

# KIINTEIDEN BIOPOLTTOAINEIDEN NÄYTTEENOTON PARANTAMINEN



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Bio- ja elintarviketekniikka, Visamäki

Syksy 2022

Sofia Komulainen

## TIIVISTELMÄ

Työn toimeksiantaja on Loimua Oy, joka tuottaa pääasiassa kaukolämpöä Hämeen, Keski-Suomen ja Pohjois-Pohjanmaan alueilla. Loimuan Vanajan voimalaitoksella Hämeenlinnassa käytetään polttoaineena pääasiassa kotimaisia biopolttoaineita, kuten energiapuusta haketettua puuhaketta, sekä erilaisia puuteollisuuden sivuvirtoja, esimerkiksi kuorta ja sahanpurua. Polttoaineita on käsitelty tarkemmin työn kirjallisessa osuudessa.

Työn tarkoituksena oli vertailla kuljettajien tekemiä kuormanäytteitä, sekä Loimuan työntekijän tekemiä kuormanäytteitä toisiinsa. Polttoainenäytteenotossa tapahtuu lämmityskausilla paljon virhettä kuljettajien toimesta, jota pyrittiin vähentämään vertailunäytteenotolla ja valvonnalla polttoainekentällä. Työtä varten suoritettiin kuuden kuukauden mittainen koejakso Loimuan Vanajan voimalaitoksella Hämeenlinnassa. Kaikista tehdyistä näytteistä analysoitiin kosteus saapumistilassa, minkä pohjalta näytteitä vertailtiin. Työssä pohdittiin myös vaihtoehtoisia automatisoituja näytteenottomenetelmiä, jotka voisivat korvata voimalaitoksella tällä hetkellä käytettävän manuaalisen näytteenoton.

Saatujen tuloksien perusteella polttoainekuljettajien näytteenotto ja kuormanäytteiden edustavuus parani selvästi. Automaattisia näytteenottomenetelmiä tarkasteltiin työssä, mutta Vanajan voimalaitokselle sopivaa vaihtoehtoa ei löydetty.

---

Author	Sofia Komulainen	Year 2022
Subject	Improving the sampling of solid biofuels	
Supervisors	Nina Kokkonen, Susanna Peltonen	

---

ABSTRACT

The commissioner of this thesis was Loimua Oy, which mainly produces district heating in the regions of Häme, Central Finland and Northern Ostrobothnia. The Loimua Vanaja power plant in Hämeenlinna uses mainly domestic biofuels, such as wood chips from energy wood as well as various side streams from wood industry, for example bark and sawdust. The theoretical part of the thesis also discussed fuels in more detail.

The purpose of the work was to compare the load samples taken by the drivers with the samples taken by the Loimua employee. Mainly during the heating seasons, the fuel sampling is subject to a high degree of error by drivers, which was to be reduced by reference sampling and monitoring in the fuel field. A six-month trial period was carried out at the Loimua power plant in Hämeenlinna. All samples taken were analyzed for humidity and compared with each other. In addition, alternative automated sampling methods were considered, which could replace the manual sampling currently used by the power plant.

Based on the results, the validity of the samples was improved. Automated sampling methods were found and considered in the thesis, but no suitable alternative was found for the Vanaja power plant.

Keywords District heating, biofuels, power plant, fuel sampling

Pages 32 pages and appendices 1 page

## Sisälllys

1	Johdanto .....	1
2	Biopolttoaineet.....	2
2.1	Metsäpolttoaine.....	2
2.2	Teollisuuden puutähde .....	3
2.3	Turve .....	4
2.4	Kierrätyspuu.....	4
3	Polttoaineen laatuvaatimukset ja ominaisuudet .....	5
4	Yrityksen esittely, Loimua Oy .....	7
4.1	Vanajan voimalaitoksen esittely .....	8
4.2	Kattilatekniikka.....	8
5	Nykyinen kuorman purku ja näytteenotto.....	10
5.1	Vastaanottoasema 1 .....	11
5.2	Vastaanottoasema 2 .....	11
5.3	Nykyinen näytteenottomalli .....	12
5.3.1	Peräpurku näytteenotto.....	15
5.3.2	Kippipurku näytteenotto.....	16
5.4	Kenttäpurku .....	16
5.4.1	Kenttäpurku näytteenotto .....	16
6	Näytteenotossa esiintyvät ongelmat .....	17
6.1	Kuljettajien toiminta .....	17
6.2	Ongelmien vaikutukset .....	18
7	Tutkimuksen toteutus .....	19
8	Tutkimuksen tulokset .....	21
9	Näytteenoton automatisointi.....	26
9.1	Nykyiset ongelmat .....	26
9.2	Vaihtoehtoja näytteenoton automatisointiin.....	27
9.2.1	Q-Robot, Prometec Oy.....	27
9.2.2	FuelControl Scanner, Inray Oy .....	28
10	Yhteenveto .....	29
10.1	Pohdintaa näytteenoton automatisointimenetelmistä.....	29
	Lähteet.....	32

## **Kuvat ja kaavat**

Kuva 1. Kokopuuhake, rankahake ja metsätähdehake

Kuva 2. Viiluhake

Kuva 3. Sahanpuru

Kuva 4. Kierrätyspuuhaketta

Kuva 5. Jäinen polttoainekuorma

Kuva 6. Vanajan kierrätyspuukuorman seasta löytyneitä epäpuhtauksia.

Kuva 7. Vanajan voimalaitos

Kuva 8. Kippiauto peruuttamassa purkumontulle

Kuva 9. Peräpurkuauto (Maaseudun tulevaisuus, 2017).

Kuva 10. Lattiakuljetin vastaanottoasemalla 3

Kuva 11. Näytteen neliöintiohje

Kuva 12. Näytteenkäsittely ja -pienentämispiste Vanajalla. Kuvassa näkyy myös näytteenkeräysastia ja näytekauha.

Kuva 13. Liian pieni määrä kuormanäytettä.

Kuva 14. Liian pieni määrä kuormanäytettä.

Kuva 15. Kosteus saapumistilassa -analyysin laskentakaava. (Laukkarinen, 2020).

Kuva 16. Vertailunäytteiden määrän jakautuminen tutkimuskuukausille.

Kuva 17. Vertailunäytemäärien jakautuminen polttoainelajikkeille.

Kuva 18. Toimittaja C:n metsätähdehakkeen kosteuden kehitys tutkimuksen aikana.

Kuva 19. Toimittaja C:n metsätähdehakkeen kosteus ja irtotiheys.

Kuva 20. Toimittaja D:n rankahakkeen kosteus ja irtotiheys.

Kuva 21. Q-Robot (Prometec, 2022)

Kuva 22. FuelControlScanner (Inray, 2022)

Kaava 1. Polttoaineen tehollisen lämpöarvon laskentakaava. (Hakonen & Laurila, 2011)

## **Liitteet**

Liite 1 Puupolttoaineiden kosteuspitoisuuksia

## 1 Johdanto

Kiinteiden biopolttoaineiden näytteenotto suoritetaan työn tilaajan voimalaitoksella tällä hetkellä kuorman kuljettajien toimesta. Kuljettajat suorittavat näytteenoton lapioimalla standardissa esitetyn määrän yksittäisnäytteitä näytteenottoastiaan. Tämän jälkeen yksittäisnäytteistä tehdään kuormanäyte pienentämällä näyteastiassa oleva näytteen määrä neliöimällä.

Näytteenotossa esiintyy ongelma; kuljettajat tekevät kuormanäytteet ohjeiden ja standardin vastaisesti, koska polttoainevastaanotossa, tai -kentällä ei ole virallista valvontaa. Kuljettajat oikovat näytteenoton vaiheissa, minkä takia näytteen edustavuus kärsii. Kuljettajien tekemistä kuormanäytteistä määritetään ulkopuolisen yrityksen toimesta mm. kosteus saapumistilassa, sekä lämpöarvo. Nämä arvot vääristyvät, jos näytettä ei ole tehty täysin ohjeiden mukaisesti. On tärkeää, että näytteet ovat mahdollisimman edustavia, koska niistä määritetyt arvot toimivat maksuperusteena polttoainetoimittajille.

Tutkimuksessa toteutetaan kuuden kuukauden mittainen vertailunäytteenottojakso, jonka aikana niin monesta kuormasta tehdään vertailunäyte, kuin ehditään. Kuljettajien tekemiä kuormanäytteitä vertaillaan tehtyihin vertailunäytteisiin. Vertailtava arvo on kosteus saapumistilassa, koska se pystytään helposti määrittämään itse voimalaitoksen laboratoriossa. Lisäksi arvo on sellainen, jossa esiintyy helposti paljon vääristymää, jos näyte on tehty väärin. Tutkimuksessa käsitellään myös vertailunäytteenoton jatkamisen kannattavuutta tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön toisessa osiossa pohditaan myös vaihtoehtoisia automatisoituja näytteenottomenetelmiä, jotka voisivat korvata voimalaitoksella tällä hetkellä käytettävän manuaalisen näytteenoton. Näytteenottoprosessia, sekä tutkimuksen toteuttamista käsitellään tarkemmin työn myöhäisemmissä vaiheissa.

Opinnäytetyön keskeisiä tutkimuskysymyksiä ovat:

1. Paransiko vertailunäytteenotto kuljettajien kuormanäytteiden edustavuutta?
2. Onko näytteenoton seuraamista kannattavaa jatkaa?
3. Mitä vaihtoehtoja näytteenoton automatisoinnille on?

## **2 Biopolttoaineet**

Biopolttoaineita on sekä nestemäisiä, että kiinteitä. Kiinteitä biopolttoaineita ovat esimerkiksi erilaiset puuhakkeet, -murskeet, sekä erilaiset puristetut pelletit ja brikitit.

Biomassan puristaminen pelletiksi tai briketiksi parantaa sen energiatehokkuutta ja helpottaa logistiikkaa. (RE-maatila, 2017) Lisäksi puuteollisuuden sivuvirrat, kuten kuori, viiluhake, sahanpuru ja hiontapöly ovat kiinteitä biopolttoaineita. Kiinteitä biopolttoaineita käytetään mm. voimalaitoksilla, lämpölaitoksilla ja erilaisilla tiloilla polttoaineena.

