



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

POLTTOAINEEN VAIHDON INVESTOINTIKUSTANNUKSET JA TAKAISINMAKSUAIKA

TEKIJÄ/T: Katri Salomaa

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Katri Salomaa			
Työn nimi Polttoaineen vaihdon investointikustannukset ja takaisinmaksuaika			
Päiväys	27.5.2014	Sivumäärä/Liitteet	32/3
Ohjaaja(t) Heikki Salkinoja, Ritva Käyhkö			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) PesuLeenat Oy, Pasi Halonen			
Tiivistelmä <p>Työ tehtiin Varkautelaiselle pesulalle, joka haluaa vaihtaa nykyisen polttoaineen halvempaan vaihtoehtoon. Nykyinen polttoaine on raskas polttoöljy. Käsiteltävät polttoaineet ovat kevyt polttoöljy, metsätähdehake, kokopuuhake, pelletti sekä nestekaasu. Insinööriyössä laskettiin polttoaineen vaihdosta syntyvät investointikustannukset sekä investoinnin takaisinmaksuaika.</p> <p>Insinööriyössä saatiin selville eri polttoaineiden koostumusten vaikutus polttoaineen menekkiin sekä kykyyn tuottaa energiaa. Laskelmien mukaan halvin polttoaine pesulaan on nestekaasu. Nestekaasun investointikustannukset eivät ole suuret ja niiden takaisinmaksuaika on lyhyt.</p>			
Avainsanat Polttoaineenvaihto, investointikustannukset, takaisinmaksuaika			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Katri Salomaa			
Title of Thesis Fuel investment costs and repayment period			
Date	27.5.2014	Pages/Appendices	32/3
Supervisor(s) Heikki Salkinoja, Ritva Käyhkö			
Client Organisation /Partners Pesuleenat Oy, Pasi Halonen			
Abstract <p>The thesis is made to laundry. It wants to changes the heavy fuel oil to cheaper fuel Alternative fuels are light fuel oil, chip, pellet and liquefied petroleum gas. At the thesis calculate fuel investment costs and repayment period.</p> <p>According to calculations the cheapest fuel is liquefied petroleum gas. Investment from heavy fuel oil to liquefied petroleum gas does not cost much and the repayment period is short.</p>			
Keywords Fuel changes, investment costs, repayment period			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin PesuLeenat Oy:n toimeksiannosta keväällä 2014. Haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajiani Heikki Salkinojaa ja Ritva Käyhköä.

Haluan kiittää myös PesuLeenat Oy:n henkilökuntaa, erityisesti Pasi Halosta kaikesta informaatiosta joiden avulla sain opinnäytetyöni tehtyä.

Näiden lisäksi kiitokset kuuluvat myös perheelleni ja ystäväilleni, jotka olivat tukenani opiskelussani ja opinnäytetyön teossa.

Varkaudessa 11.3.2014

SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	7
1 JOHDANTO	8
2 PESULEENAT OY	9
3 PESULAN PROSESSI.....	10
3.1 Pesulan energiantuotantoprosessi	10
3.2 Pesulan pesuprosessi.....	12
4 POLTTOAINEET	14
4.1 Raskas polttoöljy.....	14
4.2 Kevyt polttoöljy.....	15
4.3 Hake.....	16
4.3.1 Kokopuuhake	16
4.3.2 Metsähake	17
4.4 Puupelletti.....	17
4.5 Nestekaasu.....	18
5 ENERGIANTARVE JA ENERGIANTUOTANTOTEKNIIKAT	20
5.1 Raskas polttoöljy.....	20
5.2 Kevyt polttoöljy.....	21
5.3 Hake.....	21
5.3.1 Metsätähdehake	21
5.3.2 Kokopuuhake	22
5.4 Puupelletti.....	22
5.5 Nestekaasu.....	22
5.6 Polttoaineiden tietojen yhteenveto	23
6 ENERGIANTUOTANTOTEKNIIKOIDEN KUSTANNUSVERTAILUT	24
6.1 Polttoaineiden kulutukset ja hinnat.....	24
6.2 Energiantuotantotekniikoiden vaihtokustannukset ja takaisinmaksuaika.....	25
6.2.1 Polttoaineen vaihtokustannukset.....	25
6.2.2 Takaisinmaksuaika	27
7 YHTEENVETO.....	28

8 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	30

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

bar (baari) = paineen yksikkö

kW (Kilowatti) = tehon yksikkö, joka osoittaa energian määrän (tuhat wattia)

MW (megawatti) = tehon yksikkö, joka osoittaa energian määrän (miljoona wattia)

kWh (Kilowattituntia) = energian yksikkö, mitataan energian määrää

MWh (Megawattituntia) = energian yksikkö, mitataan energian määrää

vtkg(vaatekilo)= Pesulassa käytettävä painon yksikkö

kg/vtkg (kilogramma/ vaatekilo)= kuinka monta kilogrammaa menee polttoainetta yhtä vaatekiloa kohti

MJ/kg (Megajoule/ kilogramma) = kertoo, kuinka monta megajoulea saadaan yhdestä kilogrammasta kyseistä polttoainetta

m³= kiintokuutiometri

i-m³= irtokuutiometri. Noin 0,40 kiintokuutiometri.

Butaani= (C₄H₁₀) väritön, tulenarka ja helposti nesteytettävä kaasu.

Propani= (C₃H₈) väritön, hajuton ja tulenarka kaasu.

H (Entalpia) = Termodynamiikan suure, lasketaan: $H = U + pV$

U= systeemin sisäinen energia

P= systeemin paine

V= tilavuus

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä selvitetään höyryllä toimivan pesulan energiantarve ja polttoaineen vaihtoon liittyvät investointikustannukset ja sen takaisinmaksuaika. Työssä vertaillaan erilaisia polttoaineita käyttäviä höyryn ja lämmön tuotannon kattilavaihtoehtoja toisiinsa: raskasta polttoöljyä, kevyttä polttoöljyä, nestekaasua, puupellettiä ja kahta erilaista haketta.

Työssä käydään läpi kuinka PesuLeenat Oy tuottaa höyryä tällä hetkellä. Työssä kerrotaan pesulan nykyisestä höyryntuotantoprosessista sekä pesuprosessista. Työssä esitellään myös yksitellen jokainen polttoaine, mikä voisi korvata nykyisen polttoaineen höyryntuotannossa.

Työssä tutkitaan, kuinka paljon polttoaineen muutos aiheuttaa investointikustannuksia ja mikä on investointikustannusten takaisinmaksuaika. Tulosten perusteella PesuLeenat Oy tekee valintansa, mikä on heille halvin ja paras vaihtoehto uudeksi polttoaineeksi.

Työn teko aloitettiin nykyisen polttoaineen energiantarpeen laskemisella ja sen vertailulla energiantarpeen tuottamisesta vaihtoehtoisella polttoaineella. Energiatarve laskettiin polttoaineen kulutuksen, hyötysuhteen ja lämpöarvon avulla.

Ennen investointikustannusten laskemisen aloittamista, otetaan selvää siitä, mitä mahdollisuuksia nykyisellä lämmitysjärjestelmällä on. PesuLeenat Oy:n höyrykattila on vuodelta 1971, ja ollut pesulassa käytössä vuodesta 1980. Kattila on hyvässä kunnossa, joten kattilaa ei ole tarvetta vaihtaa, mutta pieniä muutoksia kattilaan on tehtävä. Muutokset riippuvat uudesta polttoaineesta, polttimet on vaihdettava uudelle polttoaineelle sopivaksi.

Muutoksia on tehtävä muuallekin kuin vain kattilaan. Polttoaineen varastointi on otettava huomioon. Biopolttoaineiden varastointi vie yleensä enemmän tilaa kuin öljy. Jokaisen polttoaineen säilyttäminen on omat säädöksensä, joita on noudatettava. Varastoinnissa täytyy ottaa myös huomioon kuinka suuria määriä polttoainetta halutaan varastoon kerralla.

2 PESULEENAT OY

Tämä lopputyö tehtiin yritykseen nimeltä Pesuleenat Oy. Pesuleenat Oy on 1950-luvulla perustettu, pieni pesuala-alan yritys. Yritys sijaitsee Varkaudessa, Ahertajankatu 3 (kuva 1). Yritys työllistää tällä hetkellä 18 ihmistä. Liikevaihto pesulassa on ollut 1,2 miljoonaa euroa. Pesulassa pestään vuodessa yhteensä 550 000 kg tekstiilituotteita.

