

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

Tuomo Justander

SÄHKÖNTUOTANTO ENON ENERGIAOSUUSKUNNAN LÄMPÖ-
LAITOKSISSA

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2013



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2013
Metsätalouden koulutusohjelma

Sirkkalantie 12 A
80100 JOENSUU
P. (013) 260 6900

Tekijä
Tuomo Justander

Nimeke
Sähköntuotanto Enon energiaosuuskunnan lämpölaitoksissa

Toimeksiantaja
Enon Energiaosuuskunta

Tiivistelmä

Kasvava sähköenergian ja siirtomaksujen hintojen nousu on lisännyt maassamme toimivien energiaosuuskuntien kiinnostusta sähköenergian tuotantoon omilla lämpölaitoksissa. Lisäksi EU:n asettamat energiantuotannon tavoitteet edellyttävät uuden energiatehokkuutta lisäävän teknologian käyttöönottoa.

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, löytyykö Enon energiaosuuskunnalle tulevaisuudessa toteutetun hakekattilahankinnan yhteydessä ratkaisua myös sähköenergian tuotantoon. Tarkoituksena oli löytää osuuskunnan tarpeisiin teknisesti ja taloudellisesti sopiva laiteratkaisu. Lisäksi työssä selvitettiin yleisesti tällä hetkellä lämpölaitoksissa toteutettavat sähköntuotannon menetelmät sekä sähköverkkoon liittymisen oikeudet ja velvoitteet.

Selvitykseen pyydettiin neljältä suurimmalta sähkön ja lämmöntuotantolaitteistojen valmistajalta tarjoukset n. 1 MW:n lämmöntuotantoyksiköstä, jolla voidaan tuottaa myös sähköenergiaa. Tarjousten perusteella vertailtiin eri laiteratkaisuja, joista valittiin Enon energiaosuuskunnan tulevaan tarpeeseen tällä hetkellä sopivin ratkaisu

Suomessa on tällä hetkellä tarjolla jo joitain kaupalliseen tuotantoon rakennettuja CHP-laitteistoja. Yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannon laiteistoratkaisut ovat kuitenkin vielä teknisessä kehitysvaiheessa, ja siksi laitteistojen hankintaa suunnittelevien kannattaakin perehtyä laiteratkaisuihin huolellisesti.

Kieli
suomi

Sivuja 50
Liitteet 1

Asiasanat
CHP-laitos, energiaosuuskunta, puun kaasutus



THESIS
April 2013
Degree Programme in Forestry
Sirkkalantie 12 A
FI 80100 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6900

Author
Tuomo Justander

Title
Electricity generation in Eno Energy Cooperative heating plants

Commissioned by
Eno Energy Cooperative

Abstract

The increasing costs of electric energy and its transmission have raised the interest of Finnish energy cooperatives towards electric energy production in their own heating plants. In addition, the EU's energy production targets require increasing introductions of new energy technology.

This thesis aimed to find an electric energy generation solution for Eno Energy Cooperative with the future acquisition of a wood chip boiler. The aim was to find an equipment solution that is both technically and financially suitable for the cooperative. In addition, the thesis reviewed the current electricity generation methods in the heating plants, as well as the rights and responsibilities of connecting to an electrical grid.

For the report, the four largest providers of combined heat and power generation units were asked for a price offer for an approximately 1 MW heat production unit that is also capable of generating electric energy. Different equipment solutions were compared based on the offers and the solution most suitable for the Eno Energy Cooperative's future needs was selected.

There are already some combined heat and power units built for commercial production available in Finland. However, the equipment solutions for combined heat and power are still being technically developed; therefore anyone planning a purchase should properly familiarize themselves with the equipment.

Language
Finnish

Pages 50
Appendices 1

Keywords

CHP plant, energy cooperative, wood gasification

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	5
2	Sähköntuotantoprosessin edellytyksenä laadukas metsähake	7
3	Metsähakkeen mahdollisuudet ja haasteet.....	8
3.1	Mahdollisuudet	9
3.2	Haasteet	10
4	Lämpölaitoksen sähköntuotantomenetelmät	11
4.1	Suoraan polttoon perustuvat menetelmät	12
4.1.1	Höyryturbiini ja – moottori	12
4.1.2	Stirling-moottori.....	13
4.1.3	ORC-prosessi	15
4.2	Biomassan kaasutukseen perustuva sähköntuotanto	17
4.2.1	Kaasumoottorit	18
4.2.2	Mikroturbiini	19
4.2.3	Kuumailmaturbiini	20
4.2.4	Polttokennot	21
5	Pienimuotoinen sähköntuotanto	23
5.1	Luvat ja ilmoitukset.....	24
5.1.1	Energiamarkkinavirastolle tehtävät ilmoitukset.....	24
5.1.2	Fingridille tehtävät ilmoitukset	24
5.2	Verotus ja tuet	25
5.2.1	Sähköverovelvollisuus	25
5.2.2	Sähkötariffi.....	26
5.2.3	Investointituet.....	27
5.3	Sähköverkkoon liittymisen tekniset näkökohdat.....	28
5.4	Sähköverkkoon liittymisen kaupalliset toimenpiteet.....	30
5.4.1	Liittymismaksut	31
5.4.2	Siirtomaksut	31
5.4.3	Sähkönmyynti	32
6	Case-Enon Energiaosuuskunta	33
7	Tutkimusasetelman kuvaus	34
7.1	Taustaa.....	34
7.2	Tutkimuksen tarkoitus	35
7.3	Aineisto ja tutkimuksen toteutus	36
7.3.1	Volter Oy.....	36
7.3.2	Gasek Oy	37
7.3.3	Turossa Oy	38
7.3.4	Ekogen Oy.....	40
8	Tulokset	41
9	Päätelmä	44
10	Loppusanat	46
	Lähteet.....	47

1 Johdanto

Yksi meidän aikamme suurimpia haasteita on maailmanlaajuinen ilmaston lämpeneminen sekä yleinen energiavarojen väheneminen. Ilmaston lämpenemisen kannalta merkittävimpiä tekijöitä ovat ehtyvien fossiilisten polttoaineiden käyttö ja niistä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt. Tietoisuus kulutuksen kasvusta ja fossiilistenpolttoaineiden käytön aiheuttamasta ympäristömuutoksesta on aiheuttanut sen, että Euroopan unioni on asettanut kaikille jäsenvaltioilleen tavoitteet kasvihuonepäästöjen vähentämisestä. Komission asettamien säädösten mukaan jokaisen jäsenvaltion tulee vähentää päästöjä vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä 20 prosenttia, parantaa energiatehokkuutta 20 prosenttia sekä lisätä uusiutuvien energialähteiden osuus 20 prosenttiin. Suomen tavoitteeksi EU on asettanut 38 % kokonaisenergian kulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013.)

EU:n Suomelle asettaminen kiintiöiden täyttymisen edellytyksenä on, että meillä otetaan käyttöön monipuolisia energiatehokkuutta lisääviä ja parantavia teknologisia ratkaisuja. Sellaisia ovat esimerkiksi biopolttoaineita hyväkseen käyttävät yhdistetyn lämmön ja sähköntuotantolaitokset. Tällaisia voimalaitoksia kutsutaan CHP-laitoksiksi. (Combined Heat and Power). Laitokset on tarkoitettu ensisijaisesti lämmöntuotantoon, mutta niiden tuottamaa lämpöenergiaa voidaan lisäksi muuntaa myös sähköenergiaksi.

Puhuttaessa pienen kokoluokan CHP-voimalasta tarkoitetaan yleensä pienvoimalaa, jossa sähköntuotanto on 0,1 – 2 MW, lämpötehon ollessa tällöin 1 – 5 MWh. Toisinaan pien CHP-laitoksen suurimmaksi nimellistehoksi katsotaan 10 MW. Sähkötehon osuus lämmöntuotannosta vaihtelee näissä voimalaitoksissa 30 prosentin molemmin puolin, käytetyn tekniikan mukaan. Tuotannossa voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä, kun lämpö ja sähkö tuotetaan samassa paikassa. Tällaiset hajautetusti toimivat voimalayksiköt, jotka käyttävät polttoaineenaan biopolttoainetta, kuten metsähaketta, ovat omalta

osaltaan lisäämässä maamme energiaomavaraisuutta ja tuovat mukanaan työllisyyttä, pitäen myös haja-asutusalueet elinvoimaisena. (Motiva 2013 b.)