Nestemäisiä biopolttoaineita ovat liikenteen fossiiliset polttoaineet korvaavat aineet, kuten bioetanoli ja biodiesel. (Motiva, 2022) Vanajan voimalaitoksella on käytössä ainoastaan kiinteitä biopolttoaineita.

### **2.1 Metsäpolttoaine**

Yleisimmät Vanajan voimalaitoksella käytössä olevat haketyypit ovat metsätähdehake, kokopuuhake ja rankahake (kuva 1). Hakkeet nimetään yleensä sen mukaan, mitä puun osia hakkeeseen käytetään. Esimerkiksi metsätähdehakkeeseen käytetään puun latvuksia ja oksia, kun rankahake koostuu puun karsitusta runko-osasta. Kokopuuhakkeeseen käytetään nimensä mukaisesti niin latvuksia ja oksia, kuin puun runko-osaa. (Putula J. & Hilli A., 2017, s. 1)

Kuva 1. Kokopuuhake, rankahake ja metsätähdehake



## 2.2 Teollisuuden puutähte

Teollisuudesta syntyviä polttoainekäyttöön sopivia sivuvirtoja kutsutaan teollisuuden puutähteeksi. Näitä voivat olla esimerkiksi puun kuorinnassa syntyvä kuori, sahoilla syntyvä sahanpuru (kuva 3), höyläämöissä syntyvä hiontapöly ja vaneriteollisuuden sivuvirrat, eli huonot viilupalat (kuva 2). (Tilastokeskus, 2020)

Kuva 2. Viiluhake





Kuva 3. Sahanpuru



### 2.3 Turve

Turve syntyy erittäin hitaasti kuolleista kasvien osista, jotka maatuvat erittäin kosteissa olosuhteissa. Hapen vähyyden takia kasvit eivät hajoa kunnolla, vaan siitä jää osia maatumatta. Näin syntyy jatkuvasti kasvava turvekerrostuma. Polttoainekäytössä on tavallisimmin jrsinturve. Se muodostuu, kun ohut kerros turvetta jrsitään turvekentän pinnasta. Jrsinturve kuivatetaan auringon avulla. Jrsinturvetta käytetään lähinnä tukipolttoaineena. (Alakangas ym, 2016, ss. 116–120)

### 2.4 Kierrätyspuu

Kierrätyspuulla tarkoitetaan käytöstä poistettua puuta, jota on esimerkiksi käsitelty kemiallisesti, rakennustoiminnan puutähdettä tai tienvarsipuustoa (kuva 4). Kemiallista käsittelyä on esimerkiksi maalaus, pinnoitus ja liimaus. Kemiallista käsittelyä ei ole lämmöllä, vedellä tai ilmalla käsittely. Kierrätyspuu jaetaan A-, B-, C- ja D- luokkiin. Kemiallisesti käsittelemätön puu luokitellaan luokkaan A ja kemiallisesti käsitelty luokkaan B. Orgaanisia halogenoituja yhdisteitä ja raskasmetalleja sisältävä kierrätyspuu kuuluu luokkaan C ja puunkyllästysaineilla käsitelty puu luokkaan D. Vanajan voimalaitokselle vastaanotetaan ainoastaan AB-laatuista kierrätyspuuta. (Alakangas ym, 2016, s. 104)

Kuva 4. Kierrätyspuuhake



### 3 Polttoaineen laatuvaatimukset ja ominaisuudet

Polttoaineilla on korkeat laatuvaatimukset, joita seurataan tiiviisti laboratoriossa tehtävillä analyyseillä. Polttoaineista analysoidaan muun muassa tehollinen lämpöarvo, kosteus saapumistilassa, energiatiheys, palakoko ja tuhkapitoisuus. Tehollinen lämpöarvo kertoo, kuinka paljon polttoaineen palamisessa vapautuu energiaa. Kosteus saapumistilassa vaikuttaa polttoaineen laatuun, koska kosteampi polttoaine lisää savukaasuvirtaa ja laskee kattilan hyötysuhdetta. Kosteammat polttoaineet myös jäätyvät helposti talvella ja aiheuttavat ongelmia polttoaineen vastaanotossa ja syötössä (kuva 5). (Alakangas ym, 2016, ss. 196–200)

Kuva 5. Jäinen polttoainekuorma



Energiatiheys tarkoittaa energiasisältöä tilavuusyksikköä kohti. Energiatiheys vaikuttaa mm. polttoaineiden varastointiin, logistiikkakustannuksiin, sekä käsittelyyn. Hakkeen palakoko vaikuttaa polttoprosessin lisäksi polttoaineen holvaantumiseen silossa. Hake ei holvaannu yhtä paljon kuin esimerkiksi murskeet, koska hakkeen palakoko on tasaisempaa, kuin suuremman palakoon omaavan murskeen. (Alakangas ym, 2016, ss. 196–200)

Joissakin polttoaineissa, kuten kierrätyspuussa, esiintyy myös usein epäpuhtauksia, kuten lasia, metallia ja muovia, joista saattaa olla haittaa polttoprosessille (kuva 6). Lisäksi epäpuhtaudet metsähakkeissa, kuten kivet, savi ja muu maa-aines nostavat tuhkapitoisuuksia. Suuresta tuhkapitoisuudesta on haittaa mm. lämpöarvolle alentavalla tavalla, sekä tuhkan käsittelylaitteistolle. Tuhkaa kertyy poltossa enemmän, jolloin myös sen kuljetuskustannukset kasvavat. (Alakangas ym, 2016, ss. 196–200).

Kuva 6. Vanajan voimalaitokselle tuodun kierrätyspuukuorman seasta löytyneitä epäpuhtauksia



#### 4 Yrityksen esittely, Loimua Oy

Loimua Oy, edelliseltä nimeltään Elenia Lämpö Oy, tuottaa kaukolämpöä ja prosessilämpöä, sekä myy, että jakelee kaukolämpöä ja maakaasua Hämeen, Keski-Suomen ja Pohjois-Pohjanmaan alueella. Elenia-konserni myi kaukolämpöliiketoimintansa vuoden 2019 kesällä, jolloin irtaantumisen Eleniasta alkoi. Uusi nimi Loimua Oy otettiin käyttöön vuoden 2020 alussa. Yritys työllistää n. 90 henkilöä. Kaukolämpöverkkoa Loimualla on lähes 500 km ja loppuasiakkaita 85 000, sekä yrityksiä, että kuluttajia.

Loimua toimii Kanta-Hämeessä, Keski-Suomessa, Pohjois-Pohjanmaalla, sekä Heinolassa. Loimuan päätoimipaikka sijaitsee Hämeenlinnassa ja sen suurin voimalaitos on Vanajan voimalaitos, joka sijaitsee myös Hämeenlinnassa. Muita pienempiä lämpölaitoksia sijaitsee mm. Lammilla, Turengissa, Akaassa, Laukaassa, Tikkakoskella ja Oulaisissa. Lisäksi Loimua on osakkaana Oriveden Aluelämpö Oy:ssä. Loimua Oy:n omistaa sijoitusyhtiö abrdn plc, DIF Capital Partners ja LPPI Infrastructure Investments LP. (Loimua Oy, 2022)

## 4.1 Vanajan voimalaitoksen esittely

Vanajan voimalaitos sijaitsee Kanta-Hämeessä, Hämeenlinnassa ja on Loimuan suurin voimalaitos (kuva 7). Vanajan voimalaitoksella tuotetaan pääasiassa kaukolämpöä asiakkaille, sekä hieman sähköä valtakunnalliseen verkkoon. Vanajan voimalaitos on Loimuan ainoa laitos, jossa tuotetaan lämmön lisäksi myös sähköä. Vanajan voimalaitoksen vuosittainen energiantuotto on noin 400 000 MWh.

Vanajan voimalaitoksella käytetään polttoaineina erilaisia uusiutuvia polttoaineita, kuten energiapuusta haketettuja puuhakkeita, puuteollisuuden sivuvirtoja, sekä muita teollisuuden käyttöön kelpaamattomia jakeita.

Kuva 7. Vanajan voimalaitos



## 4.2 Kattilatekniikka

Vanajan voimalaitoksella on kaksi leijupetikattilaa, 50 MW höyrykattila K5 ja 30 MW kuumavesikattila K6. K6 korvasi vuonna 2020 vanhan K4 kattilan. Uuteen K6-kattilaan

asennettiin lämpöä tehokkaasti talteen ottava savukaasupesuri. Lisäksi K5-kattilan höyryturbiinilla saadaan tuotettua sähköä. (Kärkäs, 2021, ss. 8–9)

Leijupetikattilat ovat suosittuja, koska niissä voidaan polttaa monenlaisia ja -laatuisia polttoaineita hyvällä hyötysuhteella. Kattilatekniikan hyötyjä ovat myös vähäiset typenoksidien päästöt, sekä alhaisen palamislämpötilan myötä edullinen savukaasujen rikinpuhdistus. (Novox Oy, 2022)

Polttoaine syötetään kattilaan tavallisesti polttoainesiloista hiekkapedin päälle. Peti on valmiiksi lämmitetty tarpeeksi korkeaan lämpötilaan, n. 500–600 asteeseen, missä polttoaine syttyy turvallisesti. Kattilaan tarvittava happi saadaan leijutusilmasta, eli primääri-ilmasta, sekä pedin päälle tuotavasta sekundääri-ilmasta. Puhaltimet huolehtivat tarvittavasta hapensaannista kattilaan. (Novox Oy, 2021) Kattilan pohjasta syötetään ilmaa pedin läpi, jolloin polttoaine kirjaimellisesti leijuu ja palaa kattilassa. Optimaalinen polttoaineen palakoko on tärkeä, että palamisprosessi on mahdollisimman tehokas. Jos polttoaineen palakoko on liian suuri, polttoaine ei leiju kunnolla. Jos palakoko on liian pieni, polttoaine ei kerkeä leijumaan ja palaa juurikaan, vaan lentää kattilan läpi.

Vanajalla kattilan tuhka poistuu lentotuhkana, sekä pohjatuhkana. Lentotuhka poistuu savukaasun mukana, josta se kerätään talteen. Pohjatuhka poistuu kattilan pedin hiekan mukana sen vaihtuessa. Kaikki Vanajan voimalaitoksen tuhka hyötykäytetään tällä hetkellä yrityskumppanin puuterminaalin pohjien rakennukseen. Vanajan tuhkaa on käytetty myös metsälannoitteena.

