

**HAKKURIN KULJETTAJAN JA HAKEAUTON KULJETTAJAN
VAIKUTUSMAHDOLLISUUDET HAKKEEN JA KANTOMURSKEEN
LAATUUN**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Evo, Metsätalous

Syksy 2017

Karri Arminen

Metsätalous
Evo

Tekijä	Karri Arminen	Vuosi 2017
Työn nimi	Hakkurin kuljettajan ja hakeauton kuljettajan vaikutusmahdollisuudet hakkeen ja kantomurskeen laatuun	
Työn ohjaaja	Nina Kokkonen	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö tehtiin Elenia Lämpö Oy:n toimeksiannosta. Työn tavoitteena oli selvittää, voidaanko logistiikalla vaikuttaa puupolttoaineen laatuun. Lisäksi tämän opinnäytetyön varasto- ja kuormatiedot toimivat taustatietoina Reeta Jalosen opinnäytetyölle Puupolttoaineen laadunvarmistus. Jalosen opinnäytetyössä saatuja palakokojakaumia ja kosteuspitoisuuksia käytettiin hyödyksi tässä opinnäytetyössä puupolttoaineen laadun selvitykseen.

Työn tulosten tavoitteena oli puupolttoaineen laadun parantaminen logistiikan keinoin ja antaa Elenia Lämpö Oy:lle ideoita oman toimintansa kehittämiseen.

Keskeinen osa opinnäytetyötä olivat maastossa tehdyt havainnot haketuksista ja varastokasoista sekä hakkurinkuljettajille maastossa tehdyt haastattelut, joissa hakkurinkuljettajat saivat kertoa omia mielipiteitään ja huomioitaan vaikutusmahdollisuuksista puupolttoaineen laatuun. Logistiikan osalta havaittiin, että puupolttoaineen laatua voidaan parantaa sekoittamalla kosteat erät kuivempiin lämpövoimalalla. Haketusajankohdan valinnalla voidaan myös vaikuttaa hakkeen kosteuteen jossain määrin. Muita merkittävästi hakkeen laatua parantavia keinoja ei logistiikan osalta löydetty.

Toimittajien osalta parannettavaa on varastokasojen rakenteessa. Aluspuut ja peitepaperi puuttuivat usein. Lisäksi kasat olivat usein matalampia kuin suositellaan.

Avainsanat Puupolttoaine, metsäenergia, hakkuri, laatu, hake

Sivut 17 sivua, joista liitteitä 1 sivua

Forestry
Evo campus

Author	Karri Arminen	Year 2017
Subject	Chipper driver`s and chiptruck driver`s possibilities to affect the quality of woodchips and crushed stumps	
Supervisors	Nina Kokkonen	

ABSTRACT

This thesis was made due to an assignment from Elenia Lämpö LLC. The objective of the thesis was to research if logistics could affect the quality of wood fuel. In addition, the storage- and cargo information of this thesis work as background information for the thesis "Quality control for Wood Fuel" by Reeta Jalonen. Fragment size distributions and humidity concentrations from Jalonen's thesis are used in this research to examine the quality of wood fuel.

The objective of the results of this research is to improve the quality of wood fuel by the means of logistics and to give Elenia Lämpö LLC ideas on how to refine their own actions.

Linchpin parts of this thesis were observations made to the chipper drivers on chipping and stockpiling and interviews, in which they could tell their own views and observations on their possibilities to affect the quality of wood fuel. On logistics' part, it was noticed that the quality of wood fuel could be improved by mixing the humid batches with more dry ones at thermal power plant. The choosing of chipping time can affect the humidity of the woodchips to some extent. Other significant means to improve the quality of woodchips on the part of logistics were not found.

On the part of suppliers, means to improve were found in the structure of stockpiles. Underlay wood and covering paper were often missing and broadly the piles were lower than recommended.

Keywords Wood fuel, forest-energy, chipper, quality, woodchips

Pages 17 pages including appendices 1 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Toimeksianto.....	1
1.2	Aiheen esittely ja rajaus.....	1
2	ENERGIAPUU	3
2.1	Kokopuu	3
2.2	Karsittu ranka	3
2.3	Metsätähde	4
2.4	Kantomurske	4
3	LOGISTIIKKA ENERGIAPUUN KULJETUKSESSA.....	6
3.1	Kokopuuhakkeen tuottaminen	6
3.2	Rankahakkeen tuottaminen.....	6
3.3	Metsätähdehakkeen tuottaminen	7
3.4	Kantomurskeen tuottaminen.....	7
3.5	Energiapuun varastointi	8
3.5.1	Tienvarsivarastointi	8
3.5.2	Terminaalivarastointi.....	8
4	PUUPOLTTOAINEEN LAATUTEKIJÄT	9
5	TYÖMENETELMÄT	10
6	HAVAINNOT.....	11
6.1	Toimittaja A.....	11
6.2	Toimittaja B.....	11
6.3	Toimittaja C.....	12
6.4	Toimittaja D.....	12
7	POHDINTA.....	14
	LÄHTEET.....	16
	LIITTEET.....	17

Liitteet

Liite 1 HAVAINTOLOMAKE

1 JOHDANTO

1.1 Toimeksianto

Työn tilaaja on kaukolämpöä ja sähköä tuottava Elenia Lämpö Oy. Se tarjoaa asiakkailleen ympäristömyönteisiä, vaivattomia ja kilpailukykyisiä lämmitysratkaisuja. Toimintaa kehitetään lisäämällä kotimaisten polttoainneiden osuutta entisestään tuotannossa sekä parantamalla energiatehokkuutta. Elenia lämpö Oy toimii Hämeessä, Keski-Suomessa, Pohjois-Pohjanmaalla ja Heinolassa. (Elenia Lämpö Oy 2017.)

