KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

Risto Muje

RANGAN JA MURSKEEN TERMINAALIKUIVATUS

Opinnäytetyö 2012

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalous
RISTO MUJE

Rangan ja murskeen terminaalikuivatus
Opinnäytetyö 36 sivua
Työn ohjaaja Lehtori Jyri Mulari
Toimeksiantaja Stora Enso Oyj
Toukokuu 2012
Avainsanat kuiva-aine, ranka ja energiasisältö

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää saadaanko rankamurskeen käsittelyllä terminaalissa hyötyä kuivamiseen ja voidaanko terminaalissa vaikuttaa rankapuun kuivamisnopeuteen verrattuna normaaliin tienvarsivarastoon. Tutkimuksessa laskettiin myös murskekasojen kuiva-ainehäviö.

Opinnäytetyö aineisto kerättiin 28.5.2010 – 20.8.2010. Tutkimuksessa kerättiin tietoa kahdesta rankakasasta ja neljästä murskekasasta joista kolme sijaitsivat Porvoon terminaalikentällä ja yksi Vantaalla tienvarsivarastona. Murskekasoista mitattiin kolmena päivänä viikossa kosteus ja rankakasoista kerran viikossa. Asetelmana kentällä oli tiivistetty rankamurskekasa, tiivistämätön rankamurskekasa, käsiteltävä rankamurskekasa, peitollinen rankakasa ja peitetty rankakasa. Käsiteltävää murskekasaa käsiteltiin pyöräkuormaajalla kuorimalla kasan sivuilta 10 - 30 cm paksu kerros pois ja kasaamalla otettu murske uudeksi kasaksi. Tutkimuksessa kerättiin tietoa säästä kolmelta eri asemalta. Tulokset osoittivat parhaiten kuivuneeksi eräksi rankakasan joka oli peittopaperilla peitetty. Peitetty rankakasa kuivui 47,4 – 21,6 prosenttiyksikköön kun tienvarsivarastossa oleva ranka kuivui 50,5 – 30 prosenttiyksikköön. Käsiteltävä murske kasa kuivui 45,57 – 28,9 prosenttiyksikköön. Kuiva-ainehäviötä oli eniten tiivistetyssä murskekasassa ja vähintä se oli käsitellyssä murskekasassa.

Voidaan todeta että käsittelemällä mursketta saadaan tuloksia jotka puoltavat käsittelyn hyötyjä. Terminaali toimii hyvin pelkän rangan energiaarvon nostajana jonka osoittaa tutkimuksessa olleen rankakasan kuivuminen ryhmän kuivimmaksi eräksi ja energia arvoltaan korkeimmaksi.

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Forestry

RISTO MUJE	Terminal Drying of Trunk and Wood Chippings
Bachelor's Thesis	36 pages
Supervisor	Jyri Mulari Lecturer
Commissioned by	Stora Enso Oyj
May 2012	
Keywords	dry material, crushed pine and energy content

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate what benefits we can get from the terminal drying of crushed long length logs and whether we can affect the speed of long length log drying in terminal, compared to normal roadside store. The dry matter loss of piles crushed was also calculated in the study.

The thesis material was collected during 28 May 2010 – 20 August 2010. Data was collected for the survey from two stud piles and four crushed piles, three of which are located in Porvoo, and one was a roadside store in Vantaa. The humidity was measured on three days a week from crushed piles and once a week from long length log piles. On the ground there were a sealed crushed pile, an unsealed crushed pile, a crushed pile to be treated, a covered long length log pile and an uncovered pile of long length logs. The crushed pile to be treated was treated with a tractor by peeling a 10-30 cm thick layer off from the sides and the peeled layer was stacked on a new pile. The investigation gathered information from three different stations. The result showed the driest pile was a long length log pile that was covered with an overlay paper. The covered pile dried up to 47,4 – 21,6 percentage points, when roadside storage long length logs dried up to 50.5 – 30 percentage points. The crushed pile to be treated dried up to 45,57 – 28,9 percentage points.

Dry matter loss was biggest in the concentrated pile and smallest in the treated crushed pile. It can be concluded that when crushed pile is treated we get results that support the benefits of treatment. The terminal also serves well as a riser of the energy value of long length log. This was indicated by the fact that the pile of long length logs became the driest of them all in the research.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO 6

1.1 Tutkimuksen tausta 6

1.2 Tausta 6

2 TAUSTATUTKIMUSTA BIOPOLTTOAINEEN KUIVAMISESTA 7

2.1 Puun vedensitomiskyky 7

3 SUOMEN METSÄT JA METSÄENERGIAN HANKINTA 7

3.1 Suomen metsät 7

3.2 Metsäenergian korjuu 8

3.3 Metsäenergian varastointi 8

3.4 Metsähake ja haketusmenetelmät 8

3.4.1 Palstahaketusjärjestelmä 9

3.4.2 Välivarastohaketusjärjestelmä 9

3.4.3 Terminaali- ja käyttöpaikkahaketusjärjestelmä 10

3.5 Kaukokuljetusjärjestelmät 10

4 STORA ENSON METSÄENERGIAN HANKINTA 11

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS 11

5.1 Tutkimuksen tavoite 11

5.2 Tutkimusongelmat 11

5.3 Aineiston keruu ja käsittely 12

5.3.1 Terminalin murskekasojen käsittely 12

5.3.2 Rankakasojen asetelma kentällä 13

5.4 Sääolosuhteet seuranta jaksonaikana 14

5.5 Kuivatuserien kosteuspitoisuuden selvitys 15

5.5.1 Murskeen kosteuden mittaus seurantajakson aikana 15

5.5.2 Rankakasojen mittaus seurantajakson aikana 15

5.6 Kuivatuserien energiasisältö 17
5.7 Kustannukset 18
5.8 Kannattavuus 18

6 TULOKSET 18

6.1 Sääolosuhteet seurantajakson aikana 18
6.2 Kuivatuserien kosteus seurantajakson aikana 20
6.3 Kuivatuserien energiasisällön muutos seurantajakson aikana 23
6.4 Kuivatuserien tuoretiheyden muutos 24
6.5 Eri varastointi menetelmien vaikutus jakeen energiasisältöön 25
6.6 Rankamurskaerien kuiva-aine tappiot 26
6.7 Kustannukset 27
6.8 Kannattavuus 29

7 TULOSTEN TARKASTELU 30

7.1 Sääolosuhteet seurantajakson aikana 30
7.2 Kuivatuserien kosteuskehitys seurantajakson aikana 30
7.3 Kuivatuserien energiasisällön muutos 31
7.4 Ranka murska erien kuiva-aine tappiot 32
7.5 Kustannukset 33
7.6 Kannattavuus 33
7.7 Havaintoja tutkimuksesta 33

8 JOHTOPÄÄTÖKSET 34

LÄHTEET 36

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Storan Enson energiajakeiden toimitusmäärien kasvu energialaitoksille tuo kysymyksiä jakeiden toimitusarvosta ja niistä saatavasta rahallisesta hinnasta. Mitä kuivempaa murskaa sen paremmin siitä maksetaan.

Tutkimus sai alkunsa Stora Enson Orimattilan toimistolta kokouksessa, jossa mietittiin keinoja saada terminaalissa kuivempaa haketta.

1.2 Tausta

Bioenergia on energiaa, jota saadaan biomassasta, jota ovat kasvit, kasvipohjainen aines, kuten hakkuutähde ja puu, teollisuuden jätepuu, biojätteet, teollisuuden puupohjaiset jäteliemet ja pelloilla viljeltävät kasvit. Näistä voidaan tehdä energiaa tällaisenaan tai ne voidaan jatkojalostaa briketeiksi tai pelleteiksi. [1.]

Viidennes suomen kokonaisenergia kulutuksesta katetaan puuperäisillä polttoaineilla, joista noin puolet on metsäteollisuuden mustalipeää eli jätelientä. Puuperäisten polttoaineiden osuus metsäteollisuudessa on vielä tätäkin suurempi. Metsäteollisuuden polttoaineista on vuodesta 1999 lähtien ollut yli 70 prosenttia puuperäistä polttoainetta.[1.]

Maatiloilla, omakotitaloissa ja mökeillä poltetaan puuta noin 5,2 miljoonaa kuutiometriä ja jätepuuta noin miljoonaa kuutiometriä joka vuosi. Tämä määrä kattaa pientalojen lämmitysenergiasta 40 prosenttia. [1.]

Metsäenergiaa ovat hakkuutähteet ja kannot eli energiapuusta saatavaa energiaa. Metsäenergia on vain siis osa puuperäisestä energiasta. Noin viisi prosenttia energian koko kulutuksesta katetaan Suomessa metsäenergialla. Myös metsähakkeen käyttö energiatuotannossa on kasvanut huomattavasti. Vuonna 1997 metsähaketta korjattiin talteen 0,2 miljoonaa kuutiometriä. Käyttö oli kivunnut jo yli kolmeen miljoonaan kuutiometriin. Melkein 90 prosenttia metsähakkeesta käytetään lämpö ja voimalaitoksissa. [1.]

Suomella on tavoite lisätä metsäenergian käyttöä vuoteen 2015 mennessä kahdeksaan miljoonaan kuutiometriin. Euroopan unionin tavoite on että 2020 vuoteen mennessä viidennes tulisi uusiutuvista energian lähteistä. [1.]

Tavoitteena oli selvittää kuinka paljon hakkeen käsittelyllä pystytään nopeuttamaan kuivumista terminaalissa. Toisena tavoitteena oli tutkia terminaali olosuhteita verrattuna tienvarsivarastointiin.[1.]

2 TAUSTATUTKIMUSTA BIOPOLTTOAINEEN KUIVAMISESTA

Kuivauksella saavutetaan monia etuja. Suuri vaikutus kosteudella on biopolttoaineen lämpöarvoon, joka kosteuden lisääntyessä pienenee. Kun kosteus on 50 %, sen lämpöarvo on 8.1 MJ/kg. Jos biopolttoainetta kuivataan, siten että sen kosteus on 20 %, sen lämpöarvo on 14,5 MJ/kg. Lämpöarvon nousulla biopolttoaineen energiasisältö nousee n.12 %. Biopolttoaineessa tapahtuva energiamäärän nousu perustuu vesimäärän pienenemiseen.[2.]

2.1 Puun vedensitomiskyky

Puuaine on hygroskooppinen eli vettä imevä aine, joka pystyy sitomaan sitä ympäröivän kaasuseoksen (esim. ilman) vesihöyryä. Kutakin lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta vastaa puuaineen tasapainokosteus, jossa siihen tulevan ja siitä poistuvan vesihöyryn määrä on yhtä suuri. [3.]

Puuaineen tasapainokosteus eli hygroskooppinen tasapainopiste on erilainen sen mukaan, onko puun kosteus lisääntymässä vai vähenemässä. Tasapainokosteus on kosteuden vähetessä korkeampi kuin silloin, kun se on saamassa kosteutta.[3.]