## 5 Nykyinen kuorman purku ja näytteenotto

Vanajan voimalaitokselle saapuu kylmimpinä pakkaspäivinä parhaimpaan lämmityskauden aikaan n. 30–35 rekkakuormallista polttoainetta päivässä ja yhteensä noin 5 000 rekkakuormaa vuodessa. Kesäkuukausina, eli lämmityskauden ulkopuolella kuormamäärät tippuvat reilusti, vain muutamaan kuormaan päivässä. Vanajalla polttoainevastaanottoja on kaksi. Yksi, mihin voivat purkaa niin kippi-, kuin peräpurkuautot, sekä toinen, mihin voivat purkaa vain peräpurkuautot (kuva 9). Näiden lisäksi Vanajalla on toisen polttoainevastaanottohallin vieressä sijaitseva polttoainekenttä, missä pidetään aina pientä omaa varastoa, esimerkiksi revisiota ja mahdollisia polttoaineen kuljetuskatkoksia, tai huoltotöitä varten.

Peräpurkuautoissa on joko manuaalisesti, tai kaukosäätimellä toimiva automaattinen purkulaitteisto itse autossa, kun taas kippipurkuautoista konteissa olevat polttoaineet pitää yksitellen kipata kontti kerrallaan vastaanottoasemalle (kuva 8), tai polttoainekentälle.

Kuva 8. Kippiauto peruuttamassa purkumontulle Vanajalla



Kuva 9. Peräpurkuauto (Kuva Maaseudun tulevaisuus, 2017).



### 5.1 Vastaanottoasema 1

Vastaanottoasema 1 on läpiajettava halli, johon pystyy purkamaan vain peräpurkuautot. Asema on käytössä ainoastaan turpeen purkua varten, sekä muutamille parhaimmanlaatuisille biopolttoaineille, kuten kokopuuhakkeelle ja rankahakkeelle. Hallin tekniikka on melko vanhaa ja suunniteltu aikanaan vain jyrshinturpeelle. (Kärkäs K., 2021, s. 32).

Purku hallissa tapahtuu lattiatasossa olevalle kuljettimelle, joka vie polttoaineen eteenpäin siiloon. Vanajalla on käytössä kaksi polttoainesiiloa, pienempi 600 m<sup>3</sup> siilo, sekä suurempi 1500 m<sup>3</sup> siilo. Vastaanottoasema 1:ltä polttoaine ohjataan pääasiassa pienempään siiloon ja vastaanottoasema 2:lta suurempaan siiloon.

### 5.2 Vastaanottoasema 2

Vastaanottoasema 2 on myös läpiajettava halli, mutta asemalla on myös kippauspaikka kippipurkutavan omaaville autoille. Peräpurkuautot purkavat hallissa polttoaineen lattiakuljettimelle (kuva 10), joka vie sen eteenpäin purkumonttuun. Purkumontusta polttoaine kulkee repijätelalle ja siitä eteenpäin kuljettimia pitkin siiloon. Kippipuolelta purettavat kuormat kipataan suoraan purkumonttuun. Purkumontun pohjalla oleva



pohjakuljetin ei kuitenkaan ole niin nopea, että kummastakin suunnasta voisi purkaa polttoainetta samaan aikaan. Tästä syystä vastaanottoasema 2:lla pystyy purkamaan aina vain yksi ajoneuvo kerrallaan.

Kuva 10. Lattiakuljetin vastaanottoasemalla 2



### 5.3 Nykyinen näytteenottomalli

Kiinteiden biopolttoaineiden näytteenotolle, sekä näytteiden käsittelylle annetaan standardien SFS-EN 14778:2012 ja SFS-EN 14780:2012 mukaiset yleisohjeet. (Alakangas ym, 2016, s. 41)

Kaikista laitokselle saapuvista polttoainekuormista otetaan polttoainenäyte. Näytteenoton tavoite on erottaa oikeanlaisilla menetelmillä suuremmasta materiaalierästä pienempi näyte-erä niin, että ne ovat mitattavilta ja halutuilta ominaisuuksiltaan edelleen samanlaisia. Edustava näytteenotto tarkoittaa kaiken virheen minimoimista niin, että mitattavat ominaisuudet pysyvät mahdollisimman samanlaisina alkuperäiseen materiaalierään nähden. Arviolta 80 % analyysitulosten virheistä johtuu näytteenotosta, 15 % näytteen käsittelystä, sekä 5 % analysoinnin aikana tapahtuvasta virheestä (Alakangas ym, 2016, s. 41).

Näytteenotto tapahtuu siten, että kuljettaja kerää tietynlaisella näytteenottokauhalla neljä yksittäisnäytettä näytteenkeräysastiaan kuormasta niin, että yksittäisnäytteitä on otettu vähintään yksi jokaisesta kuormatilasta. Yksi näytteenottokauhallinen vastaa yhtä yksittäisnäytettä. Näytekuha tulee polkaista hakekasaan niin, että näyte-erä tulee selvästi kasan sisältä, eikä kasan pinnasta. Kasan pinnassa saattaa olla esimerkiksi vettä tai lunta,

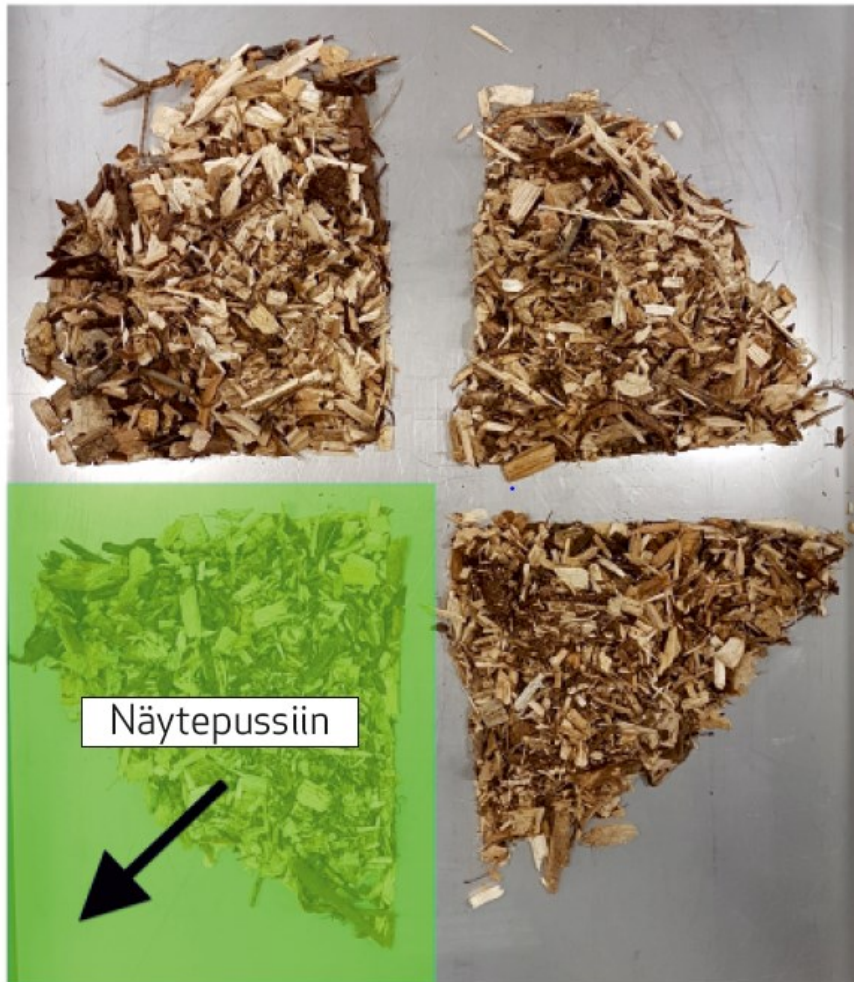
joka vääristää siten näytteen kosteuspitoisuutta. Peräpurkuhallissa otettavat näytteet otetaan suoraan auton perästä putoavasta polttoainevirrasta ennen niiden tippumista lattiakuljettimelle.

Polttoainevirrasta otettu yksittäisnäyte on aina tarkempi, koska polttoaine on liikkeessä. Hakekasasta lapioitu yksittäisnäyte on epätarkempi, koska kasassa pienemmät hakkeenpalaset pyrkivät laskeutumaan kasan pohjalle ja suuremmat partikkelit jäävät paikoilleen. (Alakangas ym, 2016, s. 41).

Kun yksittäisnäytteet on kerätty näytteenkeräysastiaan, näyte pienennetään. Näyte pienennetään neliöimällä (kuva 11). Näytteenkeräysastiaan kerätyt neljä yksittäisnäytettä kipataan näytteenkäsittelypöydälle, minkä jälkeen näytekasa jaetaan neljään yhtä suureen osaan, esimerkiksi metallilastalla näytteenkäsittelypisteellä (kuva 12).

Kuva 11. Näytteen neliöintiohje (Kuva ja lupa Loimua Oy).

**Kaada näyte pöydälle.  
Jaa näyte neljään osaan.  
Siirrä yksi sektori näytepussiin.**



Kun näyte on pienennetty n. 3–4 litran kokoiseksi kuormanäytteeksi, pussi suljetaan hyvin, kuljettaja käy tulostamassa näytepussiin tunnustustarran ja jättää näytteen niille varattuun paikkaan laitoksella.

Näistä kuljettajien tekemistä kuormanäytteistä laitoksen työntekijä myöhemmin tekee kokoomanäytteitä. Kokoomanäytteisiin yhdistellään tietyn kaavan mukaisesti samanlaisia samaan aikaan saapuneita kuormanäytteitä, ettei jokaista kuormanäytettä tarvitse analysoida yksinään. Kokoomanäytteet analysoi ulkopuolinen laboratorio.

Kuva 12. Näytteenkäsittely ja -pienentämispisteet Vanajalla. Kuvassa näkyy myös näytekauha ja näytteenkeräysastia.



### 5.3.1 Peräpurku näytteenotto

Peräpurkuauton ollessa purkamassa vastaanottoasemalla polttoainerekan kuljettaja ottaa näytteen putoavasta polttoainevirrasta. Purun jälkeen näyte pienennetään yllä kuvatun neliöntimenetelmän mukaisesti.