Tämä opinnäytetyö on toinen Elenia lämpö Oy:n Hämeen ammattikorkeakoulun metsätalousinsinööriopiskelijoilta tilaamista töistä. Tavoitteena näillä töillä oli selvittää, voiko puupolttoaineen toimittaja vaikuttaa tuotamansa puupolttoaineen laatuun. Lisäksi tutkittiin, mikä on Vanajan voimalaitokselle tuotavan puupolttoaineen laatu ja vaihtelee se eri toimitajien välillä, ja jos vaihtelee, mitkä syyt siihen vaikuttavat.

1.2 Aiheen esittely ja rajaus

Tämän opinnäytetyön aiheena on hakkurin kuljettajan ja hakeauton kuljettajan vaikutusmahdollisuudet hakkeen ja kantomurskeen laatuun. Työssä selvitetään kuormakohtaisesti hakkeen logistinen ketju varastokasasta haketuksen kautta käyttöpaikalle ja pyritään löytämään kohtia, joita parantamalla hakkeen laatua saataisiin parannettua. Kuiva ja laadukas hake on edellytyksenä tehokkaalle lämmöntuotannolle lämpövoimalaitoksessa. Hakeyrittäjille myös maksetaan puupolttoaineesta saatujen megawattituntien (MWh) mukaan, joten laadukas hake on sekä lämmöntuottajan että polttoaineen toimittajan yhteinen etu.

Logistiikka energiapuuntuotannossa rajattiin tässä työssä koskemaan haketusta ja hakkeen kuljetusta Elenia Lämpö Oy:n voimalaitokselle sekä energiapuun varastointia ennen hakettamista. Varastoinnin vaikutus hakkeen laatuun tiedetään jo tehtyjen tutkimusten perusteella olevan merkittävä, mutta haketuksen ja kuljetuksen vaikutusta laatuun ei ole tutkittu yhtä tarkkaan.

Tässä opinnäytetyössä kerätyt kuormakohtaiset tiedot toimivat taustatietoina Puupolttoaineen laadunvarmistus opinnäytetyössä Reeta Jalonen (2017). Jalonen keskittyi opinnäytetyössään mittaamaan lämpövoimalaitokselle tuoduista hake-eristä kosteuspitoisuuksia sekä palakokoja-kaumaa. Töiden loppuvaiheessa mittaustuloksia verrattiin maastossa tehtyihin ennakkohavaintoihin, jotta pystyttiin vetämään johtopäätöksiä, mitkä tekijät vaikuttivat minkäkin verran puupolttoaineen laatuun.

Opinnäytetyössäni seurattiin eniten metsätähdehakekuormia, sillä metsätähdehakkeen laatu vaihtelee eniten ja sen laatuun pystytään ennakolettamuksen mukaan vaikuttamaan parhaiten. Myös kokopuuhake-eriä seurattiin, sillä niidenkin laadun vaihtelua ja vaikutustekijöitä haluttiin selvittää. Kokopuu- ja rankahake-erien osalta pyrittiin myös selvittämään terminaalivarastoinnin merkitystä hakkeen laatuun verrattuna tienvarsihakeuksiin. Kantomursketta seurattiin vähemmän, sillä sitä noudettiin suoraan terminaaleista valmiiksi murskattuna eikä laatuun kantomurskeen tuottamisen tässä vaiheessa voida enää juuri vaikuttaa. Rankahakkeen laatu on yleisesti hyvää eikä rankahake-eriä tullut seurattavaksi.

2 ENERGIAPUU

Energiapuu on puunjalostukseen kelpaamatonta puuta, jota käytetään lämmöntuottamiseen lämpövoimalaitoksissa. Energiapuuna käytetään yleisimmin kokopuuta, latvusmassaa, karsittua rankaa ja kantomursketta.

2.1 Kokopuu

Kokopuu tarkoittaa oksineen kerättyä yleensä pieniläpimittaista puuta. Tällöin hakkeeksi päätyvät niin runko, oksat kuin mahdolliset neulaset ja lehdetkin. Kokopuuta kerätään yleisimmin nuoren metsän hoitokohteilta ja pellonreunoilta giljotiinikouralla varustetuilla metsäkoneilla. Nykyään yleistymässä on myös integroitu korjuu, jossa kerätään samalta hakkuulta sekä ainespuuta että kokopuuta. Kokopuu (Kuva 1.) varastoidaan ja hake-tetaan yleensä suoraan tienvarressa, sillä sen kuljettaminen terminaaleihin on kalliimpaa oksien viemän tilan takia. (Koistinen 2016.)



