



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

BIOKATTILAN TULIPUTKIE TUKKEUTUMINEN

Kuopion Energia Oy

TEKIJÄ: Joonas Lehto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Joonas Lehto			
Työn nimi Biokattilan tuliputkien tukkeutuminen			
Päiväys	25.5.2016	Sivumäärä/Liitteet	25+1
Ohjaajat Yliopettaja Esa Hietikko, Lehtori Tatu Westerholm			
Toimeksiantaja Kuopion Energia Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää mistä Kuopion Energia Oy:n biokaasukattilan palamisjätteen suureen määrän aiheuttavat ongelmat johtuivat. Opinnäytetyössä pyrittiin myös ratkaisemaan ongelmat, mikäli se olisi vain mahdollista. Ongelmat voitaisiin ratkaista muuttamalla palamisprosessia, parantamalla polttoaineen laatua tai muuttamalla biokattilaa rakenteellisesti.</p> <p>Työssä hyödynnettiin biokattilan hankkimisvaiheessa sekä myöhemmässä käyttövaiheessa kertyneitä tietoja ja tilastoja. Biokattilan ongelmia tutkittiin aluksi pohtimalla yleisesti mikä kaikki on muuttunut kaasun polttamisprosessissa. Tutkinnan aikana todettiin että suurin todennäköinen ongelmien aiheuttaja on polttoaineena toimiva biokaasu. Biokaasusta teetettiin kosteus sekä koostumusmittaukset. Työn aikana tietoa kerättiin alan kirjallisuudesta, alalla toimivilta ammattilaisilta sekä aiemmin aihetta käsitelleistä tutkimuksista ja tutkielmista.</p> <p>Tutkimustuloksista selvisi että biokaasun laatu on heikentynyt huomattavasti. Kaasun laatua voitaisiin parantaa erilaisilla pesureilla, mutta välittömiin korjaaviin toimenpiteisiin ei kuitenkaan kustannuksellisista syistä haluttu ryhtyä. Koska kaasua ei saatu välittömästi puhtaammaksi suunniteltiin nuohouslaitteeseen uusi nuohoustyökalu helpottamaan nuohousta.</p>			
Avainsanat biokaasu, lämpökattila, metaani, rikki, absorptio, vesipesuri			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author Joonas Lehto			
Title of Thesis Impurity of The Biogas Thermal Boiler			
Date	May 25, 2016	Pages/Appendices	25+1
Supervisors Mr Esa Hietikko, Pricipal Lecturer; Mr Tatu Westerholm, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Kuopion Energia Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final year project was to discover why there was so much combustion residue in the biogas thermal boiler owned by Kuopion Energia Oy. The aim was to solve the problems if possible. The problems could be solved by modifying the burning process, improving the fuel or modifying the structure of the boiler. In this thesis optimizing the operation of the biogas thermal boiler was also important.</p> <p>Information and statistics gathered during the service life of the thermal boiler were used. At first all changes in the burning process were investigated and since everything indicated that biogas caused most of the problems, the gas was taken under more specific investigation. The composition and humidity of the biogas were measured. During the project information was collected from previous publications and researches. Specialists in this field of business were consulted as well.</p> <p>Research results proved that the quality of the biogas had remarkably decreased. The quality of biogas could be improved with different kinds of washers but because of high costs gas will not be improved yet. Therefore a new miller was designed to ease the work of the employees until biogas will be better.</p>			
<p>Keywords</p> <p>biogas, thermal boiler, methane, Sulphur, absorption, water washer</p>			

ESIPUHE

Työn toimeksiantajana toimii Kuopion Energia Oy. Työskentelin Kuopion Energian kaukolämpöosastolla kaukolämpöharjoittelijana kesän 2015 ja pääosa tehtävistäni koostui kaukolämpökeskusten kunnossapidosta, huollosta ja käytöstä. Haluan kiittää Kuopion Energia Oy:n kaukolämpöosastoa ja erityisesti käyttöpäällikköä Ari Ikosta sekä konemestari Juha Tirkkosta, jotka mahdollistivat työn tekemisen. Kiitokset kannustamisesta ja tuesta kuuluvat myös avopuolisolleni, sekä muille läheisilleni.

Kuopiossa 24.8.2016

Joonas Lehto

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	KUOPION ENERGIA OY	8
2.1	Historiaa	8
2.2	Haapaniemen voimalaitokset.....	8
2.3	Kaukolämpö	9
3	PITKÄLAHDEN BIOKAASUKATTILA.....	9
4	ONGELMA JA TAUSTA.....	11
4.1	Biokattilan ongelmien ilmeneminen.....	11
4.2	Nuohoaminen	12
5	BIOKAASU	14
5.1	Kaasun määrät ja kaasun muodostuminen	14
5.2	Biokaasun käyttäminen.....	14
6	KAASUN MITTAUKSET JA TULOKSET	15
6.1	Kosteusmittaukset.....	15
6.2	Koostumusmittaukset.....	15
7	BIOKAASUN PUHDISTAMINEN	16
7.1	Vanha menetelmä.....	16
7.2	Vesipesuri	16
7.3	Kiinteään aineeseen absorptioiminen	17
7.4	Muita menetelmiä	17
8	KATTILAN NUOHOAMINEN JATKOSSA.....	18
8.1	Vesipesuri	18
8.2	Nuohousjäte.....	19
9	UUSI NUOHOUSTYÖKALU	20
10	YHTEENVETO.....	22
10.1	Tavoitteiden täytyminen	22
10.2	Työn hyödyt.....	22
10.3	Opinnäytetyö konetekniikan näkökulmasta	23
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	24

LIITE 1: TAULUKKO BIOKAASUN KÄYTÖSTÄ..... 26

1 JOHDANTO

Biokaasua käytetään nykyään yhä enemmän, ja biokaasulaitokset yleistyvätkin Suomessa. Biokaasu pyritään ensisijaisesti valjastamaan hyötykäyttöön, esimerkiksi lämmöntuotantoon tai ajoneuvojen polttoaineeksi. Biokaasulaitokset yleistyvätkin todennäköisesti runsaasti Suomessa. (Pärjälä 2011). Biokaasun hyötykäyttöä edesauttavat varmasti myös kaatopaikkoja koskevat yleiset vaatimukset, joiden mukaan kaatopaikkakaasut on kerättävä talteen ja mahdollisuuksien mukaan otettava hyötykäyttöön. Mikäli kaasua ei voida hyödyntää esimerkiksi energian lähteenä, on kaasua poltettava vaikkapa soihdussa. (Valtioneuvoston asetus... 2013, § 8) Soihdussa polttamisellakin on hyötyvaikutuksia, vaikka silloin kaasua ei käytetä hyödyksi, sillä soihutupolttaminen ehkäisee ilmastonmuutosta ja hajuhaittoja, jotka voisivat olla hyvin voimakkaita lähialueen asukkaille.