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin pienen kokoluokan sähkön ja lämmön tuotantomenetelmiä ja sähköverkkoon liittymiseen kuuluvia toimenpiteitä ja velvoitteita. Lisäksi selvitettiin lämpölaitoksissa käytettävän polttoaineen laatua ja saatavuutta. Tarkoituksena oli selvittää löytyykö teknisesti ja taloudellisesti kannattavaa sähköntuotantoratkaisua Enossa toimivan energiaosuuskunnan lämpölaitoksen tarpeisiin. Työssä selvitettiin kahden erilaisen ratkaisumallin toteuttamista osuuskunnan lämpölaitoksen yhteyteen. Työssä tutkittiin onko mahdollista integroida tuleva laitteisto nykyiseen kattilajärjestelmään, vai joudutaanko harkitsemaan kokonaan uuden laitteiston asentamista. Laitteisto kokonaisuuksista pyydettiin valmistajilta tarjoukset, joiden pohjalta valinta suoritettiin. Työssä keskityttiin pelkästään sähköntuotantomenetelmien selvittämiseen lämpölaitoksissa. Varsinaisten sähkögeneraattoreiden toimintaa työssä ei selvitelty.

2 Sähköntuotantoprosessin edellytyksenä laadukas metsähake

Energiapuu on energiantuotantoon tarkoitettua puuta tai puutavaraa, joka ei ole kelvannut metsäteollisuuden ainespuu käyttöön. Tällaista on karsimaton kokopuu, karsitut rangat, metsänraivauksen yhteydessä tullut raivauspuu, sekä päätehakkuualoilta tullut latvus- ja oksamassa. Hakkuiden jälkeen nostetut kannot kuuluvat myös samaan luokkaan. Metsähake yleisnimitystä käytetään metsästä energiakäyttöön tulevasta hakkeesta, riippumatta siitä, missä, tai miten se on haketettu. Metsähaketta käytetään kiinteistöjen nykyaikaisissa puulämmityslaitteissa, aluelämpölaitoksissa ja kaupunkien sekä teollisuuslaitosten lämpövoimaloissa. (Motiva 2012 a.)

Hakkeen tärkeimmät ominaisuudet energiakäytössä ovat kosteus, palakoko sekä tilavuuspaino. Hakkeen laatuun vaikuttaa myös mukana oleva hienoaines, sekä viherainepitoisuus. Hakkeen lämpöarvoon ja polttoaineen energiahyötyyn vaikuttaa eniten kosteusprosentti. Mitä kosteampaa hake on, sitä enemmän kuiva-aineen energiasta kuluu veden höyrystämiseen vähentäen siitä saatua energiaa. Hakkeen yleisin kosteusprosentti on 20 – 50 %. (Motiva 2012 a.)

Metsähakkeen käyttö yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannon raaka-aineena edesauttaa kestävästä kehitystä ja luonnonvarojen monipuolista hyödyntämistä vähentäen samalla riippuvuutta fossiilisista polttoaineista. Puuhake toimii lämmön, sähkön, biopolttoaineiden ja uusien kemianteollisuuden tuotteiden raaka-aineena. Hakkeen mahdollisimman tehokas käyttö edellyttää osaamista, uusien menetelmien ja ajattelumallien kehittämistä, jossa kansainvälisellä yhteistyöllä on huomattava merkitys.

Metsähakkeen käyttöä pyritään Suomessa lisäämään nykyisestä noin 6 – 7 miljoonasta kuutiometristä jopa 13 miljoonaan kuutiometriin vuoteen 2020 mennessä. Suomen metsäteollisuus on vahvasti panostanut bioenergiaan jonka takia bioenergian ja tulevaisuu-

dessa myös biopohjaisten liikennepolttoaineiden tuotanto tarjoaa metsäteollisuudelle monia uusia mahdollisuuksia. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012.)

3 Metsähakkeen mahdollisuudet ja haasteet

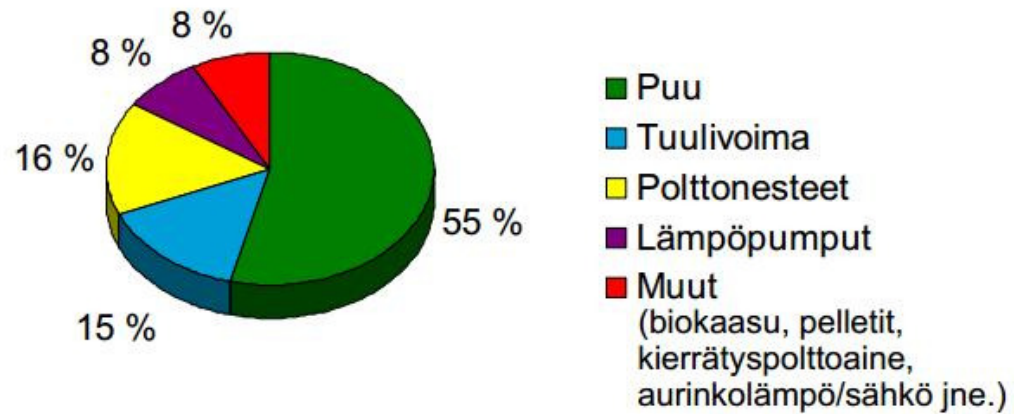
Suomen hallitus on sitoutunut uusiutuvien energialähteiden edistämiseen, joka perustuu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviin 2009/28/EY. Sen perusteella Suomen energian loppukäytöstä 38 % tulee olla lähtöisin uusiutuvista energialähteistä. Hallituksella on myös pitemmän aikavälin suunnitelma, jossa uusiutuvien energialähteiden osuus tulisi olemaan vuoteen 2050 mennessä jopa 60 %. (Pekkarinen 2010, 3.)

Vuonna 2020 energian loppukulutukseksi on arvioitu 327 TWh, josta uusiutuvien energialähteiden osuus tulisi olemaan taulukon 1. mukaan 124 TWh (38 %). Vertailuvuodesta 2005 kasvua tulee 38 TWh. (Pekkarinen 2010, 3.)

Taulukko 1. Uusiutuvat energialähteet (Pekkarinen 2010, 5.)

UUSIUTUVAT ENERGIALÄHTEET, TWh			
	2005	2020	Muutos, TWh / %-yksikköä 2005=>2020
Primäärienergiana			
Teollisuuden tuotannosta riippuvat polttoaineet (1)			
Jäteliemet	37	38	1,1
Teollisuuden tähdepuu	20	19	-1,8
Yhteensä	57	56	-0,7
Politiikkatoimien kohteena olevat (1)			
Vesivoima (normalisoitu)	13,6	14	0,6
Vesivoima, toteutunut	13,4		
Tuulivoima	0	6	5,8
Metsähake	6	25	18,9
Puun pienkäyttö	13	12	-0,5
Lämpöpumput	2	8	6,1
Liikenteen biopolttoaine	0	7	6,5
Biokaasu	0	1	0,7
Pelletit	0	2	1,6
Kierrätyspolttoaineet, RES-osuus	2	2	0,7
Muu uusiutuva, mm. aurinkolämpö, -sähkö jne.	0,4	0,4	0,0
Yhteensä	37	77	40,0
Uusiutuva energia primäärienergiana, yhteensä (2)			
Uusiutuva energia loppukulutuksessa (2)	87	124	37,5
Energian loppukulutus	303	327	23,6
Uusiutuvien osuus loppukulutuksesta, vesivoima normalisoitu			
Uusiutuvien osuus loppukulutuksesta, toteutunut / arvio	28,5 %	38 %	9,5 %
(1 primäärienergiana			
(2 vesivoima 2005-2009 normalisoitu			
(3 päivitetty laskelma 30.3.2010: paperin ja kartongin tuotanto 13,7 MWh, sähkön kulutus 98 TWh, uusiutuvat IE-strategian mukaan, metsähakkeella 38 % tavoite kiinni			

Uusiutuvan energian lisäys monista lähteistä



Kuva 2. Uusiutuvan energian lähteet. (Pekkarinen 2010, 6.)

3.1 Mahdollisuudet

Suurin osa tavoitellusta energianlähteiden lisäyksestä tulee metsähakkeesta. Vuodelle 2020 valtio on asettanut metsähakkeen käytön tavoitteeksi 25 TWh eli noin 13,5 miljoonaa m³. Tämä tarkoittaa sitä, että metsähakkeen käyttö kaksinkertaistuu nykyisestä tasosta. Metsäteho on laskenut, että tämä lisäys tarkoittaa lisäinvestointeja korjuu- ja kuljetuskaluston osalta 530 – 630 miljoonaa euroa. Työvoimaan lisäys toisi jopa 3 400 – 4 000 koneen- ja autonkuljettajan tarpeen. Tämä vastaa 4 000 – 5 000 henkilötyövuotta, sisältäen välillisen työvoimatarpeen. Metsähakkeen käytön lisäämisellä on siis erittäin merkittävä vaikutus työllisyyteen. (Kärhä, Elo, Lahtinen, & Räsänen. 2009, 52.)