### 5.3.2 Kippipurku näytteenotto

Kippipurkuautot jättävät jokaisesta, yleensä kolmesta, kontistaan muutaman irtokuution verran polttoainetta polttoainekentälle. Tämän jälkeen he käyvät kippaamassa loput kontin polttoaineesta vastaanottoasema 2:n purkumonttuun. Purun jälkeen kuljettaja lapioi jokaisesta kolmesta näytekasasta yhden yksittäisnäytteen verran polttoainetta näytteenkeräysastiaan. Neljännen yksittäisnäytteen kasan kuljettaja saa päättää itse. Tämän jälkeen näyte pienennetään yllä kuvatun neliöntimenetelmän mukaisesti.

## 5.4 Kenttäpurku

Vanajan voimalaitoksella käytetään automaattista purkupaikkaohjausta. Järjestelmään on määritetty yhdelle irtokuutiolle tietty purku aika. Kuljettaja näppäilee autonsa tilavuuden ja järjestelmä laskee ajoneuvolle arvioidun purkuajan. Järjestelmä laskee seuraavalle saapuvalla ajoneuvolle edellisen ajoneuvon purkuajan avulla jonotusaikaa. Jos jonotusaika menee järjestelmän laskujen mukaan liian pitkäksi, ohjaa se ajoneuvon purkamaan polttoainekentälle ruuhkan ja turhan odottamisen välttämiseksi.

Kerrallaan kaksi ajoneuvoa voi olla jonossa samaan purkupaikkaan. Kaikki tämän jälkeen saapuvat autot järjestelmä ohjaa purkamaan suoraan polttoainekentälle ruuhkan välttämiseksi. Polttoainekentälle voi purkaa minkä purkutyyppin omaava auto tahansa.

### 5.4.1 Kenttäpurku näytteenotto

Kun kuljettaja on purkanut kuormansa polttoainekentälle, hän hakee näytteenottokauhan ja näytteenkeräysastian. Kuljettaja kerää neljä yksittäisnäytettä näytteenkeräysastiaan ylempänä mainittujen ohjeiden mukaisesti. Jokaisesta kuormatilasta on tultava vähintään yksi yksittäisnäyte. Näytekauhalliset tulee myös ottaa tasaisesti puretusta kuormasta, eikä kaikkia yksittäisnäytteitä samasta pisteestä. Tämän jälkeen kuljettaja pienentää näytteen ylempänä kuvatun neliöntimenetelmän mukaisesti.

## 6 Näytteenotossa esiintyvät ongelmat

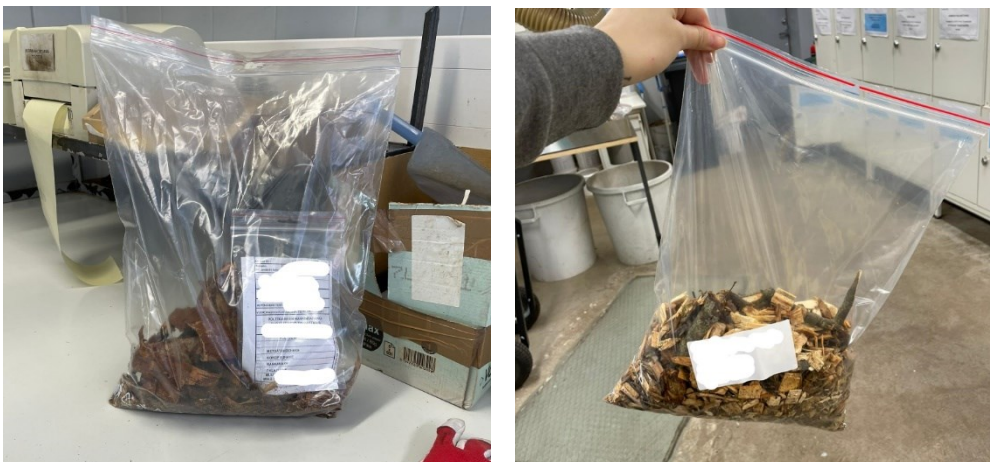
Tällä hetkellä näytteenotossa esiintyvät ongelmat liittyvät pääasiassa kuljettajien toimintaan. Kuljettajat ovat vastuussa polttoaineiden kuormanäytteistä tekemisestä, eikä Vanajan polttoainekentällä ole virallista kuljettajien valvontaa. Kuljettajat voivat käytännössä tehdä näytteet, miten haluavat. Näytteenotossa esiintyy myös jonkin verran sään aiheuttamia ongelmia, kuten lumi- ja vesisadetta, sekä jäisiä kuormia. Jäisistä kuormista on vaikeaa kamien takia lapioida näytettä. Lisäksi kamit vääristävät usein kosteuspitoisuutta. Kun polttoaineen kosteuspitoisuus on optimaalinen, ei kameja normaalisti pääse syntymään.

### 6.1 Kuljettajien toiminta

Suurin virhe näytteenotossa johtuu kuljettajien toiminnasta. Tavallisimmin kuljettajat oikovat näytteenoton jossakin vaiheessa, kuten näytekauhallisten määrässä, tai näytteen pienentämisessä (kuvat 13 ja 14).

Yksi yleisimmistä virheistä on valmiin kuormanäytteen määrä. Näyte tulee pienentää niin, että valmiin kuormanäytteen lopullinen tilavuus on n. 3–4 litraa. Tämä vastaa n. 2/3 määrää näytepussin sisällöstä. Liian pieni näytemäärä aiheutuu siitä, kun kuljettajat eivät ota yksittäisnäytteitä ohjeiden mukaan, tai eivät pienennä näytettä tasaisesti.

Kuva 13 ja 14. Liian pieni määrä kuormanäytettä



Toinen yleisimmistä virheistä on yksittäisnäytteiden virheellinen määrä. Kuljettajat eivät jaksa kauhoa hakekasasta kaikkia neljää yksittäisnäytettä, koska jo yhdestä kauhallisesta saa näytteeseen tarvittavan määrän. Tällöin näyte on epäedustava, koska se on otettu vain yhdestä pisteestä kuormaa neljän sijasta.

Kolmas yleisimmistä virheistä on yksittäisnäytteiden kaapaiseminen hakekasan pinnalta, eikä sisältä, kuten ohjeessa on sanottu. Kuten jo aikaisemmin on mainittu, yksittäisnäyte tulisi ottaa tarpeeksi syvältä hakekasasta, ettei mahdollisesti kasan pinnalla oleva vesi tai lumi väärennä kosteusanalyysiä.

Neljäs virhe liittyy näytteen pienentämisen jälkeiseen näytteen pussittamiseen. Kuljettajat saattavat ottaa ja pienentää näytteen täysin ohjeiden mukaisesti, mutta saattavat näytettä pussittaessaan kaapaista vain suurimmat hakepalaset pussiin, vaikka pussiin pitäisi kaapaista kaikki pienimmätkin hakemuruset. Pienempiin hakepalasiin on sitoutunut enemmän kosteutta, kuin palakooltaan suurempiin hakepalasiin. Näin ollen näytteen kosteus väärentyy.

Kuljettajien ongelmana saattaa olla myös esimerkiksi kielimuuri. Ulkomaalaisia kuljettajia ei pystytä itse kouluttamaan, vaan heidät kouluttaa joko heidän esimiehensä, tai he kouluttavat toinen toisensa. Tässä toinen toisensa kouluttamisessa saattaa helposti tapahtua ”rikkinäinen puhelin” -efekti, jos kouluttava kuljettaja ei ole täysin perillä ohjeista ja säännöistä, tai hän unohtaa vaikkapa mainita jonkin tärkeän seikan. Näin ollen laitokselle saapuvat ulkomaalaiset kuljettajat saattavat tahattomasti tehdä väärin, jos heille alun perin asia on myös ohjeistettu väärin.

## **6.2 Ongelmien vaikutukset**

Kuljettajien toiminnasta johtuvat ongelmat vaikuttavat merkittävästi laboratorioanalyysien tuloksiin ja sitä kautta myös maksuperusteeseen. Jos kosteus on todellisuudessa ollut eri, kuin kuljettajan tekemästä kuormanäytteestä on analysoitu, on kuormasta saatettu maksaa aivan turhaan liikaa. Laboratorioanalyysien perusteella seurataan myös tärkeitä pitoisuuksia,

jotka eivät saa ylittää tiettyjä asetettuja arvoja. Nämä pitoisuudet saattavat myös vääristyä epäedustavan kuormanäytteen seurauksena.

## 7 Tutkimuksen toteutus

Tutkimus toteutetaan, koska kuljettajien kuormanäytteiden on huomattu olevan epäedustavia. Toteutetaan tutkimus, jossa kuuden kuukauden testijakson aikana otetaan vertailunäytteitä niin monesta saapuvasta kuormasta kuin ehditään ja analysoidaan niistä itse kosteus saapumistilassa laboratoriossa Vanajan voimalaitoksella. Saatuja kosteustuloksia vertaillaan. Halutaan myös selvittää, muuttuuko kuljettajien näytteentekoprosessi, kun Loimuan työntekijä tekee vieressä vertailunäytettä. Näytteet otetaan arkipäivisin pääsääntöisesti virka-aikana.

Loimuan työntekijä tekee kuormista vertailunäytteet, eli suorittaa näytteenoton alusta loppuun täysin ohjeiden mukaisesti. Kuljettajaa pyydetään poikkeuksellisesti vertailunäytekuorman kohdalla tekemään kaksi kuormanäytettä normaalin yhden sijaan. Tämä siitä syystä, että tutkimukseen saadaan yksi kuljettajan tekemä kuormanäyte ja laboratorioon analyysijä varten lähtevä toinen näyte. Normaalisti kuljettajat tekevät vain tämän yhden näytteen, josta analysoidaan laboratoriossa tietyt pitoisuudet. Tätä prosessia ei haluttu sotkea, joten kuljettajia pyydetään tekemään kaksi näytettä. Kuljettajaa ei pyydetä muuttamaan hänen näytteentekotapaansa, tai ohjeisteta tilanteessa, jossa hän mahdollisesti toimii näytteenoton aikana väärin.

Testijakso suoritetaan lokakuusta 2020 maaliskuuhun 2021, eli vertailunäytteitä otetaan kuusi kuukautta. Loka-maaliskuu valitaan siksi, että lämmityskausi on tuolloin käynnissä ja kuormamäärät suuremmat kuin kesäkuukausina. Kosteus saapumistilassa valitaan tutkimuksen vertailun pohjaksi, koska se on helppo määrittää ja se kertoo polttoaineen laadusta paljon. Kosteus toimii mm. maksuperustana polttoainetoimittajille.