Pesuleenat Oy aloitti toimintansa Kuopiossa 1954. Silloin Lennart ja Elisa Keinänen perustivat Männistön pesula nimisen pesulan. Lennartin ja Elisan työtä jatkoi heidän poikansa Kalevi vaimonsa Leena kanssa. Vuonna 1987 perustettiin pesula Varkauteen nimellä Pesuleenat Oy. Nykyään pesulaa pyörittää Pasi ja Hanna Halonen.

Pesuleenat pesee hotellien ja yksityisasiakkaiden pyykkejä. Pesulan tärkeimmät alihankintana tulleet asiakkaat ovat SOL ja Lindström Oyj. Rauhalampi on pesulan suurin yksittäinen hotelliasiakas. Pesuleenat pesee myös eri firmojen haalareita, kuten Yara, sekä niin yritysten kuin yksityisasiakkaiden matot. Pesupalvelujen lisäksi yritys vuokraa pyyhkeitä, lakanoita sekä pöytäliinoja.



Kuva 1 Pesuleenat pesula

3 PESULAN PROSESSI

Tässä kappaleessa tarkastellaan pesulan energiantuotantoprosessia sekä pesulan toimintatapoja. Pesula on jaettu kolmeen eri osaan. Pesulasta löytyy kattilahuone, toimisto-, sosiaali- ja työtilat. Työtila on jaettu vielä kolmeen eri osaan; likainen, pesu- ja puhdas tila. Pestävät tekstiilit tuodaan li-kaiselle puolelle ja pesupuolen kautta ne viedään puhtaalle puolelle, josta ne lähtevät asiakkaille.

Pesulaan tuodaan monenlaisia tekstiilejä pesuun, liina- ja petivaatteita, kylpypyyhkeitä ja kylpytak-keja. Myös eri teollisuudenalat pesettävät työvaatteensa, kuten haalarit, pesulassa. Monille yleisistä vessoista tutut käsipyyherullat pestään Pesuleenat pesulassa. Yksityiset asiakkaat pesettävät pesu-lassa liina- ja petivaatteensa.

3.1 Pesulan energiantuotantoprosessi

Pesulan pesuprosessi toimii höyryllä. Kaikki pesulan tarvitsema lämpö tuotetaan polttamalla raskasta polttoöljyä. Raskasta polttoöljyä kuluu kuukaudessa 14 000 kiloa. Pesulassa lähes jokainen laite toi-mii höyryllä. Jos ja kun höyryntuotannossa ilmenee ongelmia, lähestulkoon kaikki pesulan toiminta pysähtyy.

Pesulassa on 9 m³ kokoinen höyrykattila (kuva 2). 1.5 megawatin kattila on valmistettu Turussa Ko-nepaja A. Grönroosilla. Kattila on otettu käyttöön vuonna 1971 ja 1980-luvulla se tuotiin pesulaan. Iältään kattila ei ole kovinkaan vanha, ja toimii vielä mainiosti ongelmitta. Kattilan hyötysuhde on noin 80 %. Nimellispaine on 10 baaria, mutta työpaine vaihtelee 7 – 8 baarin välillä.

Pesulassa osa mittareista on rikki, eikä niitä ole korjattu, joten kaikki kulutustiedot eivät ole tuoreita. Esimerkiksi kattilaan menevän veden mittari on rikki, eikä sen takia saada tarkkoja arvoja siitä kuin-ka paljon vettä kattilaan menee vuodessa. Viimeisin tarkka vedenkulutuksen tieto on vuodelta 2010. Vuodessa vettä kuluu koko pesulassa 7786 m³, eli päivittäin menee noin. 30 m³ vettä, höyryn tuo-tantoon vettä kuluu noin 3 m³. Kattilassa tuotetun höyryn lämpötila on 180 °C ja paine on 8 baaria.

Polttoöljyä pesulassa menee noin 168000 kg/vuodessa. Polttoöljyä säilytetään ulkona isossa lämpö-eristetyssä säiliössä. Säiliön sisällä on lämminvesikierukka, joka pitää öljyn lämpöisenä ja juokseva-na. Öljyn lämpötila on 45 °C. Ulkona sijaitsevassa öljysäiliössä kiertää öljyllä lämmitetty vesi. Pesu-lassa ei ole mitään tietoa siitä, kuinka paljon öljyä heillä menee öljyn lämmittämiseen vuodessa.

Öljyä syötetään kattilaan polttimen läpi. Pesulan Weishauptin poltin on 80- luvulta. Polttimessa on kaksi suutinta, suuttimia pidetään yhtä aikaa päällä vain kiireisimpään aikaan päivässä. Molemmat suuttimet ovat yhtä aikaa päällä noin 20 tuntia/viikko. Kattila on käytössä joka arkipäivä kahdeksan tuntia ja viikonloppuisin yhteensä kuusi tuntia. Kattila on käynnissä 46 tuntia/viikossa.

Kuumennettu 180 °C höyry nousee kattilasta putkea pitkin jakotukille, joka jakaa höyryn eri toimilaitteille. Höyry kulkeutuu putkia pitkin toimilaitteisiin, jotka sijaitsevat ympäri pesulan työtiloja. Eniten höyryä menee kahdelle suurelle mankelille sekä viidelle eri kuivurille. Kuuma höyry kiertää laitteissa ja muuttuu takaisin vedeksi, lauhdeeksi. Lauhdeveden lämpötila on alle 30 °C ja se on likaista, joten sitä ei voida käyttää hyödyksi muualla kuin mankeleilla. Mankeleilla lauhdevettä käytetään liian kuivien tekstiilien kosteuttamiseen. Loput lauhdevedet menevät suoraan viemäriin.

Kattilassa on magneettiohjattu vedensyöttö. Magneettiohjaus mittaa vedenpinnan laskua, kun vedenpinta on liian matala, kattilaan lasketaan lisää vettä. Magneettiohjaus toimii myös toisinpäin. Kun vedenpinnankorkeus kattilassa on riittävän korkea, se lopettaa veden lisäämisen. Magneettiohjauksen rikkoutumisen varalta kattilassa on myös sähköpuikot, jotka mittaavat vedenpinnankorkeutta.

Kattilakiven syntymisen estämiseksi kattila ulospuhalletaan kaksi kertaa päivässä. Kattilassa on ajastettu venttiili, joka tekee ulospuhalluksen automaattisesti. Kattilakivi on höyrykattiloihin syntyvää kiveytymää. Höyrykattilan kuumuudessa makean veden erilaiset kivennäisaineet ja kemikaalit kivistyvät ja muodostavat kerrostumia liitos- ja kulmakohtiin. Ulospuhalluksen tarkoitus on poistaa kattilasta kivennäisaineet ja kemikaalit ennen kuin ne aiheuttavat kattilakiveä. Ulospuhalluksessa konkreettisesti puhalletaan kuumaa vettä ulos kattilasta. Pesulassa ulospuhallus tehdään suoraan ulos, eikä lämpöjä oteta talteen.



Kuva 2 Pesulan höyrykattila ja poltin

3.2 Pesulan pesuprosessi

Pesuprosessi on yksinkertainen. Pestäväksi tullut tekstiili tulee pesulan likaiselle puolelle. Siellä työntekijät merkkauvat tekstiilit, etteivät asiakkaiden pyykit mene sekaisin. Merkkauksen yhteydessä jokaisen asiakkaan pyykit merkitään ylös työlapuihin. Jokaiselle asiakkaalle on oma työlapunsa, missä lukee mitä tekstiilejä on tullut pesuun ja minkä verran ja kenen ne ovat. Näin asiakkaat saavat takaisin kaikki omat tekstiilinsä, eivätkä tekstiilit mene sekaisin.

Pesuun menevät tekstiilit erotellaan liina- ja petivaatteisiin sekä pyyhkeisiin, koska pyyhkeiden tulee olla kuivauksen jälkeen täysin kuivia ja liina- ja petivaatteet jätetään hieman kosteiksi. Liina- ja petivaatteiden on oltava hieman kosteita, etteivät ne kellastu mankelissa. Pyyhkeet ja kylpytakit pestään ja kuivataan erikseen, koska ne viikataan rullakoihin eri paikoissa.