Teknologian kehittyessä voidaan metsähaketta jalostamalla korvata fossiilisia polttoaineita (öljy, kivihiili) niin energian tuotannossa kuin liikennekäytössäkin. Kivihiiltä korvataan jo nyt pelleteillä, mutta tulevaisuudessa sen lisäksi tullaan käyttämään myös torrefioitua, hitaasti matalassa lämpötilassa (n. 300°) hiillettyä biomassaa. (Havimo 2012, 3). Liikennepolttoaineiden korvaaminen on mahdollista 3. sukupolven biojalostamoissa tuotetulla biodieselillä sekä jalostamalla saaduilla bioöljytuotteilla. Biojalostamoja on

tällä hetkellä suunnitteilla useita ja toteutuessaan hankkeet merkitsisivät huomattavia alueellisia vaikutuksia metsäenergian hankinnassa ja työpaikkojen luomisessa.

3.2 Haasteet

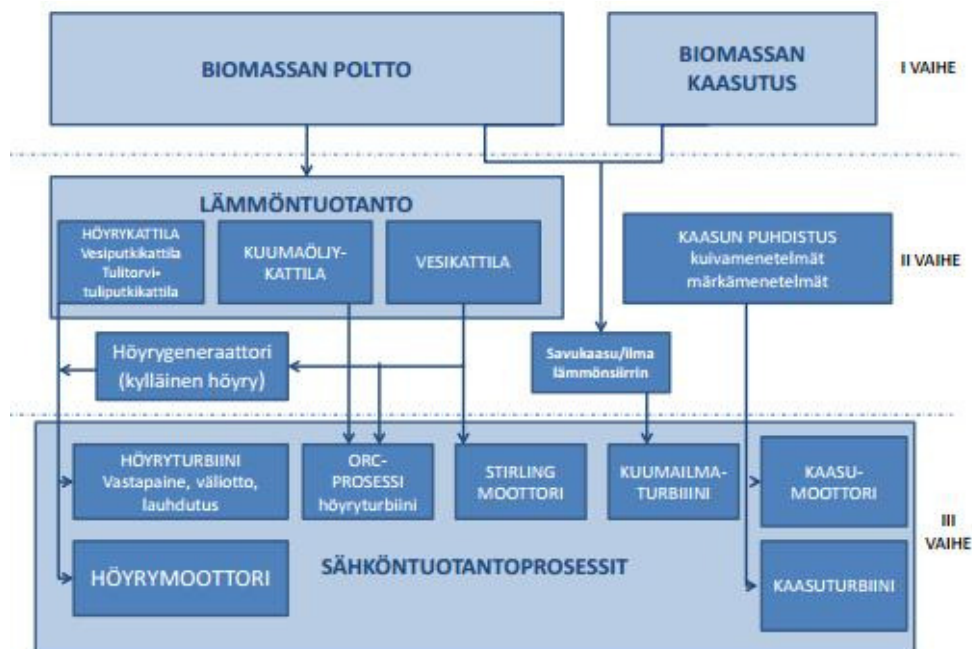
Suurimmat haasteet tavoitteiden täyttymiselle kohdistuvat metsäenergian liikkeelle saamiseen ja käytännön korjuuseen. Metsäteho on raportissaan listannut tekijöitä, joilla voidaan turvata metsäenergian markkinoille tuloa:

- Yksityismetsänomistajien energiapuun tarjontahalukkuus on varmistettava. Metsänomistajakunnan ja metsätoimihenkilöiden koulutus, neuvonta sekä viestintä ovat avainasemassa.
- Ammattitaitoisen työvoiman saatavuus on turvattava; oppilaitosten on koulutettava 300 – 400 ammattilaista vuosittain metsähakkeen tuotantoon. On turvauttava myös työntekijöiden rekrytointiin ulkomailta.
- Metsähakkeen tuotannon on oltava kiinnostava työlaji kone- ja autoyrittäjille.
- Sovellettavien ohjausmekanismien tulee olla pitkäjänteisiä ja riittävän kannustavia.
- Toimialan T&K-toimintaan on panostettava; on käynnistettävä toimialan T&K-toimintaa yhteen vetävä ja koordinoiva laaja T&K-ohjelma (vrt. Tekesin Bioenergia- ja Puuenergia-ohjelmat). Erityisesti korjuuta ja kaukokuljetusta on tehostettava, metsähakkeen laadunhallintaa on parannettava ja toiminnan ohjausjärjestelmiä on kehitettävä.
- Kemera-tuki tai muu tukimuoto nuorista metsistä korjatulle energiapuulle on turvattava. Tuki olisi sidottava päästöoikeuden hintaan. (Kärhä ym. 2009, 57 – 58.)

4 Lämpölaitoksen sähköntuotantomenetelmät

Pienen kokoluokan CHP-laitokset perustuvat erilaisiin teknologia tyypeihin, sekä polttoaine ratkaisuihin.. Sellaisia ovat polttomoottorit, tai diesel ja kaasumoottorit, ulkoiset polttomoottorit esim. Stirling koneet, ORC turbiinit tai moottorit, höyrykoneet ja mikro-turbiinit. Uutta tekniikkaa edustaa lisäksi vielä kehitysvaiheessa oleva polttonkennoihin perustuva sähköntuotanto. (Motiva 2013 b.)

CHP-laitoksissa käytetyistä tekniikoista ja erilaisista polttoaineratkaisuista johtuen on olemassa monenlaisia energiantuotannon menetelmiä. Käytössä on jo nyt toimivia kaupallisia menetelmiä ja uusia kehitellään koko ajan. Tarkoituksena on kehittää laitosten kannattavuutta parantamalla niiden sähköntuotannon hyötysuhdetta, jolloin niissä tuotetun sähkön suhde tuotettuun lämpö määrään kasvaa.



Kuva 3. Energiantuotannon vaiheita. (Kotakorpi 2010, 4.)

4.1 Suoraan polttoon perustuvat menetelmät

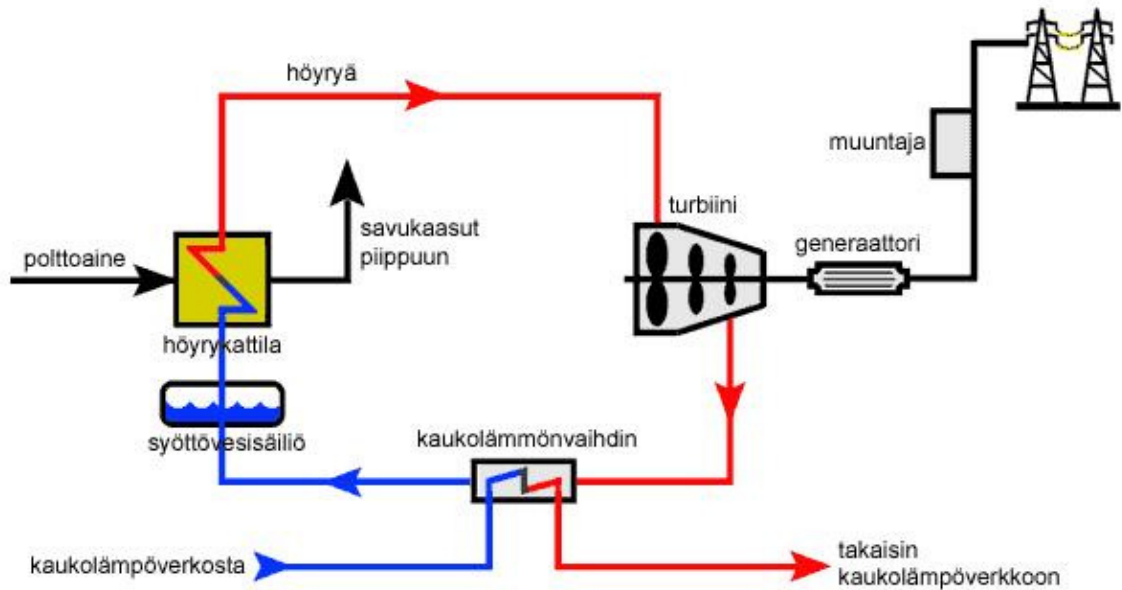
Suoraksi poltoksi kutsutaan tapahtumaa, jossa hakkeeseen sitoutunut energia muunnetaan polttoprosessin avulla sähkö- ja lämpöenergiaksi. Kyseistä menetelmää käytetään stirling-moottoreissa, ORC-lämpöturbiineissa, sekä höyrykoneissa ja – turbiineissa.

