

Sirpa Laukkarinen

**BIOMASSALOGISTIIKKAVIRTOJEN JA -SOLMUKOHTIEN SEL-
VITYS SUOMESSA**

BIOMASSALOGISTIKKAVIRTOJEN JA -SOLMUKOHTIEN SEL- VITYS SUOMESSA

Sirpa Laukkarinen
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Sirpa Laukkarinen

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Biomassalogistiikkavirtojen ja -solmukohtien selvitys Suomessa

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Analysis of Biomass Logistics Flow and Nodes in Finland

Työn ohjaajat: Timo Kiviahde, Henna Karlsson

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020

Sivumäärä: 40 + 1 liite

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kiinteiden biomassojen logistiset solmukohtat, joiden kautta kulkee yli 400 GWh kiinteitä biomassoja vuosittain. Nämä voisivat olla otollisia sijoituspaikkoja useampia toimijoita palvelevalle laadunvalvonta-asemalle. Lisäksi todellista asiakastarvetta oli tarkoitus selvittää haastateluin. Työn tilaajana toimi Prometec Tools Oy.

Prometecin laadunvalvonta-aseman avulla saadaan kuormakohtainen tieto kiinteiden biomassojen kosteus- ja energiasisällöstä. Laadunvalvonta-aseman palveluihin kuuluu ajoneuvon punnitus, automaattinen robottinäytteenotto sekä näytteiden analysointi standardien mukaisesti. Palvelu tuo kustannushyötyjä, sillä kosteus on merkittävin biomassan arvoon vaikuttava tekijä ja aiemmissa tutkimuksissa on todettu manuaalisen näytteenoton antavan todellista kuivempia kosteusarvoja.

Alussa selvitettiin eri lähteistä kiinnostavia kiinteiden biomassojen käyttäjiä ja käyttömääriä. Nämä sijoitettiin kartalle ja niistä muodostettiin yhteensä kahdeksan solmukohta-alueita. Valituista alueista tehtiin kartoitus, jossa selvitettiin tarkemmin alueen toimijat ja käyttömäärät. Kartoituksen aikana havaittiin, että ilmoitetut käyttömäärät vaihtelivat käytetyn lähteen mukaan ja etenkin biomassoja raaka-aineena käyttävien laitosten käyttömääriä oli hankala löytää.

Asiakastarvekyselyjä suoritettiin valituille solmukohtien toimijoille ja niiden tuloksena saatiin tarkemmat tiedot käytetyistä kiinteistä biomassoista ja niiden käyttömääristä. Lisäksi saatiin tietoa toimijoiden nykyisistä laadunvalvontamenetelmistä ja -tasosta. Haastateltujen laadunvalvontamenetelmät vaihtelivat, eikä kenelläkään ollut käytössä koneellista näytteenottoa. Laadunvalvonta-aseman palvelut herättivät useissa haastatelluissa selkeää kiinnostusta. Tärkeänä kriteerinä koettiin palvelun kustannustehokkuus ja se, että polttoaineen kuljetuskat eivät saisi pidentyä merkittävästi.

Asiasanat: bioenergia, energiatiheys, kiinteä biomassa, kosteus, laadunvalvonta

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Energy Technology

Author: Sirpa Laukkarinen

Title of thesis: Analysis of Biomass Logistics Flow and Nodes in Finland

Supervisors: Timo Kiviahde, Henna Karlsson

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020

Pages: 40 + 1 appendix

The purpose of this thesis was to analyse Finland's biomass logistics flow and nodes with at least 400 GWh of annual usage of solid biomasses. These nodes could be potential locations for quality monitoring stations. In addition, a customer survey was planned. This thesis was assigned by Prometec Tools Oy. Prometec's quality monitoring station is used to gain information of solid biomass moisture and energy content. Station services include a weighbridge, an automatic sampler and sample analysis according to industry standards. Service provides cost-benefit for customers as moisture content is considered to be the most influencing factor in biomass valuation. Previous studies have demonstrated that manual biomass sampling tends to give too low moisture content as a result.

Work began by gaining an understanding of interesting biomass utilizers and their solid biomass usage in Finland. Based on the geographical location of these utilizers, a total of eight nodes were formed. A detailed analysis for each node revealed that the reported annual biomass use sometimes varied depending on the used information source and that it was also hard to find any data about biomass usage as a raw substance.

Customer surveys were conducted with selected actors in the defined nodes. As a result, more detailed information of solid biomass types and their usage was formed. Surveys also gave some understanding of actors' current quality monitoring processes. These processes vary a lot and none of the interviewees had any automated sampling processes in use. Prometec's quality services clearly generated interest in the interviewed parties. Two of the most important aspects were cost efficiency and short distance to the service.

Keywords: bioenergy, energy density, solid biomass, moisture, quality control

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 KIIINTEÄT BIOMASSAT SUOMESSA	8
2.1 Hakkeet	8
2.2 Kuori	9
2.3 Puru	9
2.4 Turve	9
2.5 Puupelletit	10
3 BIOMASSAN LAATU	11
3.1 Näytteenotto	11
3.1.1 Näytteenottopaikka	12
3.1.2 Näytteenottomenetelmä	13
3.1.3 Näytteiden lukumäärä ja tilavuus	15
3.2 Näytteen muodostaminen ja käsittely	16
3.3 Näytteen analysointi	17
3.3.1 Kosteus	18
3.3.2 Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa	19
3.3.3 Energiatiheys saapumistilassa	19
3.3.4 Toimitettu energiamäärä	19
3.3.5 Irtotiheys	20
3.3.6 Palakokojakauma	20
3.4 Kiinteiden biomassojen keskeisten ominaisuuksien vertailu	20
3.5 Manuaalisen näytteenoton ongelmia	21
4 PROMETECIN LAADUNVALVONTA-ASEMA	23
5 BIOMASSAVIRTOJEN SOLMUKOHTIEN SELVITYS	30
6 ASIAKASTARPEEN SELVITYS	35
7 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	39

LIITTEET

Liite 1 Kosteuden vaikutus energiasältöön

1 JOHDANTO

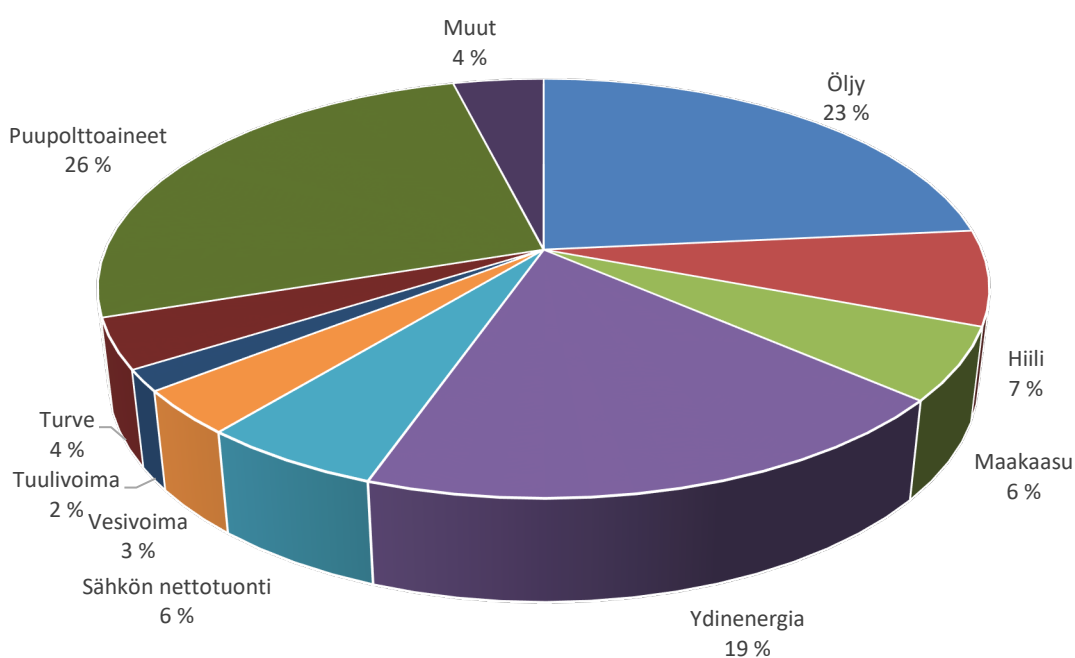
Kiinteillä biomassoilla, joihin lukeutuvat metsähakkeet, turve sekä metsäteollisuuden sivutuotteet, katetaan Suomessa tuotetusta energiasta yli neljäsosa. Lisäksi biomassoja käytetään eri teollisuudenalojen, kuten biojalostuksen ja paperiteollisuuden, raaka-aineina. Biomassojen laatu määritellään sen merkittävimpien ominaisuuksien mukaan, jotka ovat lämpöarvo, kemiallinen koostumus ja kosteus. Kosteuspitoisuus on tärkein biomassojen arvon vaihtelua aiheuttava ominaisuus. Kosteuspitoisuutta määritettäessä eniten virhettä aiheuttaa näytteenotto, joka etenkin pienemmillä laitoksilla on suoritettu varsin vaihtelevasti. Aiempien havaintojen mukaan hyvin suoritettulla laadunvalvonnalla saadaan merkittäviä kustannushyötyjä.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää Suomen lämpö- ja voimalaitokset sekä mahdolliset muut kiinteiden biomassojen käyttäjät ja käyttömäärät. Työssä pyritään kartoittamaan Suomen biomassavirtojen solmukohtia, joihin voitaisiin sijoittaa useampia toimijoita palvelevia kiinteiden biomassojen laadunvalvonta-asemia. Toimeksiantajan toiveesta kartoituksessa keskitytään lähinnä alle 500 GWh vuodessa kiinteitä biomassoja käyttäviin laitoksiin. Näistä kiinnostavimmille solmukohtille tehdään tarkempi kuvaus, jossa selvitetään käyttäjät, toimittajat ja määrät sekä todellinen asiakastarve haastatteluin.