Kuva 1. Kokopuuta tienvarsivarastossa. (kuva: Arminen 2017)

2.2 Karsittu ranka

Karsittua rankaa (Kuva 2, s.4) tehdään paksummista puista kuin kokopuuta. Karsittu ranka voidaan varastoida ja kuljettaa samalla tavalla kuin normaali ainespuukin. Karsitusta rangasta tulee kaikkein parhaimman laatuista haketta, sillä hake muodostuu vain puun rungosta. Karsitusta rangasta tehtävä rankahake soveltuu hyvän laatunsa vuoksi kaikkein pienimmellekin lämpövoimaloille. (Alakangas & Impola 2014.)



Kuva 2. Kasa karsittua rankaa (kuva: Arminen 2017)

2.3 Metsätähde

Latvusmassasta käytetään usein myös nimeä metsätähde tai hakkuutähde. Latvusmassaa (Kuva 3.) kerätään yleisimmin avohakattavista kuusikoista. Se sisältää puun oksat sekä latvaosan. Metsätähteestä tehdyn metsätähdehakkeen laatu vaihtelee eniten ja sen laatu on eniten riippuvainen onnistuneesta varastopaikkasta ja palstakuivatuksesta. (Bioenergianeuvoja 2017.)



Kuva 3. Metsätähdekasa

2.4 Kantomurske

Kantomursketta tehdään uudistushakkuualoilta nostetuista kannoista. Kantomurske vaatii huolellisen putsamisen, että ei murskeen mukana

mene liikaa palamatonta maata. (Kuva 4.) Kantomurskeessa palakoko vaihtelee valmistustavan vuoksi paljon, mutta yleisesti lämpöarvo on hyvä. (Koistinen 2016.)



Kuva 4. Putsaamatonta kantoa (kuva: Arminen 2017)

3 LOGISTIIKKA ENERGIAPUUN KULJETUKSESSA

Logistiseen ketjuun opinnäytetyössä kuuluu energiapuun varastointi, haketus ja hakkeen kuljetus Elenia Lämpö Oy:n voimalaitokseen sekä osittain myös varsinainen energiapuun korjuu ja lähikuljetus tienvarteen.

3.1 Kokopuuhakkeen tuottaminen

Kokopuut varastoidaan yleensä tienvarteen suoraan haketuspaikalle. Tienvarressa hakkuri hakettaa kokopuut suoraan hakeauton kyytiin. Hakeauto kuljettaa hakkeen eteenpäin voimalaitokselle poltettavaksi. Toinen vähemmän käytetty vaihtoehto on kuljettaa tukkiautolla kokopuupaalit terminaaleihin hakettavaksi. Kokopuiden paalaamiseen tarvitaan kuitenkin Fixteri, joiden käyttö ei ole yleistynyt merkittävästi. Kuten kaikilla energiapuujukeilla, myös kokopuulla varastopaikan valinnalla on suuri merkitys kasan kuivumiseen. Varaston paikan tulee olla aukea, jotta tuuli pääsee kuivattamaan kasaa. Toinen tärkeä tekijä on kasan peittäminen peittopaperilla suojaan sateelta. Peittämättömästä kasasta tuleva hake on keskimäärin 5–10 % kosteampaa kuin kunnolla peitellystä kasasta hakettava. Varastointiaika ennen haketusta olisi hyvä pitää alle kahdessa vuodessa lahoamisen välttämiseksi. (Bioenergianeuvoja 2017.)

3.2 Rankahakkeen tuottaminen

Rankahaketta (Kuva 5., s.7.) haketetaan karsituista rangoista, jotka ovat joko liian pieniä teollisuuskäyttöön tai laadullisesti kelpaamattomia. Rangat voidaan hakettaa suoraan tienvarressa tai kuljettaa terminaaleihin odottamaan hakettamista. Terminaaleihin ajatut rankakasat muodostavat hakeyrityksille varmuusvarastoja kelirikkoaikojen ajaksi. Karsitun rangan kuljettaminen ei eroa ainespuun kuljettamisesta, joten kuljetus tehdään tukkiautolla. Karsittu ranka säilyttää energiasisältönsä järeytensä ansiosta pidempään kuin kokopuu tai metsätähde. Lisäksi jo kuivunut ranka ei kastu sateessa eikä talvella niin paljon kuin hakkuutähteet. (Koistinen 2016.)