Merkkauksen jälkeen pestävät tekstiilit viedään pesuun. Pesulassa on suuri pesuputki, joka pesee tekstiilit. Pesuputki on lokeroitu yhteentoista eri lokeroon. Pyykit pesuputkessa liikkuvat lokero kerrallaan eteenpäin. Viimeiseksi tekstiilit puristetaan kasaan, näin osa vedestä poistuu tekstiileistä. Puristuksen jälkeen tekstiilit nostetaan hissillä kuivureihin. Kuivurit on sijoitettu seinälle parin metrin korkeuteen. Kuivauksen jälkeen tekstiilit tippuvat isoihin kuljetusvaunuihin. Työntekijät vaihtavat tyhjän kuljetusvaunun täyden tilalle. Osa pestävistä tekstiileistä, kuten käsipyyherullat, pestään erillisissä pesukoneissa.

Kuivauksen jälkeen mankeloitavat liina- ja petivaatteet viedään mankelille. Mankelilla työskentelee kolme työntekijää. Kaksi työntekijää syöttää liina- ja petivaatteita mankeliin, kolmas työskentelee mankelin vastaanottopäässä. Mankeloitavien tekstiilien kosteudesta ja materiaalista riippuu kuinka usein liina- tai petivaate on mankeloitava. Mankelin vastaanottopäässä työskentelevä henkilö viikkaa ja pakkaa mankeloidut liina- ja petivaatteet rullakoihin tai pusseihin.

Pestyt, mankeloidut ja viikatut tekstiilit ovat valmiita pakattaviksi. Pakkaajalle on tuotu merkkajien tekemät työlaput. Ennen pakkaamista on tärkeä laskea että jokainen työlappuun merkattu tekstiili on pakkausvaiheessa menossa samaan pussiin. Pakkauksessa on tärkeä huomioida että jokainen tekstiilituote on kuiva, ennen kuin ne laitetaan pusseihin, etteivät tekstiilit homehdu tai rupea haisemaan.

Pesuleenat Oy pesee myös mattoja. Mattojen pesu on riippumaton muista työpisteistä. Mattojen pesupaikka on sijoitettu pesu- ja puhtaanpuolen vaihteeseen, erikseen muista pesutapahtumista. Matot pestään, kuivataan ja pakataan samassa työpisteessä. Pesulassa mattojen pesusta vastaa yksi henkilö.

Monet yritykset pesettävät työvaatteensa pesulassa. Pesulassa on erillinen pesukone sekä kuivuri työvaatteille. Monien rakennustyöfirmojen haalarit ovat niin likaiset, ettei niitä voi pestä muiden

tekstiilien kanssa samassa pesukoneessa. Kuivauksen jälkeen työvaatteet viedään niille tarkoitetulle pakkauspaikalle. Pakatut tekstiilit kuljetetaan rullakoissa lastaussillalle.



Kuva 3 Pesulan pesupuoli

4 POLTTOAINEET

Tässä kappaleessa kerrotaan mitkä vaihtoehdot on valittu pesulan uudeksi energiamuodoksi. Kappaleessa esitellään ensin raskaan polttoöljyn tuotanto ja sen jälkeen eri vaihtoehdot. Vaihtoehdoiksi on valittu kevyt polttoöljy, hake, puupelletti sekä nestekaasu. Maakaasun jätettiin pois, koska maakaasua ei saada pesulalle.

4.1 Raskas polttoöljy

Raskas polttoöljy on luontoa vahingoittava energiamuoto. Polttoöljy on jalostettua raakaöljyä. Raakaöljy on syntynyt miljoonien vuosien saatossa maan alla eloperäisistä luonnon jäänteistä ja nyt se alkaa olla loppumassa koko maailmasta. Raakaöljyn vähäisen määrän takia, polttoöljyn käytöstä on luovuttava ja siirryttävä ympäristöä vähemmän kuormittaviin biopolttoaineisiin.

Raakaöljyn jalostus tarkoittaa sitä, että raakaöljy muunnetaan erilaisiksi hiilivetysekoituksiksi. Muuntamisessa käytetään apuna lämpöä, painetta ja kemikaaleja. Tislesaanto ja rikkipitoisuus ovat tärkeimpiä tekijöitä öljyn jalostuksessa.

Raskaat polttoaineet vaativat kalliit polttolaitteet ja hyvän tuntemuksen polttolaitteiden käytöstä ja huollosta. Raskas polttoöljy on taloudellisesti kannattava vain kohteissa, joiden kattilan teho on vähintään 1 MW. Ympäristön kannalta raskas polttoöljy on huono vaihtoehto polttoaineena.

Raskas polttoöljy on helppo hankkia ympäri Suomea, koska sitä kuljetetaan helposti paikasta toiseen junilla sekä rekoilla. Kuljetukset lisäävät raskaan polttoöljyn hiilidioksidi päästöjä, ja näin ollen kuormittaa se ympäristöä entisestään.

Kotimaisen toimittajan raskaita polttoaineita on neljää erilaista: Mastera LS 420, Mastera LS 300, Mastera LS 180 sekä Mastera LS 100. Raskaan polttoöljyn kaupanimesä kirjainlyhenne LS kertoo, että polttoaine on vähärikkistä. Suomen ympäristösuojelullisista syistä Suomessa ei saa polttaa sellaista polttoöljyä, jonka rikkipitoisuus on yli 1 %, ellei laitoksella ole savukaasukanavassa rikinpoistolaitetta. Öljyn viskositeetin saa selville kaupanimesä olevista numeroista. Mitä korkeammaksi lämpötila nousee, sitä alemmaksi viskositeetti laskee.

Mastera LS- tuotteiden varastoinnissa täytyy ottaa huomioon, että öljy tulee varastoida suojaan auringonvalolta sekä varastointilämpötila tulee olla 20 – 50 °C. Liian korkea lämpötila kiihdyttää biologista sekä kemiallista hajoamista. Kuumasta öljystä haihtuu enemmän ympäristölle ja terveydelle haitallisia rikki- ja hiilivetyjä. Öljyn säilytysastian täytyy olla lämmitettävä sekä öljyn on kierrettävä siellä sisällä, jotta öljy pysyy juoksevana eikä jähmety.

Pesulassa on käytössä raskas polttoöljy, Mastera LS 180. Mastera LS 180 on paremmin juokseva öljy, eikä se tarvitse yhtä hyviä polttolaitteistoja, eikä yhtä korkeita käsittelylämpötiloja kuin Mastera

LS 420. Mastera LS 180 valmistetaan sekoittamalla 21 prosenttia kevyttä polttoöljyä ja 79 prosenttia lämpökrakkausyksikön pohjaöljyä. Kevyt polttoöljyn viskositeetti on 50 °C:ssa 3 mm²/s ja lämpökrakkausyksikön pohjaöljyn viskositeetti 50 °C:ssa on 2000 mm²/s.



Kuva 4 Pesulan öljysäiliö

4.2 Kevyt polttoöljy

Kevyt polttoöljy on myös raakaöljystä jalostettua, eikä näin ollen ole luontoystävällistä. Kevyt polttoöljy on helposti juokseva ja palava keskitisle. Kevyen polttoöljyn tislaus-alue on noin 180-360 °C. Kevyeen polttoöljyyn täytyy lisätä tunnustusainetta, jotta kevyt polttoöljy erotetaan veromääräyksiä koskevasta dieselöljystä. Kevyen polttoöljyn polttamiseen riittää yksinkertaisemmat ja halvemmat polttolaitteet kuin raskaan polttoaineen polttamiseen. Kevyttä polttoöljyä voidaan käyttää alle 1 MW tehoisissa kattiloissa.

Kevyt polttoöljy on raakaöljyn jakotislauksen yksi tuote. Kevyttä polttoöljyä saadaan tyhjiötislauksen ja krakkausprosessien tuotteina. Kevyt polttoöljy on lähes rikittömä polttoainetta. Suodatettavuus, eli alin käyttölämpötila, on merkittävin eroavaisuus erilaisten kevyiden polttoöljyjen välillä. Oikean polt-

toöljynlaadun valintaan eniten vaikuttavat kattilahuoneen sekä varastointitilan lämpötila. Lämpötilojen on oltava suodattavuuslämpötilaa korkeampi.