Työn tilaaja on kajaanilainen Prometec Tools Oy, joka tarjoaa kiinteiden biomassojen kokonaisvaltaisia laadunvalvontapalveluita. Prometecin kehittämä laadunvalvonta-asema sisältää ajoneuvovaa'an, automaattisen näytteenottorobotin sekä standardien mukaisen näytteiden analysoinnin.

2 KIINTEÄT BIOMASSAT SUOMESSA

Kiinteitä biomassoja käytetään sekä energiantuotannon polttoaineena että metsäteollisuuden raaka-aineena. Vuonna 2019 Suomessa kulutetusta energiasta niillä katettiin 30 % (kuva 1). Lämpö- ja voimalaitokset käyttävät polttoaineena metsähakkeita, turvetta ja metsäteollisuuden sivutuotteita kuten kuorta ja purua. Lisäksi metsäteollisuus käyttää kiinteitä biomassoja, kuten haketta ja purua, jota kului vuonna 2018 yhteensä 9,7 miljoonaa kuutiometriä, raaka-aineena sellun, paperin, kartongin ja erilaisten biopolttoaineiden valmistuksessa (2).



KUVA 1. Energian kokonaiskulutus Suomessa energialähteittäin (1)

2.1 Hakkeet

Hake on koneellisesti tietynkokoiseksi leikattua puubiomassaa, jota tehdään karsitusta tai karsimattomasta kokopuusta, hakkuutähteistä, kannoista tai muusta puujätteestä. Puuhakkeen palat ovat suorakaiteen muotoisia ja kooltaan 5–100 millimetriä.

Metsähake on nimitys hakkuiden yhteydessä saatavasta puumateriaalista tuotetulle hakkeelle. Kokopuuhaake sisältää runkopuun lisäksi oksia ja latvuksia. Rankahake valmistetaan karsitusta runko-osasta ja metsätähdehaake hakkuujätteistä, minkä vuoksi se sisältää kuoren lisäksi vihreää massaa ja muita mahdollisia epäpuhtauksia.

Polttohakkeeksi voidaan käyttää kaikkia haketyyppejä. Käytettäessä haketta raaka-aineena esimerkiksi selluteollisuudessa tulee hakkeen olla puhdasta, jolloin se ei saa sisältää kuorta, vihreää massaa eikä muita epäpuhtauksia.

2.2 Kuori

Kuori on ainespuusta eri kuorintatekniikoilla syntyvä kuoritähde. Sen lämpöarvo on korkea, mutta korkeat kosteus- ja tuhkapitoisuudet heikentävät huomattavasti kuoren polttoaineominaisuuksia. Kuoripolttoaineen laatua voidaan parantaa sekoittamalla sitä esimerkiksi huomattavasti kuivempaan kutterinlastuun. (3, s. 81.)

2.3 Puru

Sahanpurua saadaan puutavaran sahauksen sivutuotteena. Se on tyypillisesti märkää ja ilmavaa, koska sahaus tapahtuu yleensä puun ollessa vielä kosteaa. Sahanpurun kosteus on tyypillisesti 50–55 %. Konehöyläyksessä syntyvä puutähde on kutterinlastua. Kutterinlastu on yleensä kuivaa ja kevyttä, eikä sitä voida polttaa sellaisenaan. Kutterinlastun tyypillinen kosteus on 5–15 %. Sahanpurun ja kutterinlastun ominaisuuksia parannetaan sekoittamalla niitä muihin polttoaineisiin. (3, s. 85.)

2.4 Turve

Turve on suolta kerättävää materiaalia, joka muodostuu kuolleista kasvin osista maatumalla kosteissa olosuhteissa. Hapenpuutteen ja runsaan veden takia kasvien jäänteet eivät hajoa kunnolla, ja näin syntyy jatkuvasti kasvava turvekerrostuma. Turve palaa hitaasti suuren hiilipitoisuutensa vuoksi, ja siinä on vähemmän haihtuvia aineita kuin puussa, joten sen kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo on suurempi kuin puun. Pääasiassa polttoaineena käytettävä turve tuotetaan palaturpeena ja jyrshinturpeena. Jyrshinturpeen osuus energiaturpeen tuotannosta on

yli 90 %. Jyrsinturvetta voidaan puristaa myös turvepelleteiksi, mutta niiden käyttö on vähäistä. (3, s. 119.)

2.5 Puupelletit

Puupelletit ovat sylinterinmuotoisia puristeita, jotka valmistetaan yleensä metsäteollisuuden sivutuotteista. Useimmiten käytetään kuivaa purua ja kutterinlastua, mutta myös kuorta ja metsähaketta. Pellettien raaka-aine jauhetaan riittävän pienen raekokoon, minkä jälkeen raaka-aine puristetaan halutun kokoiseksi pelleteiksi. Suomessa valmistettavien pellettien halkaisija on yleensä 8 millimetriä ja pituus 10–30 millimetriä. Pellettien kosteus on 6–10 %. (3, s. 95.)

3 BIOMASSAN LAATU

Kiinteiden biopolttoaineiden laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat kosteuspitoisuus, lämpöarvo, kemiallinen koostumus, tiheys ja palakoko. Laadun ja arvon määrittämisen kannalta merkittävin tekijä on kosteus. Kosteuden tarkka määrittäminen on tärkeää, koska biopolttoaineiden arvo määräytyy energiasisällön mukaan. Kosteusmittauksessa tehty yhden prosentin virhe näkyy jopa kahden prosentin virheenä energiasisällössä (liite 1).

Biojalostamot, kuten sellutehtaat, käyttävät kiinteitä biomassoja, lähinnä haketta, raaka-aineena. Näissä näytteenotto tapahtuu samaan tapaan kuin polttoaineidenkin tapauksessa, mutta laadun kannalta merkittävimmät ominaisuudet ovat kuiva-ainepitoisuus ja palakokojakauma. Kuormista maksetaan pääasiassa kuiva-ainetonnien perusteella, ja palakokojakauman tulee olla hakkeessa mahdollisimman tasaista.

Biopolttoaineiden näytteenotolle on määritelty standardi SFS-EN 18135:2017, joka määrittelee menetelmät muun muassa manuaaliselle ja koneelliselle näytteenotolle. Standardin noudattaminen on tärkeää, sillä on arvioitu, että analyysitulosten virheestä 80 % on peräisin näytteenotosta, 15 % näytteenkäsittelystä sekä 5 % näytteen analyysistä. Raaka-ainenäytteissä sovelletaan samoja menetelmiä.