Kuopiossa kaatopaikkakaasua kerätään talteen Jätekuukko Oy:n Heinälamminrinteen ja Kuopion kaupungin Silmäsuon kaatopaikoilta imeytyskaivojen ja putkistojen avulla. Kaasua ajetaan siirtoputkeen biokaasupumppaamoilla, joita on yhteensä kaksi, yksi kummallakin kaatopaikalla. Kaasua kuljee 5,8 km pituista siirtoputkea pitkin Pitkälähdessä lämpökeskukselle. (Kuopion Energia Oy 2004.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää Kuopion Energia Oy:n Pitkälähdessä kaukolämpökeskuksen yhteydessä toimivan biokaasukattilan toimintaa. Mikäli biokattila saataisiin toimimaan oikein, välttyttäisiin työläästä nuohouksen aiheuttamilta kustannuksilta.

Aihe opinnäytetyöhön syntyi, kun toimeksiantaja päätti ryhtyä toimenpiteisiin biokattilan nuohouksen helpottamiseksi ja nuohouksista aiheutuvien kustannuksien laskemiseksi. Nykyisin biokattila nuohotaan kuukauden välein paineilmalla toimivalla jyrsimellä, kun ennen tukkeutumisoongelmaa kattila nuohottiin valmistajan ohjeiden mukaisesti kerran vuodessa. Koska kattila tukkeutuu runsaasti, ei nuohouksessa voida käyttää enää metalliharjalla varustettua nuohouslaitetta; tällä hetkellä ainoa työväline on kovapalaterillä varustettu jyrsin, jolla tuliputket saadaan puhtaaksi. Jyrsimänuohouksen huono puoli on tuliputkien seinämävahvuuden heikkeneminen jokaisella nuohoukerralla; kovapalaterät syövät tuliputkien seinämien materiaalia periaatteessa samalla tavoin kuin jyrsin metallintyöstökoneessa.

2 KUOPION ENERGIA OY

2.1 Historiaa

Kuopion oma sähkölaitos valmistui vuonna 1907. Paikalliset sähkölaitokset myivät sähköä sähkölaitokselle, joka myös tuotti sähköä omilla koneillansa. Vuonna 1935 valtakunnan verkkoon liittyminen tuli ajankohtaiseksi ja sähkö hankittiin kokonaisuudessaan Imatran Voima Oy:ltä.

2.2 Haapaniemen voimalaitokset

Haapaniemelle valmistui ensimmäinen voimalaitosyksikkö vuonna 1972, mikä mahdollisti oman sähköntuotannon käynnistymisen ja lämmöntuotannon siirtymisen Haapaniemeen. Laitos sai huomiota osakseen, sillä se oli ensimmäinen jyrsinturvetta käyttävä lämmitysvoimalaitos Suomessa. Koska energiantarve kasvoi merkittävästi, valmistui vuonna 1982 toinen voimalaitosyksikkö Haapaniemeen. Tuolloin Kuopion kaupungin sähkölaitos muutti nimensä Kuopion Energialaitokseksi. Vuonna 1996 Kuopion energialaitos muutti nimekseen Kuopion Energia ja ryhtyi kunnalliseksi liikelaitokseksi. Haapaniemi 3 valmistui vuonna 2011, korvaten Haapaniemi 1:n. Uudessa kattilassa voitiin polttaa laajemmin erilaisia polttoaineita eri polttotekniikan ansiosta.

Kuopion Energia Oy perustettiin vuonna 2007 sähköliiketoiminnan eriyttämiseksi. Tuolloin Kuopion Energia Oy koostui energiantuotannosta, sähkönmyynnistä sekä hallinnoinnista. Liikelaitokseen jäivät pelkästään kaukolämpö- ja sähköverkkoliiketoiminnat. Alkuvuodesta 2015 Kuopion Energia Liikelaitoksesta ja Kuopion Energia Oy:stä muodostui konserni, mikä vuoksi Kuopion Energia Liikelaitos lakkautettiin, kaukolämpötoiminta siirtyi Kuopion Energia Oy:n osaksi ja sähköverkkoliiketoiminnasta syntyi Kuopion Sähköverkko Oy, Kuopion Energia Oy:n tytäryhtiö. (Kuopion Energian tärkeät vuodet)

2.3 Kaukolämpö

Kaukolämmitys aloitettiin Kuopiossa vuonna 1963. Kaukolämpöä saatiin asiakkaille ensimmäisenä vanhasta laivakattilasta tehdystä lämpökeskuksesta. Niiralaan rakennettiin samana vuonna ensimmäinen kiinteä lämpökeskus.

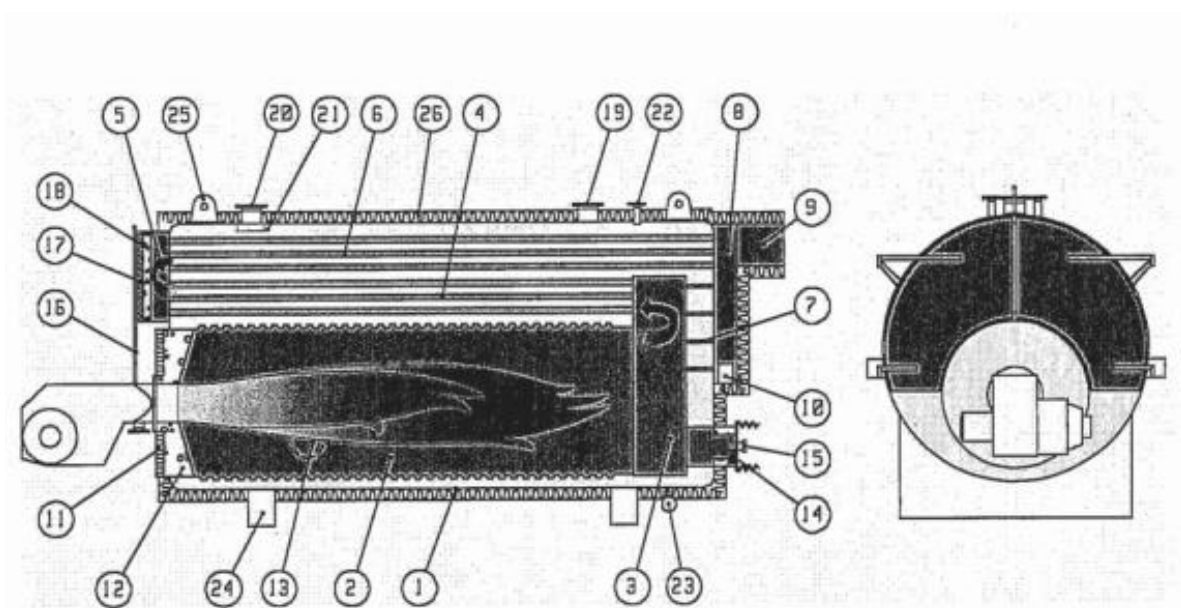
Kaukolämmön käyttö- ja kunnossapitoyksikön toimipiste sijaitsee Iloharjun kaukolämpökeskuksen yhteydessä. Muita kiinteitä kaukolämpökeskuksia on kuusi kappaletta: Rautaniemessä, Niiralassa, Pitkälahdessa, Saarijärvellä, Päivärannassa ja Jynkässä. Kiinteiden kaukolämpökeskusten lisäksi Kuopion Energialla on siirrettäviä lämpökeskuksia, joita voidaan käyttää esimerkiksi silloin, kun huoltotyön vuoksi tarvitaan lisää lämpöä tietylle alueelle. Pääosin kaukolämpö tuotetaan kuitenkin Haapaniemen voimalaitoksella yhteistuotantona. Kaukolämpökeskusten polttoaineena käytetään joko kevyt- tai raskasöljyä, joskin raskasöljystä ollaan siirtymässä kevytöljyyn. (Kuopion Energian tärkeät vuodet.)