Kevyellä polttoöljyllä lämmitetään teollisuuden sulatus-, kuivaus- ja polttouuneja. Myös omakotitalot sekä muut pienkiinteistöt sekä maataloudet käyttävät kevyttä polttoöljyä lämmityksessä. Kevyttä polttoöljyä käytetään myös liikenteessä tiealueen ulkopuolella, kuten maa- ja metsätaloudessa. (Ympäristö)

4.3 Hake

Hake on hakettua puuta. Se on puupolttoaine jota tehdään monesta eri puunosasta, kuten latvusmassasta. Hakkeen tärkeimmät ominaisuudet ovat sen alhainen kosteus ja korkea lämpöarvo. Haketta on helppo käsitellä, kun palakoko on tasalaatuista. Hakkeen laatuun kannattaa panostaa, koska se vaikuttaa hakkeen lämpöarvoon ja palamiseen. Kuiva hake palaa paremmin ja häiriöttä. Kuivan hakkeen lämpöarvo on kosteaa parempi, näin ollen sitä kuluu vähemmän. Hake poltetaan pelletteihin verrattuna selvästi kosteampana. Poltettaessa vesipitoisuus on 20 – 50 %.

Hakkeen varastoinnissa täytyy ottaa huomioon paloturvallisuusvaatimukset, kuten takatulen estojärjestelmä joka toimii sähkökatkosten aikana. Hakkeen laatu vaikuttaa palamiseen ja paloturvallisuuteen. Takapalon riski kasvaa, jos kesäisin poltetaan keinokuivattua haketta. Sen takia kesäisin kannattaa polttaa kosteaa haketta. Keinokuivattua haketta kannattaa polttaa talvisin, koska talvisin kosteahakkeen poltto aiheuttaa nokeentumista. Hakelämpökeskus kannattaa rakentaa mahdollisimman lähelle käyttökohdetta, näin ollen kanaalikustannukset ja kanaalien lämpöhäviöt ovat pienet.

Hakevarastot varustetaan yleensä hakekuivurilla ja siilopurkaimella. Hakekuivuri parantaa hakkeen laatua ja helpottaa lämmitystyötä. Hake haketetaan varastoon, mistä siilopurkain voi ottaa hakkeen suoraan. Hakevarasto kannattaa sijoittaa lähelle lämmityskeskusta. Varaston tulee olla niin suuri, että puolen vuoden hakkeet mahtuvat varastoon, varaston koko on suoraan verrannollinen haketuskerroihin ja kulutukseen vuositasona. Karkeasti arvioituna 3 000 litraa kuluttava lämmityskohde tarvitsee 40 kuution varastotilan. (Bioenergia) (Metsäkeskus)

Hakelämpökeskuksen käyttöönotto kannattaa tehdä asennuksesta vastaavan laitetoimittajan kanssa. Käynnistäessä etsitään oikeat ilmamäärä- ja syöttösäädöt, hakkeen laadun mukaan. Kattilan huoltoon on varattava riittävästi aikaa. Nuohoustarpeesta ja kattilan likaantumisen kertymisestä kertoo savukaasujen lämpötilan kohoaminen. (Maatilan hakelämmitysopas)

4.3.1 Kokopuuhake

Kokopuuhake on hakettua pyöreää runkopuuta. Hakettava runkopuu on yleensä pienikokoista tervettä runkopuuta, lahovikaista pölkkyä, purkukohteissa ja rakennustyömailla syntyvästä jätteenä sekä tähdepuusta mitä syntyy puunjalostuslaitoksilla. Kokopuuhake on energiasisällöltään ja laa-

dultaan parasta haketta. Kokopuuhakkeen palakoko on tasaisempi ja kosteusprosentti on pienempi kuin metsätähdehakkeella. (Vapo)(Virtuosi)

Kokopuuhake soveltuu keskikokoluokan laitoksiin paremmin kuin hakkuutähdehake. Kokopuuhaketta käytetään pääasiassa 200 – 1000 megawatin lämpölaitoksissa. Kosteutta kokopuuhakkeessa saa olla alle 40 %. Tämän kokoisessa lämpölaitoksessa hakkeen palakoossa saa olla suurempia vaihteluita. (Hakevirta)

4.3.2 Metsähake

Metsähake on yleisnimitys kaikille metsästä suoraan energiakäyttöön tuleville hakkeille. Metsähake on tehty karsituista puunrangoista, karsimattomasta kokopuusta ja latvusmassasta. Metsähakkeen oleellisia ominaisuuksia on tilavuuspaino, palakoko ja kosteus. Tärkein hakkeen ominaisuus on kosteus, mitä kosteampi hake on, sitä enemmän kuiva-aineen energiasta menee hakkeen sisältämän nesteen höyrystämiseen ja näin ollen siitä saadaan vähemmän energiaa. (Maatilan hakelämmitysopas)

Metsätähdehaketta käytetään yleensä yli yhden megawatin laitoksissa. Pienimmät metsätähdehaketta käyttävät lämpölaitokset ovat 800 kW:a. Metsätähdehakkeen kosteusprosentti ja palakoko vaihtelevat suuresti. Kosteusprosentti vaihtelee 25 – 65 %:n välillä. Energiatiheyden nostamiseksi metsätähdehaketta kuivatetaan yleensä kesän yli. (Metsäverkko)

Metsähakkeen varastoinnista kuivaaminen on tärkeä osa prosessia. Kosteus metsähakkeessa aiheuttaa polttoaineen holvaamisen, jäätyksen ja homehtumisen. (Turveruukki)

4.4 Puupelletti

Puupelletti on puupolttoaine ja kokonaan uusiutuvaa energiaa. Puupelletti on kutterin lastuista ja purusta puristettu energijae. Lämpimitaltaan puupelletti on 0,6-1,4 cm ja pituutta on 2-3 cm. Se tuotetaan sekä käytetään luontoystävällisesti. Puupellettiä voidaan käyttää kotitalouksien ja voimalaitosten polttoaineena. Puupelletillä korvataan öljyn, ja muiden fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Sen käyttö on lisääntynyt Suomessa viimeisen kymmenen vuoden aikana, Suomessa se korvaa noin 75 miljoonaa litraa raskasta ja kevyttä polttoöljyä.

Suomessa puupellettejä tehdessä tiedetään käytettävän puun alkuperä, valmistukseen käytetään vain puhdasta, käsittelemätöntä puuta. Puupellettien raaka-aineiden saatavuus on Suomessa hyvä, koska puunjalostusteollisuutta on paljon. Puupelletit valmistetaan kuivasta raaka-aineesta. Raaka-aineen kuivaamisessa voidaan hyödyntää voimalaitosten hukkalämpöä. Puupellettien teossa käytetään hyödyksi muuten hukkaan menevä hukkalämpö, sekä niiden valmistus vähentää puunjalostusteollisuudesta tulevaa jätettä.

Puupellettilämmityksessä pellettejä syötetään lämmityskattilan polttimeen ruuvikuljettimella. Pellettien syöttöä säädellään termostaatilla, eli kun veden lämpötila laskee syöttö ja poltin käynnistyvät. Kattilan pesän muotoilun avulla saadaan aikaan toisiopalalo, jossa palokaasut syttyvät. Toisiopalossa lämpötilat nousevat tavanomaisen puun polttolämpötilan yläpuolelle. Toisiopalolla saadaan aikaan pienemmät päästöt sekä parempi hyötysuhde.

Puupellettilämmitys järjestelmään kuuluu kattila, pellettipoltin, pelletin siirtojärjestelmä ja varastosiiilo. Puupelletit siirretään varastosta polttimelle pneumaattisesti tai siirtoruuvilla. Matka polttoainevaraston ja kattilan välillä tulee olla lyhyt. Pellettisiilot voi rakentaa itse tai ostaa valmiina. Pellettisiilojen on kestävä tulta vähintään 30 minuuttia. Pellettivaraston on oltava kuivassa paikassa, sähkötön ja pölytiivis.

Pellettejä poltetaan jälkipolttokattiloissa. Jälkipolttokattiloissa pellettien palaessa syntyvät savukaasut palavat varsinaisen palotilan jälkeen. Kattila pystyy näin hyödyntämään energian tuotannossa palokaasujen energiaa. Pellettikattiloiden palamishyötysuhde on yli 90 prosenttia, uusilla kondensovilla kattiloilla hyötysuhde voi olla jopa 100 prosenttia. Korkea hyötysuhde saavutetaan kun pelletin kosteusprosentti on alhainen ja tuote on tasalaatuista.