Kuva 5. Rankahaketta (kuva: Arminen 2017)

3.3 Metsätähdehakkeen tuottaminen

Metsätähteet haketetaan yleensä aina tienvarressa, sillä niiden kuljettaminen terminaaleihin tai suoraan käyttöpaikalle on kustannustehotonta metsätähteen huonon irtokuutiotalavuuden vuoksi. Metsätähdehakkeen laadulle tärkeää on, että metsätähteet korjataan ensin palstakasoihin kuivumaan ja vasta neulasten irtoamisen jälkeen ne voidaan ajaa tienvarsivarastoon. Jos metsätähteet ajetaan tuoreina varastoon, tulee suurin osa neulasista mukaan hakkeeseen. Neulaset eivät ole toivottuja hakkeeseen, sillä ne nostavat hakkeen hienoainespitoisuutta merkittävästi. Neulaset sitovat itseensä vettä ja sitä kautta nostavat hakkeen kosteusprosenttia. Metsätähdettä ei normaalisti kelpuuteta tuoreeltaan lämpölaitoksille, sillä vihreät neulaset sisältävät klooria ja rikkiä, jotka aiheuttavat korroosiot polttokattilassa. Tienvarsivarastossa metsätähteet tulee saada suojaan saateelta sekä riittävän ilmavaan paikkaan, että tuuli auttaa kuivattamisessa. (Koistinen 2016.)

3.4 Kantomurskeen tuottaminen

Muista energiapuujukeista poiketen kantoja ei haketeta vaan ne murskataan. Murskaimessa kaksi ruuvimaista murskaintelaa pyörivät toisiaan vasten murskaten välistä kulkeutuvan puuaineen. Kannot voidaan murskata joko terminaalissa tai suoraan tienvarressa. (Kärkimurskaus Oy n.d.)

Kantoja nostetaan avohakkuualoilta kaivinkoneella hakkuutähteiden lähikuljetuksen jälkeen. Kannot suositellaan kuivatettavan palstakasoilla ennen kuljetusta tienvarteen. Palstakasoilla kannot kuivuvat paremmin mutta myös puhdistuvat sateen avulla ylimääräisestä maa-aineksesta. Mikäli kannot kuljetetaan vielä tienvarsivarastosta terminaaliin murskattavaksi, puhdistuvat kannot vielä paremmin niitä liikuteltaessa. (Viitasaari 2013.)

3.5 Energiapuun varastointi

Tärkeimmät energiapuun kuivumiseen vaikuttavat tekijät ovat varastopaikka ja varasto. Hyvän varastopaikan tekijät ovat yhteiset kaikille energiapuujukeille. Varastopaikan tulisi olla kuivapohjainen, aukea, tuulinen, muuta ympäristöä korkeammalla sekä päin etelästä paistavaa aurinkoa. Näistä vähiten vaikutusta on etelästä paistavalla auringolla, joten varaston suunnasta tingitään ensimmäisenä varastopaikkaa suunniteltaessa. Varastopaikka tulee olla kantavan tien varressa tai reitti varastolle täytyy jäädyttää. Varastopaikan tulee olla myös raivattu tyhjäksi, ettei haketettaessa kulkeutuisi kiviä hakkuriin pienten puiden juurien mukana. (Lepistö 2010.)

3.5.1 Tienvarsivarastointi

Hyvä varasto on selvästi ilmassa maasta aluspuiden avulla. Aluspuiden tulee olla tarpeeksi järeitä ja riittävän tiheästi estääkseen kasaa painumasta maahan. Varastokasan tulee olla riittävän korkea ja ilmava. Jos kasa on matala, on sateessa kastuvien pintapuiden osuus kokonaispuumäärästä suurempi ja tämän takia koko kasan kosteusprosentti kasvaa. Kasan tulee olla malliltaan hieman etunojassa, sillä kuivuessaan se muuten notkahtaa taaksepäin ja koko kasa altistuu sateelle. Päällimmäisistä energiapuista tehdään lisäksi sateelta suojaava lippa.

Tärkeä tekijä varaston kuivumiselle on kasan peittäminen. Kasa suojataan sateelta peitepaperilla, joka haketetaan hakkeen sekaan. Peittäminen vähentää veden lisäksi myös lumen ja jään pääsyä hakkeen sekaan. Peitepaperin tulee olla niin leveää, että se peittää sekä latvukset että ylettyy vielä taittumaan kasan etureunan yli. Tällöin koko varastokasa pysyy hyvin suojassa sateelta. Peittämisen merkitys korostuu metsätähteen varastoinnissa, sillä metsätähde kastuu sateessa suhteessa eniten. (Lepistö 2010.)

3.5.2 Terminaalivarastointi

Energiapuuta voidaan myös varastoida ja hakettaa terminaaleissa. Terminaalit tehostavat haketusta, sillä energiapuuta on saatavilla suuret määrät samassa paikassa. Terminaalit toimivat myös kelirikkoajan varmuusvarastoina turvaten toimitusvarmuuden myös silloin, kun metsäteiden varteen ei päästä hakettamaan. Terminaalissa hakkeen laatua pystytään kontrolloimaan paremmin sekoittamalla märkää haketta kuivan sekaan. Tällöin hakkeen laatu on tasaisempi eikä yksittäinen hake-erä ole liian märkää poltettavaksi. Hakkeen laadulle tärkeää olisi, että terminaalin pohja olisi asfaltoitu kivien hakkuriin joutumisen välttämiseksi. Jos energiapuut haketetaan terminaalissa maahan kasalle valmiiksi, on asfaltoidusta alustasta erityisen paljon hyötyä. Asfaltoidulta pohjalta hake voidaan pyöräkoneella kuormata aivan pohjaa myöten hakeauton kyytiin, eikä terminaaliin pääse syntymään pyöräkoneen renkaiden alla tiivistyvää ja kastuvaa hakekerosta. (Juntunen 2016.)