3 SUOMEN METSÄT JA METSÄENERGIAN HANKINTA

3.1 Suomen metsät

Suomi on maapinta-alaan suhteutettuna Euroopan metsäisin valtio. Suomessa on noin 23 miljoonaa hehtaaria metsää mikä tarkoittaa että 2/3 Suomen pinta-alasta on metsän peitossa. Suomen metsien puusto on suurimmaksi osaksi havupuuta. Mänty on ylivoimaisesti yleisin (noin 50 %) ja kuusen vastaava prosentti on 30 %. Koivu on lehti-

puista hallitseva ja sen osuus on 16 %. Metsien vuosikasvu on kasvanut 80 % ja puuvaranto 43 % verrattuna 1950-luvun alkuun. Vuonna 2008 Suomen metsien vuotuinen kasvu oli 99 miljoonaa kuutiometriä. Metsävarat lisääntyvät jatkuvasti. Vuonna 2008 vuotuinen poistuma jäi noin 70 prosenttiin vuotuisesta kasvusta. [4.]

3.2 Metsäenergian korjuu

Metsäenergiaa korjataan yleensä kuusikoiden uudistusalojen hakkuutähteistä. Nuoren metsän kunnostuksesta kerätään myös energiapuuta. Kohteet ovat yleensä reheviä paljon lehtipuita kasvavia metsiköitä. Metsänuudistamisaloilta kerätään myös kantoja energiaksi.

3.3 Metsäenergian varastointi

Metsäenergia varastoidaan monin eri tavoin. Hakkuutähteet ajetaan tienvarteen kasoille joissa ne kuivuvat noin vuoden ennen kuin ne viedään haketettavaksi. Haketuksen jälkeen hake ajetaan kasalle tai aumaan terminaaliin. Terminaaleihin varastointi on koko ajan yleisempää. Tämä helpottaa huomattavasti isojen erien käsittelyä.

3.4 Metsähake ja haketusmenetelmät

Metsähake on nimitys suoraan metsästä energiakäyttöön tuleville hakkeille haketuspaikasta riippumatta. Hake on koneellisesti haketettua puuta, jota käytetään omakotitalojen automaattisissa puulämmityslaitteissa, aluelämpölaitoksissa, kiinteistöjen nykyaikaisissa automaattisissa puulämmityslaitteissa, aluelämpölaitoksissa ja teollisuuden lämpö- ja voimalaitoksissa ja kaupunkien sekä teollisuuden lämpö- ja voimalaitoksissa. [5.]

Hakkuutähteiden ja kantojen pilkkomiseen käytetään yleensä joko murskainta tai hakkuria. Murskainta käytetään erikokoisille ja epäpuhtauksia sisältäville biomassajakeille kuten ruokohelpeille, kannoille ja runkopuulle. Hakkuria käytetään yleensä latvusmassalle ja pienpuulle. Polttokelpoiseen muotoon käytetään yleensä joko hakkuria täi murskainta. Hakkuria käytetään usein latvusmassalle ja pienpuulle. [5.]

3.4.1 Palstahaketusjärjestelmä

Palstahaketusjärjestelmässä erilaiset hakkuutähteet korjataan kasoista, jotka ovat muodostuneet palstalle kasoille hakkuun yhteydessä. Palstahakkurin koneena toimii maatalous- tai metsätraktori ja yksikkö käsittää hakkurin lisäksi 20 irtokuutiometrin kokoisen säiliön mihin hake ohjataan. Säiliön täyttyessä yksikkö ajetaan tien varteen, jossa hake kipataan vaihtolavalle. Palstahaketusjärjestelmässä hakkuutähteet korjataan hakkuutähdekasoista, jotka ovat muodostuneet hakkuualalle kasoille hakkuun yhteydessä. Palstahakkurin alustakoneena on maatalous- tai metsätraktori ja yksikkö käsittää hakkurin lisäksi noin 20 irtokuutiometrin kokoisen säiliön, jonne hake syötetään. Säiliön täyttyessä koneyksikkö ajetaan metsästä tien varteen, jossa valmis hake kipataan palstahakkurista yleensä maahan laskettuun vaihtolavaan. [6.]

Suurin etu palstahaketusjärjestelmässä on se, että siinä pystytään vapautumaan niin sanotusta hakkurin ja kaukokuljetuksen kuumasta ketjusta. Palstahaketuksen hyviä puolia on myös, että sitä pystytään toteuttamaan pienemmillä kohteilla koska sama kone hoitaa haketuksen ja kuljetuksen tienvarteen. [6.]

3.4.2 Välivarastohaketusjärjestelmä

Välivarastomenetelmässä metsätraktorilla tai maataloustraktorilla ajetaan hakkuutähteet ja kannot tienvarteen niin sanottuun välivarastoon, jossa niiden annetaan kuivua vuoden päivät, ennen kuin ne ajetaan eteenpäin. Välivarastossa kasa peitetään peittopaperilla syyssateiden ja lumen takia. Varastopaikkaa mietittäessä pitää ottaa huomioon että hakkuri pääsee hakettamaan eikä hakkurin ollessa paikalla tiellä kulkijoille synny ylimääräistä vaivaa. Menetelmän hyvänä puolena on, että se soveltuu monenlaiseen ja kokoiseen haketoimitukseen. Menetelmän suurin heikkous on se, että hakkuri ja hakkeen kuljetuksessa käytettävä kalusto ovat aina kiinteästi yhteydessä toisiinsa, jolloin puhutaan niin sanotusta “kuumasta ketjusta”. Syntyy helposti tilanne missä hakkuri joutuu odottamaan hakeautoa tyhjennysten välillä, mikä ei ole kustannustehokasta. Todennäköisesti välivarastohaketusjärjestelmä on niin sanottu pysyvä menetelmä. [7.]

3.4.3 Terminaali- ja käyttöpaikkahaketusjärjestelmä

Suurimpana ja isoimpana erona välivarastohaketusjärjestelmään verrattuna terminaali- tai käyttöpaikkahaketusjärjestelmässä on se, että raaka-aine viedään kaukokuljetuksena tienvarsivarastopaikalta haketuspaikalle irtorisuina tai hakkuutähdepaaleina. Terminaalihaketuksessa käytetään usein suuria hakkureita ja vielä useammin murskaimia. [8.]

Isojen ja tehokkaiden hakkureiden ja murskainten volyymi on suuri ja käyttökustannukset suhteellisen alhaiset. Näiden hankintakulut ovat kuitenkin suuria. Tehokkaaseen autoalustaiseen murskaimeen tai hakkuriin, puhumattakaan kiinteästä käyttöpaikkamurskaimesta, ei ole taloudellisesti järkevää sijoittaa, ellei koneiden käyttömäärä vuodessa ole todella suuri. Käytännössä kiinteitä käyttöpaikkamurskaimia ei ole kuin suurimpien voimalaitosten yhteydessä. [8.]

3.5 Kaukokuljetusjärjestelmät

Yleisin maanteillä nähtävä kuljetusväline kuljetettaessa hakkuutähdehaketta on kiinteäkuormatilallinen kuorma-auto joko ilman perävaunua tai perävaunullisena. Hake ohjataan hakkurista syöttötorvea pitkin lavalle joko takalaitaan tehdystä syöttöreiästä tai kuormatilan päältä. Hake puretaan itse käyttöpaikalla kuormatilan pohjassa olevaa ketjupurkainta käyttäen tai joissakin tapauksissa sivusta kippaamalla. Kiinteäkuormatilaisten täysperävaunullisten hakeautojen kuljetuskapasiteetti on noin 120 irtokuutiota. Märkä hakkuutähde kumminkin painaa sen verran, että tätä harvoin saadaan täyteen. [9.]

Kiinteäkuormatilaisten autojen käytön hyviä puolia ovat esimerkiksi ne seikat että autoja varten suunniteltuja purkupaikkoja on paljon ja kuorma puretaan nopeasti. [9.]

Kiinteäkuormatilallisten suurimmat käytännön ongelmat ovat niin sanotun ”kuuman ketjun” muodostuminen joka aiheuttaa pitkiä odotusaikoja, perävaunuyhdistelmän huono ajettavuus metsäautoteillä sekä kuormauksen ongelmallisuus. [9.]

Metsähakkeen kaukokuljetuksessa on Suomessa käytössä muutama hakkurikonttiauto. Autoissa yhdistyvät hakkuri ja kuljetusväline samassa paketissa. Hakkurikonttiautojen käytön isoimmat hyödyt ovat eri työvaiheiden yhdistämisestä johtuvat aika- ja rahalliset säästöt. [9.]

Suomessa käytetään myös hakkurikonttiautoja, kantoautoja ja niin sanottuja paaliautoja. [9.]

4 STORA ENSON METSÄENERGIAN HANKINTA

Stora Enso hankkii metsäenergiansa suurimmaksi osaksi yksityisiltä maanomistajilta päätehakkuun yhteydessä. Päätehakkuulta kerätään latvat, oksat ja kannot. Stora Enso toimittaa metsäenergiaa Etelä-Savon energia, Mikkeli; Suur-Savon sähkö, Savonlinna; Jyväskylän energia, jyväskylä; Biowatti, tienvarsimyynti; Fortum, Joensuu ja Hanko; Vapo, Forssa, Vattenfall, Myllykoski ja Hämeenlinna. Myös Porvoon energialle Stora Enso toimittaa haketta [11.]

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

5.1 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoite oli selvittää terminaalikuivatuksen vaikutusta rangan kuivumiseen verrattuna normaaliin tienvarsivarastointiin. Tavoitteena oli selvittää, saadaanko erilaisella hakkeiden käsittelyllä tehostettua ja nostettua hakkeen ja rangan lämpöarvoa. Tutkimuksessa oli myös tavoitteena seurata kuiva-ainehäviötä murske erissä.

5.2 Tutkimusongelmat

- Voidaanko energiapuun kuivumista tehostaa varastointimenetelmällä?
- Pystytäänkö hakkeen lämpöarvoa nostamaan käsittelemällä haketta terminaalissa?
- Onko terminaalitoiminnasta hyötyä rahallisesti?
- Onko terminaalissa käytännöllistä toimia?
- Onko rangan kuivuminen terminaalissa tehokkaampaa kuin tienvarressa?
- Kuivaako pelkkä ranka paremmin kuin murske?
- Kuinka paljon kuiva-ainetta häviää murskekasoista?

5.3 Aineiston keruu ja käsittely

Rankaerän , joka valittiin tutkimukseen täytyi olla riittävän suuri ja lähellä terminaalia, että kuljetuskustannukset eivät nousisi liian isoiksi ja määrästä saataisiin kaikki kuusi erää. Rankaerä löytyi Vantaan ympäristöstä. Tutkimuksen asetelmana oli, että terminaaliin saadaan kolme murskepatjaa ja kaksi rankapinoa. Kaikki rangat tuotiin puutavara-autoilla terminaalikentälle. Vantaalla sijaitsi kolmas rankakasa, joka edusti normaalia tienvarsikasaa. Rangat, jotka oli tarkoitus murskata, jaettiin kentällä kolmeen noin 250 m^3:n rankapinoon.