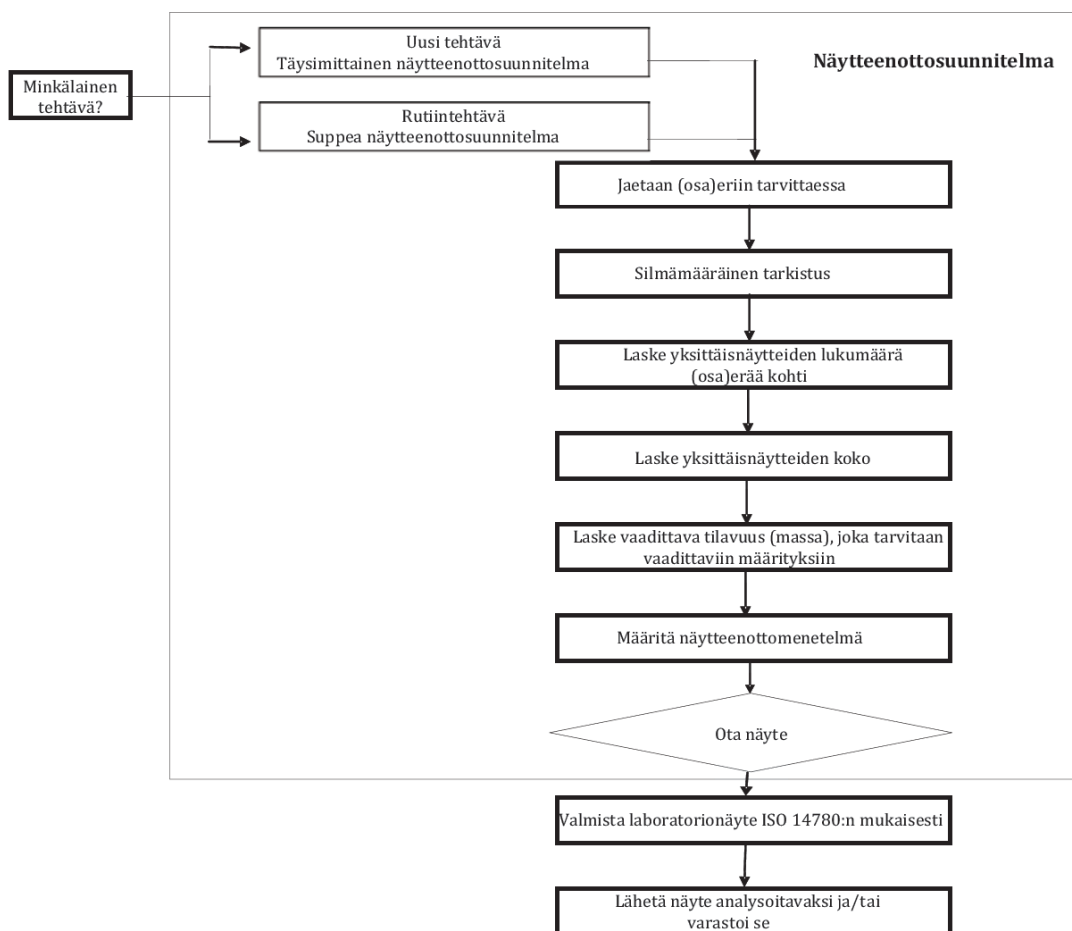
3.1 Näytteenotto

Näytteenoton onnistumisen edellytyksenä on saada edustava näyte mittauksen kohteena olevasta erästä. Näin jokaisella erän partikkelilla tulisi olla yhtä suuri todennäköisyys tulla mukaan näytteeseen. Kun näytteenottoa suoritetaan toistuvasti, on tärkeää, että se tehdään aina samalla tavalla. Tämän vuoksi on laadittava näytteenottosuunnitelma, joka sisältää ainakin seuraavat asiat:

- näytteenottopaikka ja -menetelmä
- käytettävät näytteenottolaitteet ja -välineet
- yksittäisnäytteiden lukumäärät ja tilavuudet
- näytteiden käsittely, säilytys, merkintä, ja näytteenoton dokumentointi

- poikkeustilanteiden hallinta. (3, s. 41–42.)

Näytteenottosuunnitelman laadinnassa tarvittavat toimet on esitelty kuvassa 2. Uuden materiaalin tai materiaalitoimittajan liittyessä biomassan toimitusketjuun on laadittava uusi täysimittainen näytteenottosuunnitelma tai päivitettävä olemassa oleva. Lisäksi rutiinikäyttöön laaditaan suppea näytteenottosuunnitelma, jota voidaan soveltaa myös silloin, kun materiaalinäytteen ominaisuuksien poikkeamat ovat pieniä tai näytteenottovälineet samantyyppisiä. Suppea näytteenottosuunnitelma perustuu täysimittaiseen näytteenottosuunnitelmaan. (4, s. 9.)



KUVA 2. Näytteenoton menettely (4, s. 9)

3.1.1 Näytteenottopaikka

Polttoainetoimituksissa ensisijainen näytteenottopaikka on polttoaineen luovutuspaikka, useimmiten vastaanottoasema. Yksittäisnäytteet voidaan kerätä purkamisen yhteydessä kuormasta pudotettavasta polttoainevirrasta tai myöhemmin

kuljettimelta. Koneellinen näytteenottotapa mahdollistaa näytteistyksen suoraan kuormasta, esimerkiksi kuorman läpi poraavilla kairoilla. (5, s. 29.)

3.1.2 Näytteenottomenetelmä

Näytteenottomenetelmään tulee kiinnittää erityistä huomiota, jotta se tehdään järjestelmällisesti ja huolellisesti, sillä laadunmäärityksen vaiheista eniten epätarkkuutta aiheuttaa näytteenottovaihe. Puupolttoaineiden epähomogeenisuus tekee yksittäisnäytteiden ottamisesta hankalaa. Tämä korostuu otettaessa näytteitä paikallaan olevasta, partikkelikoon mukaan lajittuneesta polttoaineesta. Siksi yksittäisnäytteiden ottamisessa tulisi suosia joko näytteen ottamista liikkeestä tai koneellisia menetelmiä. (5, s. 29.)

Manuaalinen näytteenotto

Käsin tapahtuva näytteenotto on edelleen yleisesti käytössä useimmilla laitoksilla. Yleisimmin yksittäisnäytteet otetaan kuorman purkamisen yhteydessä joko putoavasta polttoainevirrasta tai purkamisen jälkeen kuormakohtaisesta polttoainekasasta, vastaanottotaskusta tai polttoainekentältä. Näytteenottoon voidaan käyttää esimerkiksi kuvan 3 mukaista kauhaa. Manuaalinen näytteenotto voidaan toteuttaa myös suoraan kuljetinjärjestelmistä, mutta ne voivat kuitenkin olla työläitä jatkuvaan käyttöön, koska esimerkiksi hihnakuljetin on pysäytettävä näytteenoton ajaksi. (5, s. 31.)



KUVA 3. Manuaalisessa näytteenotossa käytettävä pitkävartinen kauha, jonka suuaukon läpimitan on oltava vähintään 2,5 kertaa nimellisesti suurin palakoko (5, s. 32)

Otettaessa näytteitä suoraan polttoainevirrasta on tärkeää ottaa näytteet tasavälein kuorman eri osista. Yleisesti tulee välttää aivan ensimmäisiä osia sekä viimeisiä rippeitä. (5, 32.)

Jos näytteet joudutaan ottamaan vastaanottotaskusta tai kentälle puretusta kassasta, tulee näytteet ottaa kasan tai taskun eri osista tasaisesti niin, että näytteet edustavat kuorman eri osia. Näytteitä tulee ottaa myös tasaisesti kasan korkeussuunnassa, koska kuorman purun yhteydessä polttoaine on poikkeuksetta päässyt lajittumaan, eli karkeimmat partikkelit ovat valuneet alareunoille ja hienoin aine on kasan keskellä ja yläosassa. (5, s. 32.)

Manuaalisessa näytteenotossa pitää pyrkiä suureen systemaattisuuteen, jotta näytteet edustaisivat tasaisesti koko kuormaa. Näytteenottaja ei saa tehdä valintoja esimerkiksi palakokoon tai epäpuhtauksiin perustuen. (5, s. 33.)

Koneellinen näytteenotto

Koneelliseen näytteenottoon on tarjolla monenlaisia menetelmiä. Näytteet voidaan ottaa suoraan kuljetinhihnalta leikkaamalla tai kuljettimen päästä putoavasta polttoainevirrasta. Näytteenotinta koskee sama läpimittaehto, eli suuaukon on oltava vähintään 2,5 kertaa materiaalin nimellisesti suurin palakoko. Koneellinen näytteenotto voidaan toteuttaa myös kola- ja ruuvikuljettimilta. (5, s. 30.)

Koska kuormia tulee eri toimittajilta sisältäen eri polttoainelaatuja, on varmistettava, että eri kuormien ja toimittajien polttoaineet pysyvät erillään näytteenotto paikassa. Lisäksi tulee varmistaa, että näytteenottolaitteisto puhdistuu aina kuormakohtaisen näytteenottojakson jälkeen. (5, s. 31.)

Koneellisen näytteenottomenetelmän tapauksessa laitteiston luotettavuus tulee testata systemaattisen virheen välttämiseksi. Sopimusosapuolten tulee hyväksyä molemminpuolisesti koneellisten menetelmien käyttöönotto, kun se on perustana polttoaineen hinnoittelulle. (5, s. 31.)

3.1.3 Näytteiden lukumäärä ja tilavuus

Polttoaineen kosteuden hajonta kuormissa riippuu polttoainelajista mutta myös kuormien täyttötavasta. Tästä syystä polttoainetoimituksista muodostetaan kokoomanäyte ottamalla useampia yksittäisnäytteitä. Sääntönä on ottaa vähintään kaksi yksittäisnäytettä jokaista 50:tä polttoaineirtokuutiota kohden. Taulukossa 1 on esitelty erikokoisten kuormien näytemäärät. Ohjeen mukaisilla näytemäärillä voidaan saavuttaa 3–5 kuorman erillä noin ± 3 %-yksikön tarkkuus kosteusmitauksessa.