3 PITKÄLAHDEN BIOKAASUKATTILA

Kuopion Pitkälahdessa toimivan lämpökeskuksen yhteydessä toimiva biokaasukattila (kuva 1) käyttää polttoaineenaan Heinälamminrinteen ja Silmäsuon kaatopaikoilta saatavaa biokaasua. Biokaasulämpökattila on Noviter Oy:n kuumavesikattila. Noviter-NWT- kattila on kolmivetoinen tulitorvi-tuliputkikattila. Kattilassa tulitorvi ja tuliputket ovat veden ympäröimänä. Eli liekki palaa tulitorvessa, josta palamiskaasut kulkevat kääntökammioden kautta tuliputkiin. Kolmivetoisuus tarkoittaa sitä, että tulitorvi on ensimmäinen veto, ensimmäisen kääntökammion jälkeiset tuliputket ovat toinen veto ja toisen kääntökammion jälkeiset tuliputket ovat kolmas veto, minkä jälkeen palamiskaasut poistuvat savupiipusta ulos. Rakenne näkyy myös kuvassa 2. Lämmön talteenotto tapahtuu siis veden avulla. Liekki ja palamiskaasut luovuttavat lämmön veteen, joka ympäröi torvea ja putkia.



KUVA 1 Pitkälahden biokaasulämpökeskus (Valokuva Joonas Lehto.)



KUVA 2 NWT-kattilan rakenne (Nowiter-NWT lämmin / Kuumavesikattilan... 2003, 7)

4 ONGELMA JA TAUSTA

4.1 Biokattilan ongelmien ilmeneminen

Pitkälahden lämpökeskuksen yhteydessä toimiva biokaasulämpökattila on hankittu vuonna 2003. Kattilaa jouduttiin käyttämään suhteellisen alhaisilla tehoilla noin kymmenen vuotta, sillä kaatopaikkakaasua ei ollut saatavissa riittävästi tehojen nostamiseksi. Vuoden 2013 aikana kattilan tehoja pystyttiin nostamaan siten, että tuotanto kasvoi tammikuusta lokakuuhun miltei nelinkertaiseksi talteen kerätyn kaasun määrän kasvamisen vuoksi. (Kaatopaikkakaasun käyttö... 2013.)

Ensimmäiset ongelmat alkoivat ilmetä tehojen nostamisen jälkeen. Valmistajan ohjeiden mukaan biokattila tulisi nuohota kerran vuodessa kattilan toiminnan ja tehokkuuden ylläpitämiseksi (Nowiter-NWT lämmin / Kuumavesikattilan... 2003, 6). Tätä ohjeistusta noudatettiin, kunnes vuoden 2013 nuohouksessa huomattiin, että kattilaan kertyvä palamisjäte oli lisääntynyt edellisiin vuosiin verrattuna. Palamisjätteen kertyminen näkyi eniten kattilan tuliputkissa, joita pitkin savukaasut kulkevat. Kun lisääntynyt tukkeutuminen havaittiin, osa tuliputkista oli tukkeutunut jopa kokonaan umpeen. Kuvassa 3 näkyy, millaisessa kunnossa tuliputket olivat noin kuukauden kuluttua edellisestä nuohouksesta. Tilannetta pyrittiin parantamaan testaamalla erilaisia nuohoamisvälejä, mutta loppujen lopuksi päädyttiin siihen, että kattila nuohotaan kuukauden välein.



KUVA 3 Tuliputki noin kuukausi edellisestä nuohouksesta (Valokuva Joonas Lehto.)

4.2 Nuohoaminen

Biokattila nuohottiin Pitkälähdessä aikaisemmin käyttämällä joko paineilma- tai sähkökäyttöistä nuohouslaitetta. Nuohoimen päässä käytettiin puhdistustyökaluna metalliharjaa, joka puhdistaa tuliputkien sisäpinnan hellävaraisesti mutta tehokkaasti. Kun kattila alkoi likaantua, jouduttiin miettimään uusia keinoja nuohouksen suorittamiseksi. Kesällä 2015 kattilan tuliputkissa oleva jäte oli tarttunut niin tiukkaan tuliputkien sisäpintoihin, että jo olemassa olevilla nuohouslaitteilla ei kattilaa kyetty saamaan puhtaaksi. Nuohousta varten hankittiin uusi paineilmatoiminen nuohouslaite ja siihen kolmiteräinen jyrshintyökalu. Uusi nuohouslaite toimi paljon paremmin kuin entinen sähkökäyttöinen kone, jonka ongelmana oli sähkömoottoreille tyypillinen joustamattomuus. Joustamattomuus ilmeni siten, että jos työkalu juuttui tuliputkeen, sähkökäyttöinen nuohouslaite katkaisi akselin yrittäessään jatkaa akselin pyörittämistä.

Kuvassa 4 olevassa jyrshintyökalussa on kolme sakaraa, joiden päissä ovat terät, jotka jyrshivät palamisjätteen pois tuliputkien seinästä. Sakaroiden jäykkyyttä pystytään säätämään löysemmäksi tai jäykemmäksi kuvassa esiintyvää mutteria vääntämällä. Nuohousvälineiden uusiminen helpotti nuohoamista merkittävästi, mutta nuohoaminen on silti erittäin työläs ja aikaa kuluttava prosessi.



KUVA 4 Jyrshintyökalu paineilmatoimisen nuohouslaitteen päässä (Valokuva Joonas Lehto.)

Kuva 5 on otettu nuohouksen aikana alkusyksystä 2015. Nuohoaminen oli hidasta ja suhteellisen raskasta työtä, etenkin kuumina kesäpäivinä. Työturvallisuuden vuoksi nuohouksen aikana oli puettava ylle suojarusteet.



KUVA 5 Kaukolämpöasentaja nuohoamassa biokattilaa syksyllä 2015 (Valokuva Joonas Lehto.)