4.1.1 Höyryturbiini ja – moottori

Yleisimpiä CHP-energian tuotantomenetelmiä ovat höyrymoottorit ja – turbiinit. Höyrymoottori on teholtaan useimmiten kustannustehokkaampi kuin höyryturbiini, jos puhutaan sähköteholtaan 1 – 2 MWh voimaloista. Markkinoilla on käytössä myös pienempiä teollisuuskäyttöön sopivia höyryturbiineja, aina 100 kWe ylöspäin. Kokonaisenergiantuotannosta sähköntuotannon osuus on vain 5 – 20 %, joten polttoaineen energiasta suurin osa tuleekin käyttää matala- ja korkeapaineisena höyrynä sekä lämpönä kaukolämpöverkossa. (Karjalainen 2012, 2.)

Höyryturbiinissa paineistettu höyry ohjataan kulkemaan turbiinin siipien läpi, jotka läpivirtauksen voimasta pyörittävät turbiinin akseliston päässä olevaa generaattoria. Höyrykoneessa kattilan tuottama korkeapaineinen höyry ohjataan liikuttamaan mäntää, joka kampiakselin toimesta pyörittää generaattoria tuottaen sähkövirtaa. Höyryturbiinin käyttö ei ole taloudellista pienen kokoluokan laitoksissa, vaan paras hyötysuhde, jopa 40 %, saadaan aikaiseksi suurissa voimaloissa. (Karjalainen 2012.)

Höyrykoneissa ja -turbiineissa käytetty höyry tehdään erillisissä kattiloissa, joten polttoaineena voidaan käyttää nestemäisiä, kiinteitä tai kaasumaisia bio- tai fossiilijapolttoaineita. Energiapuuhaketta voidaan siten mainiosti käyttää energianlähteenä höyryturbiinien ja -koneiden energianlähteenä.



Kuva 4. Höyryturbiini energian tuotannossa. (Energiaverkko 2003.)

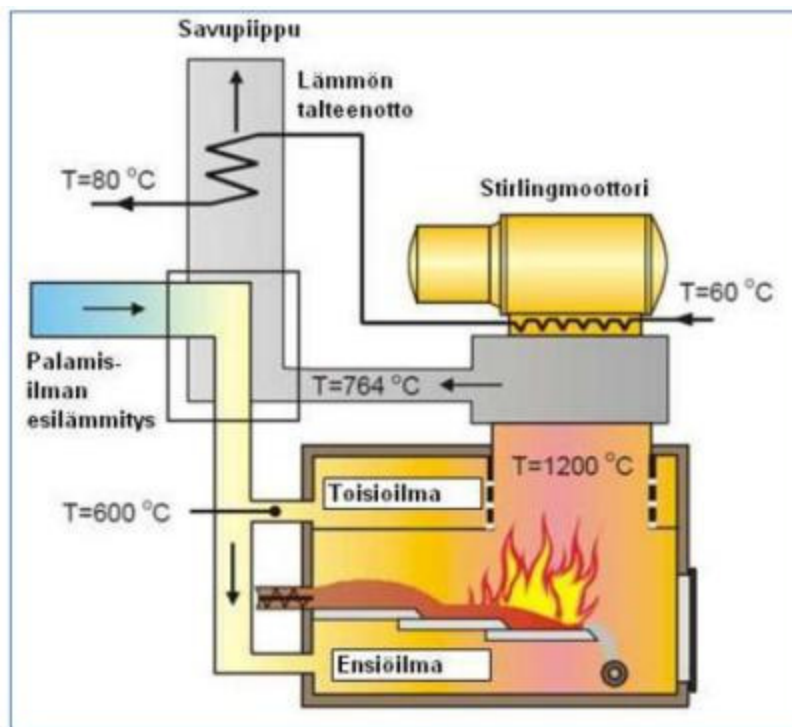
Taulukko 2. Pien-CHP:en soveltuvan teknologian ominaisuuksia. (Konttinen 2011.)

Tekniikka	Höyrykone ja - turbiini
Tyypillinen koko	Höyrykoneilla > 100 kWe Höyryturbiineilla > 500 kWe
Sähköhyötysuhde	6 – 30 %
Lämpöhyötysuhde	40 – 70 %
Käyttöikä	15 vuotta
Kehitysaste	Laajasti käytössä
Vahvuus pien CHP-käytössä	Tekniikan toimivuus todistettu
Tekninen heikkous pien CHP-käytössä	Sähköhyötysuhde osakuormalla

4.1.2 Stirling-moottori

Stirling-moottorin erikoisuus otto- ja dieselmoottoreihin on se, että palaminen tapahtuu sylinteri ulkopuolella. Moottoria voidaan sen vuoksi käyttää monenlaisilla lämmöntuotantomenetelmillä. Moottorimalleja on useita, mutta toimintaperiaatteeltaan ne kaikki toimivat samalla tavalla. Toiminta perustuu työkaasun kuumentamiseen sylinterissä, minkä seurauksena kaasu laajenee. Vastaavasti kylmässä päässä olevan sylinterin työ-

kaasun tilavuus pienenee jäähtyksestä johtuen. Nämä työkaasun tilavuusmuutokset muunnetaan sylintereissä tiiviiden mäntien ja kampikoneistojen avulla mekaaniseksi energiaksi. Tiiviissä järjestelmässä toimivana työkaasuna käytetään yleensä heliumia tai vetyä, joka voi olla myös paineistettua. Sen avulla kiertoprosessissa liikkuvan kaasun hyötysuhdetta voidaan parantaa. Pelkän ilman käyttö työkaasuna aiheuttaa ongelmia osien syöpymisenä sekä ilman sisältämän hapen ja männänrenkaiden läpi päässeän öljyn räjähdyksvaarana. Lisäksi ongelmia aiheuttaa lämmönvaihdinpintojen likaantuminen moottorin lämmityksen yhteydessä. Hyviä puolia ovat varmatoimivuuus, hiljainen käyntiääni ja pitkät öljynvaihtovälit. (Kotakorpi 2010, 7.)



Kuva 5. Stirling- moottori CHP-prosessissa. (Karjalainen 2012, 4.)

Stirling-moottori on jo vanha keksintö, mutta se on ollut silti tiiviin sovellustutkimuksen kohteena, liittyen nimenomaan pienen mittakaavan sähköntuotantoon. Myynnissä on ollut pieniä, omakotikokoluokkaa olevia sovellutuksia maakaasulle ja öljylle, mutta biopolttoaineille tarkoitetut sovellutukset ovat vielä vaatineet kehittelyä.

Taulukko 3. Pien-CHP:en soveltuvan teknologian ominaisuuksia. (Konttinen 2011.)

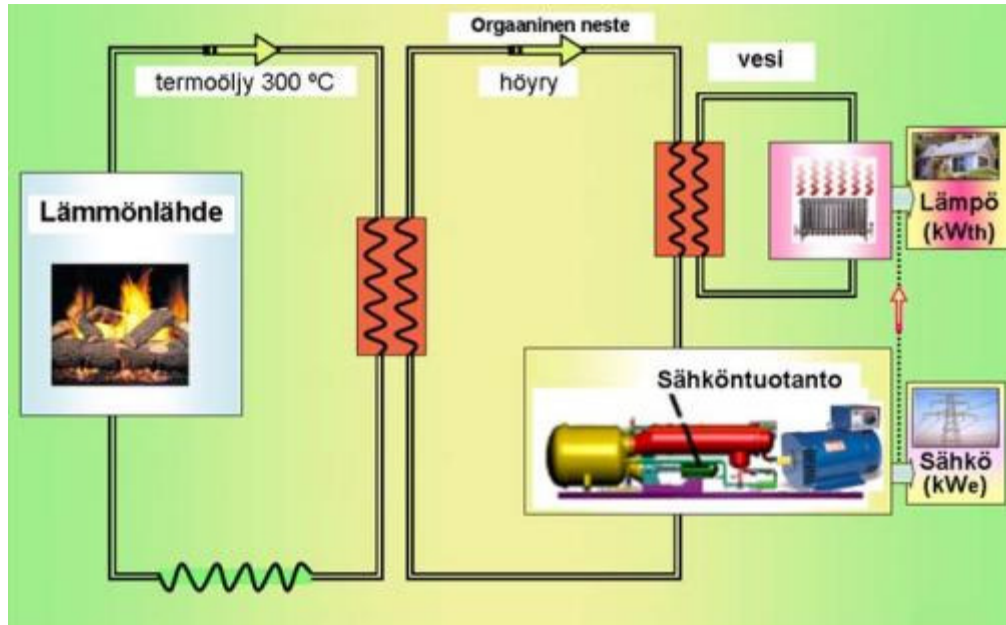
Tekniikka	Sterling -moottori
Tyypillinen koko	10 kWe – 150 kWe
Sähköhyötysuhde	8 – 22 %
Lämpöhyötysuhde	50 – 60 %
Käyttöikä	15 vuotta
Kehitysaste	Pilotti vaiheessa
Vahvuus pien CHP-käytössä	Pieni huoltotarve
Tekninen heikkous pien CHP-käytössä	Rajallinen sähköhyötysuhde

4.1.3 ORC-prosessi

ORC-prosessissa (Organic Rankine Cycle) käytetään mekaanisen energian tuotantoon periaatteeltaan vastaavaa menetelmää kuin höyryprosessissakin. Siinä lämmön siirtoon käytetään veden sijasta jotain orgaanista yhdistettä, esimerkiksi pentaania, piiöljyä tai tolueenia, joilla on vettä matalampi kiehumispiste. Orgaanisen nesteen ansiosta systeemi toimii tehokkaammin myös matalammassa lämpötilassa ja paineessa, jolloin se soveltuu hyvin myös pienemmän kokoluokan lämpölaitoksiin. Orgaaninen neste aiheuttaa vähemmän korroosiota turbiinin siipiin, jolloin höyryn tulistus ei ole tarpeellista. Turbiini voi toimia myös pienemmällä nopeudella, joka osaltaan parantaa laitteiston toimintavarmuutta.