5.3.1 Terminalin murskekasojen käsittely

Murskauksen jälkeen murskekasoista kaksi levitettiin pyöräkuormaajalla muottiin 20*20*2 metriä. Toinen näistä murskekasoista tiivistettiin kaivinkoneella päällä ajaen. Toisen erän annettiin olla muotissaan. Kolmannen murskekasan annettiin olla siinä muodossa, kuin se murskaimesta tuli ulos.

Käsittelyä tehtiin käsiteltävän kasan osalta pyöräkuormaajalla kerran viikossa. Käsittelyllä otettiin kasan joka puolelta 20 - 50 cm:n kerros mursketta pois kauhalla alhaalta ylöspäin nostaen. Murskeet kuljetettiin kentälle toiseen paikkaan. Käsittely pyöräkuormaajalla kesti noin 8 minuuttia.

Murskaimena käytettiin Peterson 4700B – murskainta, jonka omistaa Petteri Pärhän biomurskaus Oy. Peterson on nopeasti pyörivä murskain, joka on kiinteävasarainen puutavaramurskain. Murskaimen caterpillar moottori tuottaa 680 hevosvoimaa. (Kuva 1)

Kuva 1 Peterson 4700B murskain

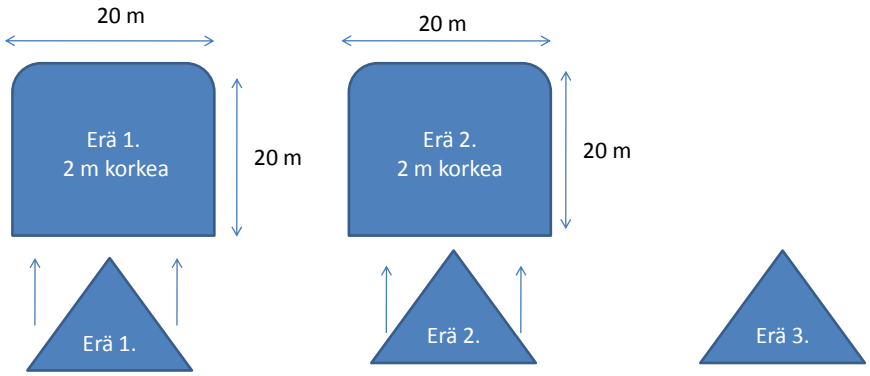
5.3.2 Rankakasojen asetelma kentällä

Kentälle tuotiin myös kaksi rankapinoa. Rankapinojen koko oli noin 50 m^3. Toinen rankapinoista peitettiin peittopaperilla ja toisen annettiin olla ilman peittoa.

Kentälle rakentui asetelma missä oli kaksi murskepatjaa, yksi murskekasa ja kaksi rankapinoa. Kentälle rakentui tutkimuksen edetessä myös neljäs murskekasa. (Kuva 2)

.

Kuva 2 Porvoon kentän koeasetelma



Haketetut erät 1-2 levitetään patjaksi

5.4 Sääolosuhteet seuranta jaksonaikana

Säätietoja hankittiin koko kymmenen viikon ajan kolmesta eri paikasta. Säätiedot 10.5.2010 – 20.8.2010 saatiin ilmatieteenlaitokselta. Porvoon Emäsalossa sijaitsevasta pisteestä pyysimme kolme arvoa lämpötilan, ilman suhteellisen kosteuden ja tuulennopeuden vuorokauden keskiarvolla. Emäsalossa oleva säähavaintotorni on lähin havaintoasema Porvoon terminaalikenttään verraten. Haarapakassa sijaitsevalta asemalta

saimme tietoja vuorokautisesta sademäärästä. Helsinki-Vantaan säähavaintopaikasta saimme tiedon päivän auringonpaisteesta.

5.5 Kuivatuserien kosteuspitoisuuden selvitys

Erille alkukosteudet saatiin ottamalla murskauksen edetessä 40 erilaista näytettä jokaisesta rankamurskeerästä ja laskemalla näistä keskiarvo. Yksi näyte otettiin keräämällä ämpäriin mursketta josta mitattiin erän kosteus piikkimittarilla. Näytteitä kerättiin useasta kohtaa murskekasaa sitä mukaa, kuin murskain kerkesi rankaa murskaamaan. Loppukosteuden mittauksessa toimittiin samalla tavalla. Ottamalla murskauksen aikana kosteusnäytteitä saatiin tarkka lukema koko kasan kosteudesta.

5.5.1 Murskeen kosteuden mittaus seurantajakson aikana

Kosteutta seurattiin murskekasoista kolmena päivänä viikossa maanantaisin, keskiviikkoisin ja perjantaisin. Kosteutta seurattiin tiivistetyn ja käsitellyn kasan sivuilta sekä päältä. Murskekasasta mitä ei käsitelty terminaalissa mitattiin ainoastaan viidestä eri kohtaa sivulta. Käsiteltyä murskekasaa mitattiin 2.7.2010 lähtien.

5.5.2 Rankakasojen mittaus seurantajakson aikana

Rankakasoista kosteus mitattiin kerran viikossa. Murskeen mittareina käytettiin Bio moisture 53 D- mittaria. Rangoista otettavalle sahanpurulle käytetty mittari oli Bio moisturen 60 D- mittari.

Purua kerättiin sahaamalla normaalilla moottorisahalla johon oli rakennettu purun keräämiskaukalo ja siihen liitettynä oleva normaali litran muovipussi. Pussin täytyttyä näyte oli valmis. Näyte siirrettiin muoviastiaan josta otettiin kolme mittausta, joista laskettiin keskiarvo. Kuvassa 3 on moottorisaha ja purunkeräyskaukalo.

Kuva 3 Moottorisaha ja purunkeräyskaukalo

Kuvassa 4 on purun kosteusmittauslaite, jonka on valmistanut Bio moisture. Laitteen käyttäminen on helppoa ja mittatarkkuus hyvä.

Kuva 4 Purumittari

Kuvassa 5 mitataan energiajakeesta kosteutta. Kuvan mittalaitteistoa käytettiin tutkimuksessa mitattaessa murskeesta kosteuksia Porvoon terminaalikentällä.

Kuva 5 murskeen mittaus

5.6 Kuivatuserien energiasisältö

Energiasisällön laskenta: Qnet ar = ((Qnet d*((100-Mar)/100)-(0,02441*Mar)) W= (Qnet ar/3,6)*m. [10.]

Qnet ar = Saapumistilaisen polttoaineen tehollinen lämpöarvo Mj/kg

Qnet d = Kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo Mj/kg. Ellei ole määritetty, niin käytetään arvoa 19Mj/kg.

Mar = Polttoaineen saapumiskosteus

0,02441 = (MJ/kg) Veden höyrytyslämmöstä aiheutuva korjaustekijä.

W= (Qnet ar/3,6)*m = Toimitetun polttoaine - erän energiamäärän määritys

W = Toimitettu energiamäärä (MWh:na)

3,6 = Muuntokerroin yksiköihin MWh/t

m = Toimitetun polttoaineen massa

5.7 Kustannukset

Kustannukset laskettiin jokaiselle erälle erikseen. Kustannuksissa otettiin huomioon kantohinta, kiinteäkustannus, korjuu, peittäminen tienvarressa, murskaus, kaukokuljetus, terminaalimurskaus, murskan käsitteleminen, terminaalipeittäminen ja terminaali toimitus.

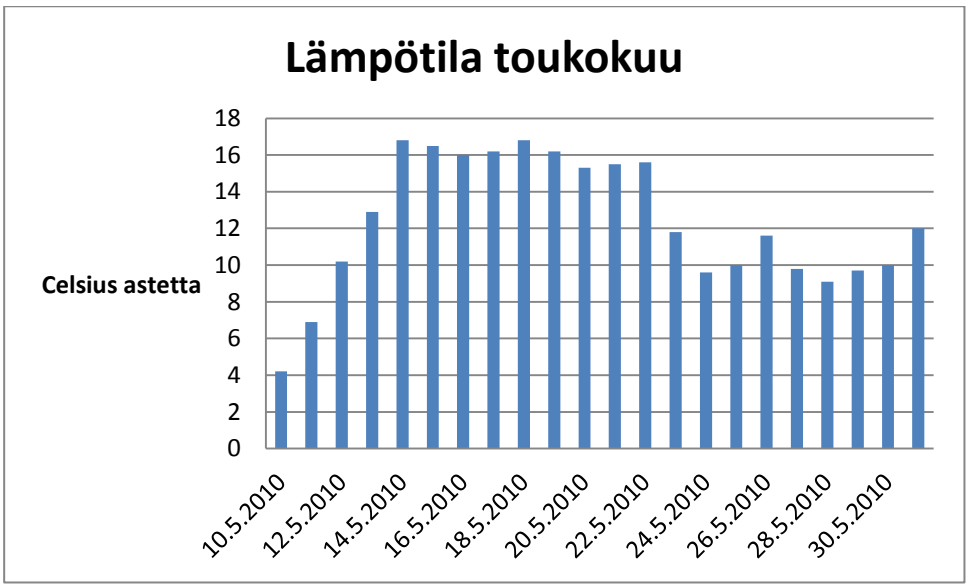
5.8 Kannattavuus

Kannattavuutta tarkasteltiin siltä kannalta kuinka paljon eristä saadaan rahallista hyötyä MWh/m^3. Laskelmissa otettiin mukaan Kemera-tuet. Kemera-tuet käsittävät seuraavat tukimuodot: energiapuun korjuu, haketustuki ja nuorenmetsänhoito. Voimalaitoshinnaksi määritettiin 19 € / MWh.