Puupelletti on luontoystävällistä, se ei lisää hiilidioksidipäästöjä jos kuljetusten aiheuttamat päästöt jätetään pois laskuista. Pelletin huonoja puolia on hinta, se on kalliimpaa kuin puun hinta, mutta halvempaa kuin öljy ja sähkö. Puupellettilämmitysjärjestelmä tarvitsee myös enemmän tilaa kuin öljylämmitys. Puupellettilämmityksen ylläpito on helppoa, mutta vaatii hieman tarkkailua ja säännöllisen tuhkan poiston. Yleensä pellettikattila vaatii 10 – 20 minuutin puhdistuksen kerran kuukaudessa tai lämmityskaudella. Niin sanotuissa täysautomaattisissa laitteissa huolto/ puhdistus täytyy tehdä 1-3 kertaa vuodessa. (Bioenergia) (Maatila hakelämmitysopas)

4.5 Nestekaasu

Nestekaasu on helppokäyttöinen ja turvallinen polttoaine. Nestekaasua valmistetaan raakaöljystä. Ympäristöä ajatellen nestekaasu on hyvä ja huono vaihtoehto polttoaineeksi, sillä nestekaasun palaessa syntyy vain vettä sekä hiilidioksidia, mutta se tuotetaan raakaöljystä.

Nestekaasu on propaania, butaania tai niiden kaasumainen seos. Propaanin höyrystymispiste on -40 °C ja butaanin -2 °C. Ilmaan verrattuna butaanin tiheys on noin 2,1-kertainen ja propaanin 1,56-kertainen. Yksi litra nestemäistä nestekaasua vaatii kaasuuntuessaan n. 270 litran tilavuuden normaalissa ilmanpaineessa, eli 1,0132 bar. Nestekaasun palaminen on todellista kemiaa. Nestekaasu tarvitsee oikeanlaisen kaasu-ilmaseoksen palaakseen. Butaani tarvitsee jokaista kaasun tilavuusyksikköä kohden 32-kertaisen määrän ilmaa, propaanilla vastaava luku on 24.

Nestekaasujärjestelmään kuuluu nestekaasuvarasto, pumppukeskus, höyrystin, kaasun käyttölaitteisto ja näitä yhdistävät putkistot ja tarvittavat säätö- ja turvallisuusvarusteet. Käytettävä kaasun määrä määrittää varaston koon ja kaasua käyttölaitteille johtavan järjestelmän rakenteen. Järjestelmän mitoittamiseen ja toiminta- ja rakenneperiaatteiden valintaan vaikuttaa myös prosessin asettamat vaatimukset ja vuotuinen käyttöaika. (Oil)

Nestekaasun varastoidaan kulutuksen mukaan suunnitelluissa säiliöissä. Varastoinnille on olemassa erilaisia turvamääräyksiä. Paineastiaan varastoitu nestekaasu on nestemäistä ja kirkasta. Poltettaessa nestekaasu muuttuu kaasumaiseen muotoon. Kaasu paineistetaan nestemäiseen muotoon. Paineistuksen ansiosta voidaan varastoida suuria määriä energiaa pieneen tilaan, 250 litraa kaasumaisesta kaasua saadaan paineistettua litraksi nestemäistä kaasua. Nestekaasusäiliöt voidaan varustaa kaukovalvonta laitteistolla, joka mittaa koko ajan pinnankorkeutta. Tällaisella toiminnalla varustellut säiliöt tekevät nestekaasun tilaukset ja nestekaasun määrän valvonnan helpommaksi nestekaasun tilaajalle. (Kosangas)

Jos pesula vaihtaisi polttoaineeksi nestekaasun, pesulan pihaan täytyy kaivaa kuoppa, jonka pohjalle levitetään hienosta hiekasta hiekkapeti maapeitteiselle nestekaasusäiliölle. Kuopan peittämisen jälkeen miesluukun kohdalle tehdään hoitokaivo betonirenkaasta. Hoitokaivoon tehdään lukittava kansi.

Nestekaasun käyttö, varastointi ja kuljetus ovat helppoa. Huollontarve nestekaasujärjestelmissä on vähäinen. Säännöllinen huolto järjestelmälle on kuitenkin tehtävä, jotta käyttö on varmaa ja turvallista. Nestekaasun huonoiksi puoliksi voisi lukea viranomaisilta haettavan rakennusluvan sekä henkilökunnan kouluttamisen. (Teboil)

5 ENERGIANTARVE JA ENERGIANTUOTANTOTEKNIIKAT

Tässä kappaleessa vertaillaan tämän hetkistä energiankulutusta ja polttoaineen menekkiä vaihtoehtoisten polttoaineiden energiakulutukseen ja polttoaineen menekkiin. Laskelmien avulla saan selville energiantuotannollisesti parhaan vaihtoehdon pesulan uudeksi polttoaineeksi.

5.1 Raskas polttoöljy

Nykyisen polttoaineen kulutus on 14 000 kg/kk. Pesulan käyttämän raskaanpolttoaineen lämpöarvo on 40,4 MJ/kg, eli 40,4 ws/Kg. Polttoaineen kulutuksen mukaan laskettiin pesulan kuukauden energiantarpeen: *lämpöarvo * kulutus*

$$(40,4 \text{ Ws/kg} * 14\,000 \text{ kg/kk}) / 3600 \text{ s/h} = 157,11 \text{ MWh/kk} \quad (1)$$

Vuoden polttoainekulutus laskettiin kertomalla kuukauden energiantarve vuoden jokaisella kuukaudella, eli 12 kk:

$$157,11 \text{ MWh/kk} * 12 \text{ kk} = 1885,33 \text{ MWh/a} \quad (2)$$

Pesulan kokonaisenergiankulutus, kun kattilan hyötysuhde on 80 %:

$$1885,33 \text{ MWh/a} / 0,8 \eta = 2356,667 \text{ MWh/a} \quad (3)$$

Kokonaisenergiankulutusta tarvitaan jokaisen polttoaineen laskemisessa, sen avulla saadaan selville kuinka paljon kutakin polttoainetta täytyy polttaa, jotta saadaan saman verran energiaa kuin tällä hetkellä raskaalla polttoöljyllä.

Nykyisen polttoaineen tiedot ovat taulukossa 1. (Pasi Halonen, haastattelu)

TAULUKKO 1 Raskaan polttoöljyn tiedot

Polttoaine	Kulutus [kg/kk]	Lämpöarvo [MJ/kg]	Kuukauden energiantarve [MWh/kk]	Vuoden polttoaineen kulutus [MWh/a]	Kattilan hyötysuhde [%]	Kokonaisenergian kulutus vuodessa [MWh/a]
POR 180	14 000	40,4	157	1885,3	80	2356,667

(Teboil, Gustavsson Nina, sähköpostikeskustelu) (Motiva)

5.2 Kevyt polttoöljy

Pesulan kokonaisenergiankulutus kuukaudessa on 2356,667 MWh/a. Kevyt polttoöljyn hyötysuhde on 85 %, joten kevyen polttoöljyn energian tarve on 2772,549 MWh/a, eli 231,0458 MWh/kk.

Kevyen polttoöljyn energiantarve kuukaudessa, laskelma:

$$(2356,667 \text{ MWh/a} / 0,85 \eta) / 12 \text{ kk} = 231,10458 \text{ MWh/kk} \quad (4)$$

Kevyttä polttoöljyä tarvitaan kuukaudessa 19 580,15 kg. Tämä saadaan nykyisen polttoaineen kulutuksen ja vaihtoehtoisen polttoaineen lämpöarvon osamäärästä. Kevyen polttoöljyn lämpöarvo on 11,8 kWh. Kevyen polttoöljyn tarvittavan määrän laskelma:

$$231\,046 \text{ kWh/kg} / 11,8 \text{ kWh} = 19\,580,15 \text{ kg}$$

Kevyen polttoöljyn tiedot näkyvät taulukossa 2, mihin on koottu kaikkien työssä tarkasteltujen vaihtoehtoisten polttoaineiden lasketut kulutustiedot.

5.3 Hake

Metsä- ja kokopuuhakkeen erot ovat pienet. Hinta ja hyötysuhde ovat samat, mutta lämpöarvo on erilainen. Lämpöarvon muuttuessa polttoaineen tarpeenmäärä muuttuu. Metsätähdehakkeen lämpöarvo on kokopuuhaketta pienempi, joten metsätähdehaketta tarvitaan enemmän kuin kokopuuhaketta saman energiamäärän tuottamiseksi.