ORC-prosessia käytetään erityisesti pienen kokoluokan laitoksissa tapahtuvaan sähkön tuotantoon. Biopolttoainetta poltetaan kuumaöljy kiertoisessa kattilassa, jossa saavutetaan tarvittava lämpötila ORC-kiertoa varten. Kuumaöljykattilassa lämmönsiirtoöljy kuumennetaan paineettomasti jopa 350 °C. Höyryjärjestelmässä jo 320 °C tarkoittaa paineen nostamista 113 bar:iin. Tällainen paineen alaisuus vaatii laitteistoilta suurta kestävyyttä ja tarkkaa prosessin hallintaa. Kuumaöljyn kierrätykseen tarvitaan vain kier-toöljypumppu, joka toimii 4 – 7 barin paineessa (Termokoski Boilers Oy 2013). Kuumaöljy höyrystää orgaanisen kiertoaineen höyrystimessä, josta se ohjataan pyörittämään turbiinia. Orgaanisen kiertoaineen käyttö mahdollistaa hyötysuhteeltaan hyvän ja samal-

la edullisemmän yksivaiheturbiinin käytön. Turbiinista höyry siirtyy lauhduttimeen, josta se palautuu kierron alkuun takaisin höyrystymiseen.



Kuva 6. ORC-kierron periaate CHP:ssa. (Granö 2011b.)

Tyypillisten ORC-voimaloiden sähkötehot ovat luokkaa 200 – 2 000 kWe, joissa sähköntuotantohyötysuhde on n. 15 % ja lämmönhyötysuhde n. 75 %. ORC-prosessin etu on, että se on käytettävissä monenlaisilla kattilatyypeillä, joissa voidaan käyttää erilaisia polttoaineita. Käyttökustannukset ovat alhaiset, sillä suljetussa järjestelmässä ei tapahdu kiertoaineen menetystä. Järjestelmä toimii automatiikan varassa eikä vaadi jatkuvaa valvontaa, jolloin myös käyttökustannukset ovat alhaiset. ORC-laitos on suunniteltu käyttämään lämpövoimalan hukkalämpöä, eikä se kuluta lainkaan omaa polttoainetta. Se lisää pääprosessin hyötysuhdetta ja sitä kautta kokonaisenergiatehokkuutta. (Granö 2011 b.)

Taulukko 4. Pien-CHP:en soveltuvan teknologian ominaisuuksia. (Konttinen 2011.)

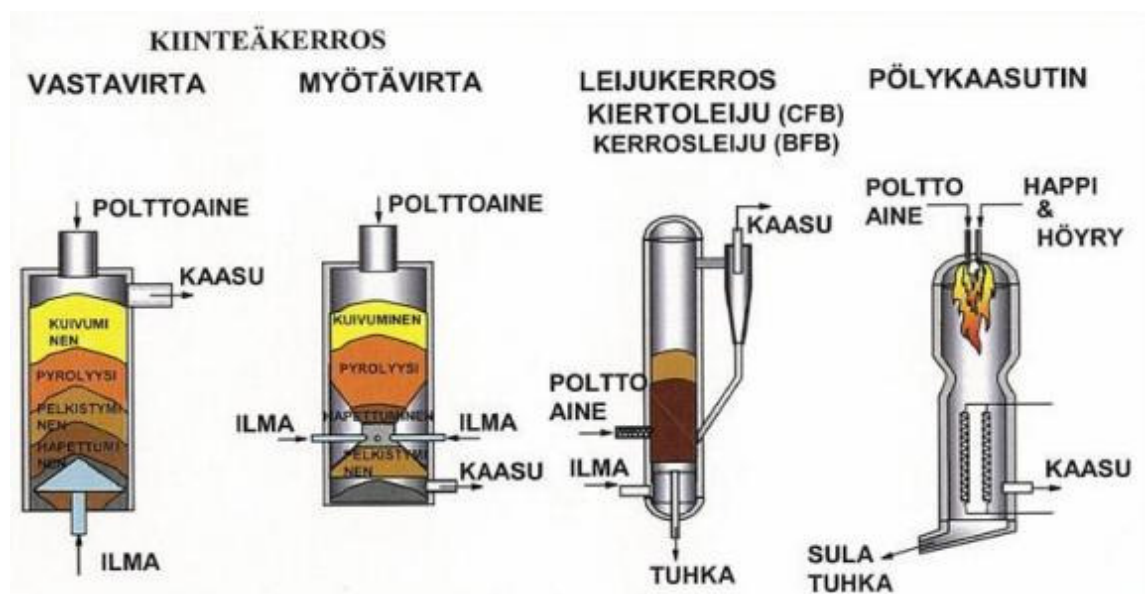
Tekniikka	ORC-prosessi
Tyypillinen koko	150 kWe – 1 MWe
Sähköhyötysuhde	10 – 20 %
Lämpöhyötysuhde	60 – 70 %
Käyttöikä	>20 vuotta
Kehitysaste	Varhaiskaupallisessa vaiheessa
Vahvuus pien CHP-käytössä	Hyvä sähköhyötysuhde myös osakuormala
Tekninen heikkous pien CHP-käytössä	Rajallinen sähköhyötysuhde

4.2 Biomassan kaasutukseen perustuva sähköntuotanto

Pienen kokoluokan CHP-laitoksessa voidaan käyttää sähköntuotannossa biomassan kaasutuksessa syntyneitä tuotekaasua. Kaasua kutsutaan puukaasuksi tai yleisemmin synteesikaasuksi. Prosessissa syntyneitä kaasuja metaania, häkää ja vetyä voidaan käyttää suoraan polttoaineena kaasu- ja mäntämoottoreissa sekä kaasu- ja mikroturbiineissa. Sivutuotteena saadaan palamisjätteenä tuhkaa, jota voidaan käyttää maa- ja metsätaloudessa lannoitteena tai rakennusmaiden ja teiden täyteaineena.

Puun kaasuttaminen tapahtuu prosessia varten suunnitellussa reaktorissa eli puukaasuttimessa. Kaasuttimissa käytetään kahta erilaista toimintaperiaatetta, myötävirtakaasuttaminen ja vastavirtakaasuttaminen. Nimitys tulee siitä, virtaako kaasu polttoaineen kanssa samaan suuntaan vai vastaan. Lisäksi kaasuttimet eritellään arinatyyppin perusteella joko kiinteäkerroskaasuttimiksi tai leijukerroskaasuttimiksi. Vastavirtakaasuttamisessa polttoaine on reaktorin yläosassa, josta se prosessin kuluessa valuu alas kuivumis-, pyrolyysi-, kaasutus-, ja polttovyöhykeiden läpi muuttuen lopulta arinan pohjalla tuhkakksi. Ilma johdetaan arinan kautta polttoaineena käytetyn massan läpi reaktorin yläosaan. Kun kaasu kulkee polttoaineen läpi, siihen erittyy epäpuhtauksia, kuten tervaa. Terva aiheuttaa kuitenkin ongelmia moottoreissa ja turbiineissa kaasun polttovaiheessa, joten sen poistaminen mahdollisemman tarkkaan on laitteistojen toimivuuden kannalta erittäin tärkeää. (Karjalainen 2012, 8.)

Yleisin puun kaasutuksessa käytetty menetelmä perustuu myötävirtakaasutukseen. Nimitys johtuu siitä, että kaasutuksessa käytettävä ilma ohjataan prosessissa polttoaineen suuntaisesti alapäin. Tällöin pyrolyysissä vapautuvat tervet hajoavat yksinkertaisimmiksi hiilivedyiksi kulkiessaan kuuman hiilipedin läpi. Kiinteäkerroskaasutus perustuu polttoaineen palamiseen lähes hapettomassa tilassa, jolloin tarpeeksi korkeassa lämpötilassa syntyy häkää, eli hiilimonoksidia, joka on herkästi syttyvä kaasu. Häkä puhdistettuna kaasuna soveltuu erinomaisesti kaasumootorille polttoaineeksi.