6 TULOKSET

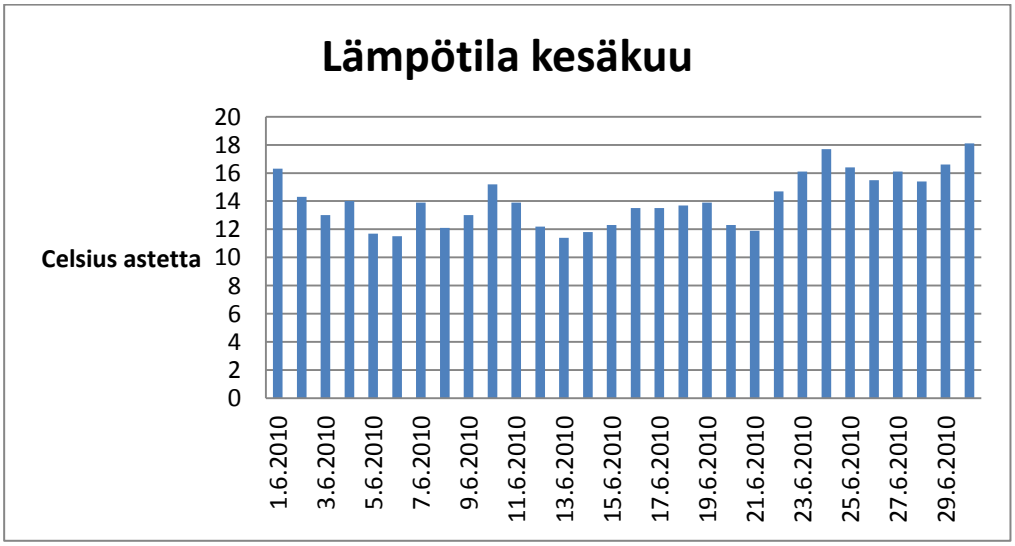
6.1 Sääolosuhteet seurantajakson aikana

Sääolosuhteet seurantajakson aikana eivät suuresti vaihdelleet. Kesä 2010 oli ennätyslämmin eikä sateitakaan ollut vuorokautisella sademäärällä mitattuna juuri mitään. Olosuhteet olivat erittäin hyvät kuivumiseen ja veden haihtumiseen. Jaksolla oli 70 päivää, jolloin haarapakan asemalle ei rekisteröitynyt yhtään millimetriä vettä. Keskilämpötila Emäsalon asemalta mitattuna oli 17,2 celsiusta koejakson aikana. Suhteellinen kosteus oli 79.33 prosenttia. Tuulta mitattiin keskimäärin 5,8 m/s. Auringon paistetunnit olivat päivässä Helsinki-Vantaalta mitattuna 9,4 tuntia vuorokaudessa.

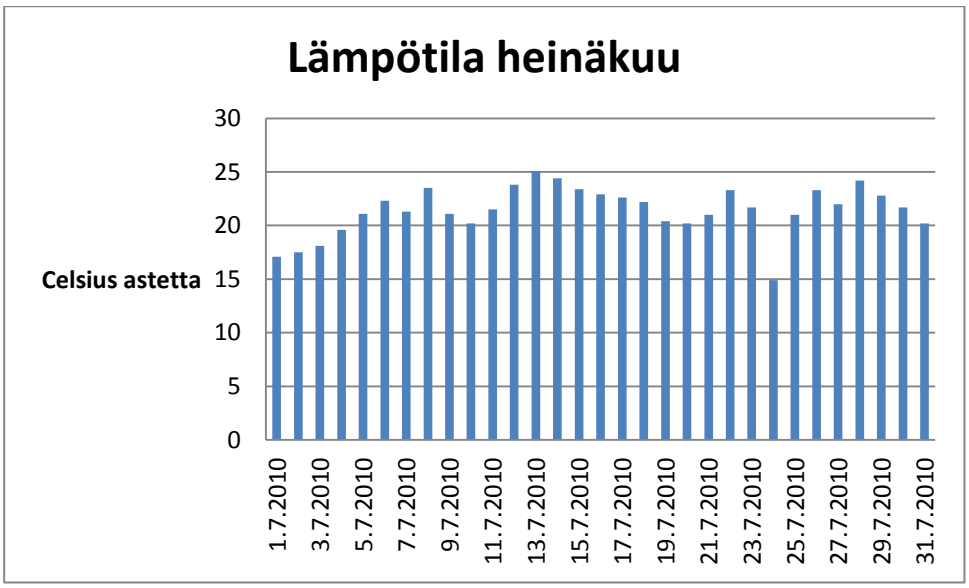


Kuva 6 toukokuun lämpötila

Kesäkuun lämpötila oli tasainen. Kesäkuun lopussa vuorokautinen keskilämpötila meni yli 18 celsius asteen.

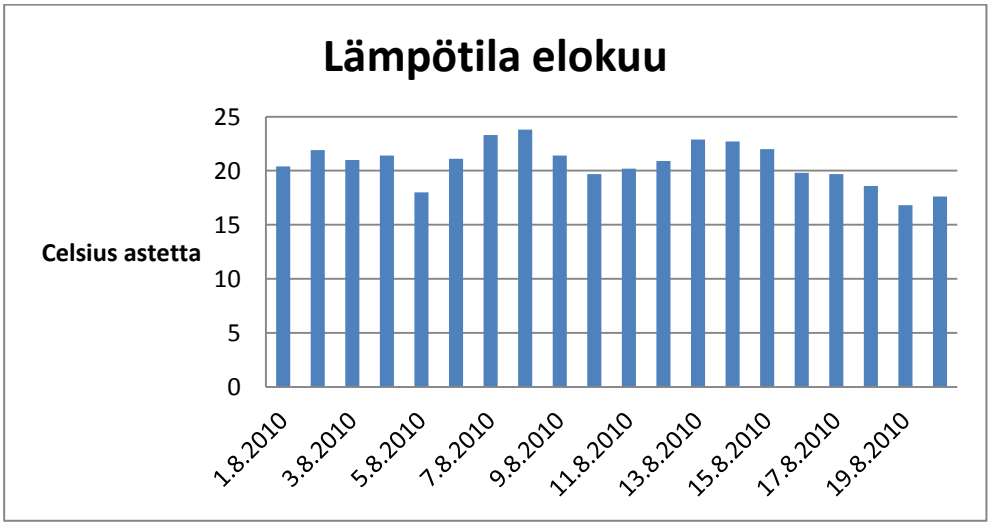


Kuva 7 kesäkuun lämpötila



Kuva 8 heinäkuun lämpötila

Heinäkuun keskilämpötilat nousivat korkeiksi viime vuosiin verrattuna. Vuorokautiset keskilämpötilat menivät yli 20 celcius asteen. (Kuva 8)



Kuva 9 elokuun lämpötila

6.2 Kuivatuserien kosteus seurantajakson aikana

Kaikkien kuivatuserien kosteus laski seurantajakson aikana, joka oli odotettua. Kuivatuserien lähtökosteuksissa oli eroja, mikä täytyi ottaa huomioon tulosten tarkastelussa.

Käsittelemättömän murskekasan lähtökosteus oli muita suurempi. Käsittelemättömän murskekasan kosteus tippui 49,6 prosenttiyksiköstä 34,6 prosenttiyksikköön. (Kuva 10)

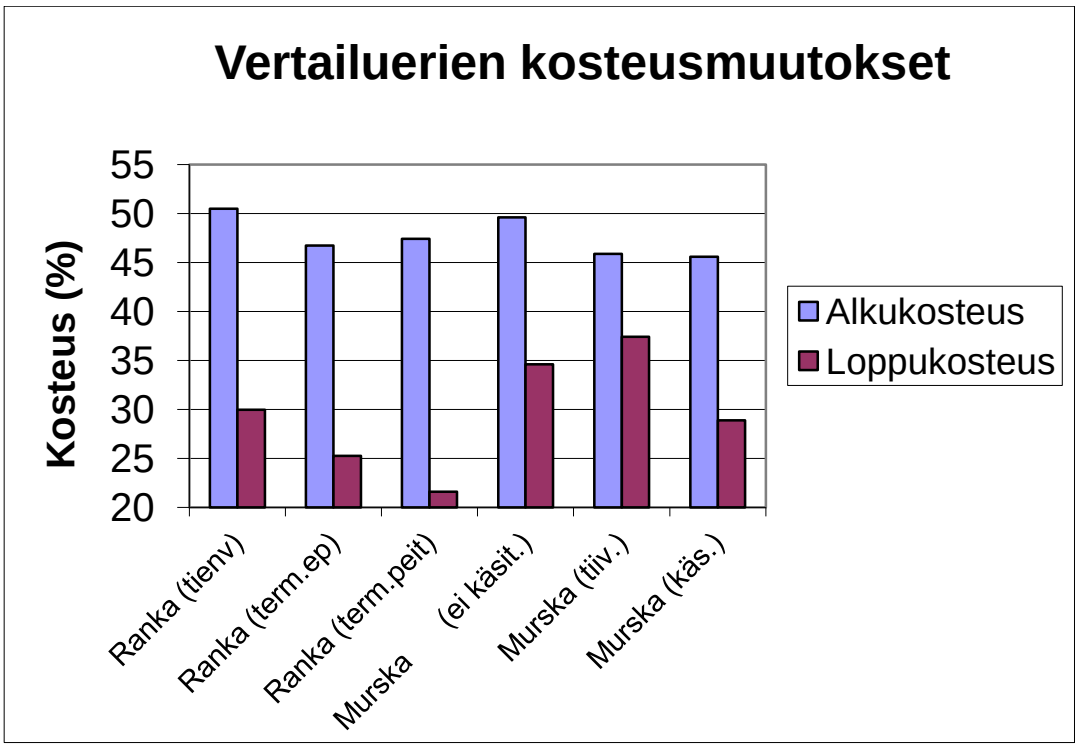
Käsitellyn murskekasan alkukosteus oli melkein sama kuin tiivistetyssä kasassa. Käsitellyn kasan kosteus tippui jakson aikana 45,57 prosenttiyksiköstä 28,6 prosenttiin. Käsitellyn murskekasan mittaukset otettiin sivuilta ja päältä. (Kuva 10)

Tiivistetyn murskekasan kosteusprosentti tippui tutkimuksen huonoiten. Kosteusprosentti laski 45,88 prosentista 37,4 prosenttiin, joka tarkoittaa ainoastaan 8,5 prosenttiyksikön tippumista tutkimuksen aikana.(Kuva 10)

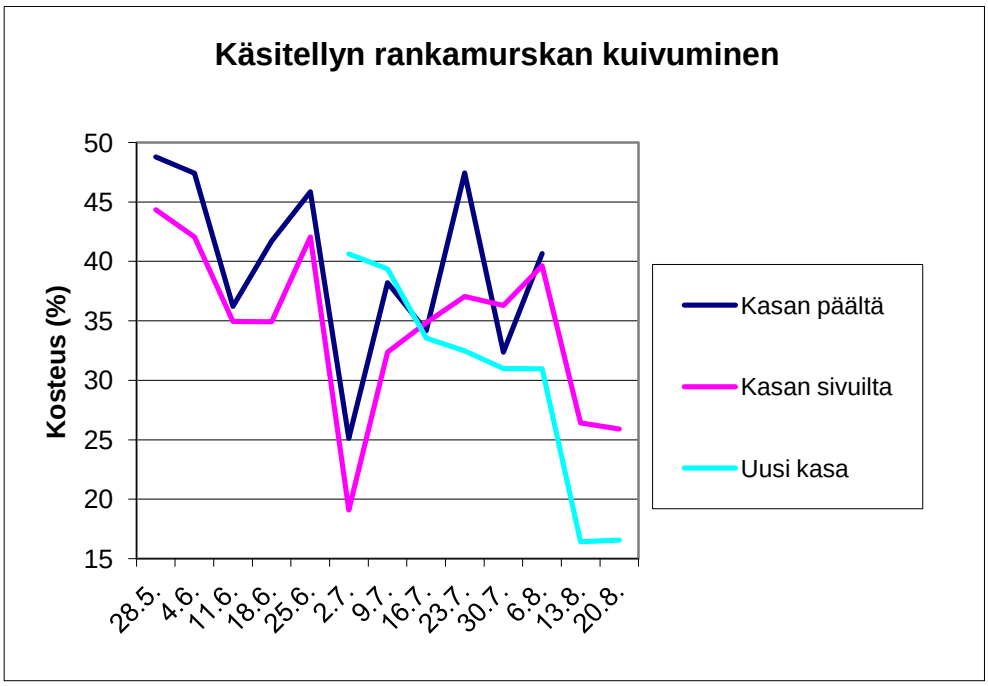
Rankakasa tienvarressa kuivui 50,5 prosentista 30 prosenttiin. Tienvarressa oleva rankakasa kuivui 20,5 prosenttia. (Kuva 10)