4 PUUPOLTTOAINEEN LAATUTEKIJÄT

Hakkeen laadulle keskeisimmät tekijät ovat sen kosteus ja palakoko. Kostea polttoaine tuottaa vähemmän lämpöenergiaa kuin kuiva polttoaine lämpövoimalan polttoprosessissa. Oikein märkä puupolttoaine aiheuttaa pakkasella ongelmia jäätyessään hakeauton hakekonttiin jumiin tai pahimmillaan jumittaen lämpölaitoksen polttoaineen kuljettimet. Puupolttoaineen palakokojakauma pyritään pitämään mahdollisimman tasaisena siten, että hienoaineksen ja ylisuurien puun kappaleiden osuus olisi mahdollisimman pieni. Ylisuuret puunkappaleet voivat jumittaa polttoaineen kuljettimet. Hienoaines sitoo itseensä vettä ja nostaa siten puupolttoaineen kosteuspitoisuutta. Polttoprosessissa hienoainesta ei pystytä hyödyntämään tehokkaasti.

Elenia Lämpö Oy on määrittänyt jokaisen puupolttoaineentoimittajansa kanssa kullekin puupolttoaineelle omat laatuvaatimuksensa. Näiden vaatimusten toteuttamiseksi molemmat sopijaosapuolet ovat allekirjoittaneet laadunvarmistustodistukset, jotka on laadittu sekä toimittaja että polttoainekohtaisesti. Laadunvarmistustodistukset on laadittu käyttäen ohje-
nuorana Puupolttoaineiden laatuohjetta. (Kärkäs 2017.)

5 TYÖMENETELMÄT

Tämä tutkimuksellinen opinnäytetyö toteutettiin laadullisena tutkimuksena. Työn tiedot ja havainnot kerättiin haastattelemalla hakkurin ja hakeauton kuljettajia suoraan haketuspaikoilla sekä tekemällä havaintoja heidän työstään. Opinnäytetyötä varten olin seuraamassa haketusta maastossa kolmen haketusyrittäjän mukana, jotka hakettivat kuormansa neljän puupolttoaineen toimittajan energiapuukasoista. Seurattavana oli yhteensä 53 puupolttoainekuromaa, joista 39 kuormaa metsätähdehaketta, 11 kuormaa kokopuuhaketta ja 3 kuormaa kantomursketta. Varastojen taustatiedot selvitettiin varastosta riippuen joko maanomistajalta, toimittajan hakeyrittäjälle antamista tiedoista tai selvitettiin energiapuun toimittajalta. Haketuspaikalla tehtiin havaintoja varastopaikan valinnasta, varaston rakenteesta sekä mahdollisista puutteista. Haketuksen aikana tehtiin silmämääräistä arviointia hakkeen kosteudesta ja epäpuhtauksista kassassa. Lisäksi haketuksen yhteydessä kysyttiin hakkurin kuljettajalta hänen mielipiteitä hake-erän laadusta, hakkurin terien kunnosta ja huomioita varastosta yleisesti. Hakkurin kuljettajan antamia hake-erien kosteusarvioita verrattiin Reeta Jalosen opinnäytetyössään kuormanäytteistä mittaamiin kosteusarvioihin. Huomiota kiinnitettiin lumisena aikana mahdolliseen peitepaperista saatavaan hyötyyn lumen ohjaamisessa pois haketuksen yhteydessä.

6 HAVAINNOT

6.1 Toimittaja A

Toimittaja A:lta oli seurannassa 7 kuormaa kokopuuhaketta. Kuormista vain 2 oli peitetystä kasasta tehtyjä. Nämä peitetyn varaston kuormat arvioitiin jo hakettaessa kuiviksi, mikä pitikin paikkansa, sillä kosteusprosentit olivat 43,71 % ja 39,77 %. Varastot olivat iältään vaihtelevia; vanhin kasa oli yli neljä vuotta vanha. Tämä vanhin kasa osoittautui kuitenkin hakettaessa, vastoin ennako-odotuksia, yllättävän kuivaksi. Sen kosteuspitoisuus oli vain 38,70 %. Toimittaja A:lta kaikkien seurantaerien kosteudet olivat sallituissa rajoissa. Hienoainespitoisuus oli odotetusti kahden kuorman osalta liian korkea. Nämä kuormat tehtiin samasta varastokasasta, joka oli ajettu tienvarsivarastoon heti tuoreeltaan. Korkea hienoainespitoisuus selittyi neulasten joutumisella hakkeen sekaan.