5.3.1 Metsätähdehake

Metsätähdehakkeen lämpöarvo on 6-9 MJ/kg. Laskuissa käytettiin kuitenkin kWh/kg. Laskuja varten lämpöarvo muutettiin muotoon: kWh/kg. Yksi MJ on 0,28 kWh, ja koska lämpöarvoa ei ole annettu yhtenä lukuna, laskussa käytettiin näiden lukujen keskiarvoa ($6 \text{ MJ/kg} + 9 \text{ MJ/kg} / 2 = 7,5 \text{ MJ/kg}$). Metsätähdehakkeen lämpöarvo: $7,5 \text{ MJ/kg} * 0,28 \text{ kWh} = 2,085 \text{ kWh/kg}$.

Pesulan kokonaisenergiankulutus kuukaudessa on 2356,667 MWh/a ja metsätähdehakkeen hyötysuhde on 90 %, joten metsätähdehakkeen tarve on 2618,519 MWh/a, eli 218,2099 MWh/kk.

Metsätähdehakkeen energiantarve kuukaudessa, laskelma:

$$(2356,667 \text{ MWh/a} / 0,9 \eta) / 12 = 218,2099 \text{ MWh/kk}$$

Metsätähdehaketta tarvitaan kuukaudessa 104 657 kg. Tämä saatiin laskettua samalla kaavalla kuin kevyen polttoöljyn kuukausitarve, metsätähdehakkeen lämpöarvon ollessa 2,085 kWh/kg.

Metsätähdehakkeen tarvittavan määrän laskelma:

$$218\,210 \text{ kWh/kg} / 2,085 \text{ kWh} = 104\,657 \text{ kg}$$

Metsätähdehakkeen tiedot löytyvät taulukosta 2

5.3.2 Kokopuuhake

Kokopuuhakkeen lämpöarvo on 7- 10 MJ/kg. Laskuissa käytettiin kWh/kg, joten lämpöarvo muokattiin oikeaan muotoon samalla tavalla kuin metsätähdehakkeen. Laskuissa käytettiin annettujen lämpöarvojen keskiarvoa eli: $(7 \text{ MJ/kg} + 10 \text{ MJ/kg}) / 2 = 8,5 \text{ MJ/kg}$. Näillä arvoilla kokopuuhakkeen lämpöarvo on 2,38 kWh/kg. Laskelma: $8,5 \text{ MJ/kg} * 0,28 \text{ kWh} = 2,38 \text{ kWh/kg}$.

Pesulan kokonaisenergiankulutus on 2356,667 MWh/a. Kokopuuhakkeen hyötysuhde on sama kuin metsätähdehakkeen, eli 90 %. Hyötysuhteen ollessa sama kuin metsätähdehakkeella kuukausittainen kokopuun energian tarve on 2618,519 MWh/a, eli 218,2099 MWh/kk.

Kokopuuhakkeen lämpöarvo on parempi, joten kokopuuhaketta tarvitaan vähemmän kuin metsätähdehaketta saman energiamäärän tuottamiseen. Kokopuuhaketta tarvitaan kuukaudessa 91 684,82 kg. Kokopuuhakkeen tarvittavan määrän laskelma:

$$218\ 210 \text{ kWh/kg} / 2,38 \text{ kWh} = 91\ 684,82 \text{ kg}$$

Kokopuuhakkeen tiedot näkyvät taulukossa 2.

5.4 Puupelletti

Pelletin hyötysuhde on 90 %. Hyötysuhde on sama kuin hakkeilla, joten polttoaineen energian tarve on 2618,519 MWh/a, eli 218,2099 MWh/kk. Lämpöarvo pelletillä on 4,75 kWh, näin ollen polttoaineen tarve on eri kuin hakkeilla. Pellettiä tarvitaan kuukaudessa 45 938,92 kg.

Pelletin tarvittavan määrän laskelma:

$$218\ 210 \text{ kWh/kg} / 4,75 \text{ kWh} = 45\ 938,92 \text{ kg}$$

Puupelletin tiedot näkyvät taulukossa 2.

5.5 Nestekaasu

Nestekaasun hyötysuhde on 90 %. Hyötysuhde on sama kuin pelletillä ja hakkeilla joten, polttoaineen energiantarve on 2618,519 MWh/a, eli 218,2099 MWh/kk. Lämpöarvo nestekaasulla on 12,83 kWh/kg. Kuukausittainen nestekaasun tarve on 17 007,78 kg.

Nestekaasun tarvittavan määrän laskelma:

$$218\ 210 \text{ kWh/kg} / 12,83 \text{ kWh/} = 17\ 007,78 \text{ kg}$$

Nestekaasun tiedot näkyvät taulukossa 2.

5.6 Polttoaineiden tietojen yhteenveto

Polttoaineiden kuukausi tarpeen tarkastelussa huomattiin, että nestekaasu on polttoaineista paras kulutuksen kannalta. Nestekaasua kuluu vähiten, jotta saadaan pesulan tarvitsema energiantarve 2618,519 MWh/a. Uusiutuvista energiamuodoista puupelletti on paras vaihtoehto. Puupelletillä on sama hyötysuhde kuin hakkeillakin, mutta sen lämpöarvo on niin paljon korkeampi että hakkeisiin verrattuna pellettejä tarvitaan puolet vähemmän. Hakkeiden välillä on suuri ero käyttäkö metsätähdehakea vai kokopuuhakea. Vertailussa huomattiin kuinka tärkeä osa energiantuotantoa on polttoaineen lämpöarvolla.

Vaihtoehtoisia polttoaineita verrattiin nykyiseen raskaaseen polttoöljyyn, huomattiin että nestekaasua ja kevyttä polttoöljyä kuluu saman energiamäärän tuottamiseen nykyistä polttoainetta vähemmän. Uusiutuviin polttoaineisiin verrattuna raskasta polttoöljyä kuluu paljon vähemmän kuin mm. pellettiä.

TAULUKKO 2. Eri polttoainelaatujen ominaisuuksien vertailu (Motiva) (Hiltunen) (Ovaskainen Jarmo,sähköposti keskustelu)(Kosangas, Dan Olin,sähköposti keskustelu)(Teboil, Gustavsson Nina 2014-3,sähköposti keskustelu)

Polttoaine	Polttoaineen hyötysuhde [%]	Kuukauden energiatarve [MWh/kk]	Polttoaineen tarve kuukaudessa [kg/kk]	Lämpöarvo
Raskas polttoöljy	80	157,111	14 000	40,4 MJ/kg
Kevyt polttoöljy	85	231,0458	19 580,15	11,8 kWh/kg
Metsätähdehake	90	218,2099	104 657	2,085 kWh/kg
Kokopuuhake	90	218,2099	91 684,82	2,38 kWh/kg
Puupelletti	90	218,2099	45 938,92	4,75 kWh/kg
Nestekaasu	90	218,2099	17 007,78	12,83 kWh/kg

6 ENERGIATUOTANTOTEKNIKOIDEN KUSTANNUSVERTAILUT

Tässä kappaleessa vertaillaan mahdollisten uusien polttoaineiden hintoja halvimman vaihtoehdon löytämiseksi. Polttoaineiden vertailua varten otettiin selvää vaihtoehtoisten polttoaineiden höyrykat-tila ja polttoaineen käsittely- ja varastointi-investointikustannukset. Polttoaineiden investointikustannusten selvittämiseksi tehtiin kyselyjä eri polttoaineita tarjoaviin yrityksiin. Vertailutaulukko tehtiin haastattelujen perusteella.

6.1 Polttoaineiden kulutukset ja hinnat

Pesulan öljylämmitysjärjestelmä on vuodelta 1980, järjestelmä on hyväkuntoinen ja sen hyötysuhde on noin 80 %. Hyötysuhde on matalampi kuin muiden vaihtoehtoisten polttoaineiden hyötysuhde. Ensimmäisessä taulukossa 3 tarkastellaan pelkästään polttoaineen hintoja. Laskuissa otettiin huomioon energiantarve, polttoaineen hyötysuhde sekä hinta. Nykyisellä hinnalla raskaan polttoöljyn kustannukset ovat $2356,667 \text{ MWh} * 67,7 \text{ €/MWh} * 1,2 = 191\,455,6 \text{ €}$. Kun sama lämmitys tuotettaisiin hakkeella, jonka hyötysuhde on 90 %, polttoaineen hinnaksi tulisi $57\,607,41 \text{ €}$. Taulukossa 3 on esitetty polttoaineiden kulutukset (MWh/a), ominaisenergiat (€/MW) sekä hyötysuhteet.