Peittämätön rankakasa terminaalikentällä kuivui 46,7 prosentista 25,3 prosenttiin. Kosteus laski 25,5 prosenttiyksikköä. (Kuva 10)

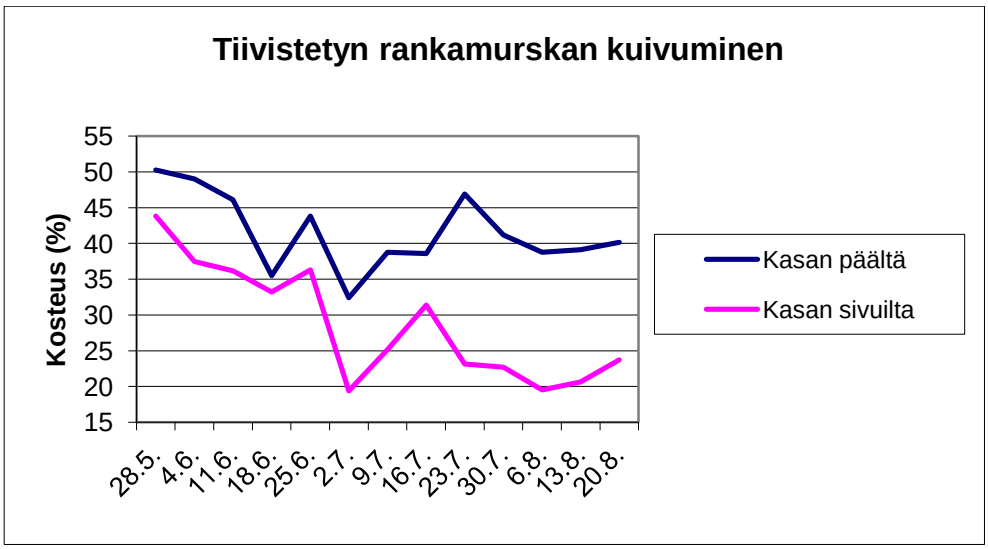
Peitetty rankakasa terminaalikentällä kuivui 47,4 prosenttiyksiköstä 21,6 prosenttiyksikköön. (Kuva 10)



Kuva 10 Vertailuerien kosteusmuutokset



Kuva 11 Käsitellyn rankamurskan kuivuminen



Kuva 12 Tiivistetyn rankamurskan kuivuminen

6.3 Kuivatuserien energiasisällön muutos seurantajakson aikana

Kaikissa tutkimuksen erissä energiasisältö kasvoi. Suurin energiasisällön kasvu tapahtui peitetyssä rankaerässä.(Kuva 13)

Käsittelemättömän murskekasan energiasisällön muutos oli 0,13 mwh/k-m3. 1,77 – 1,89 mwh/k-m3. (Kuva 14)

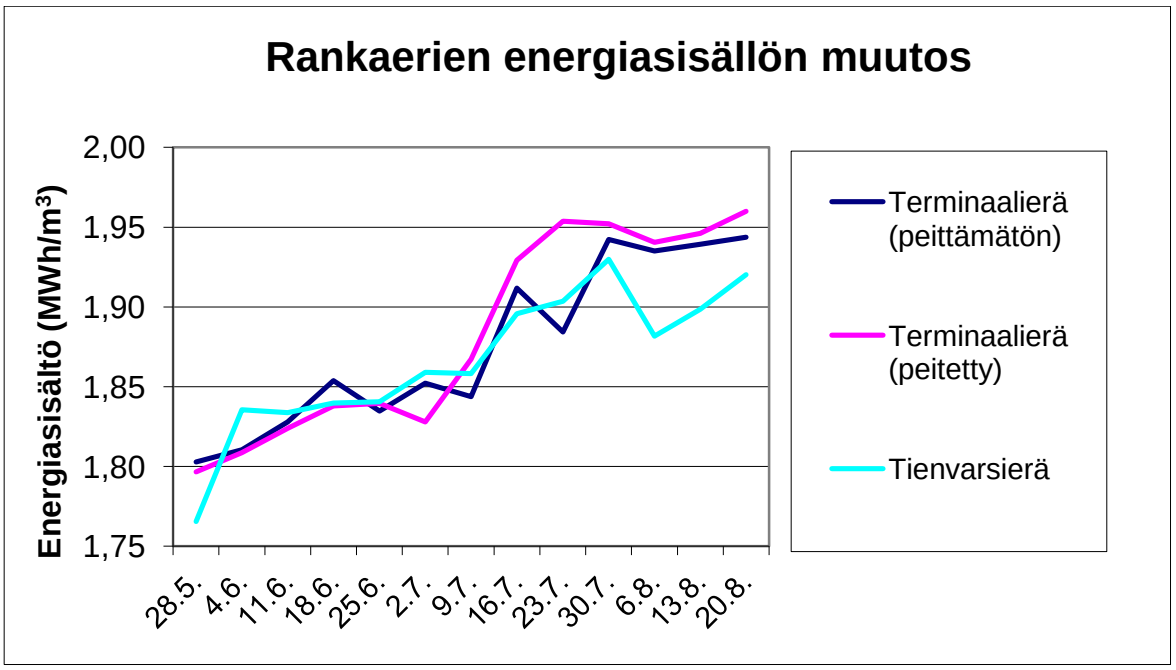
Käsitellyn murskekasan energiasisällön muutos oli 0,15 mwh/k-m3. 1,81 - 1,93 mwh/k-m3. (Kuva 14)

Tiivistetyn murskekasan energiasisällön muutos oli 0,07 mwh/k-m3. 1,81 – 1,88mwh/k-m3. (Kuva 14)

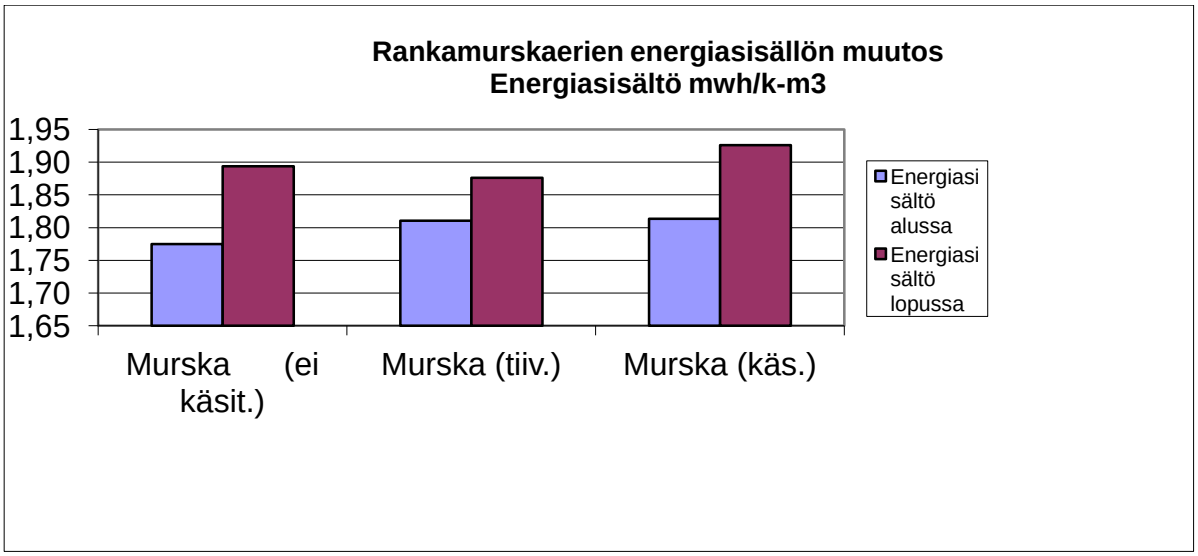
Tienvarren rankakasa energiasisällön muutos oli 0,15 mwh/k-m3. 1,77 – 1,92 mwh/k-m3. Kuva 13.(Kuva 13)

Peittämättömän rankakasan energiasisällön muutos oli 0,16 mwh/k-m3. 1,80 – 1,96mwh/k-m3. (Kuva 13)

Peitetyn rankakasan energiasisällön muutos oli 0,16 mwh/k-m3. 1,80 – 1,96mwh/k-m3. (Kuva 13)



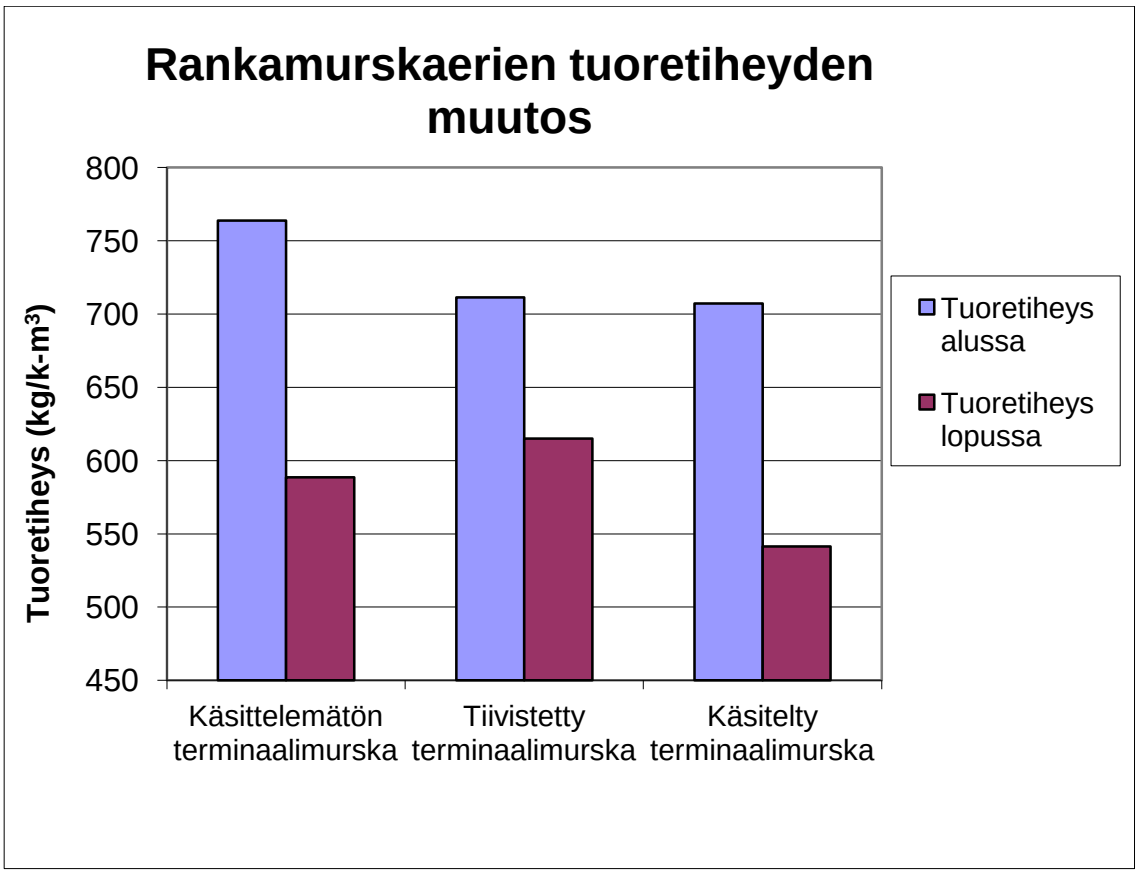
Kuva 13 Rankaerien energiasisällön muutos