Kuva 7. Puun kaasutusteknologioita. (Karjalainen 2012, 8.)

4.2.1 Kaasumootorit

Kaasumootoreiden toimintaperiaate perustuu polttoaineen syöttöön sylinteriin, jossa se sytytetään palamaan. Erityyppiset polttoaineet vaativat syttyäkseen kipinän tai tietyn paineen ja lämpötilatason. Polttoaineen palaminen saa aikaan paineen kasvun sylinterissä, jolloin mäntä työntyy kohti kampaakselia pakottaen akselin pyörimään. Polttoaineen energia muuttuu generaattoriin kytketyn akselin myötä sähköenergiaksi. Palamisen yhteydessä syntynyttä pakokaasua voidaan CHP-laitoksessa käyttää kaukolämmön tuotantoon.

Muunneltuja diesel- ja bensiinimoottoreita käytetään pien CHP-laitoksissa kaasumoottoreina niiden edullisuuden ja helppokäyttöisyyden vuoksi. Investointikustannukset ovat alhaiset ja moottoreiden käynnistäminen sekä alasajo ovat nopeaa. Kaasu- ja dieselmoottorien sähköhyötysuhde on laitteiden koosta riippuen yleensä noin 30 – 50 % ja kokonaishyötysuhde lämmöntuotannossa 75 – 80 %. (Bioenergiatieto 2012.)

Taulukko 5. Pien-CHP:en soveltuvan teknologian ominaisuuksia. (Konttinen 2011.)

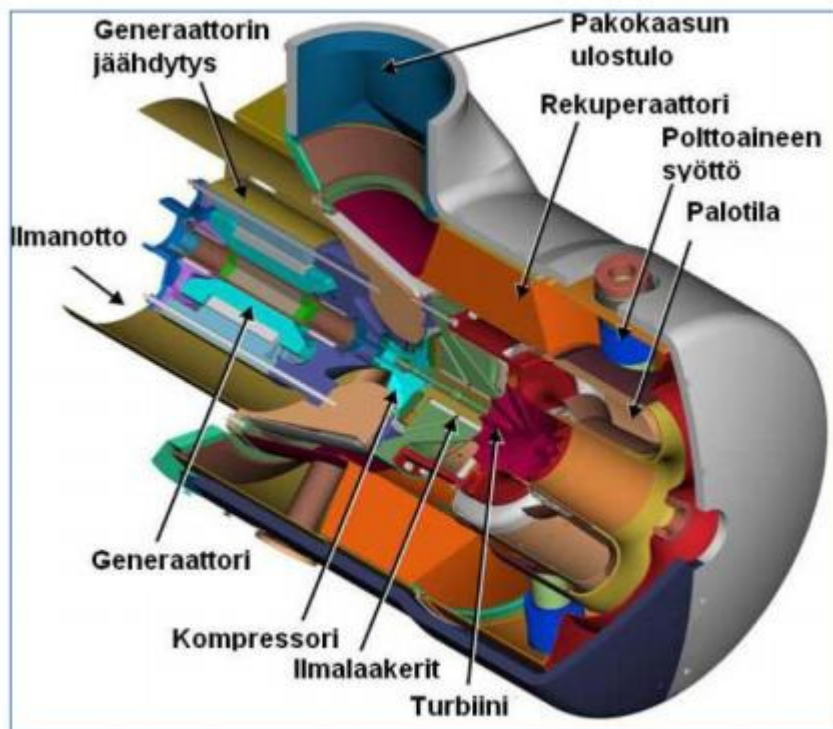
Tekniikka	Polttomoottori
Tyypillinen koko	1 kWe – 1 000 MWe
Sähköhyötysuhde	25 – 40 %
Lämpöhyötysuhde	45 – 50 %
Käyttöikä	15 vuotta
Kehitysaste	Laajasti käytössä
Vahvuus pien CHP-käytössä	Korkea sähköhyötysuhde
Tekninen heikkous pien CHP-käytössä	Verrattain suuri huollon tarve

4.2.2 Mikroturbiini

Mikroturbiini on kaasuturbiini, jonka polttoaineena voidaan käyttää nestemäisiä polttoaineita tai biomassasta kaasutettua hääkaasua. Turbiinissa kaasun palaminen tapahtuu ulkoisessa palokammiossa, jonne kompressorin avulla syötetään paineistettua ilmaa. Palamisessa syntyneet savukaasut johdetaan turbiiniin, jossa kemiallinen reaktio muuttuu mekaaniseksi energiaksi. Turbiinissa olevat siipipyörät pyörittävät akselia, joka välittää voiman generaattoriin. Prosessissa syntyvä lämpöenergia voidaan käyttää hyödyksi lämmönvaihtimen kautta kaukolämpöverkkoon. Sähköhyötysuhteeseen vaikuttaa turbiinin teho ja kuormituksen aste. Alle yhden megawatin mikroturbiineilla jätään alle 25 %, mutta suuremmilla, yli kolmen megawatin kaasuturbiineilla voidaan päästä yli 30 % sähköhyötysuhteeseen. Lämmöntuotanto mukaan lukien kokonaishyötysuhde on 75 – 85 %. (Karjalainen 2012, 4)

Taulukko 6. Pien-CHP:en soveltuvan teknologian ominaisuuksia. (Konttinen 2011.)

Tekniikka	Mikroturbiini
Tyypillinen koko	25 kWe- 250 kWe
Sähköhyötysuhde	25–30 %
Lämpöhyötysuhde	50–60%
Käyttöikä	15 vuotta
Kehitysaste	Varhaiskaupallisessa vaiheessa
Vahvuus pien CHP-käytössä	Pieni huoltotarve
Tekninen heikkous pien CHP-käytössä	Polttoaineen on oltava kaasuna tai nesteenä.

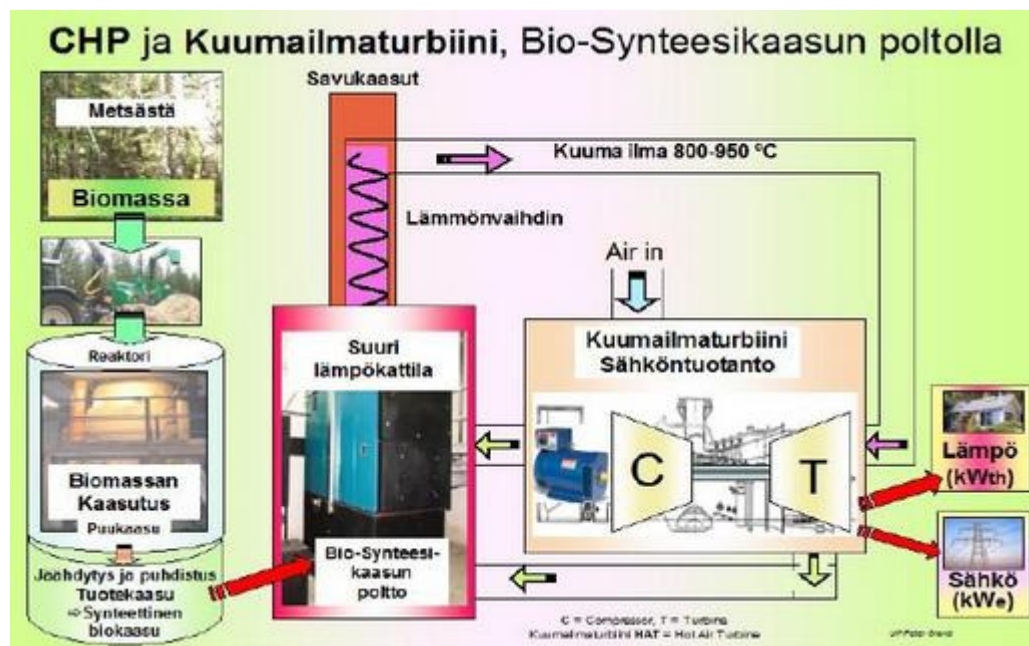


Kuva 8. Mikroturbiinin rakenne. (Karjalainen 2012.)

4.2.3 Kuumailmaturbiini

Uutta tekniikkaa pien CHP-laitoksille sähköntuotannossa edustaa kuumailmaturbiini. Tekniikasta käytetään nimitystä HAT (Hot Air Turbine). Biomassan kaasutuksesta saa-

tua synteetikaasua poltetaan kattilassa, jonka savukaasut ohjataan lämmönvaihtimeen. Lämpö siirretään lämmönvaihtimen kautta kuumaan korkeapaineeseen ilmaan, joka pyörittää kuumailmaturbiinia. Koska kuuman ilman lämpötila on 800 – 900 °C, haasteena menetelmässä on rakenteiden kestävyys. Etuna on puhdas, kuuma ilma jota voidaan käyttää esimerkiksi biomassan kuivatukseen ja edelleen kaukolämmön tuotantoon. (Granö 2010 a, 47.)