Näytteitä otetaan tutkimuksen aikana ainoastaan vastaanottoasema 2:n peräpurku- ja kippipurkupaikoilta, sekä polttoainekentälle ohjautuneista polttoainekuormista, eli yhteensä



kolmelta eri purkupaikalta. Vastaanottoasema 1 jätetään tutkimuksen ulkopuolelle sen pienen kuormavolyymin takia.

Kuljettajien tekemät kuormanäytteet ja Loimuan työntekijän tekemät vertailunäytteet analysoidaan itse Vanajan voimalaitoksen laboratoriossa uunissa kuivattamalla. Vanajan voimalaitoksen uuniin mahtuu kerralla 8 näytettä kuivumaan. Näytteet kaadetaan etukäteen punnituille metallialustoille, minkä jälkeen punnitaan alustan ja näytteen yhteinen märkätaino. Näytteitä kuivatetaan 20–24 tuntia 105 asteen lämpötilassa. Kuivatuksen jälkeen alustan ja näytteen yhteispaino punnitaan uudestaan. Saaduilla arvoilla pystytään laskemaan kuorman kosteus saapumistilassa kuvan 15 mukaisesti.

Kuva 15. Kosteus saapumistilassa -analyysin laskentakaava. (Laukkarinen, 2020)

$$M_{ar} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

$M_{ar}$  = kosteus saapumistilassa (p-%)

$M_1$  = tyhjän kuivausastian paino (g)

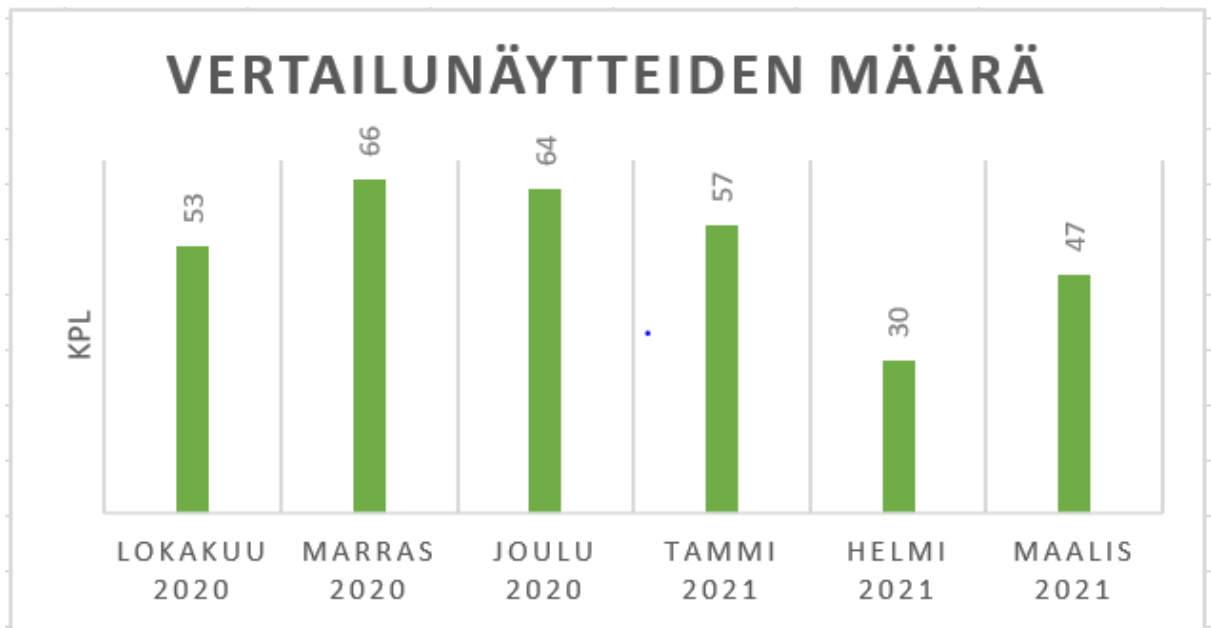
$M_2$  = kuivausastian ja näytteen yhteispaino ennen kuivausta (g)

$M_3$  = kuivausastian ja näytteen yhteispaino kuivauksen jälkeen (g)

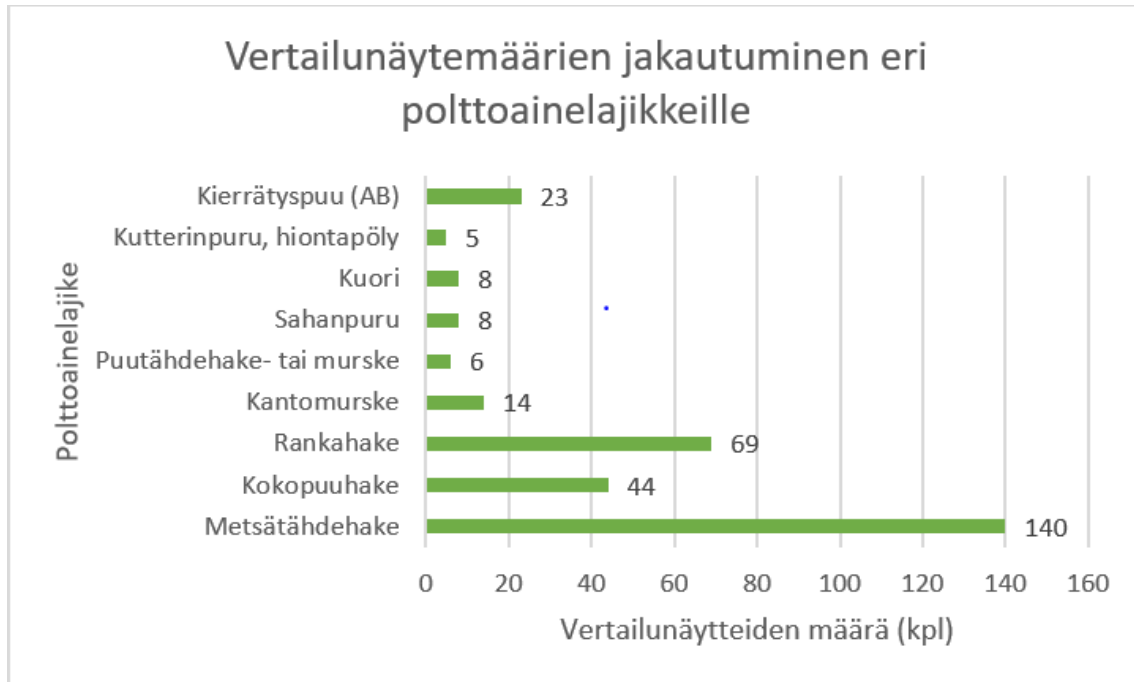
## 8 Tutkimuksen tulokset

Tutkimuksen aikana otettiin yhteensä 317 vertailunäytettä. Näytteet jakautuivat kuudelle kuukaudelle kuvan 16 mukaan. Vertailunäytteitä otettiin metsätähde-, kokopuu- ja rankahakekuormista, kantomurskeesta, kierrätyspuusta, kuoresta, kutterinpurusta, puutähdehake- ja murskeesta, sekä sahanpurusta. Jyrsinturve jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle.

Kuva 16. Vertailunäytteiden määrän jakautuminen tutkimuskuukausille.



Kuva 17. Vertailunäytemäärien jakautuminen polttoainelajikkeille.



Vertailunäytteet jakoutuivat polttoainelajeittain kuva 17 mukaisesti.

Metsätähdehakekuormista otettiin selvästi eniten vertailunäytteitä. Tämä selittyy metsätähdekuormien korkealla tilaus- ja toimitusvolyymillä. Toiseksi eniten näytteitä otettiin rankahakkeesta ja kolmanneksi eniten kokopuuhakkeesta. Vähiten näytteitä otettiin kutterinpuru ja hiontapölystä, puutähdehake- tai murskeesta, kuoresta ja sahanpurusta. Tämä selittyy sillä, että kutterinpuru ja hiontapölyä saapuu Vanajalle vain satunnaisia kuormia silloin tällöin, eikä niitä esimerkiksi tilata etukäteen. Puuteollisuuden sivutuotteiden alhainen vertailunäytemäärä selittyy sillä, että nämä polttoainelajikkeet omaavat yleensä korkean kosteusprosentin, eikä testijakson aikana näitä polttoaineita juurikaan tilattu. Tulosten analysoinnissa on tarkasteltu polttoaineen kosteuden lisäksi lämpöarvoa kaavan 1 laskentakaavan mukaisesti.

Kaava 1. Polttoaineen tehollisen lämpöarvon laskentakaava. (Hakonen & Laurila, 2011)

$$Q_{\text{net, ar}} = Q_{\text{net, d}} \times [(100 - M_{\text{ar}})/100] - 0,02443 \times M_{\text{ar}}$$

$Q_{\text{net, ar}}$  = tehollinen lämpöarvo saapumistilassa (MJ/kg)

$Q_{\text{net, d}}$  = tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa (MJ/kg)

$M_{\text{ar}}$  = kosteus saapumistilassa [p- %]

0,02443(MJ/kg) on veden höyrystymiseen kuluva lämpömäärä (+ 25°C)

Tutkimuksessa haluttiin selvittää, kuinka suuri vaikutus kustannuksiin kuljettajien puutteellisella polttoainenäytteenotolla on. Tuloksissa on hyödynnetty myös ulkopuolisen laboratorion analysoimaa tietoa kokoomanäytteistä.

Tätä lähdettiin tarkastelemaan Loimuan työntekijän näytteistä analysoitujen kosteuksien perusteella. Tämä siksi, koska ulkopuolinen laboratorio on analysoinut jo kokoomanäytteiden kosteudet. Näitä kokoomanäytteiden kosteustietoja ja Loimuan työntekijän kosteustietoja vertailemalla saadaan laskettua näytteenotossa tapahtuva prosentuaalinen virhe.