Kuva 14 Rankamurskaerien energiasisällön muutos

6.4 Kuivatuserien tuoretiheyden muutos

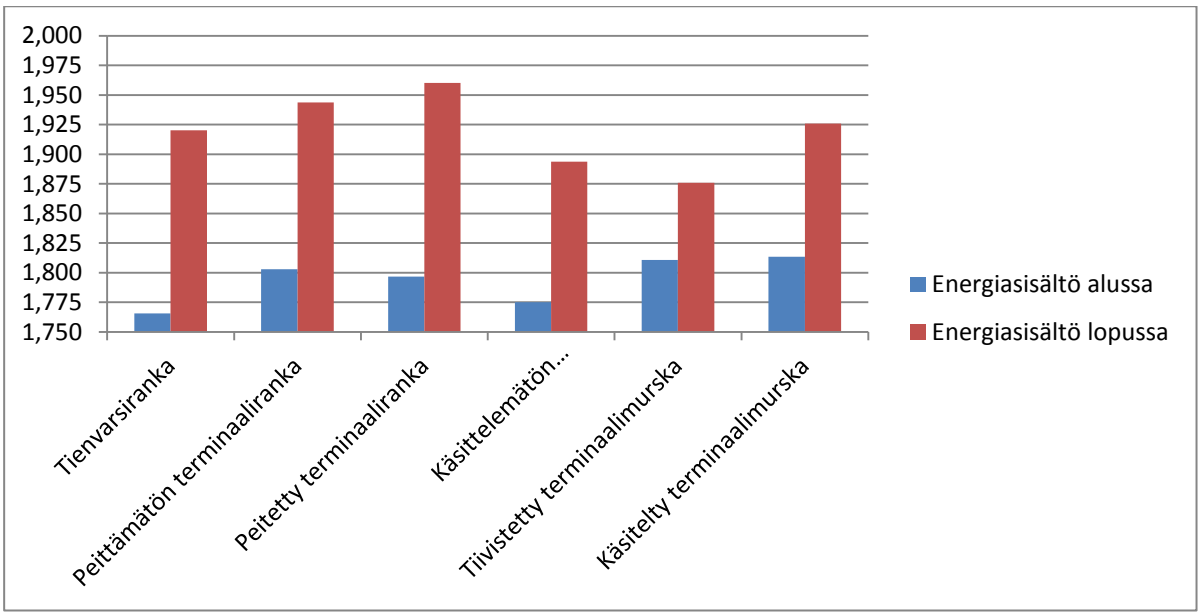
Käsitellyllä murskekasalla tuoretiheys tippui alle 550 kg/k-m3. Tiivistetty murske saavutti 610 kg/k-m3 tuoretiheyden ja ei käsitelty 590 kg/k-m3. (kuva 15)



Kuva 15 Rankamurskaerien tuoretiheyden muutos

6.5 Eri varastointi menetelmien vaikutus jakeen energiasisältöön

Kuvasta 16 näkyy hyvin kuinka paljon energiasisältö on muuttunut erissä seurantajakson aikana (kuva 16). Suurin energiasisällön nousija on peitetty terminaaliranka.



Kuva 16 Energiasisällön muutos erissä MWh/m3

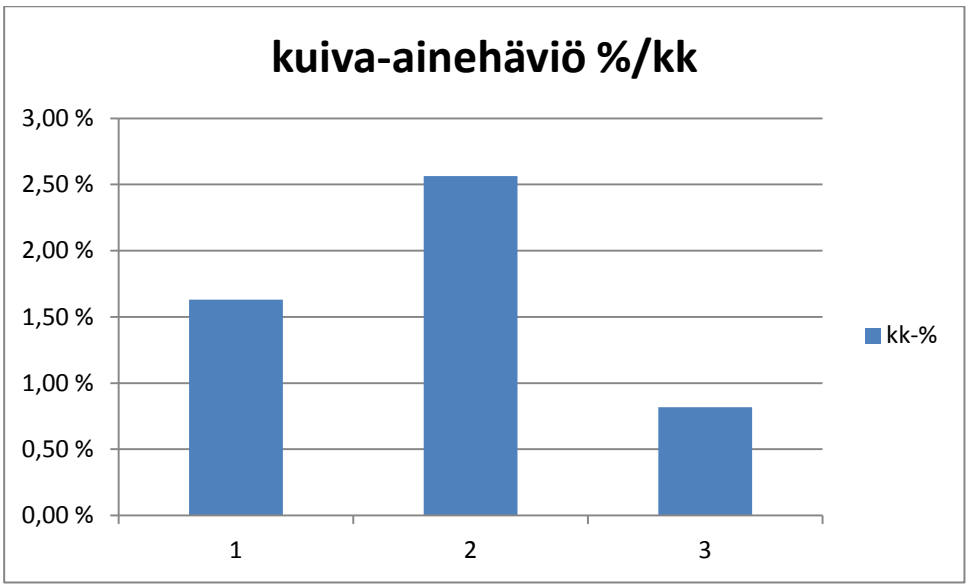
6.6 Rankamurskaerien kuiva-aine tappiot

Suurin kuiva-aine tappio syntyi tiivistetyssä kasassa. Tonneissa tappio oli 8316 kiloa. Kuukaudessa kuiva-ainehävikki oli 2,56 prosenttia ja kokonaisuudessaan 7,69 prosenttia.

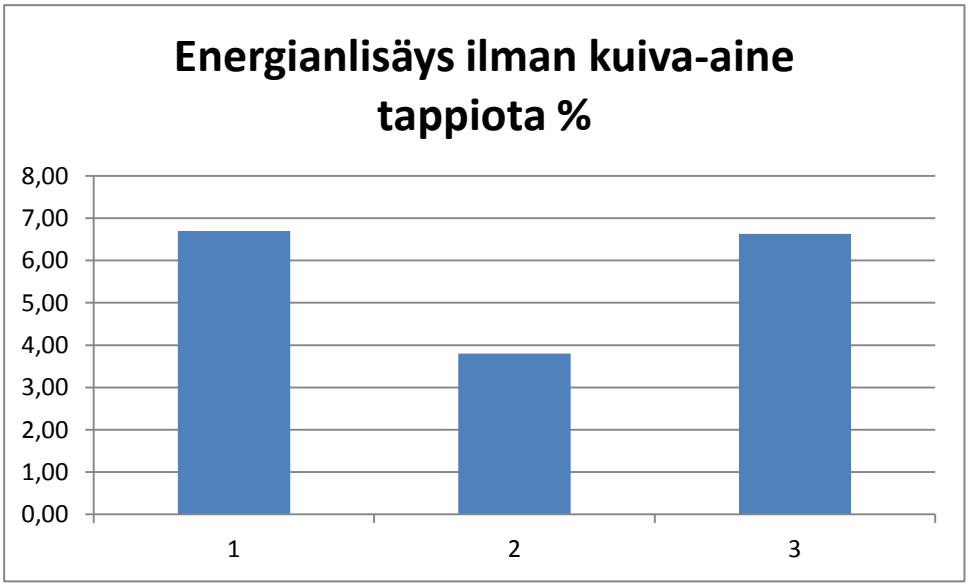
Käsitellyssä erässä kuiva-ainetta hävisi 2669 kiloa. Kuukaudessa kuiva-aine hävikki oli 0,82 prosenttia ja kokonaisuudessaan 2,46 prosenttia.

Käsittelemättömässä kasassa kuiva-ainetta hävisi 5481 kiloa. Kuukaudessa kuiva-ainetta hävikki oli 1,63 ja kokonaisuudessaan 4,89 prosenttia koko määrästä.

Kuvissa 17 ja 18 seuraavat erät ovat numeroitu: 1 käsittelemätön erä, 2 tiivistetty erä ja 3 käsitelty erä.



Kuva 17 Kuiva-ainehäviö % / kk



Kuva 18 Energianlisäys ilman kuiva-ainetappiota

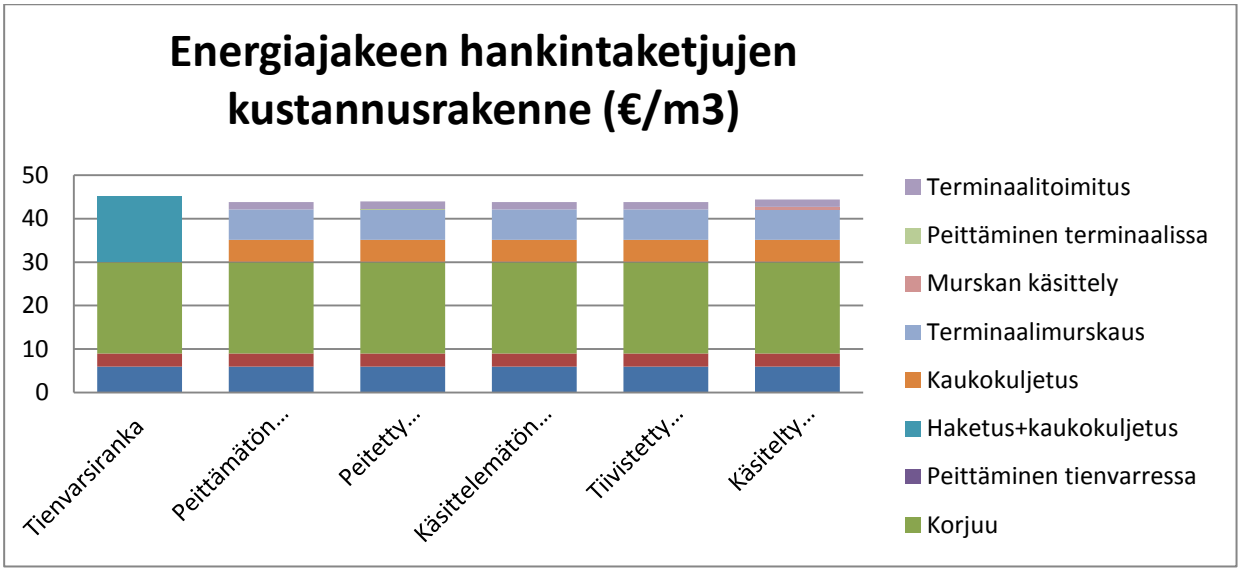
6.7 Kustannukset

Kustannuksia syntyy rangan kuljettamisesta aina tehtaan portille saakka. Alla olevassa listassa on määritelty hinnat jokaiselle työlajille. Laskelmissa ne eriytetty niille erille mistä kustannuksia tulee. Kustannukset määritettiin tiedossa olevista arvoista.