TAULUKKO 1. Kuormien näytemäärät (5, s. 34)

Kuorma-auto (nuppi)	Vähintään 2 näytettä
Puoliperävaunu (< 100 m ³)	Vähintään 4 näytettä
Yhdistelmä (100–160 m ³)	Vähintään 6 näytettä (2 nupista + 4 perävaunusta)
Konttiyhdistelmät	Vähintään 2 näytettä/kontti

Näytteenottostandardin mukaisesti yksittäisnäytteen pienin tilavuus on oltava kaavojen 1 ja 2 mukainen (4, s. 15).

$$Vol_{yksittäisnäyte} = 0,5 \text{ kun } d_{95} < 10 \quad \text{KAAVA 1}$$

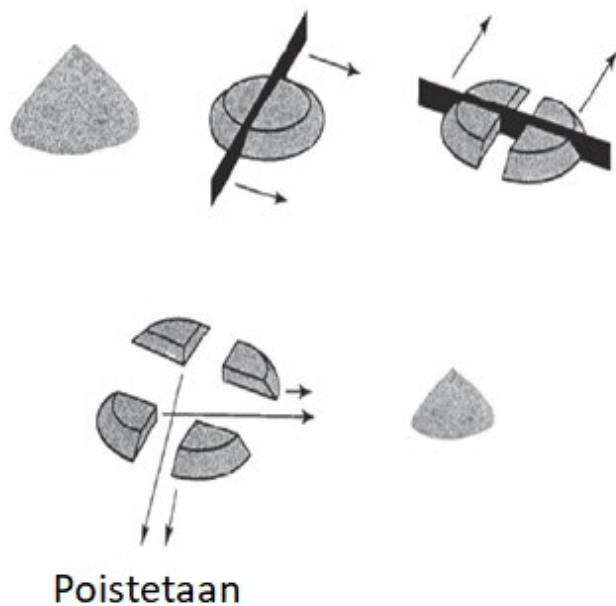
$$Vol_{yksittäisnäyte} = 0,05 \times d_{95} \text{ kun } d_{95} \geq 10 \quad \text{KAAVA 2}$$

$$Vol_{yksittäisnäyte} = \text{yksittäisnäytteen pienin tilavuus (l)}$$

d_{95} = nimellisesti suurin pala/raekoko (mm)

3.2 Näytteen muodostaminen ja käsittely

Kuten edellä on mainittu, otetaan kuormien koon mukaan useita yksittäisnäytteitä. Nämä yhdistämällä saadaan kuormakohtainen kokoomanäyte, josta muodostetaan laboratorio- ja analyysinäytteet erilaisilla näytteen pienentämismenetelmillä. Menetelmät on määritelty näytteenkäsittelystandardissa SFS-EN 14780:2017. Näytteen jakamiseen on olemassa erilaisia mekaanisia jakajia, kuten lokerojakaja. Näiden jakajien käyttö vaatii huolellisuutta laitteen puhdistamisessa ja kuivaamisessa ennen seuraavan näytteen käsittelyä. Näiden lisäksi hyvin yleinen menetelmä on käsin tehtävä neliöinti (kuva 4), jossa näyte jaetaan apuvälineellä neljään yhtä suureen osaan. Osista valitaan käytettäväksi kaksi vastakkaisista osaa. Näin jatketaan, kunnes haluttu näytemäärä on saavutettu. (5, s. 36–38.)



KUVA 4. Neliöintimenetelmä (6, s. 15)

Mikäli näytteen palakoko on suurempi kuin standardinmukaisessa kosteudenmäärityksessä on sallittu, tulee palakoko pienentää esimerkiksi käyttämällä näytejauhinta. Palakoon pienentämiseen käytettävät laitteet tulisi olla lämpöä tuottamattomia, ettei jauhaminen vaikuttaisi näytteen ominaisuuksiin.

3.3 Näytteen analysointi

Kiinteiden puupolttoaineiden laadunmäärityksessä käytetään yleisesti seuraavia ominaisuuksia:

- kosteus
- tehollinen lämpöarvo saapumistilassa
- energiatiheys saapumistilassa
- toimitettu energiamäärä
- irtotiheys
- palakokojakauma (5).

Näiden lisäksi polttoaineista voidaan määritellä mm. tekninen analyysi, alkuaikaneostoisuus sekä tuhkapitoisuus ja tuhkan sulamiskäyttäytyminen (3, s. 23),

mutta nämä eivät ole tämän työn kannalta oleellisia, joten niitä ei käsitellä tarkemmin.

3.3.1 Kosteus

Kiinteiden biopolttoaineiden kosteus mitataan yleisesti yksinkertaistetulla uunikuivausmenetelmällä, joka on määritelty standardissa SFS-EN ISO 18134-2:2015. Usein käytetään myös muita kosteudenmittausmenetelmiä, esimerkiksi pikakosteusmittareita, jos niillä saatavien tulosten vastaavuus standardimenetelmällä saataviin voidaan osoittaa. (3, s. 24.)

Biopolttoaineiden näytteenotto ja näytteen pienentäminen tehdään vastaavien standardien mukaisesti, kuten aiemmin on esitelty. Näyte sekoitetaan ja punnitaan vaa'alla, jonka tarkkuus on vähintään 0,1 g. Myös tyhjä kuivausastia punnitaan. Kosteusnäytteen on oltava vähintään 300 g, tosin hienojakoisella polttoaineella voidaan käyttää 200 g:n näytettä. Näytekerros ei saa olla liian paksu, ja nimellisesti suurimman palakoon on oltava korkeintaan 31,5 mm. (3, s. 24–25.)

Uunikuivaimena käytettävän lämpökaapin lämpötila on 105 °C ±2 °C. Näytettä kuivatetaan uunissa niin pitkään, että paino ei enää muutu, ei kuitenkaan yli 24 tuntia.

Kosteus M_{ar} lasketaan märkäpainosta kaavalla 3 (5, s. 50).

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

KAAVA 3

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)

Tulos ilmoitetaan 0,1 %-yksikön tarkkuudella.

3.3.2 Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa

Kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo voidaan määrittää standardin SFS-EN 14918 mukaisesti, tai vaihtoehtoisesti voidaan käyttää yhteisesti sovittua tyypillistä tehollista lämpöarvoa eri polttoaineille. Tehollinen lämpöarvo vakiopaineessa saapumistilassa saadaan kaavalla 4 (5, s. 23).

$$q_{p,net,ar} = q_{p,net,d} \times \left(\frac{100 - M_{ar}}{100} \right) - 0,02443 \times M_{ar} \quad \text{KAAVA 4}$$

$q_{p,net,ar}$ = tehollinen lämpöarvo (vakiopaineessa) saapumistilassa (MJ/kg)

$q_{p,net,d}$ = tehollinen lämpöarvo (vakiopaineessa) kuiva-aineessa (MJ/kg)

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

0,02443 = höyrystymisen entalpian korjauskerroin (vakiopaineessa) vedelle (kosteus) 25 °C:n lämpötilassa (MJ/kg per 1 p-% kosteutta)

3.3.3 Energiatiheys saapumistilassa

Toimituserän energiatiheys saapumistilassa lasketaan saapumistilaisen tehollisen lämpöarvon ja irtotiheyden perusteella kaavalla 5 (5, s. 23).

$$E_{ar} = \frac{1}{3600} \times q_{p,net,ar} \times BD_{ar} \quad \text{KAAVA 5}$$

E_{ar} = biopolttoaineen energiatiheys saapumistilassa (MWh/irto-m³)

$q_{p,net,ar}$ = tehollinen lämpöarvo saapumistilassa (MJ/kg)

BD_{ar} = irtotiheys eli puupolttoaineen tilavuuspaino saapumistilassa (kg/irto-m³)

$\frac{1}{3600}$ = muuntokerroin energiayksikölle (MJ:sta MWh:in)

Tulos pyöristetään lähimpään 0,01 MWh:iin/irto-m³.

3.3.4 Toimitettu energiamäärä

Toimitettu energiamäärä W MWh:ina saadaan kaavasta 6 (5, s. 24).

$$W = \frac{Q}{3,6} \times m$$

KAAVA 6

$\frac{Q}{3,6}$ = saapumistilainen tehollinen lämpöarvo (MJ/kg) muunnettuna MWh/t

m = toimitetun polttoaineen massa (tonnia)

3.3.5 Irtotiheys

Irtotiheys kuvaa polttoainekuorman massan suhdetta tilavuuteen. Isompi irtotiheys tarkoittaa enemmän toimitettavaa polttoainetta energiantuotantoon. Irtotiheys saapumistilassa BD (kg/m³) saadaan jakamalla kuorman paino sen tilavuudella. Kuorman tilavuusmittaus ja punnitus tehdään toimittajan ja asiakkaan välisessä toimitussopimuksessa sovitulla tavalla. (5, s. 24.)

Hakkeelle ja murskeelle voidaan määritellä polttoaineen irtotiheys myös standardin SFS-EN ISO 17828 mukaisesti käyttämällä 50 litran astiaa. Aluksi astia punnitaan tyhjänä. Tämän jälkeen astia täytetään huolellisesti ja pudotetaan kolme kertaa 15 cm:n korkeudelta puulevyille. Syntynyt tyhjä tila täytetään uudelleen, ja liika aines tasataan. Lopuksi täytetty säiliö punnitaan, minkä jälkeen saadaan määriteltyä irtotiheys. (5, s. 52.)