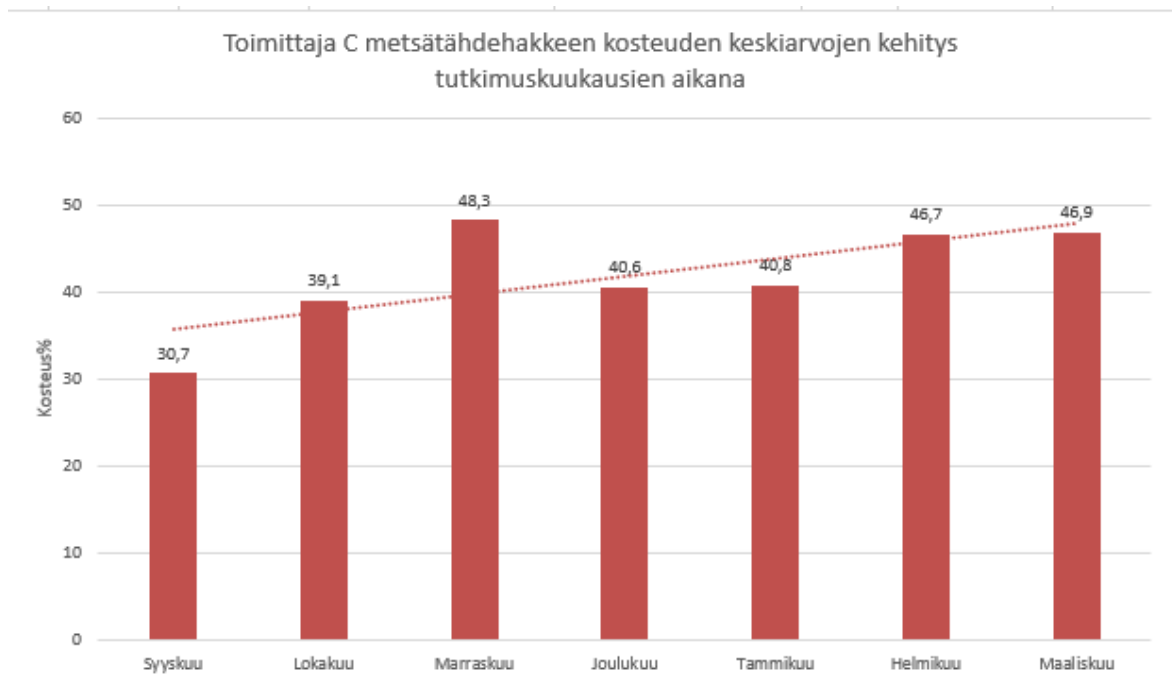
Loimuan työntekijän näytteistä analysoitujen kosteuksien perusteella laskettiin jokaisesta kuormasta niiden teholliset lämpöarvot (MJ/kg) kuvan 17 kaavan mukaisesti. Saatujen lämpöarvojen perusteella lämpöarvot muutettiin muotoon kW/kg kertomalla vakiolla 3,6. Saaduista tuloksista laskettiin jokaisen kuorman energiasisältö kertomalla tehollinen lämpöarvo (kW/kg) kuormien nettopainoilla. Ulkopuolisen laboratorion analysoimia energiasisältötietoja ja Loimuan työntekijän kuormista laskettuja energiasisältötietoja vertailemalla saatiin laskettua kuljettajan näytteen aiheuttama virhe vähentämällä Loimuan työntekijän energiasisällöstä ulkopuolisen laboratorion analysoima energiasisältö yksikössä MWh. Energiasisältöjen erotus muutettiin prosentiksi vähentämällä laboratorion analysoimista energiasisällöistä itse lasketut energiasisällöt ja jakamalla laboratorion energiasisällöllä. Jokaisesta kuormasta lasketuista virheprosentista otettiin keskiarvo. Keskimääräiseksi virheprosentiksi saatiin 3%.

Aikaisemmin on mainittu, että Vanajan voimalaitoksen vuotuinen energiantuotto on 400 000 MWh vuodessa. Kun tästä laskettiin virheen määrä 3 %, saadaan, että virheen osuus oli 12 000 MWh vuodessa. Tästä osuudesta energiaa on siis maksettu täysin turhaan. Laskennassa metsähakkeelle käytettiin hintaa 23,1 €/MWh (Tilastokeskus, 2021).

Kun 12 000 MWh kerrotaan metsähakkeen hinnalla 23,1 €/MWh, saatiin virheeksi keskimääräisesti 277 200 €/a.

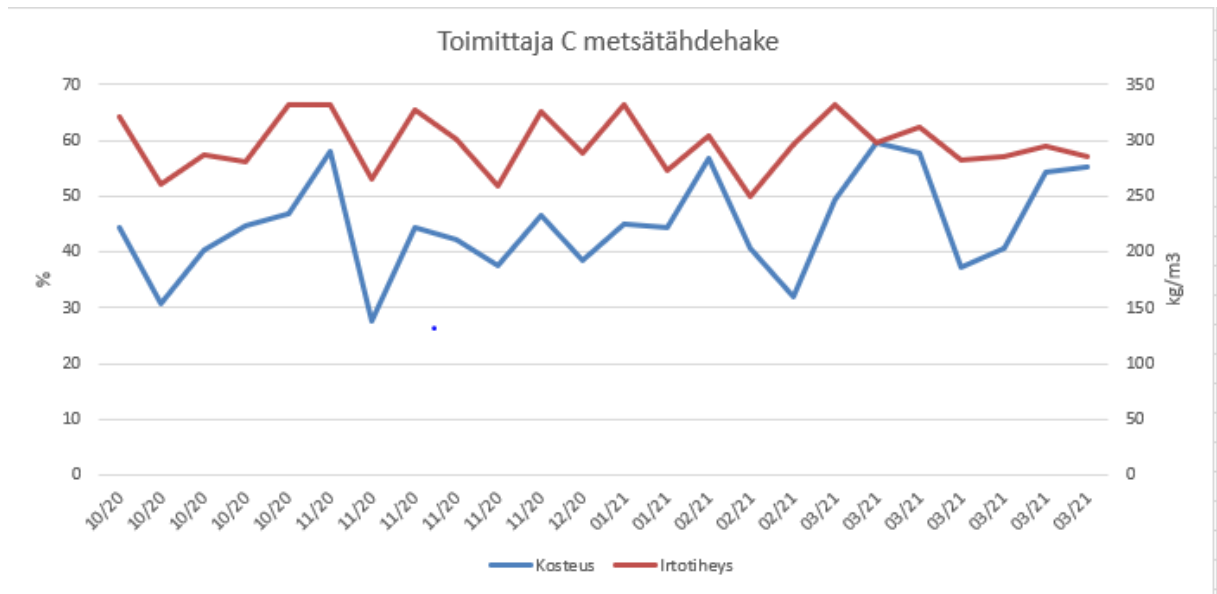
Kuljettajien suhtautuminen näytteenottoon muuttui selkeästi tutkimusjakson aikana. Kuten kuvasta 18 näkee, syyskuussa ennen tutkimusjakson alkua Toimittaja C:n metsätähdehakkeen kosteusprosentti oli keskimääräisesti 30,7. Maaliskuussa 2020, eli tutkimusajan viimeisenä kuukautena kosteusprosentti oli noussut 46,9 %:iin.

Kuva 18. Toimittaja C:n metsätähdehakkeen kosteuden kehitys tutkimuksen aikana.

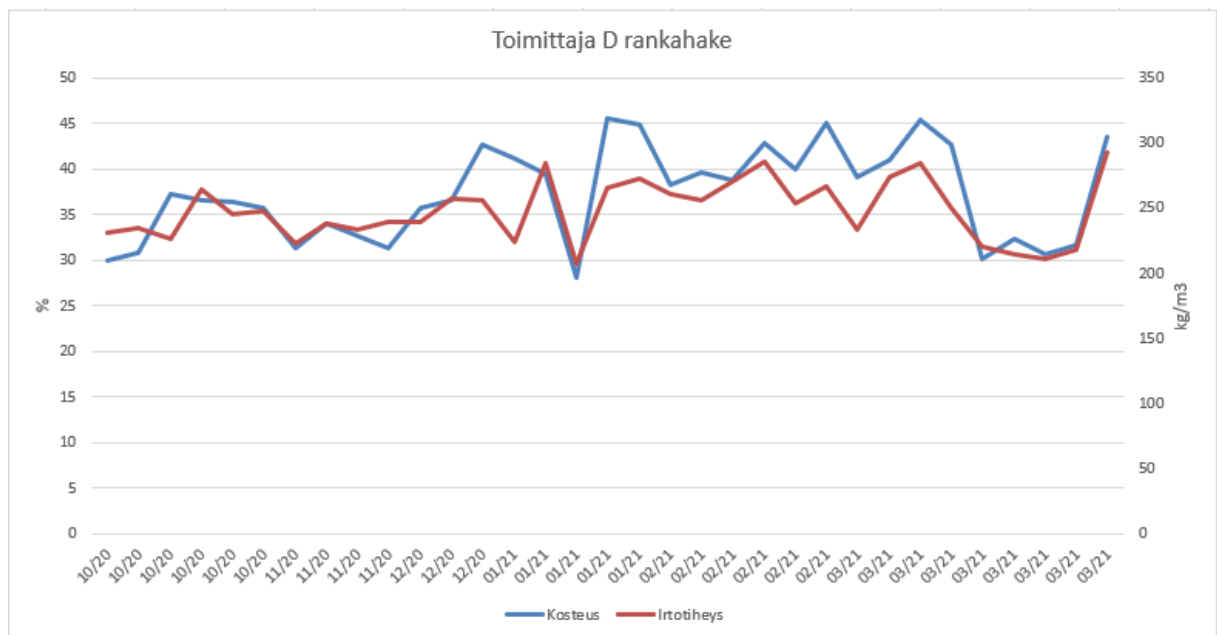


Kosteusprosentin tulisi korreloida kuorman irtotiheyden kanssa. Irtotiheys on laskettu jakamalla kuormien nettopaino kuljettajien ilmoittamalla kuormien tilavuudella (i-m<sup>3</sup>). Koska kuljettajien antamia kuormien tilavuustietoja ei voida pitää absoluuttisina tilavuustietoina, ei irtotiheys välttämättä myöskään esiinny absoluuttisena tietona. Kuvasta 19 näkee toimittaja C:n metsätähdehakekuormien irtotiheyden suhteessa kosteuteen. Mitä lähempänä kuvaajat ovat toisiaan, sitä paremmin näytteenotto on onnistunut sen kuorman osalta.