- Kantohinta = 6 €/m^3
- Kiinteät kustannukset = 3 €/m^3
- Korjuu = 21 €/m^3
- Peittäminen tienvarressa = 0,1 €/m^3

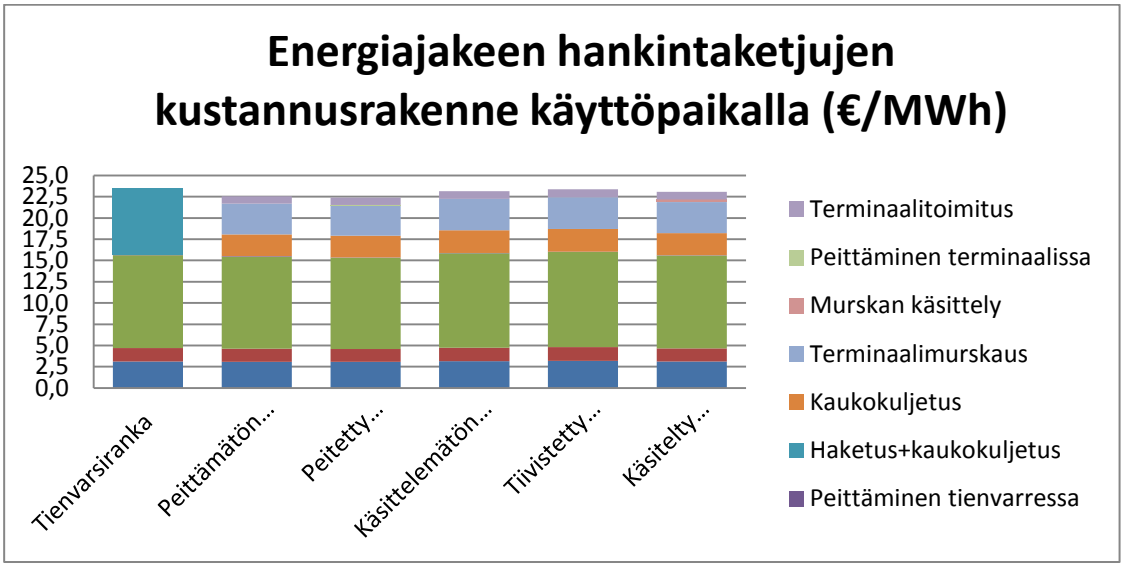
- Haketus + kaukokuljetus = 15 €/m^3
- Terminaalimurskaus = 7 €/m^3
- Peittäminen terminaalissa = 0,1 €/m^3
- Terminaalitoimitus = 1,72 €/m^3

Energiajakeen ketjujen kustannusrakennetta on kuvattu alla olevassa kuvassa 19€/m3. (Kuva 19)



Kuva 19 Energiajakeen hankintaketjujen kustannusrakenne(€/m^3)

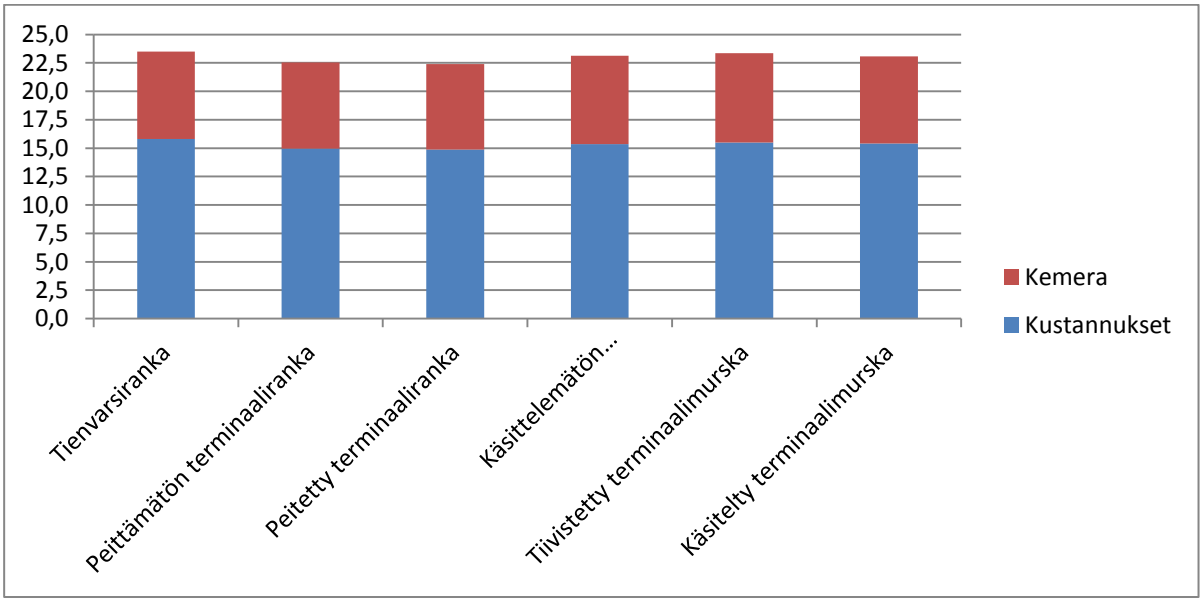
Alla olevassa kuvassa on kuvattu jokaisen erän kustannusrakennetta koko ketjun osalta € / MWh. (Kuva 20)



Kuva 20

6.8 Kannattavuus

Kannattavuuden tarkastelussa määriteltiin hinnat jokaiselle työvaiheelle kaukokuljetuksesta murskaukseen. Kannattavuutta voimalaitos hinnaksi määriteltiin 19€ / mwh. Kannattavuudessa tulee ilmi kemeran tarpeellisuus. Kuvassa 5 on esitetty kemeran osuus hinnasta.(Kuva 21)



Kuva 21 Kemera tuen vaikutus erien kannattavuuteen MWh/m^3

7 TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Sääolosuhteet seurantajakson aikana

Suomessa oli kesällä 2010 poikkeuksellisen lämpimintä. Tutkimuksen aikana tilattu säädata osoitti, että pelkkiä sateettomia päiviä oli 70 kappaletta, keskilämpötila oli 17,9 celsiusta koko tutkimuksen ajan jota voidaan pitää kymmenen viikon aikajaksolla Suomessa korkeana keskilämpötilana. Ajateltaessa Porvoon terminaalikenttää, joka on täysin avoin ja tuuliolosuhteiltaan mainio, voidaan sanoa että olosuhteet terminaalikentällä olivat erinomaiset ja antoivat viitteitä siitä miten hyvin pystytään huippuolosuhteissa vaikuttamaan rangan että hakkeen kuivamiseen luonnon omalla energialla. Varsinkin murskeen kuivatustuloksia, jossa seurattiin kosteutta kasojen päältä sekä sivuilta tulee huomioida pitkän hellejakson ja sateettoman kauden kuivatushyöty. Aikavälillä 26.6.2011 – 3.7.2011 sadetta oli hyvin vähän. Sivulta mitattuna käsitellyn kasan kosteusprosentti painui 40 prosentista alle 20 prosenttiin sivulta mitattuna. Tämä reilun 20 prosentin lasku näinkin lyhyessä ajassa osoittaa kuinka nopeasti voimme kuivata optimaalisissa olosuhteissa mursketta.

7.2 Kuivatuserien kosteuskehitys seurantajakson aikana

Kosteuskehitys seurantajakson aikana oli odotettua. Murskekasoista mitattiin kolmena päivänä viikossa kosteusprosentti. Tiivistetty ja käsitelty kasa mitattiin sivulta sekä päältä.

Tutkimuksissa tuli ilmi, että kasojen päältä mitattavat tulokset olivat koko ajan märempiä kuin sivulta mitatut lukemat murskekasoissa. Tämä koski niin tiivistettyä kuin kasaa jota ei käsitelty. Käsiteltävästä murskekasasta tämä oli havaittavissa päältä mitattavista pisteistä. Päältä mitattavissa pisteissä tarkoitetaan käsiteltävää kasaa, jota käsiteltävää, eikä uutta muodostuvaa kasaa. Uudesta murskekasasta, joka muodostui käsiteltävästä erästä, tätä ei huomattu. Noustessa kasan sisältäpäin ylös kosteus tiivistyy märäksi kerrokseksi kasan pintaan. Kosteuden tiivistyminen pintakerrokseen tuli ilmi otettaessa päältä kosteuslukemia. Mittausyksikön asteikko on säädetty tiettyyn mittaan ja ylittyessä tämän mittari ei anna mittaustulosta.

Murskekasat lämpenivät sisältä päin kuumaksi mutta ei niinkään polttavaksi. Tätä voisi verrata viljakuormaan, joka lämpiää sisältä päin samalla tavalla. Murskekasoja lastatessa voitiin havaita hieman homehtumista pintakerroksissa.

Kosteusprosentin lasku oli suurin peitetyllä rankakasalla. Tämä selittyy ainoastaan sillä että peitetty rankakasaa suojasi sateilta peitto niin hyvin, että ero muihin tuli huomattavaksi. Saman havainnon teki peittopaperista Alakangas (2000, 56) VTT:n tutkimuksen (Hillebrand &Nurmi 2001, 289) mukaan peitetyissä kasoissa metsätähteen kosteusprosentti oli 10- 15 prosenttiyksikköä alhaisempi kuin peittämättömissä.[13.]

Pinossa olevat rangat olisivat mahdollisesti kuivaneet paremmin jos ne eivät olisi olleet niin hyvässä pinossa. Olisivatko rangat kuivaneet vieläkin paremmin jos ne olisivat olleet hieman huonommin pinotut kuin tutkimuksessa? Näin ollen tulisi vielä lisää ilmavuutta rankapinoihin ja tämä voisi olla samanlaisena yhtä lämpimänä kesänä vaikuttava tekijä. Rankojen kuivuessa terminaalissa näinkin hyvin rankapinojen tulisi olla mahdollisimman korkeita jotta saataisiin paljon rankaa kuivamaan samaan aikaan. Rankapinoja on kentällä monta vierekkäin korkeina ja suhteellisen lähekkäin vaikutus voi olla myös negatiivinen auringonpaisteen suhteen. Korkeat ja lähekkäin olevat pinot varjostavat toisiaan ja pinojen väliin muodostuu oma pienilmasto joka on havaittavissa suurilla sellutehtaiden terminaalikentillä.