6.2 Toimittaja B

Toimittaja B:ltä oli seurattavana 5 kuormaa metsätähdehaketta ja terminaalista tuotavia kantomurskakuormia 3 kappaletta. Seurantaan osuneet metsätähdekasat olivat kaikki peittämättömiä. Isoin kosteusprosentti toimittaja B:ltä (65,41 %) tuli odotetusti peittämättömästä metsätähdekasasta, joka oli tehty tiheän kuusikon viereen. Kasassa ei myöskään ollut aluspuita ja alimmat havut olivat jäätyneet maahan kiinni. Varastopaikan valinnan merkitys näkyi selkeästi myös kahden samaan aikaan tehtyjen varastojen hakkeen laadussa. Toinen kasa oli mäen päällä aukeahkolla paikalla ja toinen mäen alla montussa isomman metsän ympäröimänä. Mäen päältä tehdyn kuorman kosteus oli 45,77 % ja mäen alta tehdyn 53,72 %. Iältään toimittaja B:n varastot olivat hiukan yli vuoden vanhoja mutta kasojen peittämättömyys näkyi laadussa. Parhaimmankin erän kosteus oli 44,35 %. Yhden kuorman palakokojakaumassa oli metsätähteelle poikkeuksellisen paljon 100mm:n koeseulaan jäänyttä haketta (6,43 % näytteen painosta). Tämä on varsin outoa, sillä hakkuriin oli juuri vaihdettu uudet terät ja varastokasakin oli osittain järeämpää lehtipuuta. Kaikkien seurattujen metsätähdehakekuormien hienoainespitoisuudet (20,09–24,68 %) olivat paljon toimittajalle sallittua 5% maksimipitoisuutta korkeammat.

Kantomurskaa toimittaja B:ltä tuli terminaalista. Terminaali oli perinteisen mallinen avoin ja asfaltoimaton kenttä, jossa kannot olivat jo valmiiksi murskattuja. Kantomurske oli varsin huonosti puhdistunutta ja seassa oli paljon hiekkaa ja savea. Tämä myös näkyi näytteiden korkeissa hienoainespitoisuuksissa, jotka olivat 12,29–17,29%. Kannot olivat kuitenkin kosteusprosenttiltaan hyviä, 32,62–37,80%, joten kantojen kuivatus ennen murskausta oli onnistunut.

6.3 Toimittaja C

Toimittaja C:ltä oli seurattuna 4 kuormaa kokopuuhaketta ja 13 kuormaa metsätähdehaketta. Seurantaan osuneet kokopuuuormat tehtiin kokopuuksi poikkeuksellisen järeistä yli 20cm läpimitaltaan olevista järven rannalta kerätyistä lehtipuista. Kaikki kolme varastoa olivat peiteltyjä, avoimella paikalla ja varustettu kohtuullisilla aluspuilla. Hakkeen laatu oli hakkurin kuljettajan arvion mukaan erinomaista eikä näytteissäkään yllätyksiä tullut. Kosteudet 28,42–34,08 % olivat kokopuulle hyvällä tasolla ja hienoainespitoisuuskin oli puun järeiden ansiosta alle 6 %.

Toimittaja C:n metsätähdehakekuormista 1 haketettiin terminaalissa ja loput 12 kuormaa tievarsihaketuksena. Terminaalissa haketettu kuorma tehtiin peittelemättömästä ja hyvin sekalaisesta ja suuresta kasasta, jossa oli normaalin metsätähteen lisäksi seassa suuria puunrunkoja. Kasassa oli kaiken laatuista metsätähdettä aina tuoreista jo mädäntyneisiin asti, ja kuljettajan arvion mukaan kosteus vaihteli suuresti. Puut terminaaliiin oli kasattu pienistä eristä ympäri kaupunkia ja kyseisen terminaalien tehtävä olikin enemmän koota haketettavaa materiaalia yhteen paikkaan, kuin parantaa toimitusvarmuutta ja laatua. Vastoin ennako-odotuksia, kuormanäyte osoittautui hyvinkin kuivaksi (kosteusprosentti 26,37 %). Hienoainespitoisuus oli suuresta neulasten määrästä johtuen kuitenkin todella korkea 36,85%.

Tienvarsihaketusten osalta toimittaja C:n varastokasat olivat kahta kasaa lukuun ottamatta peiteltyjä. Nuo kaksi kasaa olivat myös vanhimmat hakettavat kasat (hieman alle kolme vuotta) tämän toimittajan osalta. Toinen metsätähdekasoista oli alkanut jo mädäntymään. Kosteuden osalta näytteistä mitattiin kuitenkin ihan kelvolliset tulokset 34,63 % ja 50,48 %.

Peiteltyjen kasojen osalta laatu vaihteli lähinnä varastopaikasta johtuen. Eniten huomautettavaa toimittajan kasoissa oli puuttuvissa aluspuissa ja kasat olisivat voineet olla korkeampia. Kasoista moni oli tehty myös kivisiin paikkoihin ja aluspuiden puutteesta johtuen kiviä kulkeutui myös hakkuriin asti tylsyttyä hakkurin teriä. Peiteltyjen kasojen kosteudet vaihtelivat välillä 26,97–50,66 %. Hienoainespitoisuus ylitti jokaisen seuratun ja tien varresta haketettuna metsätähdekuorman osalta toimittajalle sallitun 10 %:n rajan, vaihdellen välillä 10,89–34,15 %.