5 BIOKAASU

5.1 Kaasun määrät ja kaasun muodostuminen

Vuonna 2014 biokaasua kerättiin talteen yhteensä 94 milj. m³ 40 kaatopaikkalaitokselta. Tuosta määrästä 74,7 milj. m³ hyödynnettiin lämmön ja sähkön tuotannossa. (Huttunen & Kuittinen 2015, 36.) Biokaasua syntyy hapettomissa olosuhteissa, kun mikrobit hajottavat orgaanisia aineita. Biokaasu koostuu pääosin metaanista (noin 40 – 70 %) ja hiilidioksidista (30 – 60 %), mutta sisältää myös pieninä määrinä epäpuhtauksia kuten rikkiyhdisteitä. Biokaasu on uusiutuva polttoaine, jonka käytöllä on suuri ympäristöhyöty, sillä metaani on hiilidioksidia moninkymmenkertaisesti voimakkaampi ilmastonmuutosta edistävä kasvihuonekaasu. (Biokaasu.) Pitkälahden biokattilalle biokaasu tuotetaan pumppaamalla kaasua kaatopaikoilta imeytyskaivojen avulla ja se sisältää paljon erinäisiä epäpuhtauksia.

5.2 Biokaasun käyttäminen

Biokaasua käytetään yleensä myös ajoneuvojen polttoaineena, jolloin kaasusta on poistettava tehokkaasti epäpuhtaudet. Liikennebiokaasu tulee jalostaa lähes puhtaaksi biometaaniksi, jotta sitä voidaan käyttää ajoneuvojen polttoaineena. Biokaasu on ajoneuvon polttoaineena kylmissä talviolosuhteissa siinä mielessä bensiiniä ja dieseliä toimivampi, että sen pakkasenkestävyys on parempi. (Biokaasun jalostus...).

6 KAASUN MITTAUKSET JA TULOKSET

6.1 Kosteusmittaukset

Koska biokattilan lisääntynyt tukkoisuus ja siitä johtuva nuohoustarve oli huolestuttan korkea, kohdistuivat epäilyt heti kaasun laatuun. Palamisessa syntynyt savukaasu on kuuminta kattilan toisessa vedossa, jolloin savukaasusta vesivaippaan siirtyy enemmän lämpöä kuin kolmannessa vedossa. Eniten kattila likaantuu kolmannen vedon tuliputkien peräosasta, mikä viittaa siihen, että likaantuminen voisi johtua osittain savukaasun alheisemmasta lämpötilasta. Mikäli kaasussa on kosteutta, saattaisi palamisjäte kasaantua tuliputkien viileimpään kohtaan. Kaasusta teetettiin kosteusmittaukset, jotka suoritti ympäristölaboratorio Ramboll Analytics Oy elokuussa 2015. Mittauksista kävi ilmi, että kaasun kosteusprosentti on 2,2 tilavuusprosenttia (Ramboll Analytics Oy, 2015). Esimerkiksi heinäkuussa 2015 kaasua poltettiin 336 261 m³ (Kaatopaikkakaasun käyttö... 2013), joten kaasun mukana tulleen veden määrä oli kaasumaisessa olomuodossa muodossa noin 7397,7 m³.

6.2 Koostumusmittaukset

Kosteusmittauksien lisäksi kaasusta teetettiin myös koostumusmittaukset. Kaasunäytteet otti Sarlin Oy Ab, joka toimitti näytteet analysoitavaksi saksalaiselle ympäristökonsulnttiyritys SGH-RUK GmbH:lle. Näytteistä ilmeni, että kaasu sisältää paljon rikkiyhdisteitä sekä muun muassa piiyhdisteitä eli siloksaaneja (SGH-RUK GmbH... 2015). Sähköpostikeskustelusta käy ilmi, että kaasun laatu oli huonontunut merkittävästi reilussa vuodessa, sillä kaasun koostumus oli mitattu myös kaasun toimitussopimuksen laatimisen yhteydessä kesällä 2014 (Lähetetään: Kaatopaikkakaasuanalyysi28082015 2015-09-25 – 2015-09-28).

Koska Pitkälahden biokattilan likaantuminen ja toiminnallinen heikkeneminen johtui näytteiden perusteella kaasun heikenneestä laadusta, käännyttiin opinnäytetyössä kaasun toimittajan, eli Jätekukko Oy:n puoleen ja alettiin tehdä yhteistyötä myös Jätekukko Oy:n kanssa.

7 BIOKAASUN PUHDISTAMINEN

7.1 Vanha menetelmä

Pumpattua biokaasua ei aiemmin varsinaisesti puhdistettu, vaan siitä pyrittiin poistamaan palamisreaktiota haittaava kosteus. Kosteutta poistettiin kaasusta ajamalla kaasua linjassa olevan T-haaran kautta, missä kaasun mukana kulkeva vesi ja kosteus luonnonlakien mukaisesti valuvat alaspäin kaasun jatkaessa ylöspäin. Tämän lisäksi kaasua jäähdytetään kompressoriasemalla kierrättämällä kaasu lämmönvaihtimen kautta. Kun kaasua jäähdytetään vaihtimessa, suurin osa kaasussa olleesta kosteudesta tiivistyy pois. Kosteuden poisto ei pelkästään tehosta palamisreaktiota, vaan ehkäisee kattilan syöpymistä. Puhdistamaton biokaasu sisältää paljon rikkiyhdisteitä ja yhdessä kosteuden kanssa, ne muodostavat syövyttävää liuosta, joka on erittäin haitallista käytettävälle laitteistolle, tässä tapauksessa lämpökattilalle (Kymäläinen ja Pakarinen 2015, 131).

7.2 Vesipesuri

Biokaasua voidaan puhdistaa esimerkiksi erilaisilla pesureilla, joista Sarlin Oy Ab:llä on tarjolla Greenlane – biokaasunpuhdistusjärjestelmä, jota Sarlin mainostaa ympäristöystävälliseksi ja tehokkaaksi tavaksi puhdistaa epäpuhtauksia biokaasusta. Vesipesurin aiheuttama metaani hävikki on suhteellisen pieni, jopa alle 8 % (Kymäläinen ja Pakarinen 2015, 137) Sarlin Oy Ab:n Greenlane- pesuri on hyvä esimerkki paineistettua vettä käyttävästä pesulaitteistosta. Kaasun puhdistamisen periaatteena on että kaasua johdetaan vesipatsaan lävitse, jolloin rikkivety ja hiilidioksidi liukenevat absorptiovaan aineeseen, eli veteen. Metaanin liukenevuus veteen on heikompi, joten tuloksena on puhtaampaa biokaasua. Paineistetulla vedellä kaasusta saadaan poistettua epäpuhtaudet ja koska samaa vettä kierrätetään laitteistossa, on järjestelmä ympäristöystävällinen ja käyttökustannuksiltaan pieni. Jotta samaa vettä voidaan kierrättää järjestelmässä, vaatii vesi kuitenkin puhdistuksen, eli regeneroinnin. Vesipesurin jälkeen kaasu ajetaan vielä kuivaimen läpi, jotta kaasun mukana kulkeutuisi mahdollisimman vähän kosteutta. (Biokaasun puhdistus ajoneuvokäyttöön...).