Tilanne olisi voinut olla toinen jos kesä olisikin ollut hyvin sateinen ja kolea. Olisivatko mahdollisesti murskepatjat olleet kuivempia koska kosteus olisi jäänyt pintakerrokseen eivätkä rangat olisi hyötyneet niin paljoa auringosta ja hyvistä tuuliolosuhteista?

Terminaalin sijaintipaikka oli myös erilainen kuin suurimmassa osassa muuta Suomea. Terminaali sijaitsi meren läheisyydessä joka tuo omat kosteus olosuhteensa näkyviin. Sisämaassa tehtävä samanlainen tutkimus samana kesänä olisi varmasti osoittanut olisiko tällä vaikutusta kosteusprosenttiin.

7.3 Kuivatuserien energiasisällön muutos

Eri varastointimenetelmiä verrattiin tienvarsivarastointiin. Tienvarsivarasto on käytetyin muoto energiarangan varastointipaikkana. Tutkimuksessa haluttiin todeta kuinka paljon saadaan mahdollisesti muulla varastointitavalla lisäarvoa murskalle tai rangalle.

Energiasisällön nousu oli yllättävän kova energiarangan osalta joka oli sijoitettu terminaaliin. Terminaalissa pystytään vaikuttamaan energiarangan energiasisältöön tyydyttävästi.

Tuloksissa on myös nähtävissä se, että vaikka mäntyä kuivataankin pitkiä aikoja hyvissä olosuhteissa ja tuulisilla paikoilla ei kumminkaan päästä energiasisällössä 2 MWh / m^3 luokkaan.

7.4 Ranka murska erien kuiva-aine tappiot

Kuiva-ainetappion määrä riippuu varastointi oloista ja murskeen koostumuksesta. Mitä enemmän kasassa on viherainetta joka aktivoi murskeessa olevia pieneliöiden ja lahottaja sienien toimintaa. [12.]

Varastoinnin aikana hajoamiseen vaikuttavat mm, sen sisältämien aineiden määrä, auman muoto, ilmavuus, kosteuspitoisuus, erän koko, lämpötila ja materiaalin palakoko. Keskimääräisen kosteuden ollessa yli 30 % ja lämpötilan ollessa 20 – 60 astetta kasassa tapahtuu mikrobiologista hajoamista. Polttoaineen kosteuden laskeminen alle 30 prosenttiin pysäyttää hajoamisen. [12.]

Tiivistetyssä kasassa tapahtui eniten kuiva-aine hävikkiä. Tämä johtuu erän kosteudesta ja tiiveydestä. On havaittavissa että mitä tiiviimpi kasa sen enemmän tulee kuiva-ainetappioita.

Käsitellyssä erässä kuiva-ainetta ei hävinnyt kuukausitasolla paljoa. Kuiva-aine tappion vähyyteen vaikuttivat käsittely, kasan ilmavuus ja kuivan murskeen varastointi toiseen kasaan. On todettavissa, että käsittelyllä ja murskeen varastoiminen mahdollisimman kuivana estävät kuiva-ainetappiota. Käsitellyn kasan kuiva kerros siirrettiin toiseen paikkaan jolloin varastoitiin suhteellisen kuivaa mursketta.

Käsittelemättömästä erästä kuiva-ainetappio oli joukkion keskimmäinen. Kasa kuivui yllättävän hyvin jakson aikana eikä muodostanut pintaan kosteaa kerrosta. Energianlisäys ja kuiva-aineen hävikki ovat suhteessa paremmat kuin käsitellyllä ja käsittelemättömällä kasalla. Ilman kuiva-aine hävikkiä energian lisäys menee käsitellyllä ja käsittelemättömällä kasalla samoihin lukuihin.

Kuiva-ainetta on hävinnyt myös jonkin verran haketuksen yhteydessä, kasojen lastauksissa ja kovalla tuulella, joka puhalsi terminaalikentällä.

7.5 Kustannukset

Kustannuksia tarkasteltiin jokaisen ketju vaiheen osalta. Tutkimuksen kalleimmaksi kustannukseksi määräytyi tienvarsi pinon haketus + kaukokuljetus hinta. Kaukokuljetuksen hinta ei muuten päässyt nousemaan muilla erillä suureksi kun erä sijaitsi terminaalista noin 43 kilometrin päässä.

Suurimman kustannukset kaikissa ketjuissa aiheutti korjuu 21 €/m^3 kustannuksellaan. Murskeen käsittely terminaalissa ei myöskään ollut kallista. Pyöräkoneen nopea käsittely ja harva aikataulu laskivat käsittelyn hintaa kokonaisuudessa.

Kustannuksia olisi voinut tulla lisää pyöräkuormaajasta, jos se ei olisi ollut käytettävissä Porvoon energialta. Kustannuksia olisi tullut lisää, jos määrä olisi ollut suurempi kuin se oli.

7.6 Kannattavuus

Kannattavuutta voidaan todentaa monella eri tavalla. Tässä tutkimuksessa pyrittiin todentamaan kannattavuus euroa/m^3 ja MWh/m^3. Energiasisällön nousulla saavutettiin hyviä tuloksia jokaisessa erässä. Kannattavuuden tarkasteluun täytyy lisätä Kemera tuki jonka vaikutus on suuri erien kannattavuutta käsiteltäessä.

Kannattavimmaksi eräksi tutkimuksessa nousi ranka erä terminaalissa, joka oli peitetty peittopaperilla. Voidaan todentaa että tällaisena kesänä rangan kuljettaminen terminaaliin olisi parempi vaihtoehto kuin tienvarressa kuivattaminen. Ilman kemera tukea jokainen erä olisi jäänyt kannattavuuden rajoista.

7.7 Havaintoja tutkimuksesta

Tutkimuksen edetessä havaintoja kirjattiin ylös ja niiden vaikutusta pohdittiin. Murske erien rakentuminen Porvoon terminaalikentälle murskeen muodossa aiheutti huolen kasojen palamisesta. Porvoon murskekasat eivät kuitenkaan edes savunneet vaikkakin kuumenivat kovasti sisältä. Tähän on varmasti vaikuttanut jakeen yksipuolisuus tut-

kimuksessa ja näin ollen ei ole päässyt syntymään liiallista kuumenemista ja palamista. Asia olisi voinut muuttua jos seassa olisi ollut latvusmassaa, tällöin biologista käymistä olisi ollut enemmän.

Murske-erissä havaittiin hieman hometta pintakerroksessa, kun kasoja lastattiin kuorma autoihin. Homeen syntyminen pintakerrokseen johtuu veden tiivistymisestä pintakerrokseen ja kasan lämpötilan ollessa optimaalinen homeen syntymiselle.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Erien kuivuminen oli tutkimuksen yksi tärkeimmistä osa-alueista. Ennätyslämmin ja sateeton kesä tekivät olosuhteista hyvät. Rankakasat niin kentällä kuin tienvarressa kuivuivat hyvin ja joukon parhaimmaksi nousi peitetty rankaerä Porvoon terminaalikentällä. Kentällä olevat rangat kuivuivat tutkimuksen parhaiten. Hyvään kuivumiseen vaikuttivat vahvasti hyvät sääolosuhteet. Energiasisältö ei noussut 12 viikon aikana yli 2 MWh/m^3.

Murskekasoista parhaiten kuivui käsitelty kasa jonka pintakerroksesta kuorittiin kuiva kerros pois, joka nostettiin kasan viereen. Huonoin kasan kuivuminen oli tiivistetyssä kasassa ja joukon keskimmäiseksi jäi käsittelemätön erä.

Kuiva-ainehäviöt otettiin huomioon murskekasojen osalta. Suurin kuiva-aineen häviö oli tiivistetyssä kasassa. Vähiten kuiva-ainehäviötä syntyi käsitellyssä kasassa. Tämä johtuu parhaasta kuivumisesta ja erän ilmavuudesta jolloin ei pääse syntymään otollista tilaa ja kasvualustaa mikrobeille. Kuiva-ainehävikki keskimäärin kuukaudessa oli käsittelemättömässä erässä noin 1,6 prosentin luokkaa ja käsitellyssä kasassa 0,7 prosentin luokkaa. Jätettäessä kuiva-ainehäviö pois ja vertailtaessa käsiteltyä ja käsittelemätöntä kasaa energiasisällön nousussa tulokset antavat suunnilleen saman lopputuloksen.

Voidaan todeta, että kuiva-aineen häviötä pienentämällä käsittelemättömästä erästä saadaan huomattavasti kiinni käsiteltävää erää. Kumminkin on selvää, että käsittelystä on ollut hyötyä tässä tutkimuksessa.

Biopolttoaineita käsiteltävissä on otettava mukaan Kemera-tuet. Tutkimuksessa Kemerat laskettiin jokaiselle erälle. Ilman Kemera-tukia yksikään kuudesta erästä ei olisi

ollut kannattava käsittelystä huolimatta. Kemera tukien vaikutusta biopoltto bisneksessä jota ei pidä väheksyä.

Oikeanlaisella käsittelyllä saadaan aikaan kuivumista nopeuttavaa toimintaa, joka kohottaa rankamurskeen polttoarvoa. Puhdas rankamurska ei myöskään ole helppo syttymään. Tutkimus osoittaa, että terminaalikentällä kuivattava ranka, jonka päälle on levitetty peittopaperi on tutkimuksen kuivin ja lämpö arvoltaan suurin erä.

LÄHTEET

[1] www.forest.fi/smyforest/forest.nsf/0/5A63243AD47290E6C22572C800475AB1?Opendocument 28.10.2011

[2] http://www.motiva.fi/files/247/Tutkimus_biopolttoaineiden_aumakuivauksesta.pdf 28.11.2011

[3] M .Kärkkäinen s.175 Puutieteen perusteet. Metsäkustannus 2003

[4] http://www.metla.fi/suomen-metsat/index.htm 10.10.2011 20.10.2011

[5] http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/puuenergia/metsapolttoaineet/metsahakkeen_tuotanto 10.10.2011

[6] http://www.ncp.fi/bioenergia/hakkuutahdehake/2/2.4.1.htm 23.9.2011

[7] http://www.ncp.fi/bioenergia/hakkuutahdehake/2/2.4.2.htm 23.9.2011

[8] http://www.ncp.fi/bioenergia/hakkuutahdehake/2/2.4.3.htm 23.9.2011

[9] http://www.ncp.fi/bioenergia/hakkuutahdehake/2/2.4.4.htm 23.9.2011

[10] http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/502_311_2004_lupa.pdf

[11] Stora Enso Oyj 7.8.2010 tietokanta.

[12] Jarno Föhr Metsähakkeen jalostusarvon nostaminen eri kuivausmenetelmillä. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2008. s.22 - 23.

[13] Alakangas (2000,56) 12.10.2011