6.4 Toimittaja D

Toimittaja D:ltä seurattavana oli 21 kuormaa metsätähdehaketta. Toimittaja D:ltä seurattavaksi osuneet metsätähdekasat olivat lähes aina peiteltyjä ja palstakuivatettuja laadukkaan näköisiä kasoja. Vain kaksi kasaa oli jäänyt peittämättä. Iältään kasat olivat keskimäärin alle vuoden vanhoja ja vanhinkin alle kaksi vuotta. Hakkurikuskat olivat yleisesti tyytyväisiä toimittajan metsätähdekasoihin ja kertoivat kasojen tuoreuden olevan lähes aina sopivaa haketukseen. Hakkurin kuljettajat arvioivat tekemänsä hakkeen

hyvälaatuisiksi ja kosteudeltaan sopivaksi. Arviot osuivat oikeaan ja kaikkein kosteimmankin hake-erän kosteus (53,40 %) mahtui sovittuihin rajoihin. Seurattujen erien kosteus oli keskimäärin 41,66 % jota voidaan pitää metsätähteelle hyvänä lukuna. Varastoissa huomautettavaa oli lähinnä aluspuiden puuttuminen kaikista metsätähdekasoista sekä muutaman kasan notkahtaminen taakse päin.

Hakkurin terien terävyyden merkitys palakokoon tuli erään kasan näytteissä hyvin esiin. Ensimmäisen kuorman näytteessä yli 100mm pitkien palojen osuus oli alle 0,03 %. Toisen kuorman aikana hakkuriin meni metsätähteen mukana kiviä ja hakkurin kuljettaja kertoikin, että terät ovat nyt liian tylsät. Toisen kuorman näytteessä yli 100mm pitkien osuus näytteestä oli jo 5,04 %. Terät vaihdettiin uusiin ennen seuraavaa kuormaa ja samasta kasasta tehdyn kolmannen kuorman näytteestä yli 100mm kappaleiden osuus putosi taas normaaliin, noin yhden prosentin tasoon.

Hienoaineksen osuus sen sijaan oli jokaisessa mitatussa seurantaerässä enemmän kuin toimittajan laadunvarmistustodistuksessa sovittu 15 % enimmäisosuus huolimatta siitä, että suurin osa kasoista oli palstakuivatettuja.

7 POHDINTA

Opinnäytetyötä tehdessäni pääsin näkemään hyvin erilaatuisia varastokasoja. Osa oli tehty hyvin laadukkaasti ja osa taas näytti siltä, että metsätähteen lähikuljetuksen tehnyt ajomies ei ole voinut tietää, millainen hyvän metsätähteen varastokasan tulee olla. Peitepaperin käyttöä eivät kaikki toimittajat olleet ottaneet tavakseen, ja se näkyi selkeästi hake-erien kosteudessa.

Työn aikana huomattiin, että toimittajien varastokasoista puuttuvat hyvin usein aluspuut. Tämä vaikuttaa puupolttoaineen laatuun heikentävästi sekä kosteuden että palakoon osalta. Varastokasat eivät kuivu kunnolla, kun ilma ei pääse kasassa kiertämään, ja pahimmillaan alimmaisiet puut ovat vedessä. Aluspuiden puuttumisen takia hakkuriin kulkeutuu helposti teriä tylsyttäviä kiviä alimmaisten puiden mukana. Tämä nostaa liian isojen puun kappaleiden osuutta hakkeessa. Parannusehdotuksena olisi käyttää aluspuina haketukseen kelpaavia energiapuurankoja, joita yleensä jokaiselta hakkuulta tulee.

Hakkurin kuljettajien arviot hakkeen kosteudesta ja puhtaudesta olivat hyviä ja hakkurinkuljettajat tuntuivat tietävän, milloin hakkurin terät tulee vaihtaa uusiin. Myös hakeauton kuljettajat tiesivät kuorman painosta, jos hake-erä oli poikkeuksellisen märkää. Tätä voisi hyödyntää ohjeistamalla kuljettajia purkamaan poikkeuksellisen kosteat hakekuormat pihaan, jossa ne voidaan sekoittaa kuivemman hakkeen sekaan ja saada tasalaatuisempaa puupolttoainetta.