3.3.6 Palakokojakauma

Hakkeen palakoolla on suuri merkitys polttoprosessin toimivuuden kannalta etenkin pienemmillä laitoksilla, sillä pienimmät arinakattilat vaativat palakokojakaumaltaan tasaista haketta. Puuhakkeen palakoon jakauma määritellään standardissa SFS-EN ISO 17827-1. Palakokoanalyysi tehdään seulomalla näyte vaakasuunnassa värähtelevien seulojen läpi, jolloin palat lajittelevat seulakoon mukaan isommasta pienempään. Täryseulonta tulee suorittaa alle 20 %:n kosteudessa seulonnan kestäessä 15 minuuttia. Standardinmukaisessa seulonnassa seulojen koot ovat 63 mm, 45 mm, 31,5 mm, 16 mm, 8 mm ja 3,15 mm. (5, s. 46.)

3.4 Kiinteiden biomassojen keskeisten ominaisuuksien vertailu

Verrattaessa eri biomassoja (taulukko 2) voidaan havaita, että niiden kuiva-ainesten tehollisten lämpöarvojen suuruusluokka massayksikköä kohden on sama

mutta tyypillinen kosteus voi vaihdella hyvin paljon. Kosteudella on myös suora vaikutus sekä energiatiheuteen, että teholliseen lämpöarvoon saapumistilassa.

TAULUKKO 2. Erialaisten biomassojen ominaisuuksia (3, s.205)

	Kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo $q_{p,net,d}$, MJ/kg	Kosteus M_{ar}, p-%	Tehollinen lämpöarvo saapumisti- lassa $q_{p,net,ar}$, MJ/kg	Irtotiheys BD kg/irto-m^3	Energiatiheys E_{ar} MWh/irto- m^3
Jyrsinturve (ka.)	20,6	47	9,8	330	0,91
Palaturve (ka.)	21,3	35	11,9	385	1,3
Turvepelletti	19,7–21,0	14–18	15,1–18,7	680–750	3,0–3,7
Sahanpuru	19,0–19,2	45–60	2,2–10,0	250–350	0,45–0,70
Koivunkuori	21,0–23,0	45–55	8,0–11,0	300–400	0,60–0,90
Havupuun kuori	18,5–20,0	50–65	5,0–9,0	250–350	0,50–0,70
Puupelletit	18,9–19,5	6–9	7,0–18,2	600–650	2,8–3,3
Rankahake	18,5–19,0	40–55	7,0–11,0	250–350	0,7–0,9
Hakkuutähdehake	18,5–20,0	50–60	6,0–9,0	250–400	0,7–0,9
Kokopuuhake	18,5–20,0	45–55	7,0–10,0	250–350	0,7–0,9
Kantomurske	17,2–20,9	12–45	6,8–15,5	250–300	0,7–1,2
Pajuhake	18,6	51–53	8,1–8,5	300–440	0,3–0,4

3.5 Manuaalisen näytteenoton ongelmia

Manuaalisessa näytteenotossa yksittäisnäytteet pyritään yleensä ottamaan kuorman purkamisen yhteydessä suoraan polttoainevirrasta tai heti sen jälkeen esimerkiksi polttoainekasasta tai vastaanottotaskusta. Manuaalinen näytteenotto on altis virheille, sekä siitä voi aiheutua terveys- ja turvallisuusriskejä.

Aiemmissa Prometecin mittaustapoja vertailevissa koejaksoissa havaittiin seuraavia selkeitä toimintatapavirheitä:

- Näyte otettiin väärällä näytteenottovälineellä.

- Yksittäisnäytteitä ei otettu riittävästi.
- Näytteitä ei otettu tasaisesti koko polttoainevirrasta.
- Näytteitä valikoitiin tahallisesti tai tahattomasti.
- Kuorman purkupaikalla olevasta kasasta otettiin näytteet vain pinnalta.

Otettaessa näytettä suoraan polttoainevirrasta voi keuhkoihin menevä polttoainepöly olla terveydelle haitallista. Purkupaikat ovat syviä taskuja, joiden ympärillä voi olla isoja ritilöitä, joista mahtuu jalka menemään läpi. Talvisin tyhjennettävissä kuormissa voi olla isojakin jäätyneitä kohtia, jotka voivat aiheuttaa näytettä otettaessa vaaratilanteita.

4 PROMETECIN LAADUNVALVONTA-ASEMA

Prometec aloitti toimintansa vuonna 2012 tarjoamalla sitoutumattomana osapuolena polttoaineen manuaalista näytteenottoa ja laadunvalvontaa Kainuun Voimalle, koska voimalaitoksilla oli havaittu puutteellisen laadunvalvonnan aiheuttaneen jopa useiden prosenttien virheen polttoaineen hintaan. Tarjoamalla ulkopuolisena toimijana standardinmukaista näytteenotto- ja mittauspalvelua Prometec kykeni merkittävästi minimoimaan perinteisistä toimitavoista aiheutunutta virhettä.

Vuonna 2014 Prometec ryhtyi Kuopion Energian toimeksiannosta suunnittelemaan automaattista näytteenotinta, jolla näytteet otettaisiin suoraan kuormasta ennen purkua. Automaattisella näytteenottimella pyrittiin poistamaan ihmisen aiheuttama virhe näytteenotossa. Samalla päästäisiin eroon näytteenoton yhteydessä esiintyvistä terveys- ja turvallisuusriskeistä.

Laadunvalvonta-aseman toimintaperiaate

Prometecin laadunvalvonta-asema koostuu ajoneuvovaa'asta, näytteenottorobotista ja näytteen analysointilaboratoriosta. Näytteenotto tapahtuu tarkoitusta varten rakennetussa hallissa (kuva 5). Näytteenottohallissa tai sen välittömässä läheisyydessä sijaitsee myös laboratorio ja ajoneuvovaaka.



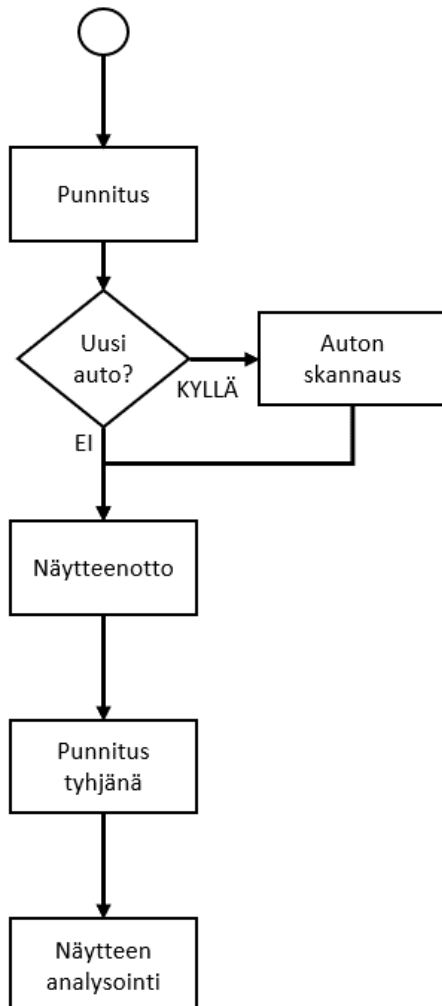
KUVA 5. Prometecin näytteenottohalli (7)

Näytteenottohallin sisällä, ajoneuvon yläpuolella liikutettava näytteenottorobotti (kuva 6) kairaa näytteet suoraan kuormasta. Robotin ominaisuuksiin kuuluu lisäksi kuvassa korostettuna näkyvä konenäköjärjestelmä.



KUVA 6. Näytteenottorobotti ja konenäköjärjestelmä (7)

Laadunvalvonta-aseman eri vaiheissa (kuva 7) kerätyt tiedot ja mittaustulokset tallennetaan laitoksella käytössä olevaan polttoainehallintajärjestelmään, jonka avulla kaikki polttoainetoimitusketjun osapuolet saavat ajantasaisen tiedon mm. toimitetun polttoaineen laadusta.



KUVA 7. Laadunvalvonta-aseman toimintaperiaate

Kaikki autot punnitaan aluksi (kuva 8). Punnituksen yhteydessä kuljettaja tunnistautuu RFID-tunnisteella sekä valitsee polttoainetoimittajan ja polttoainetyypin. Mikäli kyseessä on uusi auto, tulee se skannata konenäköjärjestelmän avulla, jolla määritellään turvalliset näytteenottopisteet. Lisäksi sen avulla lasketaan kuorman teoreettinen tilavuus. Jos punnitus ei ole näytteenottohallin yhteydessä, ajoneuvo ajetaan punnituksen jälkeen näytteenottohalliin, jonka sisäänkäynnillä

ajoneuvo tunnustetaan RFID-lukulaitteella. Näin näyttörobotin saa tiedon, mikä ajoneuvo on tulossa näyttöön.