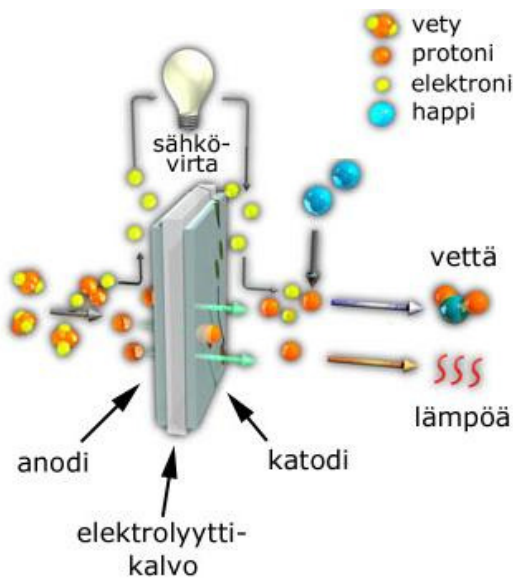
Kuva 9. Kuumailmaturbiinin toiminta. (Granö 2010 a, 47.)

Kuumailmaturbiinin käyttö pienenkokoluokan sähköntuotannossa on vielä uutta, mutta parantunut biomassan kaasutustekniikka on lisännyt sen kiinnostavuutta. Poltettaessa puhtaita synteetikaasuja lämmönvaihtimien likaantuminen vähenee, mikä parantaa laitteiden toimivuutta ja lämmönjohtokyky on tehokkaampaa.

4.2.4 Polttokennot

Polttokenno on sähkökemiallinen laite, joka muuttaa polttoaineen kemiallisen energian suoraan sähköksi ja lämmöksi. Kenno koostuu kolmesta osasta, kahdesta elektrolyytistä, eli anodista ja katodista sekä niitä erottavasta elektrolyytistä. Kun anodille syötetään

polttoainetta (vety) hajoaa se protoneiksi ja elektroneiksi. Protonit menevät elektrolyytin läpi ja kulkeutuvat katodille. Elektronit siirtyvät katodille ulkoisen virtapiirin kautta, jolloin muodostuu sähkövirta. Kun happi ja protonit ja neutronit reagoivat katodilla, syntyy vettä. (Mikkola 2002.)



Kuva 10. Polttokennon toiminta. (Mikkola 2002.)

Polttokennoteknologia soveltuu hyvin hajautettuun ja pienimuotoiseen energiantuotantoon. Se on erittäin ympäristöystävällistä, tuotannossa ei synny muille polttotekniikoille ominaisia rikki- häkä- ja typpipäästöjä, vaan vesihöyryä ja polttoaineesta riippuen hiilidioksidia. (Mikkola 2002.)

Polttokennojen käyttöä on jo kokeiltu sähköä ja lämpöä tuottavissa yksiköissä, joissa käyttöaineena on vety. Vedyn irrottaminen on kuitenkin vielä nykyisillä menetelmillä muista aineista kallista ja vaatii enemmän energiaa, kuin mitä prosessista saadaan ulos. Tutkimus- ja kehitystyötä kuitenkin jatketaan, ja bioenergian tuotannolla voi tulevaisuudessa olla merkittävä asema polttokennotekniikan yleistymisessä. (Motiva 2013 b.)

Taulukko 7. Pien-CHP:en soveltuvan teknologian ominaisuuksia. (Konttinen 2011.)

Tekniikka	Polttokenno
Tyypillinen koko	1 kWe – 50 MWe
Sähköhyötysuhde	38 – 55 %
Lämpöhyötysuhde	30 – 45 %
Käyttöikä	1-15 vuotta
Kehitysaste	Kehitysvaiheessa
Vahvuus pien CHP-käytössä	Korkea sähköhyötysuhde
Tekninen heikkous pien CHP-käytössä	Lyhyt kestoikä

5 Pienimuotoinen sähköntuotanto

Kiinnostus sähköntuotantoon pienkokoluokan lämpölaitoksissa on kasvussa. Syitä ovat EU:n asettamat uusiutuvan energian tavoitteet, kallistuva energian hinta ja oman lämpölaitoksen taloudellisen tuottavuuden lisääminen. Mikäli sähköä on tarkoitus myydä myös oman käytön ulkopuolelle, tulee sähköntuottajan liittyä yleiseen sähköverkkoon. Liittyminen on mahdollista kun sähköntoimittaja täyttää kaikki verkonhaltijan tekniset edellytykset sekä viranomaisten asettamat vaatimukset. Verkonhaltijan velvollisuus on tarjota sähköverkkoon liittyjälle luotettava ja turvallinen sähköverkko.

Ennen kun sähköntuotantolaitoksen rakentamiseen ryhdytään, tulee toimijan perehtyä tuotantotekniikkaan ja sähköntuotannon mahdollisuuksiin, sekä vaadittavaan lainsäädäntöön. Tuottajan tulee selvittää seuraavat asiat: (Motiva 2012 b, 2.)

- toimintaan vaadittavat luvat
- tukien käytön mahdollisuus
- verokäytäntö
- verkkoon liittymisen käytännön vaatimukset
- sähkön myyntiin liittyvät velvoitteet (Motiva 2012 b, 2.)

5.1 Luvat ja ilmoitukset

Sähköntuotantolaitosta perustettaessa tulee tehdä ilmoitukset laitoksen koosta ja sijain-
tipaikasta riippuen paikkakunnan viranomaisille, Energiamarkkinavirastolle, tullille ja
Suomen sähköverkosta vastaavalle Fingridille. Hanketta suunniteltaessa tulee selvittää
rakennuspaikkakunnan rakennus- ja ympäristöviranomaisilta millaisia lupapapereita
tarvitaan. Jos verkkoon liittyminen edellyttää liittymisjohdon rakentamista tuotantopai-
kasta liityntäpisteeseen, tarvitaan myös maanomistajien lupa. Kun hanketta aletaan vie-
dä eteenpäin, on tärkeää että verkonhaltija on mukana kaikessa suunnittelussa jo alusta
alkaen. (Motiva 2012 b, 12.)

5.1.1 Energiamarkkinavirastolle tehtävät ilmoitukset

Sähkömarkkina-asetuksen 65/2099 mukaan jokaisen, vähintään yhden megavoltti-
peerin suuruisen voimalaitoksen haltijan, on laitosta rakennettaessa tai suljettaessa sekä
tehoa lisättäessä tehtävä ilmoitus Energiamarkkinavirastolle. Ilmoituksessa on oltava
voimalaitoksen omistajan tiedot sekä laitosta koskevat tiedot käytettävästä polttoainees-
ta, tehosta ja muista teknisistä ominaisuuksista. (Motiva 2012 b, 1.)

5.1.2 Fingridille tehtävät ilmoitukset

Fingrid Oyj on suomalainen julkinen osakeyhtiö, joka omistaa Suomen päävoiman siir-
rossa käytettävän kantaverkon. Yhtiö vastaa koko Suomen ja lähialueen sähkönsiirrosta.
Maanlaajuiseen verkkoon kuuluu kaikki suuret voimalaitokset, tehtaat ja paikalliset ja-
keluverkot (Fingrid 2013). Yhtiön toiveena on, että kaikki tuottajat, jotka suunnittelevat
yli yhden megawatin voimalaitosta, tekisivät hankkeesta ilmoituksen myös heille. (Mo-
tiva 2012 b, 13.)

5.2 Verotus ja tuet

5.2.1 Sähköverovelvollisuus

Verkonhaltija ja sähköntuottaja ovat sähköverovelvollisia ja heidän on tehtävä ilmoitus rekisteröitymistä varten oman paikkakuntansa tullipiirille. Verovelvollisen tulee tehdä sähköveroilmoitus jokaiselta kuukaudelta seuraavan kuukauden 18. päivään mennessä, sekä maksettava verot kuukauden 27. päivään mennessä. Pientuottajille on olemassa verokäytännössä joitain helpotuksia. Sähköntuottaja, joka tuottaa sähköä alle 50 kVA:n tehoisella generaattorilla, ei tarvitse maksaa valmisteveroa ja huoltovarmuusmaksua. Sähköverovelvollisuutta ei myöskään ole tuottajalla, joka tuottaa sähköä 50 – 2000 kVA:n tehoisessa generaattorissa ja sähköä ei siirretä verkkoon. Lisäksi sähköveroa ei makseta sähköstä, joka kuluu voimalan sähkön tai yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon ns. omakäyttölaitteissa. (Tulli 2013a.)