Kuva 19. Toimittaja C:n metsätähdehakkeen kosteus ja irtotiheys.



Kuva 20. Toimittaja D:n rankahakkeen kosteus ja irtotiheys.



Kuvista 19 ja 20 voidaan päätellä, että toimittaja C:n näytteenotto on ollut huomontavaa koko testijakson ajan verrattain toimittaja D:n näytteenottoon. Toimittaja C:n näytteenotto kuitenkin on vuoden 2021 alusta parantumaan selkeästi.

Lisäksi Vanajan voimalaitoksella tutkimusjakson aikana tehtiin paljon ylimääräisiä havaintoja polttoaineen laadusta, mitä ei ilman tutkimusta olisi välttämättä tehty.

Vertailunäytteenottoa suoritettaessa saatiin kiinni todella huonolaatuisia polttoainekuormia,

joista löytyi paljon epäpuhtauksia. Kuormista havaittiin mm. suuria määriä maa-ainesta, kiviä, savea, alumiinia ja muuta roskaa, jotka ei ole toivottuja polttoprosessin kannalta. Maa-aines, kivet ja savi lisäävät tuhkan tuotantoa, sekä alumiini ja muut roskat voivat tehdä haittaa kattiloille ja polttoprosesseille.

## **9 Näytteenoton automatisointi**

Automaattisen näytteenoton periaatteena on se, että koko polttoainevirran poikkileikkaus olisi edustettuna keskiarvoperiaatteen mukaan yhdessä yksittäisnäytteessä. Automaattisia näytteenottotapoja on monia, koska kaikille laitoksille ei sovellu vain yksi ja ainoa automaattinen näytteenottotapa. Automaattinen näytteenottotapa pitää valita laitokselle ajavien ajoneuvojen purkutavan ja vastaanottoasemien rakenteiden mukaan. Huomioon tulee ottaa myös laitoksen koko ja kuinka monta polttoainekuormaa laitokselle parhaimmillaan vastaanotetaan vuorokaudessa. Automaattisen näytteenoton luotettavuus on tarkastettava mahdollisen systemaattisen virheen sulkemiseksi pois. Koska polttoaineen kosteuspitoisuus toimii yhtenä maksuperusteena polttoaineen vastaanottajan ja toimittajan välillä, tulee kummankin osapuolen hyväksyä näytteenottotapa. (Alakangas E. ym, 2016, s. 43).

### **9.1 Nykyiset ongelmat**

Näytteenotossa tapahtuvat ongelmat eivät ole niin suuria, etteikö manuaalista näytteenottoa voitaisi jatkaa, mutta kuitenkin niin merkittäviä, että automaattista näytteenottomenetelmää on suunniteltu. Ongelmat liittyvät lähinnä kuljettajien aiheuttamaan virheeseen näytteenotossa, muuhun inhimilliseen virheeseen näytteenotossa, sekä näytteenkäsittelyssä tapahtuvaan mahdolliseen virheeseen. Käytännössä inhimillisen virheen mahdollisuus halutaan poistaa mahdollisen näytteenoton automatisoinnin myötä. Yhden kuorman näytteen teko manuaalisesti on arvioitu kestävän noin 10 minuuttia näytteen tekovälineiden hakemisesta näytetarran tulostamiseen.

## 9.2 Vaihtoehtoja näytteenoton automatisointiin

### 9.2.1 Q-Robot, Prometec Oy

Prometec Oy on vuonna 2012 perustettu kajaanilainen asiantuntija- ja teknologiayritys. Työntekijöitä yritys työllistää 14. Prometecin toimittamilla näytteenottoroboteilla analysoidaan 60 000 rekka-autollista polttoaineita vuodessa (Prometec Oy, 2022).

Prometecin automatisoitu näytteenottomenetelmä Vanajan voimalaitokselle voisi olla Q-Robot-näytteenottorobotti (kuva 17). Robotti ottaa näytteen ennen ajoneuvon kuorman purkamista näytteenotolle tarkoitetussa läpiajettavassa näytteenottohallissa. Kun rekka-auto ajaa halliin, se syöttää kuormasta vaadittavia tietoja etukäteen järjestelmään. Tämän perusteella järjestelmä tekee päätöksen kuorman tilavuuden perusteella, kuinka monta yksittäisnäytettä kuormasta otetaan. (Prometec Oy, 2022)

Q-Robot ottaa näytteet hallin katosta laskeutuvan kairan avulla. Kaira kairaa ajoneuvon yläpuolelta suoraan polttoainekuormaan niin, että kuormanäytettä tulee tasaisesti läpi kuorman. Järjestelmä valitsee näytteenottokohdat satunnaisesti. Kun robotti on ottanut tarvittavan määrän yksittäisnäytteitä, se automaattisesti pienentää näytteen pienemmäksi oikean kokoiseksi kuormanäytteeksi. Kuorman näytteenottoon on laskettu menevän aikaa 9 minuuttia. Hallissa voidaan ottaa yhden polttoainekuorman näyte kerrallaan. (Prometec Oy, 2022)

Kuva 21. Q-Robot (Kuva ja lupa Prometec, 2022).



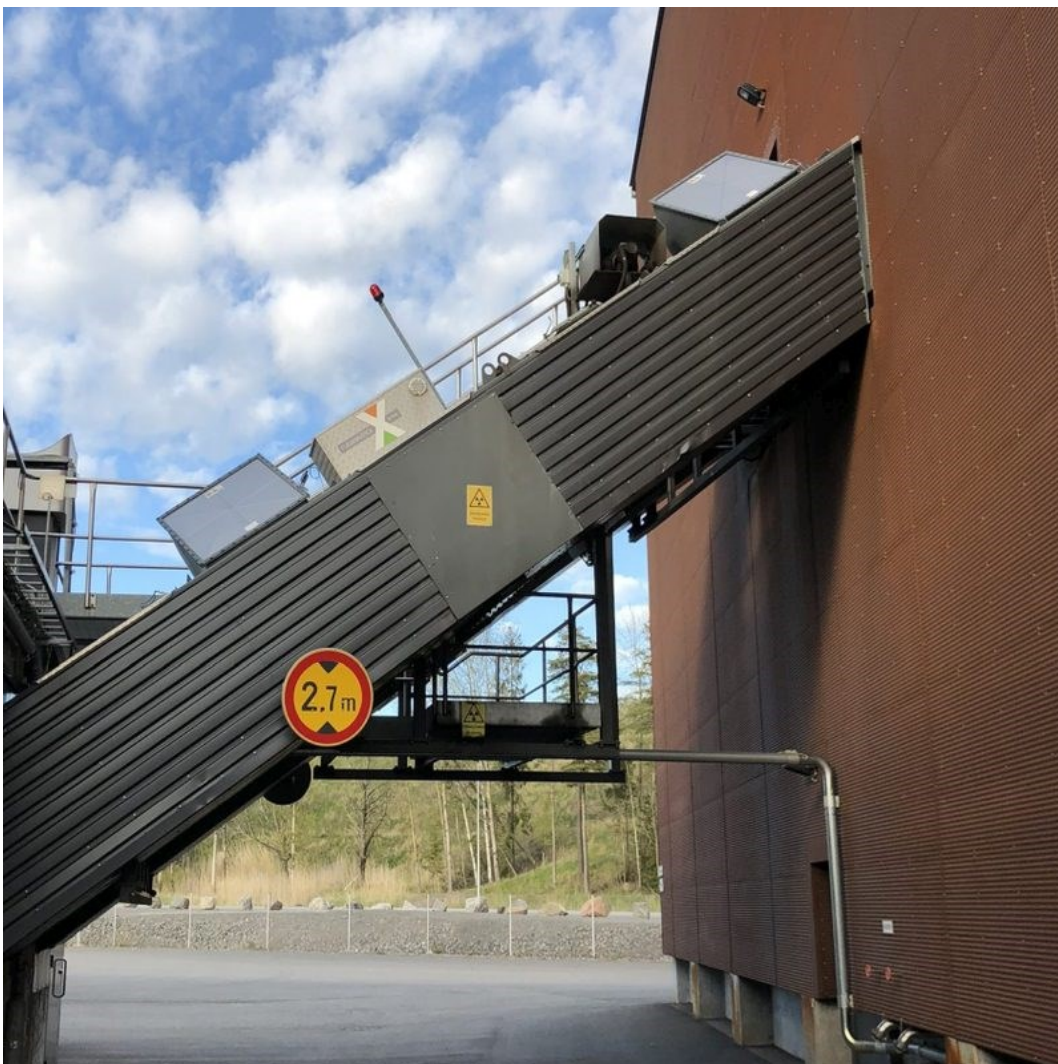


### 9.2.2 FuelControl Scanner, Inray Oy

Inray Oy on vuonna 2009 perustettu röntgenteknologiaa hyödyntävä yritys, joka toimittaa erilaisia automaattisia laadunmittausjärjestelmiä energiantuotantoon, biojalostamoihin, sekä sellutehtaisiin. Inrayn päätoimipaikka sijaitsee Mikkelissä. (Inray Oy, 2022)

Inrayn vaihtoehto Vanajan voimalaitokselle voisi olla Fuelcontrol Scanner (kuva 18), joka on reaaliaikainen polttoaineen laadunmittauslaite. Se korvaa kokonaan polttoainenäytteenoton. Teknologia hyödyntää konenäköä, jonka avulla saadaan reaaliaikaiset polttoaineiden kosteuspitoisuudet ilman laboratorioanalyysiä, kuormissa olevat vierasaineet pystytään tunnistamaan ja poistamaan, sekä saadaan reaaliaikainen energiasältömääritys. (Inray Oy, 2022)

Kuva 22. FuelControl Scanner (Kuva ja lupa Inray, 2022).



## 10 Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää parantaako vertailunäytteenotto kuljettajien kuormanäytteiden edustavuutta, sekä onko vertailunäytteenottoa kannattavaa jatkaa. Lisäksi pohdittiin muutamia automaattisia näytteenottomenetelmiä, jotka Vanajan voimalaitokselle voisivat sopia. Tulosten perusteella vertailunäytteenotto keskimääräisesti paransi kuljettajien kuormanäytteiden edustavuutta. Tulos oli näkyvässä paremmin suurempien toimittajien kohdalla suuren toimitusvolyymien vuoksi.

Tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset. Vertailunäytteenotto paransi kuormanäytteiden edustavuutta, sekä tutkimuksen perusteella vertailunäytteenottoa olisi kannattavaa jatkaa. Hyödyt ovat suuremmat, kuin haitat.

Vanajan näytteenoton automatisointikysymykseen löytyi myös muutama vaihtoehto. Vaihtoehtoista kumpikaan ei toisaalta ratkaise kokonaan Vanajan voimalaitoksen näytteenottoon liittyviä ongelmia.

### 10.1 Pohdintaa näytteenoton automatisointimenetelmistä

Vanajan voimalaitoksen näytteenotto on tällä hetkellä jokseenkin työläs. Kuljettajat oikovat ohjeissa ja kokevat näytteenoton vanhanaikaiseksi, koska yhä useammilla laitoksilla on käytössään automaattisia näytteenottojärjestelmiä.

Prometecin näytteenottomenetyelmässä on hyviä ja huonoja puolia. Näytteenottohalli vaatii suuren tilan rakennukselle, mutta Vanajan voimalaitoksen piha-alue on suhteellisen ahdas, eikä tilaa tarvittun kokoiselle hallille juurikaan ole. Hallin sijaintia voisi miettiä myös laitoksen ulkopuolelle, mutta tällöin kuljettajille ja polttoainetoimittajille voi esiintyä tässä suhteessa harmia. Ajoreitteihin tulee koukkauksia, jos näyte pitääkin jättää muuhun paikkaan, kuin missä itse kuorman purku tapahtuu. Halli vaatii myös päivittäistä huoltoa ja tarkistuskäyntejä, joten Vanajan tontin ulkopuolelle sijoitettu halli kasvattaisi polttoainekustannuksia ja vaatisi päivittäin yhden resurssin hoitamaan hallin tarkastukset.

Näytteenottohallissa suoritettu robotin tekemä näytteenotto kestää noin 9 minuuttia, joka ei ole juurikaan nopeampi, kuin kuljettajien tekemä manuaalinen näytteenotto. Lisäksi näytteenottohalliin mahtuu vain yksi hakerekka kerrallaan, jolloin ruuhka-ajan sattuessa muut autot joutuvat jonottamaan halliin mahdollisesti pitkiäkin aikoja. Vanajalla ei ole käytössä purkuaikaikkunoita, vaan kuormat saa tuoda arkipäivisin klo 6.00–22.00 välisenä aikana vapaasti.

Toisaalta näytteenottohallissa pystytään ottamaan näytteet kaikista saapuvista kuormista, eikä esimerkiksi polttoainekentälle purettavista kuormista synny ongelmaa. Kuljettajien ei tarvitse kantaa painavia näytteentekovälineitä, tai työskennellä niin paljoa esimerkiksi talvisin liukkaalla polttoainekentällä. Tällöin tapaturman riski pienenee.

Näytteenottovälineisiin tarvittavat kulut myös pienenevät, koska enää ei tarvittaisi muovisia näytteenkeräysastioita. Näytteenkeräysastiat menevät helposti ronskissa käytössä rikki, varsinkin jäätyessään talvella. Prometecin näytemenetelmässä ei myöskään ole reaaliaikaisia mittauksia, jolloin näytteenkäsittelyn kustannukset jäävät edelleen olemaan. Loimua tarvitsee resurssin näytteenkäsittelyyn laitoksella, sekä ulkopuolisen laboratorion tekemä polttoaineanalysoinnin kulu jää. Kaikkia tarvittavia analyysejä ei pystytä itse tekemään laitoksella.

Inrayn konenäkömenetelmässä on myöskin hyviä ja huonoja puolia. Konenäkömenetelmä antaa reaaliaikaista tietoa saapuvista kuormista, sekä näyttää vierasesineet, milloin ne pystytään ongelmitta noukkimaan polttoainevirrasta pois. Konenäkölaitteet pystytään helposti asentamaan Vanajan kummallekin vastaanottoasemalle. Konenäön antaessa reaaliaikaista analyysitietoa jää näytteenkäsittely laitoksella kokonaan pois, jolloin tästä vapautuu ylimääräinen resurssi muuhun käyttöön. Lisäksi laboratorioanalyysien kulu pienenee, koska järjestelmä pystyy analysoimaan tärkeimmät analysoinnit reaaliajassa.

Inrayn järjestelmä ei toisaalta tue Vanajan voimalaitoksella olevaa polttoainekenttää. Mistään polttoainekentälle ohjautuvista kuormista ei saada reaaliaikaista tietoa, jolloin kuljettajien täytyisi näiden kuormien osalta edelleen tehdä näytteet manuaalisesti. Vuonna 2021 Vanajalla polttoainekentälle purettiin 25 % saapuneista kuormista. Lisäksi tässä suhteessa tarvittava näytteenkäsittelyn resurssi tarvitaan kuitenkin. Lisäksi myös jonkinlainen laboratorioanalyysiin tarvittava kulu jää.

Pohdintojen myötä olen itse sitä mieltä, että Vanajan voimalaitokselle sopisi Prometecin Q-Robot. Robotilla saa otettua kaikista saapuvista kuormista näytteet, eikä suurimmasta huolen aiheesta, polttoainekentälle ohjaantuvista kuormista, muodostu ongelmaa. Hallin sijoittelu Vanajan omalle tontille onnistunee oikeanlaisella suunnittelulla.

## Lähteet

Alakangas E., Hurskainen M., Laatikainen-Luntama J. & Korhonen J. (2016). *Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia.*

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>

Hakonen T. & Laurila J., (2011). *Metsähakkeen kosteuden vaikutus polton ja kaukokuljetuksen kannattavuuteen.*

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/34746/B55.pdf?sequence=1>

Inray Oy (2022). *Ratkaisumme.* <https://inray.fi/ratkaisut/>

Inray Oy (2022). *Yli kymmenen vuotta skannausta.* <https://inray.fi/yritys/>

Kärkäs K. (2021). *Polttoainevastaanoton kehittäminen Vanajan voimalaitoksella* [opinnäytetyö, Karelia-ammattikorkeakoulu].

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/512688/Polttoainevastaanoton%20kehitt%C3%A4minen%20Vanajan%20Voimalaitoksella.pdf?sequence=2>

Laukkarinen S. (2020). *Biomassalogistiikkavirtojen solmukohtien selvitys Suomessa* [kuva].

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/341487/Laukkarinen\\_Sirpa.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/341487/Laukkarinen_Sirpa.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Loimua Oy. (2022). *Tietoa meistä.* <https://www.loimua.fi/tietoa-meista/>

Maaseudun tulevaisuus. (2017). *UPM:n uudet jättirekat aloittavat liikennöinnin* [kuva].

<https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/upm-n-uudet-j%C3%A4ttirekat-aloittavat-liikenn%C3%B6innin-1.180052>

Motiva. (2022). *Nestemäiset biopolttoaineet*.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/nestemaiset\\_biopolttoaineet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/nestemaiset_biopolttoaineet)

Novox Oy. (2021). *Leijupetikattila, leijupetipoltto*. <https://www.novox.fi/Leijupetikattila>

Prometec Oy (2022). *Prometec-automaattisen näytteenoton edelläkävijä*.

<https://prometec.fi/yritys/>

Putula J. & Hilli A. (2017). *Hakkeen laatuun vaikuttavat tekijät*. [Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyö].

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/134175/ePooki%2030\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/134175/ePooki%2030_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

RE-maatila. (2017). *Yleistä kiinteistä biopolttoaineista*. <http://ravinnejaenergia.fi/fi/yleista-kiinteista-biopolttoaineista/>

Tilastokeskus. (2021). *Energian hintoja lämmöntuotannossa maaliskuussa 2021*.

[https://www.stat.fi/til/ehi/2021/01/ehi\\_2021\\_01\\_2021-06-10\\_tau\\_002\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/ehi/2021/01/ehi_2021_01_2021-06-10_tau_002_fi.html)

Tilastokeskus. (2020). *Polttoaineluokitus 2020*.

[https://www.stat.fi/static/media/uploads/classication\\_attachments/khkaasut\\_polttoaineluokitus\\_maaritelmat\\_2020.pdf](https://www.stat.fi/static/media/uploads/classication_attachments/khkaasut_polttoaineluokitus_maaritelmat_2020.pdf)

## Liite 1/1: Puupolttoaineiden kosteuspitoisuuksia

(Alakangas E. ym, 2016, s. 62).

Puupolttoainelaji	Kosteus, p-%
Halot ja pilkkeet, juuri hakatut	45
Halot ja pilkkeet, yhden kesän yli varastoidut	25
Halot ja pilkkeet, kahden kesän yli varastoidut	20
Rankahake, tuore	50
Rankahake, rasikuiva	40
Rankahake, ilma-kuiva, ylivuotinen	25–30
Metsätähdehake, mänty, tuore	60
Metsätähdehake, kuusi, tuore	50–57
Metsätähde, oksahake, tuore	50
Kantohake	35
Pajuhake	35–40
Hakkeen seulontajäte	50–55
Sahaustähde	5–10
Sahanpuru ja hake, kuivaamaton	50–55
Sahanpuru, kuivatusta sahatavarasta	5–15
Tasauspätkien hake	15
Hiomapöly	5–10
Hiomapöly, puusepän kuiva	15–20
Kutterinpuru, puusepän kuiva	5–10
Kutterinpuru, ilma-kuiva	15–20
Puusepänteollisuuden jäte	5–10
Puusepänteollisuuden jäte, ilma-kuiva	15–20
Vaneritähde	35–50
Vanerin tasausreunat	5–10
<b>KUITUPUUN KUORI</b>	
Havupuu, kuiva kuljetus	
• kuiva kuorinta	40–50
• märkä kuorinta, puristamaton	60–70
• märkäkuorinta, puristettu	55–62
Havupuun märkäkuljetus tai varastointi vedessä	
• puristamaton	70–85
• puristettu	55–62
Koivupuu	
• märkä kuorinta, puristamaton	65–70
• märkä kuorinta, puristettu	55–62
• kuiva kuorinta	40–50
<b>TUKKIPUUN KUORI, havupuu, kuivakäsittely</b>	40–50
<b>märkäkäsittely</b>	60–80
<b>TUKKIPUUN KUORI, koivu</b>	35–50