7.3 Kiinteään aineeseen absorptioiminen

Vesipesureiden lisäksi kaasua voidaan puhdistaa muun muassa absorptiolla kaasua kiinteään aineeseen, kuten aktiivihiileen. Aktiivihiileen absorptioitaessa hiilidioksidi ja rikkivety kiinnittyvät aktiivihiileen, kun taas vesipesurissa rikkivety ja hiilidioksidi liukenevat veteen. (Biokaasun puhdistus, 2014).

Käytettäessä aktiivihiiltä absorptiivana aineena, menetelmän huonoina puolina on aktiivihiilisuodattimen kertakäyttöisyys, mikä aiheuttaa suuria kustannuksia aktiivihiilisuodattimien korkeasta hintatasosta johtuen. Lisäksi aktiivihiilisuodattimia ei voi hävittää tavallisen jätteen mukana. Vesipesuri kierrättää samaa vettä järjestelmässä, minkä vuoksi, käytetyn aktiivihiilen kaltaisia jätteitä ei synny. Vesipesussa vesi joudutaan regeneroimaan ennen uudelleen käyttöä, mikäli näin ei tehdä, joudutaan vesi vaihtamaan. Veden regeneroiminen voidaan suorittaa esimerkiksi painetta alentamalla. Vedestä voidaan poistaa hiilidioksidi myös lisäämällä veteen ilmaa. Rikkivety liukenee paremmin orgaanisiin aineisiin kuin veteen, minkä vuoksi veden kulutus on puhdistustehoon nähden suhteellisen korkea, varsinkin jos vettä ei regeneroida. (Ahonen, 2010).

7.4 Muita menetelmiä

Biokaasun puhdistukseen on olemassa yhteensä monia menetelmiä, niistä suurin osa vaatii erittäin kalliita kertainvestointeja tai erikoisjärjestelyitä, minkä vuoksi ne eivät sovellu jokaiseen kohteeseen. Eriteltyjen puhdistusmenetelmien lisäksi on olemassa muun muassa membraani puhdistus, jossa kaasusta puhdistetaan epäpuhtauksia erilaisten kalvojen avulla. Erilaisilla kalvoilla voidaan määritellä, mitä kaasun sisällöstä halutaan suodattaa ja mitä päästää eteenpäin. Tässä tapauksessa pyrittäisiin päästämään metaani kalvojen läpi, ja jättämään suurimmat ongelmien aiheuttajat kuten rikki, siloksaanit sekä hiilidioksidi pois kaasusta.

Yhdysvaltain energiaministeriön laboratoriossa on kehitetty uusi keino epäpuhtauksia suodattamiseksi savukaasuista. Uutta menetelmää kutsutaan nimellä ”palautuva happamien kaasujen kaappaus”. Prosessin periaatteena on käyttää öljyä muistuttavaa, vettä ja monoetanolamiinia sisältävää nestettä sitomaan itseensä happamia kaasuja. Menetelmän etuna on se että nesteestä voidaan irroittaa epäpuhtaudet kuumentamalla sitä. (Leino, 2009). Vaikka kyseinen menetelmä onkin varsinaisesti tarkoitettu savukaasujen puhdistamiseen, olisi prosessissa todennäköisesti potentiaalia myös biokaasun puhdistamiseen.

8 KATTILAN NUOHOAMINEN JATKOSSA

Koska kattilan likaantumista ei työn aikana saatu loppumaan, on hyvä pohtia, millä keinoilla säästytään biokattilan vaurioitumiselta. Koska kattila on nuohottava niin usein, olisi tehokkaan jyrsintänuohouksen tilalle hyvä suunnitella uusia keinoja kattilan puhdistamiseksi, ilman rakenteellisia vaurioita.

8.1 Vesipesuri

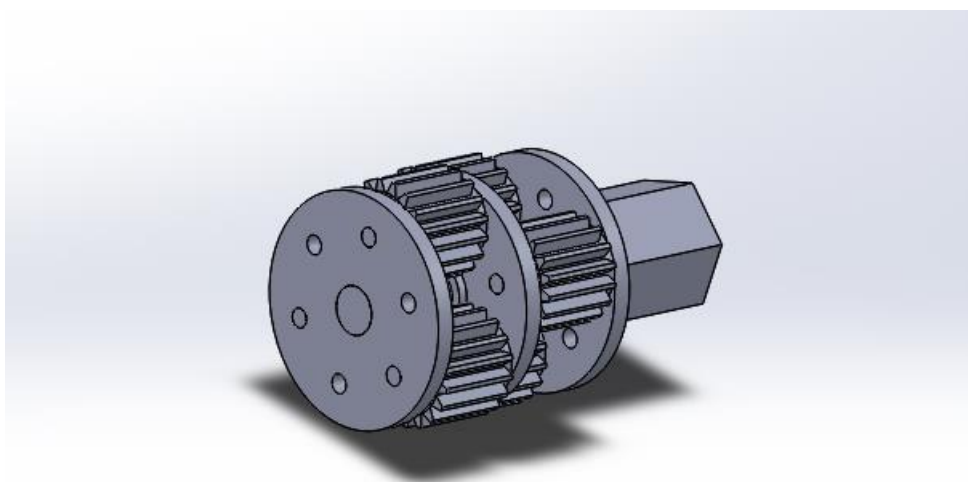
Kattilan nuohoukseen olisi mahdollista suunnitella vesipesujärjestelmä. Järjestelmä vaatisi kuitenkin paljon suunnittelua sekä uusien osien teettämistä. Järjestelmää varten tulisi kaikkiin biokattilan aukkoihin teettää sopivat peitelevyt, joiden avulla pesuvesi voitaisiin pitää kattilan sisällä. Peitelevyjen tulisi olla nopeasti kiinnitettäviä ja materiaaliltaan sellaisia, että ne kestävät veden ja palamisjätteen muodostamaa liuosta. Hyvä vaihtoehto materiaaliksi voisi olla muovi. Peitelevyjen teettäminen olisi sinänsä helppoa, sillä osat voitaisiin teettää suoraan kattilan valmistajan piirustusten mukaan. Itse pesu tapahtuisi kattilan etuluukkujen tilalle asennettavien peitelevyihin tehtyjen reikien kautta. Pesu suoritettaisiin korkeapainepesurilla, joka voitaisiin joko vuokrata tai vaihtoehtoisesti hankkia omaksi. Vesinuohouksen etuna olisi hyvä nuohoustulos. Menetelmällä kattilasta saataisiin palamisjäte todella tehokkaasti pois. Lisäksi nuohouksesta tulisi kevyempää, sillä raskasta mekaanista nuohousta ei parhaassa tapauksessa tarvittaisi enää ollenkaan. Nykyisen jyrsintänuohouksen vaatimaan yhden kuukauden nuohousväliä voitaisiin todennäköisesti myös pidentää, sillä vesinuohous kykenisi poistamaan hieman suuremmatkin palamisjättekertymät pois tuliputkista. Vesinuohouksen huonoina puolina olisivat nuohousjätteiden hävittämisen hankaluus sekä pesun aikana syntyvän lietemäisen jätteen syövyttävyys. Kattilan valmistaja onkin käyttöohjeissaan kieltänyt syövyttävien aineiden käyttämisen nuohouksessa (Nowiter-NWT lämmin / Kuumavesikattilan... 2003). Koska on mahdollista että vesi, yhdessä palamisjätteen kanssa muodostavat syövyttävän liuoksen, tulisi asiasta ottaa enemmän selvää esimerkiksi kattilavalmistajalta itseltään. Syövyttävä liuos saattaisi vaikuttaa kattilan rakenteisiin sekä sen lujuusteknisiin ominaisuuksiin heikentäväksi, ja pahimmassa tapauksessa lopulta syövyttää kattilan puhki.