Sähkön verotus on porrastettu kahteen maksuluokkaan taulukossa 8 esitetyllä tavalla. Alempaan veroluokkaan kuuluu teollisuudessa ja ammattimaisessa kasvihuoneviljelyssä käytettävä sähkö. Ylemmässä veroluokassa on sähkö, joka kulutetaan yksityistaloudessa, maa- ja metsätaloudessa, rakentamisessa ja palvelutoiminnassa. (Tulli 2013b.)

Taulukko 8. Sähkön veroluokat. (Tulli 2013b.)

Tuote	Tuoteryhmä	Energiavero	Huolto- varmuus- maksu	Yhteensä
Sähkö snt/kWh				
– veroluokka I	1	1,69	0,013	1,703
– veroluokka II	2	0,69	0,013	0,703

5.2.2 Sähkötariffi

Vuonna 2012 Suomessa otettiin käyttöön uusiutuvaa sähköntuotantoa edistävät sähkötariffit. Tukea myönnetään metsähakkeella, puupolttoaineella, biokaasulla ja tuulivoimalla aikaansaadulle sähkölle. Puupolttoainevoimalaitos on laitos, jossa tuotetaan sekä sähköä ja lämpöä, kun taas metsähakevoimalaksi katsotaan laitos joka tuottaa pelkästään sähköä (Finlex 2010). Syöttötariffin saamiseksi on täytettävä laissa asetetut vaatimukset, jotka riippuvat tuotantomuodosta ja energialähteestä. Lisäksi ohjeistuksen mukaan laitoksen on sijaittava Suomessa tai Suomen aluevesillä. Tuen piiriin pääseminen edellyttää ajoissa tehtyä ilmoitusta. Energiamarkkinavirasto on julkaissut tuotantotukijärjestelmästä yhteenvedon, josta käy ilmi eri tuotantolaitoksille ominaiset ehdot. (ks. taulukko 9.)

Taulukko 9. Syöttötariffin edellytykset (Motiva 2012 b, 15.)

Syöttötariffi	Voimalaitoksen ikä	Rajat nimellisteholle	Lämmöntuotanto	Valtiotuki
Metsähake	-	≥0,1 MVA	-	-
Puupolttoaine	voimalaitoksen on oltava uusi	0,1-8 MVA	Kyllä, hyötysuhteen oltava 50 %, tai 75 % jos yli 1 MVA:n laitos	ei ole saanut valtiontukea
Tuulivoima	voimalaitoksen on oltava uusi	≥0,5 MVA	ei vaatimuksia	ei ole saanut valtiontukea
Biokaasu	voimalaitoksen on oltava uusi	≥0,1 MVA	ei vaatimuksia	ei ole saanut valtiontukea

Syöttötariffijärjestelmässä maksetaan biokaasuvoimaloille ja puupolttoainevoimaloille sähkön tavoitehinnan ja markkinahinnan välistä tuotantotukea. Näille voimaloille tuotannon tavoitehintana on 83,50 €/MWh. Valtion maksama tuotantotuki on siis tavoitehintana vähennettynä voimalaitoksen sijaintipaikan kolmen kuukauden sähkön markkinahinnan keskiarvolla. Lisäksi metsähakevoimaloille maksetaan mukautuvaa tuotantotukea 18€/MWh, joka riippuu aina kulloinkin voimassa olevasta päästöoikeuden hinnasta.

Järjestelmään hyväksytyjen laitosten on mahdollista saada tukea 12 vuoden ajan. (Finlex 2010.)

Perustuen lisäksi voimaloiden on mahdollista saada lisätukea lämpöpreemiona. Kyseessä on tukimuoto jota voidaan antaa puupolttoainevoimalaitoksissa tuotetulle sähkölle, jos tuotannon yhteydessä samalla tuotetaan lämpöä hyötykäyttöön. Ehtona maksatukselle on laitoksen energiantuotannon kokonaishyötysuhde. Maksettava lämpöpremio on 20€/MWh. (Finlex 2010.)

Taulukko 10. Syöttötariffitason määräytyminen. (Motiva 2012 b, 16.)

Syöttötariffi	Tuen muoto	Perustuki	Lisätuki	Lisätuen ehdot
Metsähake	syöttötariffi vähenee lineaarisesti päästöoikeuden hinnan kasvaessa	18 € kun EUA ≤ 10 €/t CO ₂ 0 € kun EUA ≥ 23 €/t CO ₂	-	-
Puupolttoaine	tavoite- ja markkinahinnan erotus	83,5 €/MWh:n ja markkinahinnan erotus. Max 750 000 €/12 kk.	20 €/MWh lämpöpremio	Hyötysuhde po. 50 %, tai 75 % jos yli 1 MVA
Tuulivoima	tavoite- ja markkinahinnan erotus	83,5 €/MWh:n ja markkinahinnan erotus	105,30 €/MWh:n ja markkinahinnan erotus	Maksetaan 31.12.2015 asti, enintään 3 vuotta
Biokaasu	tavoite- ja markkinahinnan erotus	83,5 €/MWh:n ja markkinahinnan erotus	50 €/MWh lämpöpremio	Hyötysuhde po. 50 %, tai 75 % jos yli 1 MVA

5.2.3 Investointituet

Uusiutuvan energian tuotannolle on mahdollista saada investointitukea. Energiatuki on työ- ja elinkeinoministeriön myöntämä investointituki, jota myönnetään laitosinvestointeihin, joilla vähennetään kasvihuonepäästöjä ja edistetään alan innovatiivista teknologiaa. Lisäksi hankkeita voivat olla energiahuollon varmuutta ja monipuolisuutta parantavat hankkeet. Tuen osuus voi olla enimmillään 40 % investoinneista. Kun kyseessä on alle kolmen miljoonan euron hanke, tukea haetaan elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskuksilta. Suuremmissa investoinneissa tukea haetaan työ- ja elinkeinoministeriöltä.

Energiatuen myöntämistä harkitaan tapauskohtaisesti. Tähän vaikuttavat hankkeen koko, teknologiataso ja kannattavuus. Tarkoituksena on auttaa yrityksiä parantamaan taloudellista kannattavuutta ja madaltaa uuden teknologian käyttöön ottoon liittyviä riskejä. (Motiva 2012 b, 16 – 17.)

5.3 Sähköverkkoon liittymisen tekniset näkökohdat

Sähköverkkoon liittymisen edellytyksenä on, että tuotantolaitoksen on oltava turvallinen, eikä se saa aiheuttaa häiriötä verkon toiminnalle. Tuotantolaitoksen aiheuttamat häiriöt ovat sähköntuotantolaitoksen haltijan vastuulla. Näin ollen laitoksen tuotannon vikaantuessa, tulee laitos viipymättä kytkeä irti verkosta. Verkonhaltijalla on oikeus kytkeä laitos verkosta jos se aiheuttaa toiminnalle häiriötä. Tuotantolaitos ei saa myöskään kytkeytyä verkkoon, ellei kyseisen verkon tila ole vaakaa. Jakeluverkon jännitteen ja taajuuden on oltava sovittujen arvojen mukaiset. Jakeluverkossa sattuneen häiriön aikana tuotantolaitos ei saa jäädä syöttämään virtaa verkkoon. Laitos tulee voida irrottaa sähkökatkon aikana yleisestä jakeluverkosta erilliseksi saarekkeeksi, jolloin se tuottaa sähköä varavoimana vain omaan tarpeeseen. (Lehto 2011.)

Tuotantolaitokset luokitellaan käyttötavan ja -tarkoituksen mukaan. Luokittelusta käy ilmi laitoksilta vaadittavat toiminta- ja suojautumisloukat, sekä tuottajan ja verkonhaltijan väliset noudatettavat sopimusehdot. (Lehto 2011.)

Taulukko11. Tuotantolaitostenluokittelu käyttötavan ja tarkoituksen mukaan. (Lehto 2011.)

		Luokka	Rinnan- käynnin esto	Tahdistus	Yhteen- sopivuus	Saareke- käytön esto	Sopimus- ehdot
Yleisestä jakeluverkosta erossa käyvät tuotanto- laitokset	Rinnankäyttö estetty mekaanisesti	1	X				LE05 ja VPE10
	Sähkön siirto jakeluverkkoon estetty	2		X			LE05 ja VPE10
Yleiseen jakeluverkkoon syöttävät tuotanto- laitokset	Tuotetulle sähkölle ei ole ostajaa	3		X	X	X	LE05 ja TVPE11
	Tuottaja myy sähköä sähkömarkkina- osapuolelle	4		X	X	X	LE05 tai TLE11 ja TVPE11

Taulukossa 11 rinnankäynnin esto tarkoittaa tuotantolaitoksen mekaanista irrottamista verkosta. Tahdistus tarkoittaa laitoksen kykyä tahdistua verkon kanssa samaan taajuuteen. