpaikalle vaikuttaa kuljetuskustannuksiin eniten. Kaukokuljetuksen osuus kokonaiskustannuksista vaihtelee 12–28 %:iin.

Hakkuutähteiden kasoille puinnin osuus kustannuksista on varsin pieni. Sen osuus kustannuksista vaihtelee 2–10 % välillä riippuen hakatun ainespuun määrästä ja muiden kustannusten osuuksista.

Metsänomistajalle maksettavan hinnan osuus kustannuksista vaihtelee 6–17 % välillä. Maksu metsänomistajalle tapahtuu yleensä vasta haketuksen jälkeen. Maksuperusteena käytetään metsäkuljetettua määrää, mutta yksikköhintaa voidaan muuttaa ja nostaa vielä lämpölaitokselle toimittamisen jälkeenkin. Kuviossa 8 esitetään energiamäärän vaikutusta metsänomistajalle maksettavaan hintaan. Kuvioista voidaan havaita, että mitä enemmän hakkuutähdehakkkeesta

saadaan energiaa, sitä suurempi on pääsääntöisesti myös metsänomistajalle maksettava hinta. Kuiva ja energiasisällöltään hyvä hakkuutähdehake takaa siis paremman tuloksen sekä yhdistykselle että metsänomistajalle.



Kuvio 8. Metsänomistajalle maksetun hinnan vaihtelu energiamäärän mukaan.

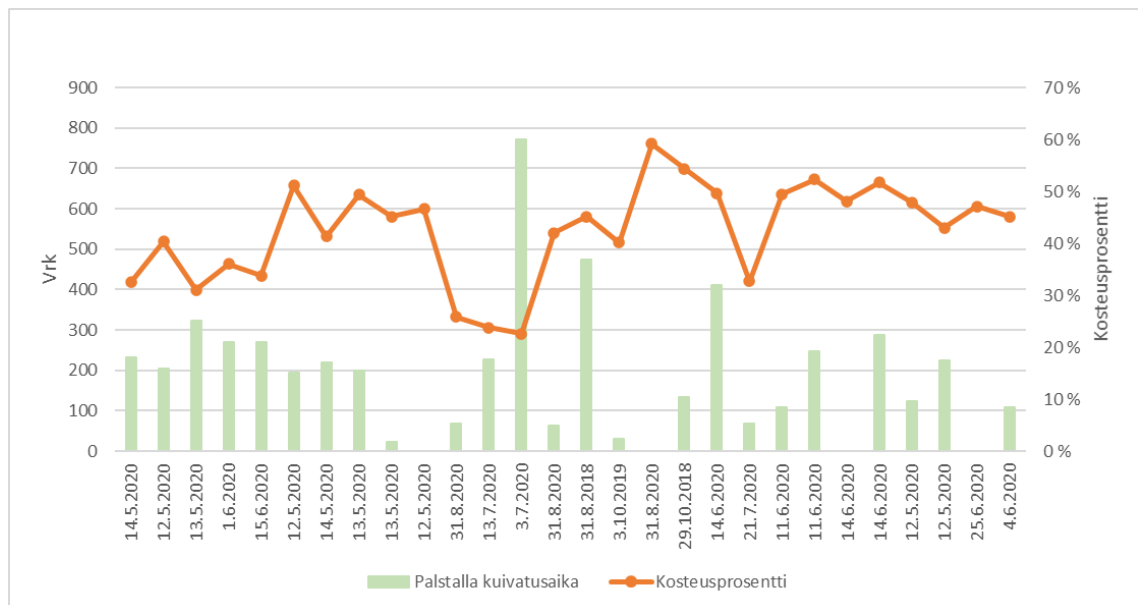
7.3 Metsäkuljetus-, haketus- ja varastointiaikojen vaikutus kosteuteen

Hakkuuajankohta vaikuttaa hakkuutähdeiden metsäkuljetusajankohtaan. Kuten kappaleessa 2.3 on kerrottu, touko-elokuussa hakkuutähdeiden tulisi antaa kuivahtaa palstakasoissa 2–4 viikkoa ennen metsäkuljetusta. Syys-toukokuussa hakattujen kohteiden hakkuutähdeiden olisi syytä antaa kuivahtaa kesäkuuhun saakka lopputuotteen laadun varmistamiseksi. (Koistinen ym. 2016, 43–44.)