8.2 Nuohousjäte

Nuohousjäte on juoksevan nesteen ja kiinteähkön liejun tyylistä massaa. Sen hävittäminen olisi kallista, sillä sen haitallisuuden vuoksi olisi se hävitettävänä ongelmajätteenä. Nuohousjätettä ei myöskään voi säilöä pitkäksi aikaa säiliöihin, sillä jätteessä oleva kiinteämpi aines kovettuu ajan myötä todella kovaksi, minkä jälkeen sen poistaminen säiliöstä on erittäin vaikeaa. Nuohousjäte voitaisiin poistaa joko käyttämällä kertakäyttöisiä säiliöitä, joiden avulla palamisjäte voitaisiin poistaa säiliöineen tai käyttämällä jokaisella nuohouskerralla imuautoa imemässä nuohousjätteet pois.

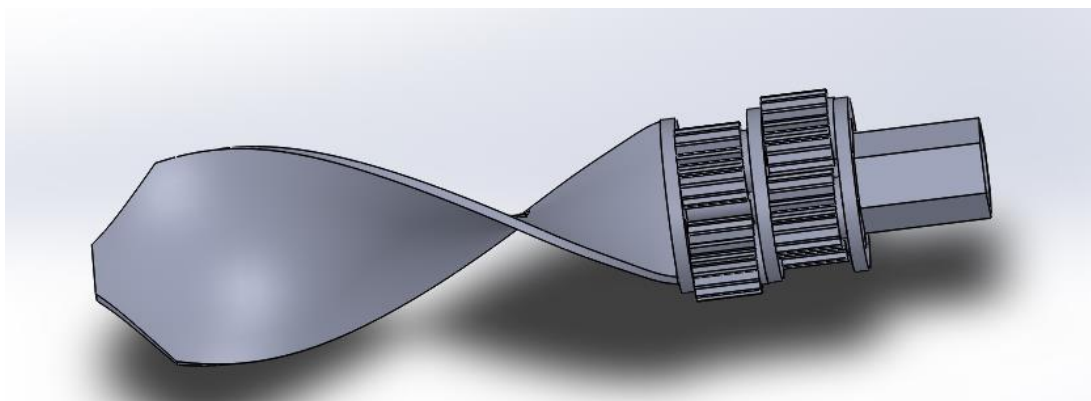
9 UUSI NUOHOUSTYÖKALU

Uuden työkalun suunnittelussa hyödynnettiin jo joitakin olemassa olevien nuohoustyökalun hyviä puolia, mutta siihen lisättiin käyttömukavuutta, kestävyyttä ja nuohouksen helpottuvuutta lisääviä ominaisuuksia. Työkaluun on suunniteltu epäkeskeisesti pyörivät rullat, jotka ”jyrsivät” tuliputkien sisäpintoja (kuva 6).



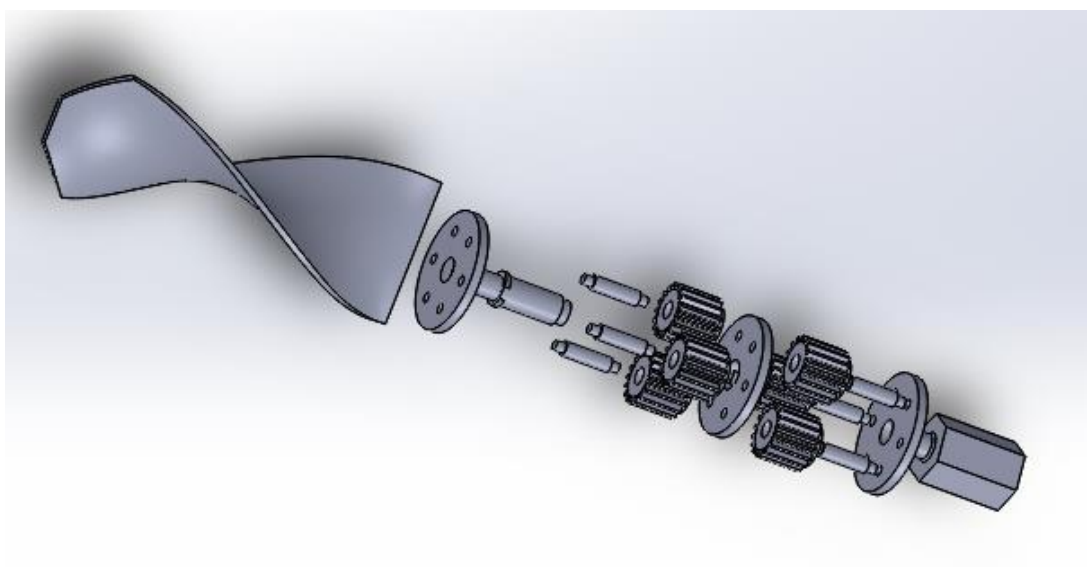
Kuva 6 Uusi jyrsinpää (kuvakaappaus Joonas Lehto.)

Uusi jyrsinpää liitetään nuohouslaitteeseen kuvassa oikealla näkyvän holkin avulla. Kiinnityksessä käytetään putkikierrettä ja työkalun kiristäminen tapahtuu esimerkiksi lenkkiavaimella. Päätylaippaan hitsataan lisäksi latasta väännetty ”ruuvi”, jonka tarkoituksena on rikkoa suurimpia epäpuhtauskertymiä tuliputkien sisäpinnalta (kuva 7). Ruuvin on suunniteltu myös toimivan nuohoustyötä helpottavana, sillä se keventää nuohousta vetämällä työkalua syvemmälle tuliputken sisälle.



Kuva 7 Uusi jyrsintyökalu (Kuvakaappaus Joonas Lehto.)

Jyrsinpää koostuu seitsemästä eri osasta ja materiaalina käytetään normaalia S355 raken-
neterästä. Vaikka työkalua käytetään haastavissa olosuhteissa, on työkalu kattilan sisällä
kuitenkin sen verran vähän aikaa, ettei syöpmistä todennäköisesti juurikaan pääse tapah-
tumaan. Työkalu tulisi puhdistaa huolellisesti jokaisen nuohouksen jälkeen käyttöiän mak-
simoimiseksi. Lisäksi tällä materiaalivalinnalla valmistuskustannukset saadaan pidettyä koh-
tuullisella tasolla. Kuvassa 8 on esitelty jyrsinpään rakenne räjäytyskuvannon avulla.