Peitepaperin hyötyä lumen pois ohjaamisessa haketuksessa tutkittiin. Osa hakkurikuskeista oli sitä mieltä, että osan lumesta pystyy karistamaan pois paperin avulla. Käytännössä kuitenkin peitepaperit olivat niin heikkoja, että paperin avulla ei voinut liikuttaa paksua lumikerrosta pois kasasta ja oli vain hyväksyttävä, että lunta tulee hakkeen mukaan. Peiteltyjen kasojen hakenäytteet olivat joka tapauksessa kuivempia kuin peittelemättömien, vaikka lunta olisi hakkeen mukaan tullut. Peittelemättömissä kasoissa suurin osa lumesta tulee hakkeen mukaan eikä hakkurin kuljettajan ole mahdollista ravistella joka puuta erikseen, jotta haketus on sujuvaa. Peittelemättömät kasat olisi hyvä saada haketettua lämpimänä vuodenaikana, jolloin peittelemättömänkin kasan kosteus on vielä kohtuullisella tasolla ja paremman laatuiset peitettyt kasat säästyisivät talvihaketuksiin.

Opinnäytetyön aiheeni hakkurin kuljettajan ja hakeauton kuljettajan vaikutusmahdollisuudet hakkeen ja kantomurskeen laatuun perimmäinen kysymys oli, voiko hakkeen laatuun vaikuttaa logistiikalla. Vastaus tähän ei ole yksiselitteinen. Kosteuden osalta vastaus on ei merkittävässä määrin. Varastokasan kosteuden ratkaisee hyvin pitkälle, miten, milloin ja mihin varasto on tehty. Haketettaessa kosteuteen ei enää voida vaikuttaa muu-

ten kuin jättämällä märät kohdat kokonaan hakettamatta, mikä ei normaalisti ole mahdollista, sillä varastopaikka jäisi todella huonon näköiseksi. Hakeauton kuljettaja ei voi hakkeen laatuun vaikuttaa muuten kuin ilmoittamalla poikkeuksellisen kosteasta erästä lämpövoimalan valvomoon. Lämpövoimalan polttoainekentällä kosteat erät voitaisiin sekoittaa kuivempiin. Monet kuljettajat kokivat kynnyksen ilmoituksen tekemiselle valvomoon olevan korkea, ja siksi ilmoitukset jäivät herkästi tekemättä. Kuljettajia tulisi rohkaista parempaan yhteistyöhön lämpövoimalan henkilöstön kanssa.

Hakkeen palakokoon voidaan vaikuttaa merkittävästi ylisuurien kappaleiden osalta. Hakkurin kuljettajan vastuulla on, että hakkurin terät ovat kunnossa ja että ne vaihdetaan uusiin teriin tarpeeksi nopeasti tylsymisen jälkeen. Kun hakkurin terät ovat kunnossa, ei haketuksessa juuri pääse syntymään liian isoja puun kappaleita. Hienoaineksen osuuteen hakkeessa sen sijaan ei voida juuri vaikuttaa enää haketuksen aikana. Suurin osa hienoaineksesta koostuu neulasista ja ne päätyvät hakkeen sekaan, mikäli puut on ajettu neulasineen varastokasalle. Huomion arvoista on se, että myös palstakuivatetut metsätähdehake-erät ylittivät sallitut hienoainespitoisuudet.

LÄHTEET

Alakangas, E & Impola, R (toim; 2014). Puupolttoaineiden laatuohje VTT-M-07608-13-päivitys 2014. Haettu 16.10.2017 www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2014/VTT-M-07608-13_2014_%20update.pdf

Bioenergianeuvoja (2017). Energiapuun varastointi. Haettu 1.11.2017 osoitteesta <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/energiapuun-varastointi>

Elenia Lämpö Oy (2017). Tietoa Elenia-konsernista. Haettu 17.10.2017 osoitteesta http://www.elenia.fi/yritys/elenia_info

Juntunen, R. & Luiro, J-P. (2016). Biomassaterminaali – esiselvityshanke 2015 loppuraportti. Tapion raportteja nro 6. Haettu 4.12.2017 osoitteesta http://www.tapio.fi/wp-content/uploads/2016/03/Biomassaterminaalit-esiselvitys-loppuraportti_final.pdf

Koistinen, A., Luiro, J-P. & Vanhatalo, K. (toim; 2016). Metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen, työopas. Tapion julkaisuja. Haettu 18.10.2017 http://www.metsanhoitosuosituksset.fi/wp-content/uploads/2017/05/Metsanhoidon_suosituksset_energiapuun_korjuuseen_Tapio_2016_C.pdf

Kärkimurskaus Oy (n.d). Murskaimen toimintakuvaus. Haettu 24.10.2017 <http://www.karkimurskaus.fi/Murskaimen-toiminta.php>
Lähteiden väliin jätetään yksi tyhjä rivi.

Lepistö, T. (toim; 2010). Laatuhakkeen tuotanto-opas 2. painos Kehittyvä metsäenergia-hanke. Metsäkeskus. Haettu 2.12.2017 osoitteesta http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/laatuhakkeen_tuotanto-opas_2.painos.pdf

Viitasaari, T. (toim; 2013). Energiapuuta päätehakkuulta-opas. Metsäkeskus. Haettu 7.12.2017 osoitteesta www.puulakeus.net/docs/109-bKw-energiapuuta_paatehakkuulta_opas_web.pdf

Kärkäs, K. (2017). Elenia Lämpö Oy:n polttoainehankintapäällikön haastattelu 30.11.2017 Tuulos.