TAULUKKO 3 Eri polttoaineiden hintavertailu

polttoaine	Raskas polttoöljy	Kevyt polttoöljy	Metsätähdehake	Kokopuu-hake	Puupelletti	Nestekaasu
Hinta €/MWh	67,7	77	20	20	40	58,14
Hyötysuhde [%]	80	85	90	90	90	90
Polttoaineen energiantarve MWh/a	2356,667	2772,549	2618,518	2618,518	2618,518	2618,518
€/a	191 455,6	245 509,2	57 607,41	57 464,7	115 214,8	167 464,7

Edellisessä kappaleessa, energiantarve ja energiatuotantotekniikat, saatiin selville että nestekaasu on paras vaihtoehto kulutuksen kannalta uudeksi polttoaineeksi. Polttoaine hintojen perusteella hake on huomattavasti halvempi vaihtoehto. Hakkeen polttoainekustannukset vuodessa ovat paljon pienemmät kuin nykyisellä raskaalla polttoöljyllä. Jos polttoaine valinta tehtäisiin pelkän polttoainehinnan perusteella, pesula säästäisi $133\,848 \text{ €}$ /vuodessa. Jos polttoaine vaihdettaisiin toimintavarmempaan ja kulutukselta pienempään vaihtoehtoon, nestekaasuun, pesula säästäisi vuodessa $23\,990,87 \text{ €/vuodessa}$. Taulukossa 4 nähdään polttoaineiden polttoaineen vaihdosta syntyvä kustannus ero.

TAULUKKO 4 Eri polttoaineiden kustannusvertailu

Polttoaine	Vuosikulutus [MWh]	Hyötysuhde	Hinta [€/MWh]	€/a	Säästöt €
Raskas polttoöljy	2356,6667	1,2	67,7	191 455,6	
Kevyt polttoöljy	2772,54902	1,15	77	245 509,2	- 54 053,6157
Hakkeet	2618,51852	1,1	20	57 607,41	133 848,1926
Pelletti	2618,51852	1,1	40	115 214,8	76 240,78519
Nestekaasu	2618,51852	1,1	58,14	167 464,7	23 990,86667

Hintavertailutaulukkoa tarkastelussa huomataan, että vaihto kevyeen polttoöljyyn tulee kalliimmaksi kuin nykyinen polttoaine, joten kevyen polttoöljyn voi jättää pois vaihtoehdoista. Eniten polttoainekuluissa säästää jos raskas polttoöljy vaihdetaan hakkeeseen.

6.2 Energiantuotantotekniikoiden vaihtokustannukset ja takaisinmaksuaika

Polttoaineen vaihdoksessa on otettava huomioon nykyiselle lämmitysjärjestelmälle tehtävät muutokset. Pelletti, nestekaasu ja hakkeet tarvitsevat erilliset säilytysvarastot ja lämpökanaalit. Varaston koko, ja näin ollen myös varaston hinta, riippuu siitä, kuinka monen kuukauden polttoaineet varastoidaan kerralla. Höyrykattilalle ei tarvitse tehdä suuria muutoksia, vain kattilan poltin on vaihdettava uudelle polttoaineelle sopivaksi. Polttoaineiden vaihtokustannuksissa ei ole otettu huomioon sähkö- ja kaivauskuluja.

Takaisinmaksuaika lasketaan polttoaineen vaihdon tuomilla polttoaineenkustannussäästöillä. Hakkeet, pelletti sekä nestekaasu tuovat polttoainekustannuksissa säästöjä. Takaisinmaksuaika lasketaan kyseisten polttoaineiden hintojen avulla. Lasketaan, kuinka monta vuotta kuluu siihen, että uusi polttoaine ja sen tuomat investointikustannukset on katettu.

6.2.1 Polttoaineen vaihtokustannukset

Kevytpolttoöljyn vaihdoksessa ei tarvitse tehdä paljon muutoksia, mutta edellisessä kappaleessa todettiin että kevyt polttoöljy tulisi nykyistä polttoainetta kalliimmaksi, joten kevyt polttoöljy voidaan jättää pois vertailusta. Hakkeelle, pelletille ja nestekaasulle olisi investoitava polttoaineelle tarkoitettu varasto. Hakkeen ja pelletin polttoainevaraston voi tehdä itse tai ostaa.

Pesulan vaihtaessa polttoaine raskaasta polttoöljystä hakkeeseen, vaihtokustannus on noin 500 000 €. Hintaan sisältyy polttin, varasto sekä asennus. Pellettiin vaihtaessa polttimen ja varaston kustannukset ovat noin 200 000 €. Lisäksi pellettiin vaihtaessa täytyisi maksaa lämpökanaalikustannuksia 200 €/metri. Lämpökanaalin pituus on noin 10 metriä, eli kanaalin hinnaksi tulisi 2 000 €. Näin ollen pelletin vaihtokustannus olisi $240\,000\text{ €} + 2\,000\text{ €} = 242\,000\text{ €}$.

Nestekaasua varten höyrykattilan poltin on vaihdettava nestekaasulle sopivaksi. Polttimon hinta on 10 000 €. Nestekaasua varten on myös ostettava tai vuokrattava säiliö sekä höyrystin. Säiliötä varten maahan on kaivettava kuoppa, minne säiliö lasketaan. Kuopan kaivamisen ja sähkötoiden teko tilataan ja maksetaan erikseen. Säiliöstä on vedettävä kaasuputket polttimoon, putkiston hinta on noin 300 €/metri, eli putkiston hinnaksi tulisi 3 000 €. Putkistoa tulisi vetää noin 10 metriä. Säiliön ostohinta on noin 30 000€ ja höyrystimen hinta on 12 000 €, eli investointikustannukset olisivat $10\,000\text{ €} + 3\,000\text{ €} + 30\,000\text{ €} + 12\,000\text{ €} = 55\,000\text{ €}$. Säiliön ja höyrystimen yhteinen vuokrahinta on 2 000 € vuodessa. Vuokrattaessa 20 vuoden varastointikustannukset olisivat 40 000 €. Vuokrattaessa investointikustannukset olisivat $10\,000\text{ €} + 3\,000\text{ €} + 2\,000\text{ €} = 15\,000\text{ €}$.

Seuraavassa taulukossa 5 on yllämainittujen hintatietojen yhteenveto.

TAULUKKO 5. Investointikustannusten vertailu

Polttoaine	Investointikustannukset
Hake	500 000 €
Pelletti	242 000 €
Nestekaasu (osto)	55 000 €
Nestekaasu (vuokra)	15 000 €

Taulukkoa tarkkaillessa huomataan, että investointikustannuksiltaan halvin vaihtoehto on nestekaasu. Mikäli nestekaasusäiliö sekä höyrystin toimivat 20 vuotta, on kustannusinvestoinnin kannalta sama ostaako pesula nestekaasusäiliön sekä höyrystimen, vai vuokrataanko ne. Kustannusinvestoinnit on laskettu korottomina.

Uusiutuvia polttoaineita tarkastellessa nähdään, että investointikustannusten perusteella pellettipolttin tulisi 240 000 € halvemmaksi hakkeeseen verrattuna.

6.2.2 Takaisinmaksuaika

Polttoaineiden hintoja verrataan nykyisen raskaan polttoöljyn hintaan vuositasolla. Nykyinen polttoaine maksaa 191 455,60 €/vuodessa. Taulukossa 5 näkyy polttoainehintojen erotukset. Näiden erotusten ja investointikustannusten avulla lasketaan takaisinmaksuaika. Taulukkoon 6 on kerätty kustannusinvestoinnin takaisinmaksuaika.

TAULUKKO 6 Investoinnin takaisinmaksuaika

Polttoaine	Polttoainesäästöt	Investointikustannukset	Takaisinmaksuaika (vuosi)
Metsätähdehake	133 848,1926	500 000	3,74
Kokopuuhake	133 848,1926	500 000	3,74
Pelletti	76 240,78519	242 000	3,17
Nestekaasu (osto)	23 990,86667	55 000	2,29
Nestekaasu (vuokra)	23 990,86667	15 000	0,63

Taulukosta 6 huomataan, että hakkeilla takaisinmaksuaika on pisin. Ensimmäisenä itsensä takaisin maksaa nestekaasu, kun säiliö sekä höyrystin vuokrataan. Seuraavaksi lyhin takaisinmaksuaika on pelletillä sekä nestekaasulla, kun säiliö sekä höyrystin ostetaan. Laskelmat tehtiin vuoden 2014 polttoainehinnoilla, polttoaineiden hinnat kerättiin yrityksiltä. Hinnat kerättiin yhtiöiltä sähköpostilla (Teboil, Gustavsson Nina; Biofire, Juha Valkama; Kosangas, Dan Olin; Energialämmitys Acutero Oy/Uniart Finland Oy, Jouni Jurmu; Foretec Oy, Tapani Pykäri; ProPellet Oy, Kimmo Martikainen)

7 YHTEENVETO

Tässä kappaleessa on yhteenveto työn laskelmista ja niiden tuloksista.