Kuviossa 9 esitetään metsäkuljetusajankohta, palstalla kuivatusaika ja toimitetun hakkeen kosteus hankkeittain. Kolmen hankkeen osalta ei palstalla kuivatusaika saatu selvitettyä, sillä hakkuuajankohta ei ollut tiedossa. Suurin osa hakkuutähdeistä on kuljetettu pois palstalta jo toukokuussa. Tämän jälkeen eniten hakkuutähdeitä on kuljetettu tienvarteen kesäkuun aikana. Neljää hanketta lukuun ottamatta, ei touko-kesäkuussa kuljetettujen hakkuutähdeiden kosteudessa ole päästy alle 40 %:iin. Heinäkuussa metsäkuljetettujen hakkuutähdeiden kosteudet ovat matalia niiden ollessa alle tai vähän yli 30 %. Elo-lokakuussa

palstalta tienvarteen kuljetettujen hakkuutähteiden kosteudet vaihtelevat 31–59 % välillä.

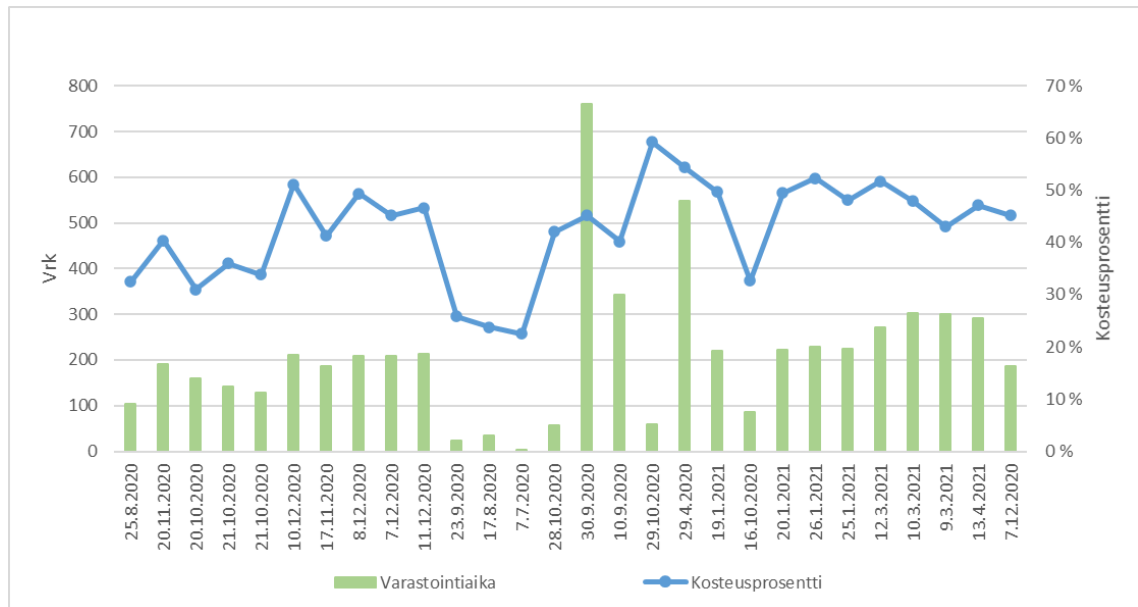
Palstalla kuivatusajat vaihtelevat 772 vuorokaudesta 31 vuorokauteen tutkimusjoukkoon kuuluvien hankkeiden välillä. Kuviosta nähdään metsäkuljetuksen oikea-aikaisuuden vaikutukset lopputuotteen kosteuteen. Palstalla kuivatusajan perusteella ei kosteuden vaihteluun kuitenkaan näytä olevan selkeää syytä, sillä sekä lyhyillä että ylipitkillä palstakuivatusajoilla on päästy mataliin kosteuksiin ja päinvastoin.