Kuva 8 Jyrsinpään räjäytyskuva (Kuvakaappaus Joonas Lehto.)

Jyrsinpäässä on vain kaksi histausliitosta. Hitsaamalla liitetään ruuvi sekä pääakseli pääty-
laippaan. Muuten jyrsin on kasattu ruuviliitoksilla, ja on täysin purettavissa osiin puhdistus-
ta, huoltoa tai rullien vaihtoa varten.

10 YHTEENVETO

10.1 Tavoitteiden täyttyminen

Opinnäytetyössä päästiin siltä osin tavoitteisiin, että biokattilan lisääntyneelle likaantumisel-
le löydettiin syy. Opinnäytetyön tavoite vaihtui muutama kertaan, sillä työn aikana ilmeni
asioita, jotka muovasivat työn kulkua. Työn tilaajalle on työssä esitelty yleisimmin käytössä
olevat ja potentiaalisimmat keinot puhdistaa kaasu ennen polttamista biokattilassa. Jäte-
kukko Oy oli jo päätyvässä hankkimaan Sarlinin toimittamaan vesipesurin, mutta jää vielä
pohtimaan puhdistusjärjestelmän käyttöönottoa sekä mahdollisesti muita vaihtoehtoja.
Kynnyskysymykseksi hankkimiselle tuli ilmeisesti puhdistusprosessin korkeat käynnistäm-
iskustannukset.

10.2 Työn hyödyt

Vaikka kaasua ei saatu itse työn aikana puhtaammaksi eikä siten kattilan likaantumista saa-
tu vähenemään, on tilanne työn tilaajan kannalta parempi, sillä nyt tiedetään, mikä proses-
sissa on vikana ja mitä asian eteen tulisi tehdä. Kuopion Energia Oy:n ja Jätekuukko Oy:n
välillä on sopimus kaasun toimittamisesta ja ne kykenevät opinnäytetyön ja tutkimustulos-
ten ansiosta paremmin miettimään asiaa yhdessä sekä pohtimaan yritysten vastuualueita.
Mikäli kaasun laadun parantamiseksi ei tehdä muutoksia, Kuopion Energian kannattaa poh-
tia, kuinka kauan kaasun polttaminen kattilassa on kannattavaa. Molempien osapuolien etu
olisi, että kaasun puhtaus saataisiin sille tasolle, että sitä voitaisiin polttaa kattilassa ongel-
mitta. Jätekuukko Oy saa tuloja kaasun toimittamisesta, eikä kaasua tarvitse "hukata" polt-
tamalla sitä soihdussa. Kuopion Energia Oy puolestaan voisi tuottaa kaukolämpöä käyttä-
mällä polttoaineena suhteellisen edullista biokaasua. Likaisen kaasun polttamisesta aiheu-
tuu välittömien kustannusten lisäksi paljon välillisiä kustannuksia. Näitä kustannuksia ovat
lähinnä tiheiden nuohousvälien aiheuttamat kustannukset sekä biokattilan kuluminen. Nu-
ohouskustannuksiin voidaan laskea työntekijöiden palkat, lämmöntuotannon pysähtyminen
sekä nuohoustyökalujen ajoittainen uusiminen. Biokattilan kulumisen aiheuttamiksi kustan-
nuksiksi voidaan laskea likaisen kaasun aiheuttamien syöpymien korjauskustannukset.

10.3 Opinnäytetyö konetekniikan näkökulmasta

Koneinsinöörin näkökulmasta biokaasukattila on mielenkiintoinen laite, sillä ei riitä että kattila on mekaanisesti toimiva, vaan sen materiaalien täytyy olla tarkkaan harkittuja ja kestäviä. Niiden tulee myös soveltua erilaisiin olosuhteisiin sekä niiden muutoksiin kattilan elinkaaren aikana. Väärillä valinnoilla saatetaan lyhentää huomattavasti laitteen elinkaaren pituutta sekä pahimmillaan aiheuttaa vaaraa käyttäjille sekä ympäristölle. Hyvin suunniteltu lämpökattila on varmatoiminen, turvallinen sekä monipuolinen.

Haasteita opinnäytetyöhön aiheutti tilanteiden nopea muuttuminen. Kun jotakin uutta aiheesta saatiin selville, saattoivat asiat kääntyä pääläelleen ja työn suunta muuttua täysin. Muutoksiin oli sopeuduttava ja työtä täytyi muovata uudelleen sopivaksi. Aihe oli mielestäni erittäin opettavainen, vaikka se ei täysin pelkkää konetekniikkaa ollutkaan. Työn aikana joutui etsimään tietoa ennestään tuntemattomista asioista kemian ja biologian aloilta sekä yhdistämään niitä konetekniikan opintoihin. Työssä tarvittiin ongelmanratkaisua sekä tuotekehityksestä opittuja asioita.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Ahonen, Saana 2010. Alueellinen liikennebiokaasun tuotanto, siirto ja jakelu. Jyväskylän yliopisto. Ympäristötiede ja – teknologia. Pro gradu – tutkielma. [Viitattu 2016-02-23] Saatavissa:

<https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/24851/URN%3ANBN%3Afi%3Aaju-201008122457.pdf?sequence=1>

BIOKAASU. Suomen Biokaasuyhdistys ry. [Viitattu 2015-11-02] Saatavissa:

http://www.biokaasuyhdistys.net/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=6&Itemid=53

BIOKAASUN PUHDISTUS AJONEUVOKÄYTTÖÖN TAI MAAKAASUVERKKOON SOPIVAKSI.

Sarlin Oy Ab. [Viitattu 2015-12-10] Saatavissa:

<http://www.sarlin.com/loader.aspx?id=405bdeaf-91c7-4fcb-b891-e3f2ec5b6872>

BIOKAASUN JALOSTUS BIOMETAAHIKSI. Erkki Rautio. [Viitattu 2015-11-02]. Saatavissa:

<http://www.biokaasuauto.fi/biokaasu/biokaasusta-biometaania>

HUTTUNEN, Markku ja KUITTINEN, Ville 2015. Suomen biokaasurekisteri n:o 18, Tiedot vuodelta 2014. [Viitattu 14.10.2015] Saatavissa:

<http://www.biokaasuyhdistys.net/media/Biokaasulaitosrekisteri2014.pdf>

KAATOPAIIKKAASUN KÄYTTÖ VUOSINA 2004 – 2012. Kuopion Energia Oy. [Esite] [Viitattu 2015-10-31]

KYMÄLÄINEN, Maritta ja PAKARINEN, Outi 2015. Biokaasuteknologia. Verkkojulkaisu. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.