Taulukossa 7 Yhteenveto

Polttoaine	Raskas polttoöljy	Kevyt polttoöljy	Metsätähdehake	Kokopuuhake	Pelletti	Nestekaasu
Kuukauden energiatarve	157,111	231,0458	218,2099	218,2099	218,2099	218,2099
Polttoaineen tarve kuukaudessa [kg/kk]	14 000	19 580,15	104 657	91 684,82	45 938,92	17 007,78
Hyötysuhde	80	85	90	90	90	90
Polttoaineen energiantarve vuodessa [MWh/a]	2356,667	2772,549	2618,518	2618,518	2618,518	2618,518
Hinta [€/MWh]	67,7	77	20	20	40	58,14
Hinta €/a	191 455,60	245 509,20	57 607,41	57 607,41	115 214,80	167 464,70
Investointikustannukset	0		500 000	500 000	260 000	55 000
Takaisinmaksuaika [vuosi]			3,74	3,74	3,17	2,29 (osto) 0,63 (vuokra)

Taulukosta 7 nähdään, että nestekaasu on muihin polttoaineisiin verrattuna halvin vaihtoehto. Nestekaasulla energiantarve on suurempi kuin raskaalla polttoöljyllä, mutta hyötysuhde on parempi sekä hinta on halvempi. Myös takaisinmaksuaika on nestekaasulla lyhyempi kuin muun muassa hakkeella, riippumatta siitä ostaako säiliön ja höyrystimen vai vuokrataanko ne.

Mikäli pesula haluaa uudeksi polttoaineeksi ympäristöystävällisemmän ja uusiutuvan polttoaineen kannattaa heidän valita pelletti. Pelletti maksaa itsensä takaisin aikaisemmin kuin hake. Hake on polttoaineena halvempaa kuin pelletti, mutta hakepoltin maksaa niin paljon enemmän kuin pelletti, että pelletti on haketta halvempi vaihtoehto pesulalle.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä kappaleessa käydään läpi johtopäätökset sekä itsearviointi. Taulukosta 7 nähdään, mikä polttoaine on halvin ja paras uudeksi polttoaineeksi. PesuLeenat Oy:ssä siirrytään luultavasti nestekaasuun. Nestekaasu on halpa ja helppokäyttöinen polttoaine. Nestekaasuun vaihtaessa täytyy tehdä pieniä investointeja. Nestekaasu on sen verran raskasta polttoöljyä halvempaa, että investoinnin takaisinmaksuaika on kaksi vuotta.

Tässä opinnäytetyössä laskettiin Varkautelaiselle pesulalle, PesuLeenat Oy, polttoaineen vaihdosta syntyvät kustannukset sekä vaihdon takaisinmaksuaika. Investointikustannusten saaminen yrityksiltä oli haastavaa. Tämä johtui siitä, että harvat pelletti- ja hakepolttimien tekijät tekevät niin suuria polttimia joilla saataisiin vaadittava määrä energiaa ja höyryä aikaiseksi. Läheskään kaikki yritykset eivät edes suostuneet vastaamaan kyselyihin. Saatujen hintatietojen vähyyden vuoksi on vaikea laskea täysin todenmukainen arvio investointikustannuksista. Investointikustannus laskelma on kuitenkin sen verran todenmukainen, jotta pesula voi tehdä päätöksensä siitä mihinkä polttoaineeseen vaihtavat raskaan polttoöljyn.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Julkaistut lähteet

Hiltunen Toni, opinnäytetyö 2013-12. Viitattu 20.2.2014

Internetlähteet

Hakkeen varastointi, Bioenergianeuvoja. Viitattu 4.2.2014

Saatavissa: <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/polttoaineen-varastointi/>

Hakevirta, kokopuu. Viitattu 4.2.2014

Saatavissa <http://www.hakevirta.fi/kokopuu>

Dieselöljyt ja kevyet polttoöljyt. Viitattu 5.2.2014

Saatavissa: <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/oljytuotteet/dieseloljyt.htm>

Öljystä kaasuun, Kosangas. Nestekaasu- täynnä energiaa. Viitattu 5.2.2014

Saatavissa: <http://www.oljykaasuun.fi/miten/#&panel1-2>

Metsäkeskus, Maatilan hakelämmitys. Viitattu 4.2.2014

Saatavilla: http://www.bioenergiatieto.fi/default/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=4546&name=file

Metsäverkko, Energiapuun käyttökohteet. Viitattu 4.2.2014

Saatavissa: <http://metsaverkko.wikifoundry.com/page/Energiapuun+k%C3%A4ytt%C3%B6kohteet>

Motiva, Biopolttoaineiden lämpöarvoja. Viitattu 20.2.2014

Saatavilla:

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/biopolttoaineiden_lampoarvoja

Motiva, Energiatehokkuussopimukset. Viitattu 20.2.2014

Saatavissa:

http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaisp_aastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf

Öljyalan keskusliitto, Lämmitysöljy- kevyt polttoöljy. Viitattu 1.2.2014

Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/lammitys/lammitysoljy-kevyt-polttooljy>

Bioenergia, pellettienergia. Viitattu 6.2.2014

Saatavissa: <http://www.pellettienergia.fi/Pelletin%20tuotanto>

Teboil, Tietoa nestekaasusta. Viitattu 5.2.2014

Saatavilla: <http://www.teboil.fi/tuotteet/nestekaasu/tietoa-nestekaasusta/>

Tilastokeskus, 2013-9. Liitetaulukko 2. Energian hintoja lämmöntuotannossa syyskuussa 2013. Viitattu 20.2.2014

Saatavissa: http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2013/03/ehi_2013_03_2013-12-18_tau_002_fi.html

Tilastokeskus, 2013- 9. Liitetaulukko 3. Lämmitysenergian kuluttajahintoja syyskuussa 2013. Viitattu 20.2.2014

Saatavissa: http://tilastokeskus.fi/til/ehi/2013/03/ehi_2013_03_2013-12-18_tau_003_fi.html

Turveruukki, Energiapuu. Viitattu 6.2.2014

Saatavissa: <http://www.turveruukki.fi/energiantuotanto/energiapuu>

Vapo, biopolttoaineita. Viitattu 6.2.2014

Saatavissa: <http://www.vapo.fi/media/sanasto>

Energiapuun käyttökohteet. Viitattu 6.2.2014

Saatavissa:

http://virtuoosi.pkky.fi/metsaverkko/Energiapuu/Energiapuun_korjuu/kayttokohteet.htm)

Ympäristö, öljyلاادut. Viitattu 1.2.2014

Saatavissa:

http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi_ja_meri/Oljy_ja_kemikaalivahinkojen_torjunta/Onnettomusseuranta/Oljyلاادut

Haastattelut

Biofire, Juha Valkama 2014-5, kustannusinvestointi ja polttoaineen hinnat, sähköposti keskustelu. Viitattu 15.4.2014

Energialämmitys Acutero Oy/Uniart Finland Oy, Jouni Jurmu 2014-3, kustannusinvestointi ja polttoaineen hinnat, sähköposti keskustelu. Viitattu 15.4.2014

Foretec Oy, Tapani Pykäri 2014-3, kustannusinvestointi ja polttoaineen hinnat, sähköposti keskustelu. Viitattu 15.4.2014

Kosangas, Dan Olin 2014-3, kustannusinvestointi ja polttoaineen hinnat, sähköposti keskustelu. Viitattu 15.4.2014

ProPellet Oy, Kimmo Martikainen 2014-4, kustannusinvestointi ja polttoaineen hinnat, sähköposti keskustelu. Viitattu 15.4.2014

Teboil, Gustavsson Nina 2014-3, kustannusinvestointi ja polttoaineen hinnat, sähköposti keskustelu. Viitattu 15.4.2014