Kuvio 9. Metsäkuljetusajankohdan ja palstalla kuivatusajan vaikutus kosteuteen.

Haketusajankohdalla näyttäisi olevan selvä vaikutus lopputuotteen kosteuteen (kuvio 10). Kuten aiemmin on tutkittu, hakkuutähteen kosteus on kesällä huomattavasti alhaisempi kuin talvella. Tämän tutkimuksen tulokset ovat linjassa aiemmin tehtyjen tutkimusten kanssa. Talviaikana haketettujen hakkuutähteiden kosteudet ovat huomattavasti korkeampia kuin kesäaikana haketettujen hakkuutähteiden. Kesäaikana haketetuissa erissä päästään alle 30 % kosteuksiin, kun taas talvella kosteudet nousevat jopa 59 %:iin.

Tienvarsivarastointiajat vaihtelevat 761 vuorokaudesta 4 vuorokauteen tutkimusjoukkoon kuuluvien hankkeiden osalta. Yli 200 vuorokauden tienvarsivarastointiajoilla ei päästä alle 40 % kosteuksiin. Tätä lyhyemmillä varastointiajoilla päästään siten pääsääntöisesti alhaisempiin kosteuksiin. Yhteensä hakkuutähkeitä on tutkimusjoukkoon kuuluvien hankkeiden osalta varastoitu palstalla ja tienvarressa keskimäärin 10 kuukauden ajan.



Kuvio 10. Haketusajankohdan ja tienvarsivarastointiajan vaikutus toimitetun hakkeen kosteuteen.

8 Pohdinta

Tämän tutkimuksen perusteella Metsänhoitoyhdistys Savotta pystyy kustannustehokkaasti toimittamaan hakkuutähdehaketta toimialueensa lämpölaitoksille. Koska suoria hakkuutähde-toimituksia lämpölaitoksille ei ole vielä ehditty teemmään kauaa, jäi otos haluttua pienemmäksi. Mikäli tarkasteltava ajanjakso olisi ollut pidempi, olisi mukaan saatu useita hankkeita ja usean vuoden välinen vaihtelu voitu huomioida. Tarkasteluajan pidentäminen olisi kuitenkin viivästyttänyt liikaa valmistumista, minkä vuoksi se ei ollut järkevää.

Koska tutkimusaineisto on koottu Excel-taulukoon käsin, on huolimattomuusvirheiden mahdollisuus olemassa. Selkeät virheet kuitenkin erottuivat helposti ja saatiin siten poistettua aineistosta. Kokonaiskustannuksia tarkasteltaessa tulee huomioida, että niihin ei ole otettu mukaan toimihenkilötyöstä aiheutuvia tai esimerkiksi talviaikaisesta aurauksesta syntyviä kustannuksia.

8.1 Kannattavuuden lisääminen

Tekemällä hakkuutähdehakkeen tuotannon työvaiheet oikein voidaan edesauttaa laadukkaan ja energiasisällöltään hyvän lopputuotteen syntymistä. Lähtökohtana kannattavalle hakkuutähteiden korjuulle on järkevien korjuukohteiden valinta. Huomiota on syytä kiinnittää erityisesti korjattaviin pinta-aloihin ja määriin, kohteiden sijaintiin ja kuljetusmatkoihin. Kaikkia kriteerejä ei jokaisen hankkeen kohdalla voida noudattaa, mutta hakkuutähteiden ollessa osana liiketoimintaa tulisi siihen aina pyrkiä.