LEINO, Raili 2009. Uusi menetelmä poistaa hiilidioksidin ja rikin pienemmällä energialla.

Tekniikka & Talous [digilehti]. [Viitattu 2016-03-29] Saatavissa:

<http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/2009-08-19/Uusi-menetelm%C3%A4-poistaa-hiilidioksidin-ja-rikin-pienemm%C3%A4ll%C3%A4-energialla-3277569.html>

LÄHETETÄÄN: KAATOPAIIKKAASUANALYYSI28082015 2015-09-25 – 2015-09-28. [Kuopion Energia Oy:n työntekijöiden sähköpostikeskustelu.] [Viitattu 2015-11-02]

LÄMPÖÄ BIOKAASUSTA. Kuopion Energia Oy. [Viitattu 2015-10-14].

NOWITER-NWT LÄMMIN / KUUMAVESIKATTILAN KÄYTTÖOHJEET, 2003. Nowiter oy.

[Viitattu 2015-10-14]

PÄRJÄLÄ, Olli 2011. Biokaasukattiloiden takuumittaukset. Savonia-ammattikorkeakoulu.

Ympäristöteknologian koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-10-10] Saatavissa:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26260/Parjala_Olli.pdf?sequence=1

RAMBOLL ANALYTICS OY, 2015. Biokaasun kosteuden mittaus 27.8.2015. [Raportti] [Viitattu 2015-11-02]

SGH-RUK GMBH, 2015. Report No. 150758666. [Raportti][Viitattu 2015-11-02]

TURKKI, Auli 2014. Biokaasun puhdistus. [Viitattu 2015-12-10]. Saatavissa:

http://www.oamk.fi/hankkeet/bioologia/docs/materiaalit/Biokaasu_Liminka_ATu_27022014.pdf

VALTIONEUVOSTON ASETUS KAATOPAIKOISTA. 331/2013. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2015-10-10] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130331#Pidp529104>

LIITE 1: TAULUKKO BIOKAASUN KÄYTTÖSTÄ

Kaatopaikkakaasun käyttö vuosina 2004-2012													
4.11.2013/AI													
Kaatopaikkakaasu:													
Keskimääräinen lämpöarvo:	17 GJ/1000 m3 (vuoteen 2013 asti tilastokeskuksen arvo oli 15 GJ/1000 m3)												
Päästökerroin:	56,1 t/TJ												
Hapettumiskerroin:	0												
2015													
PITKÄLAHTI BOKATTILA													
Kaatopaikkakaasu	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	YHT
m ³	200738,0	207199,0	162499,0	0,0	301524,0	354034,0	336261,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1562255,0
pa-TJ	3,4	3,5	2,8	0,0	5,1	6,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,6
pa-MWh	947,9	978,4	767,3	0,0	1423,8	1671,7	1587,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7377,0
CO ₂ -t	189,5	195,6	153,4	0,0	284,7	334,3	317,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1475,0
Tuotanto MWh	1021,0	961,0	753,0	0,0	1347,0	1527,0	1482,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7091,0
2014													
PITKÄLAHTI BIO													
BIOKAASU	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	YHT
m ³	330250,0	342109,0	365876,0	344753,0	353539,0	252050,0	169048,0	10361,0	123059,0	290011,0	271106,0	292179,0	3144341,0
pa-TJ	5,6	5,8	6,2	5,9	6,0	4,3	2,9	0,2	2,1	4,9	4,6	5,0	53,5
pa-MWh	1559,4	1615,4	1727,7	1627,9	1669,4	1190,2	798,2	48,9	581,1	1369,4	1280,2	1379,7	14847,6
CO ₂ -t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tuotanto MWh	1364,0	1444,0	1551,0	1450,0	1469,0	1053,0	877,0	56,0	558,0	1273,0	1240,0	1305,0	13640,0
2013													
PITKÄLAHTI BIO													
BIOKAASU	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	YHT
m ³	135873,0	147676,0	210218,0	217652,0	210571,0	213775,0	216878,0	269073,0	285722,0	345131,0	0,0	0,0	2252569,0
pa-TJ	2,3	2,5	3,6	3,7	3,6	3,6	3,7	4,6	4,9	5,9	0,0	0,0	38,3
pa-MWh	641,6	697,3	992,6	1027,8	994,3	1009,4	1024,1	1270,6	1349,2	1629,7	0,0	0,0	10636,6
CO ₂ -t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tuotanto MWh	373,0	416,0	672,0	776,0	725,0	845,0	831,0	1004,0	1207,0	1443,0	0,0	0,0	8292,0
2012													
PITKÄLAHTI BIO													
BIOKAASU	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	YHT
m ³	131601,0	129074,0	166160,0	96925,0	177573,0	68939,0	0,0	0,0	78050,0	166514,0	0,0	74600,0	1089436,0
pa-TJ	2,0	1,9	2,5	1,5	2,7	1,0	0,0	0,0	1,2	2,5	0,0	1,1	16,3
pa-MWh	548,4	537,9	692,4	403,9	739,9	287,3	0,0	0,0	325,2	693,9	0,0	310,9	4539,7
CO ₂ -t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tuotanto MWh	413,0	413,0	496,0	317,0	499,0	157,0	0,0	0,0	242,0	529,0	0,0	261,0	3327,0
2011													
PITKÄLAHTI BIO													
BIOKAASU	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	YHT
m ³	206320,0	159968,0	137518,0	156044,0	158877,0	182821,0	66406,0	141914,0	163151,0	21170,0	182209,0	171447,0	1747845,0
pa-TJ	3,5	2,7	2,3	2,7	2,7	3,1	1,1	2,4	2,8	0,4	3,1	2,9	29,7
CO ₂ -t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tuotanto MWh	704,0	513,0	373,0	380,0	410,0	548,0	124,0	321,0	477,0	61,0	606,0	556,0	5073,0
2010													
PITKÄLAHTI BIO													
BIOKAASU	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	YHT
m ³	163182,0	138081,0	151521,0	3527,0	0,0	78180,0	17871,0	2954,0	0,0	186592,0	181187,0	208140,0	1131235,0
pa-TJ	2,4	2,1	2,3	0,1	0,0	1,2	0,3	0,0	0,0	2,8	2,7	3,1	17,0
CO ₂ -t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tuotanto MWh	489,0	273,0	338,0	10,0	0,0	180,0	33,0	9,0	0,0	652,0	606,0	730,0	3320,0
2009													
PITKÄLAHTI BIO													
BIOKAASU	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu	YHT
m ³	163455,0	160516,0	197589,0	163546,0	178203,0	153575,0	115757,0	136049,0	108920,0	121066,0	89522,0	143132,0	1731330,0
pa-TJ	2,5	2,4	3,0	2,5	2,7	2,3	1,7	2,0	1,6	1,8	1,3	2,1	26,0
CO ₂ -t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tuotanto MWh	589,0	605,0	750,0	581,0	624,0	511,0	398,0	376,0	305,0	465,0	259,0	496,0	5959,0