KUVA 8. Ajoneuvovaaka (7)

Näytteenottovaiheessa kuljettaja poistuu valvomoon, jossa hän käynnistää näytteenoton. Itse näytteenotto tapahtuu seuraavasti: Robotti kairaa näytteet koneen avustuksella satunnaisesti (kuva 9). Kairauskohdat määräytyvät satunnaisesti ajoneuvon syvyys-, pituus- ja leveysuunnassa aiemmin määriteltyjen rajojen mukaisesti. Näytteiden lukumäärä määräytyy taulukon 1 mukaisesti.



KUVA 9. Näytteen kairaus (8)

Näytteenottorobotti pudottaa näytteen pudotusputkea pitkin putken alla olevaan muovipussiin (kuva 10). Valvomossa kuljettaja sulkee pussin ja liimaa siihen tunnistetarran.



KUVA 10. Yksittäisnäytteet siirretään putkea pitkin valvomoon (7)

Näytteenoton jälkeen ajoneuvo ajetaan kuorman purkuun, jonka jälkeen ajoneuvo punnitaan tyhjänä. Tämä on tärkeää etenkin talvella, koska ajoneuvon rakenteissa oleva lumi ja jää saattavat lisätä massaa jopa 2000 kg.

Laboratoriossa (kuva 11) analysoitava näyte muodostetaan neliöntimenetelmällä. Mikäli analysoitava näyte on palakooltaan liian suurta, käytetään näytejauhinta. Normaalisti näyte analysoidaan pikakosteusmittarilla (kuva 12), mutta noin joka kymmenennen näytteen kosteus mitataan myös uunikuivausmenetelmällä pikakosteusmittarin kalibroimiseksi. Mikäli uunikuivausmittauksen tulos eroaa pikamittauksesta yli 1,5 %, tulee pikakosteusmittari kalibroida. Kaikki kuukauden aikana tulleet näytteet kerätään kuukausikoontinäytteeksi toimittajittain ja lajeittain. Näistä koontinäytteistä määritetään kuukauden päätteeksi tehollinen lämpöarvo pommikalorimetrillä.



KUVA 11. Kuormanäyte mitattavana laboratoriossa (7)



KUVA 12. MR-pikakosteusmittari (7)

5 BIOMASSAVIRTOJEN SOLMUKOHTIEN SELVITYS

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa Suomen lämpö- ja voimalaitokset, ja mahdolliset muut biomassojen käyttäjät sekä käyttömäärät. Kerätystä tiedosta oli tavoitteena muodostaa noin 6 solmukohtaa, joiden kautta kuljetetaan riittävä määrä (n. 400 GWh) kiinteitä biomassoja vuosittain. Kiinnostavimmista solmukohtista oli tavoitteena tehdä toimeksiantajalle tarkempi kuvaus sisältäen käyttäjät, biomassatoimittajat ja -määrät.

Työ aloitettiin selvittämällä lähteitä, joissa listattiin työn kannalta kiinnostavia kiinteiden biomassojen käyttäjiä ja käyttömääriä. Toimeksiantaja oli tässä työssä erityisesti kiinnostunut pienemmän kokoluokan laitoksista, joille voitaisiin tarjota osuutta yhteiskäyttöön suunnitellusta laadunvalvonta-asemasta. Tämän vuoksi hankituista tiedoista jätettiin pois lähes kaikki yli 500 GWh vuodessa kiinteitä biomassoja käyttävät laitokset.

Osoittautui, että Energiateollisuus ry ylläpitää jäsenkyselyihin perustuvaa kaukolämmön vuositilastoa (9, s. 20–27), johon on kerätty kaukolämpö- ja yhteistuotantolaitokset sekä niiden käyttämät polttoaineet ja määrät. Energiateollisuus ry:hyn kuulumattomien kaukolämpölaitosten käyttämistä polttoaineista ja käyttömääristä löytyy Kuntaliiton tekemä kyselyraportti (10). Näiden lisäksi Metsäteollisuus ry julkaisee tilastoja ja karttoja Suomen paperi-, kartonki- ja massatehtaista (11) sekä puupohjaista raaka-ainetta käyttävistä biojalostamoista (12). Edellä mainittujen lisäksi tietoja haettiin internetistä kuntakohtaisilla hauilla.

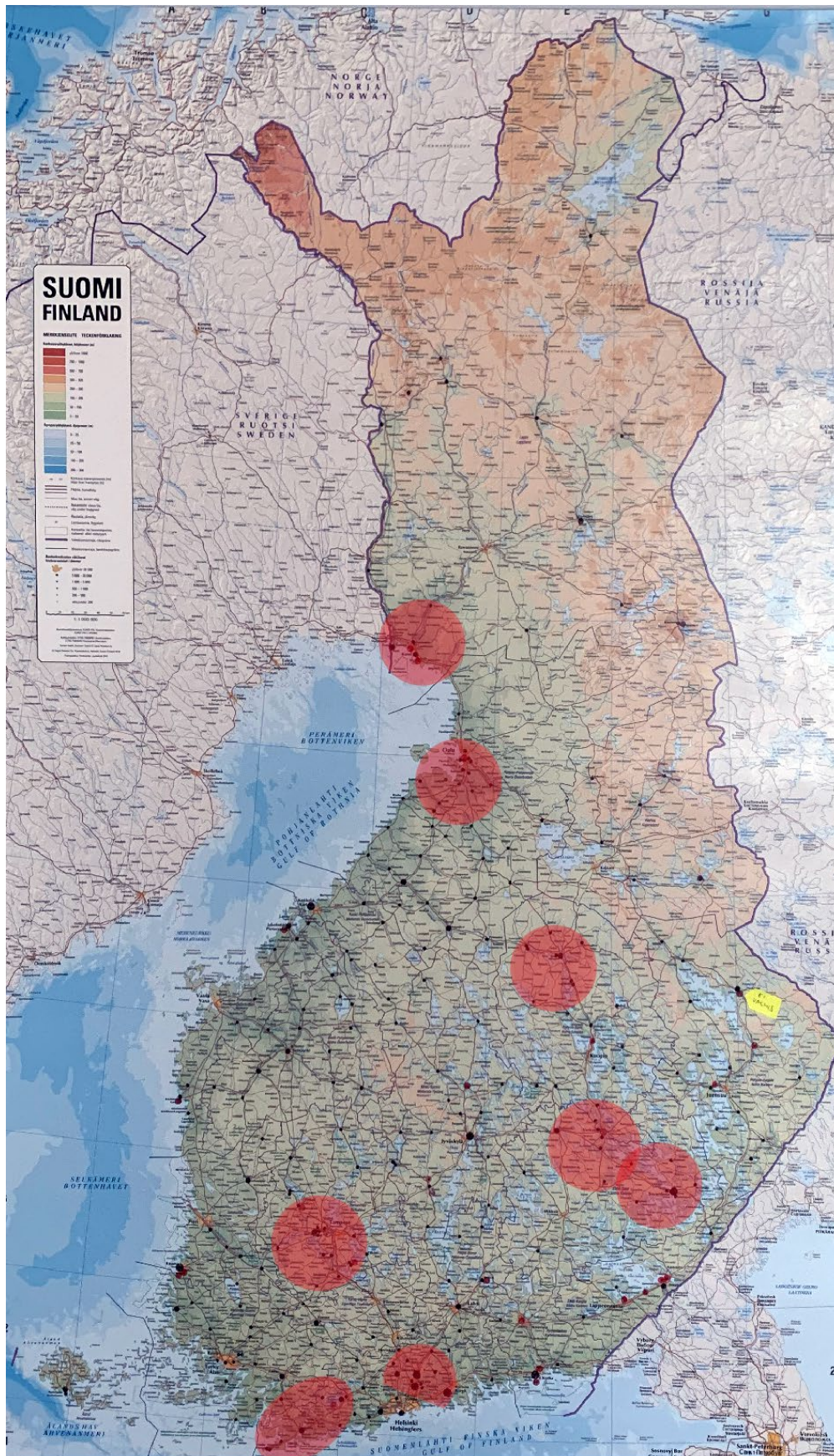
Lähteissä esitettyihin kiinteiden biomassojen käyttömääriin suhtauduttiin suuntaa antavina, sillä osa vaikutti alun perinkin liian pieniltä, eikä kaikista edes ollut arvoja saatavilla. Tarkoitus oli kerätä tarkemmat käyttömäärät asiakastarpeen selvitysvaiheessa.

Lähdemateriaaleista kerätyt kiinnostavat kohteet sijoitettiin kartalle, jossa laitoksen kiinteiden biomassojen käyttömääriä pyrittiin kuvaamaan ympyrän koolla. Ympyrän värillä kuvattiin sitä, käyttääkö laitos biomassoja poltto- vai raaka-aineena. Kiinteitä biomassoja raaka-aineena käyttäviä biojalostamoja kuvattiin punaisella pisteellä ja polttoaineena käyttäviä mustalla.

Seuraavaksi kartalta valittiin kiinnostavat laitoskeskittymät toimeksiantajan kanssa yhteistyössä. Alueen halkaisijaksi valittiin aluksi noin 70 km, jota muokattiin tapauskohtaisesti huomioimalla muun muassa mahdollinen kuljetusreitistö. Merkittävin kriteeri kuitenkin alueiden määrittelyssä oli laitosten kiinteiden biomassojen käyttömäärät. Tavoitteena oli muodostaa alueita, joiden laitosten yhteenlaskettu kiinteiden biomassojen käyttömäärä olisi yli 400 GWh.

Alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen alueita muodostettiin kaiken kaikkiaan 8 kappaletta (kuva 13):

- Kemi-Tornio
- Oulun seutu
- Iisalmen seutu
- Savonlinnan seutu
- Varkaus-Pieksämäen seutu
- Tampereen seutu
- Kerava-Järvenpään seutu
- Hangon seutu.

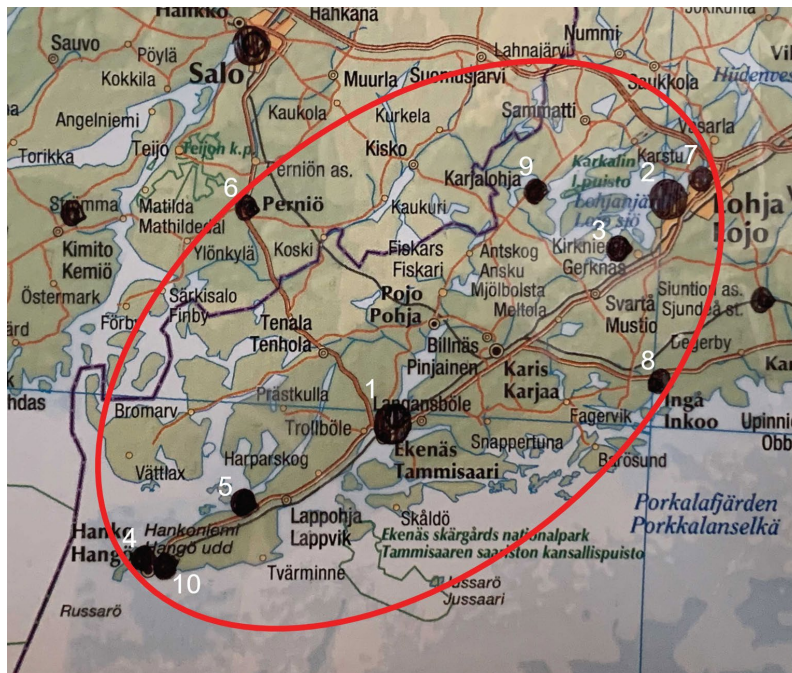


KUVA 13. Kiinteiden biomassojen käyttäjät kartalla

Näistä alueista esitellään tässä työssä tarkemmin kaksi mielenkiintoisinta, joissa joko käyttömäärät olivat poikkeuksellisen suuria tai alueen muoto oli ympyrästä poikkeava.

Hangon seutu

Hanko-Lohja-alueelle sijoittuu reilu 10 kiinteitä biomassoja käyttävää laitosta. Kaikki laitokset sijaitsevat melko lähellä valtatie 25:tä, ja tästä syystä alueen määrittelyssä painotettiin tien suuntaa. Alueeseen poimitujen laitosten (kuva 14) yhteenlaskettu biomassojen käyttömäärä oli lähteistä saatujen tietojen mukaan yli 400 GWh.

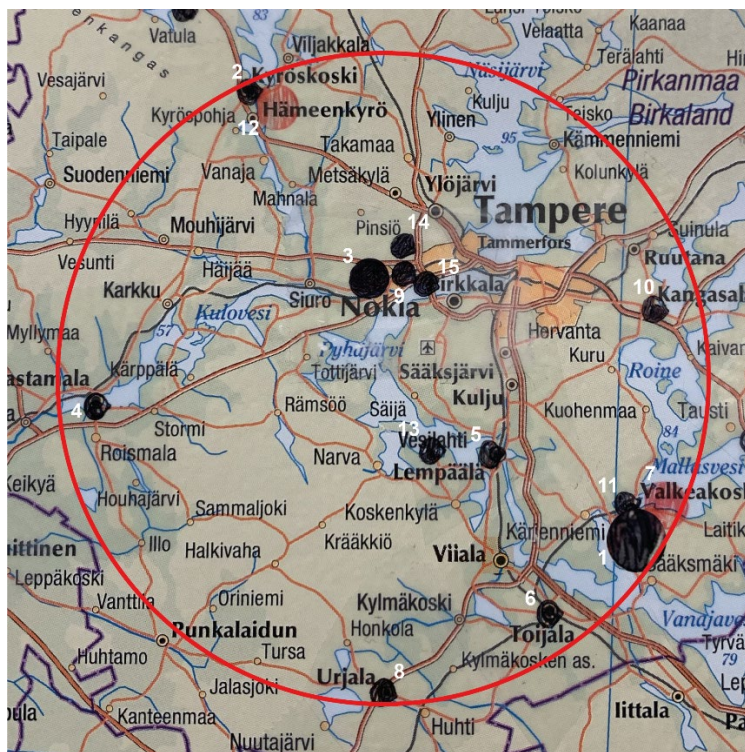


1	Ekenäs Energi Ab
2	Lohjan Biolämpö Oy
3	Sappi Finland Lohja
4	Adven Oy, Hanko
5	Oy ViskoTeepak Ab, Adven Oy
6	Perniön Hakelämpö Oy
7	Lohjan Energiahuolto Oy Loher
8	Adven Oy, Inkoo
9	Lohja Spa & Resort, Vapo Oy
10	Vapo Oy - Hanko Printalin pellettilämpökeskus

KUVA 14. Hangon seudun biomassakäyttäjät

Tampereen seutu

Tampereen seudulle (kuva 15) sijoittuu kaiken kaikkiaan 15 tämän työn kannalta kiinnostavaa laitosta, joiden yhteenlaskettu kiinteiden biomassojen käyttömäärä on lähteiden mukaan liki 1400 GWh. Alueella on myös yksi yli 500 GWh vuodessa käyttävä laitos: UPM Speciality Papers Oy:n voimalaitos Tervasaarella käyttäen kiinteitä biomassoja vuodessa 600 GWh.



1	UPM Specialty Papers Oy, Tervasaari/voimalaitos
2	Hämeenkyrön Voima Oy
3	Nokianvirran Energia Oy
4	Satamalan Lämpö Oy, Adven Oy, Sastamala
5	Lempäälän Energia Oy
6	Loimua Oy, Akaa (Elenia Lämpö Oy)
7	UPM-Kymmene Oyj, Tervasaari, Valkeakoski/paperitehdas
8	Airanteen Energia Oy, Lähdintien lämpölaite, Urjala
9	Leppäkosken Lämpö Oy, Nokia
10	Kangasalan Lämpö Oy
11	Valkeakosken Energia Oy
12	Metsä Board Oyj, Kyro
13	Valkkisten Lämpö Oy, Vesilahti
14	Nokian Biolämpö Oy
15	Adven Oy, Nokia, Pitkäniemi

KUVA 15. Tampereen seudun biomassakäyttäjät

6 ASIAKASTARPEEN SELVITYS

Kun solmukohdissa olevat, työn kannalta kiinnostavat laitokset oli valittu, selvitetiin yhteystiedot asiakastarpeen kartoitusta varten. Tässä vaiheessa päätettiin, että asiakastarvekyselyä ei rajoitettaisi kolmeen alueeseen, vaan Prometec valitsi heitä kiinnostavia laitoksia useammalta alueelta.

Kyselyssä pyrittiin tavoittamaan henkilö, joka vastaisi polttoainehankinnoista tai polttoaineen laadunvalvonnasta. Yhteystietoja kerättiin osaksi yritysten verkkosivuilta, mutta toimivin menetelmä oli kysyä vastaavan henkilön yhteystietoja suoraan yrityksen asiakaspalvelusta.

Asiakastarpeen selvitystavaksi valittiin sähköpostikyselyn ja puhelun yhdistelmä. Aluksi lähetettiin kohdehenkilölle sähköposti ja parin päivän jälkeen yritettiin soittaa suoraan. Tarkoituksena oli, että henkilö ehtisi paneutua hieman asiaan ja ehkä miettiä vastauksia valmiiksi. Sähköpostitiedustelun rakenne oli seuraava:

- alkuesittely
- toimeksiantajan ja laadunvalvonta-aseman esittely, sekä sen hyödyt
- kyselyn tavoite
- kysymykset.

Esitetyt kysymykset olivat seuraavat:

1. Millaisia ovat vuotuiset kiinteiden polttoaineiden käyttömääränne ja mitä polttoaineita poltatte?
2. Miten laadunvalvontanne nykyisin hoidetaan?
3. Kuka ottaa näytteet ja missä näytteet mitataan?
4. Miten laadunvalvontanne on toiminut?
5. Onko laadunvalvonnasta havaittu tulevan virheitä polttoaineen energiansisällönmääritykseen?
6. Onko teillä käytössä omaa ajoneuvovaakaa?
7. Olisitteko kiinnostuneita käyttämään yhteiskäytössä olevaa laadunvalvonta-asemaa?

8. Missä kohtaa mielestänne olisi hyvä paikka yhteiskäytössä olevalle laadunvalvonta-asemalle?

Kyselyn tulokset

Kyselyt tehtiin maaliskuuhun vaihteessa. Yhteydenottolistaan päätyi 12 yhteystietoa, joista osa vastasi useammasta laitoksesta. Kaiken kaikkiaan vastauksia saatiin 9 yhteyshenkilöltä.

Haastatellut henkilöt vastasivat kysymyksiin yleisesti ottaen hyvin. Lähes kaikilta saatiin yhteenveto käytetyistä kiinteistä biomassoista ja määristä, mikä oli yksi työn tavoitteista. Yhdenkään laitoksen näytteenottoa ei ole automatisoitu, ja manuaaliset näytteenottokäytännöt vaihtelevat paljon laitosten välillä. Keveimmillään laitos luottaa täysin polttoainetoimittajan omaan arvioon kiinteän biomassan laadusta. Yhdelläkään laitoksella ei ollut käytössä pikakosteusmittausta, vaan useat käyttivät hidasta uunikuivausmenetelmää.

Laitosten käyttömäärät tarkentuivat kyselyjen perusteella niin, että kaiken kaikkiaan viidellä määritellyllä solmukohta-alueella aiemmin asetettu 400 GWh:n vuotuinen kiinteiden biomassojen käyttömäärä ylittyi:

- Oulun seutu
- Savonlinnan seutu
- Tampereen seutu
- Kerava-Järvenpään seutu
- Hangon seutu.

Huomionarvoista oli, että vaikka monet haastatelluista olivat tyytyväisiä nykyisiin laadunvalvontakäytäntöihinsä, osoitti kuusi haastateltua suoraa kiinnostusta Prometecin laadunvalvonta-asemaa ja -palvelua kohtaan. Haastateltuja mietitytti eniten aseman kustannustehokkuus ja sijainti. Sijainnin suhteen vastaukset olivat yhdenmukaisia: laadunvalvonta-asema tulisi olla mahdollisimman lähellä polttoainetta käyttäviä laitoksia, sillä monessa tapauksessa polttoaine tuodaan lähiseuduilta monesta suunnasta. Lisäksi polttoaineen kuljetusmatka ei saisi pidentyä merkittävästi.

Kaiken kaikkiaan kysely onnistui hyvin. Toimeksiantajalle saatiin koostettua heidän haluamiaan asioita: asiakaskiinnostus, tarkennuksia kiinteiden biomassojen käyttömääriin sekä tietoa asiakkaiden nykyisestä laadunvalvonnasta.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Suomen kiinteiden biomassavirtojen solmukohtia, joihin voitaisiin sijoittaa useita toimijoita palvelevia laadunvalvonta-asemia. Lähteistä kerättyihin tietoihin pohjautuen muodostettiin laitosten sijainteihin ja kiinteiden biomassojen käyttömääriin perustuen kahdeksan solmukohtaa, jotka voisivat olla mahdollisia sijoitusalueita useampia käyttäjiä palveleville laadunvalvonta-asemille. Toimeksiantajan valitsemille toimijoille tehdyillä asiakastarveyskyselyillä saatiin kartoitettua kiinnostusta yhteiskäyttöön suunniteltua laadunvalvonta-asemaa kohtaan. Lisäksi saatiin kerättyä tietoa laitosten nykyisistä laadunvalvontamenetelmistä ja niiden toimivuudesta sekä tarkempaa tietoa todellisista kiinteiden biomassojen käyttömääristä. Tämän perusteella viisi aluetta täyttää asetetun 400 GWh:n vuotuisen kiinteiden biomassojen käyttömäärän.

Ehdot täyttäviä solmukohtia saataisiin mahdollisesti määriteltyä lisää, jos sellu-tehtaiden ostohakkeen käyttömäärät olisivat tiedossa. Koska kaikkia toimijoita ei tässä yhteydessä saatu haastateltua, jäi muutaman laitoksen tarkemmat käyttömäärät selvittämättä. Näiden tietojen avulla myös loput 400 GWh:n rajan alle jääneet alueet olisi todennäköisesti saatu mukaan.

Asiakastarveyskyselyistä saatujen tietojen perusteella laadunvalvonta-aseman palveluille olisi kysyntää. Nykyiset laatuikäytännöt ovat kirjavia ja joidenkin kohdalla jopa olemattomia. Manuaalinen näytteenotto on epätarkkaa ja kosteuden mittaus uunikuivausmenetelmällä hidasta. Vaikka osa haastatelluista sanoi olevansa pääpiirteittäin tyytyväisiä nykyisiin laadunvalvontakäytäntöihin, olivat he tästä huolimatta kiinnostuneita kuvaillusta palvelusta. Palvelun tulee kuitenkin olla kustannustehokas, eikä se saa aiheuttaa kovin paljon pidempiä polttoaineen kuljetusmatkoja. Laadunvalvonta-aseman sijoittaminen kaikkia toimijoita miellyttävällä tavalla voikin osoittautua haasteelliseksi.

LÄHTEET

1. Energian kokonaiskulutus laski 6 prosenttia tammi – syyskuussa. 2019. Tilastokeskus. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ehk/2019/03/ehk_2019_03_2019-12-20_tie_001.fi.html. Hakupäivä 6.4.2020.
2. Metsäteollisuuden puunkäyttö 2018. 2019. Luonnonvarakeskus. Saatavissa: <https://stat.luke.fi/mets%C3%A4teollisuuden-puunk%C3%A4ytt%C3%B6-2018.fi>. Hakupäivä 6.4.2020.
3. Alakangas, Eija – Hurskainen, Markus – Laatikainen-Luntama – Korhonen, Jaana 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy.
4. ISO 18135. 2017. Kiinteät biopolttoaineet. Näytteenotto. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
5. Alakangas, Eija – Impola, Risto 2014. Puupolttaineiden laatuohje VTT-M-07608-13 – päivitys 2014. Helsinki: Bioenergia ry, Energiateollisuus ry, Metsäteollisuus ry.
6. SFS-EN ISO 14780. 2017. Kiinteät biopolttoaineet. Näytteen esikäsittely. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
7. Karlsson, Henna 2020. Kuvia. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Sirpa Laukkarinen. 20.4.2020.
8. Rekkänäytteenotin. Saatavissa: www.prometec.fi. Hakupäivä 27.4.2020.
9. Kaukolämpötilasto 2018. 2019. Helsinki: Energiateollisuus ry.
10. Tietoja pienistä lämpölaitoksista vuodelta 2018. 2019. Helsinki: Suomen Kuntaliitto.
11. Ohtonen, Raili 2018. Suomen paperi-, kartonki- ja massatehtaat. Helsinki: Metsäteollisuus ry.

12. Ohtonen, Raili 2017. Puupohjaista raaka-ainetta käyttävät biojalostamot. Helsinki: Metsäteollisuus ry.

Kosteuden vaikutus energiasisältöön

Tutkimusten mukaan suurin osa kiinteiden biomassojen kosteuden määrittämisen virheestä tulee näytteenottovaiheessa. Manuaalisesti suoritettuna näytteenoton on havaittu antavan todellista kuivempia kosteusarvoja.

Kosteuden vaikutus kokopuuhakkeen energiasisältöön voidaan osoittaa laskemalla tehollinen lämpöarvo saapumistilassa kahdella eri kosteusarvolla.

Esimerkki

Kokopuuhakkeen tyypillinen tehollinen lämpöarvo kuiva-aineessa: $q_{p,net,d} = 18,5$ MJ/kg. Oletetaan, että kuljettajan tekemän manuaalisen näytteenoton tuloksena on saatu kokopuuhakkeen kosteudeksi 50 %, kun se todellisuudessa olisi 51 %.

Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa lasketaan kaavalla 4.

Kun kosteus $M_{ar} = 50\%$, saadaan tehollinen lämpöarvo saapumistilassa:

$$q_{p,net,ar} = 18,5 \frac{MJ}{kg} * \frac{100 - 50}{100} - 0,02443 MJ/kg * 50 = 8,0285 MJ/kg$$

Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, kun $M_{ar} = 51\%$

$$q_{p,net,ar} = 18,5 \frac{MJ}{kg} * \frac{100 - 51}{100} - 0,02443 MJ/kg * 51 = 7,81907 MJ/kg$$

Verrataan manuaalisella näytteenotolla saatua lämpöarvoa todelliseen lämpöarvoon:

$$\frac{8,0285}{7,81907} = 102,68 \%$$

Manuaalisesti mittaamalla saatu lämpöarvo on 2,68 % suurempi kuin esimerkin kokopuuhakkeen todellinen tehollinen lämpöarvo saapumistilassa.