Tutkimusjoukossa oli mukana hankkeita, joissa kaikkia annettuja ohjeistuksia ei ollut täysin noudatettu. Ohjeistuksista poikkeamiseen voi olla useita syitä, ja on mahdotonta sanoa, mikä hankkeiden kokonaisarvo on yhdistykselle ollut. Heikosti kannattavien hankkeiden kohdalla on mahdollisesti jopa tietoisesti pyritty saavuttamaan muita hyötyjä hakkuutähteiden korjuun kustannuksella. Tarjoamalla hakkuutähteiden korjuuta saadaan mahdollisesti varmistettua puukaupan toteutuminen, sopimus uudistamistöistä ja ylipäänsä ylläpidettyä tärkeitä asiakassuhteita. Joissain tapauksissa siis kokonaisuuden kannalta parempi hyöty saavutetaan, kun hakkuutähteet korjataan heikosta tai jopa negatiivisesta tuloksesta huolimatta.

Ajoitukset metsäkuljetusajankohdan suhteen ei kaikkien hankkeiden kohdalla vastannut suosituksia. Hakkuutähteet on useamman hankkeen kohdalla kuljettu pois palstalta liian aikaisin ja taustalla on todennäköisesti metsänviljely tavoitteiden täyttyminen. Hakkuutähteet ajetaan tienvarteen liian aikaisin, jotta alue päästään muokkaamaan, istuttamaan ja sitä kautta asetetut tavoitteet saavutetaan. Suuremmissa määrin nopeat uudistamisketjut tuovat toteuttamiseen

haasteita. Hakkuutähteiden korjuu vaikuttaa uudistamistoimenpiteiden ajankohintaan aiheuttaen usein viivästyksiä, joka tulisi ottaa huomioon jo korjuusta sovitessa. Hakkuutähteet olisikin järkevintä ajaa tienvarteen oikea-aikaisesti, siirtää maanmuokkaus seuraavaan syksyyn ja istutus seuraavaan kevääseen, jotta toiminnan laatu säilyy.

Kuljetusmatkoilla voidaan osittain vaikuttaa hakkuutähdehankkeiden kannattavuuteen. Kuten tutkimuksen tuloksista havaitaan, saavutetaan lyhemmillä kaukokuljetusmatkoilla pääsääntöisesti parempi kate pitkiin kuljetusmatkoihin verrattuna. Huomioitavaa kuitenkin on se, että myös lyhyillä matkoilla voi tulos jäädä heikoksi, mikäli hakkuutähdehake on jäänyt kosteaksi tai muut kustannukset nousseet kohtuuttomasti. Yhtä yrittäjää lukuun ottamatta olivat metsäkuljetusyrittäjät laskuttaneet kaikilla hankkeilla alle 300 metrin taksan mukaisesti, jolloin kustannus vaihtelee ainoastaan kuljetetun määrän mukaan. Nykyisenkaltaisilla yrittäjäsopimuksilla ja alle 300 metrin matkoilla pysyttäessä ei hakkuutähteen metsäkuljetuskustannusten osalta voida siten vaikuttaa kannattavuuteen.

Tutkimuksesta kävi ilmi, että osa hakkuutähteistä on ollut varastoituna joko palstalla tai tienvarressa yhteensä pahimmillaan yli kolmen vuoden ajan. Hakkuutähteiden korjuussa on mukana useita eri toimihenkilöitä, joilla on oma roolinsa toimitusketjun eri vaiheissa. Jokaisen toimihenkilön olisi tärkeää omalta osaltaan olla huolellinen ja ajoittaa hankkeet järjestelmiin oikein, jotta hakkuutähdekasat eivät unohdu varastoihin ja heikennä siten toiminnan kannattavuutta. Muita varastoinnin vaikutuksia toimitetun hakkuutähdehakeen laatuun ei voitu tässä tutkimuksessa käsitellä tarkemmin, sillä varastojen tarkasta sijainnista, aluspuiden käytöstä tai varastojen peittämisestä ei ollut tarpeeksi luotettavaa tietoa saatavilla.

Tutkimuksen perusteella on hakkuutähteiden kosteus alhaisimmillaan haketettaessa kesäaikaan. Talviaikaan kosteudet ovat korkeampia, kun hakkuutähteiden mukana hakkuriin kulkeutuu todennäköisesti lunta ja jäätä. Käytännössä hakkuutähteiden haketus kannattaisi painottaa kesälle ja mahdollisuuksien mukaan

haketta sekä toimittaa muita hakelajeja lämpölaitoksille talviaikaan. Tarkasteluajan ollessa lyhyt ei tutkimuksessa voitu ottaa tarkemmin eri vuodenaikojen vaikutusta hakkeen kosteuteen.

Maksu metsänomistajalle tapahtuu vasta haketuksen ja hakkeen lämpölaitokselle toimittamisen jälkeen. Maksettaessa metsänomistajalle vasta loppukäyttöpaikalle toimittamisen jälkeen voidaan kannattavuus paremmin varmistaa, kun varastoihin ei ole sitoutuneena niin paljon pääomaa. Tulosten perusteella myös metsänomistaja saa hyötyä maksettaessa kuivasta ja laadukkaasta metsähakkeesta. Pahimmillaan metsänomistaja saattaa kuitenkin joutua odottamaan rahojaan useamman vuoden ajan, joten tästä on hyvä kertoa jo puukaupan teko vaiheessa. Maksettaessa metsänomistajalle jo aiemmin, on maksuperusteena syytä käyttää metsäkuljetettua määrää.

Hakkuutähdetoimitukset ovat yhdistykselle kannattavaa liiketoimintaa. Pidettäessä toiminnan laadusta kiinni pysyy toiminta myös jatkossa kannattavana. Huomiota tulee kiinnittää eri vaiheiden oikea-aikaisuuteen ja mahdollisesti jatkokouluttaa henkilöstöä korjuukohteiden valintaan liittyen. Ohjeistuksia eri toimintavaiheiden kirjaamiseen ja hakkuutähteestä metsänomistajalle maksamiseen liittyen olisi syytä päivittää sekä yhtenäistää.

8.2 Jatkotutkimusideat

Tämä tutkimus voitaisiin toistaa muutaman vuoden kuluttua uudelleen, jolloin mukaan saataisiin useita hakkuutähd Hankkeita ja eri vuosien välinen vaihtelu voitaisiin ottaa huomioon. Toimitusten kannattavuudesta saataisiin tietoa pidemmältä aikaväliltä ja mahdollisiin epäkohtiin voitaisiin puuttua. Seuraavassa tutkimuksessa voitaisiin ottaa mukaan myös muita todellisia kustannuksia, kuten talviaikaisesta aurauksesta syntyvät kustannukset. Tämä onnistuu, mikäli tiedot kirjataan jatkossa ylös tarkemmin ja laskujen kohdentaminen hankkeille onnistuu. Järjestelmien kehittyminen tulee helpottamaan tulevaisuuden aineiston ke-

räämisprosessia huomattavasti. Kannattavuuden seurannan kannalta ja helpottamiseksi voisi kuitenkin silti olla järkevää koota kaikki saatavat tiedot ylös samaan paikkaan.

Kosteuden vaikutus kannattavuuteen nousi tutkimuksessa selkeästi esille. Tulevissa tutkimuksissa voitaisiinkin tarkemmin selvittää esimerkiksi sääolojen ja varastoinnin vaikutuksia lopputuotteen kosteuteen ja toiminnan kannattavuuteen. Esille nousi lisäksi eri mittausvaiheiden aiheuttamat määräerot, joten myös niiden tutkiminen tarkemmin voisi olla mielenkiintoista ja hyödyllistä toiminnan optimoinnin kannalta.

Lähteet

- Alakangas, E., Hurskanen, M., Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita 258. Tampere: Juvenes Print. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>. 28.11.2020.
- Hakonen, T. & Viitasaari, T. 2013. Energiapuuta päätehakkuulta - opas. Sastamala: Vammalan kirjapaino Oy. http://www.puulakeus.net/docs/109-bKw-Energiapuuta_paatehakkuulta_opas_web.pdf. 3.1.2021.
- Hillebrand, K. 2009. Energiapuun kuivaus ja varastointi – yhteenveto aikaisemmin tehdyistä tutkimuksista. VTT:n raportteja. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2009/VTT-R-07261-09.pdf> 21.11.2020.
- Koistinen, A., Luiro, J.-P. & Vanhatalo, K. 2016. Metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen, työopas. Tapion julkaisuja. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2015/06/MHS-Energiapuun-korjuun-suositukset_verkkojulkaisu2.pdf. 20.11.2020.
- Laitila, J. 2020. Metsäkoulu. Energiapuun korjuu. Metsäkustannus.
- Laitila, J., Asikainen, A. & Pasanen, K. 2012. Hankinnan teknologia, logistiikka ja hiilidioksidipäästöt. Teoksessa: A. Asikainen, H. Ilvesniemi, R. Sievänen, E. Vapaavuori & T. Muhonen (toim.) 2012. Bioenergia, ilmastomuutos ja Suomen metsät. Vantaa: Metsätutkimuslaitos, 171–184. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240.pdf>. 23.11.2020.
- Laitila, J., Leinonen, A., Flyktman, M., Virkkunen, M. & Asikainen, A. 2010. Metsähakkeen hankinta- ja toimituslogistiikan haasteet ja kehittämistarpeet. VTT Tiedotteita – Research Notes 2564. 143 s. Espoo: VTT. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2010/T2564.pdf>. 19.11.2020.
- Lauhanen, R., Ahokas, J., Esala, J., Hakonen, T., Sippola, H., Viirimäki, J., Koskineniemi, E., Laurila, J. & Makkonen, I. 2014. Metsätoimihenkilön energialaskuoppi. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja C. Oppimateriaaleja 6. Seinäjoki. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/80849/C6.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 23.11.2020.
- Lauhanen, R. & Laurila, J. 2007. Bioenergian tuotannon haasteet ja tutkimustarpeet. Metlan työraportteja 42. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp042.pdf>. 3.1.2021.
- Lepistö, T. 2010. Laatuhakkeen tuotanto-opas. Metsäkeskukset. Sastamala: Vammaspaino. <http://www.puulakeus.net/docs/109-FsT-laatu-hakeopas.pdf>. 21.11.2020.
- Lindblad, J. & Korri, J. 2014. Energiapuun mittaaminen. Metsätalouden kehittämisskeskus Tapio, Metsätutkimuslaitos ja Työtehoseura ry. <https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2018/03/energiapuun-mittausopas-30062014.pdf>. 6.12.2020.
- Luonnonvarakeskus. Tilastopalvelu. 2021. Energia 2020. <https://stat.luke.fi/energia>. 24.4.2021.
- Luonnonvarakeskus. Tilastopalvelu. 2021. Puun energiakäyttö 2020. <https://stat.luke.fi/puun-energiakaytto>. 24.4.2021.
- Luonnonvarakeskus. Tilastopalvelu. Energiapuun hinta muuttujina Kauppatapa, Hinta-alue, Energiapuulaji, Vuosi ja Muuttuja. 2021. http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__04

%20Talous__04%20Energiapuun%20kauppa/03_Energia-
puun_hinta_v.px/?rxid=e4234d8c-e793-42b2-a003-a371f9ed39aa.
20.4.2021.

Lähdevaara, H., Savolainen, V., Paananen, M. & Vanhala, A. 2010. Mailta ja mannuilta, soilta ja saloilta. Selvitys Keski-Suomen biomassakuljetusten logistiikasta. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 107. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/15785/JAMKJULKAISUJA1072010_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 3.1.2021.

Strandström, M. 2019. Metsähakkeen tuotantoketjut Suomessa vuonna 2019. Metsätehon tulosalvosarja 6/2020. <http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja-2020-06-Metsahakkeen-tuotantoketjut-2019.pdf>. 13.12.2020

Tapion taskukirja. 2018. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Tilastokeskus. Energian hinnat 2020. 4. vuosineljännes. 2021. Helsinki: Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/til/ehi/2020/04/>. 20.4.2021.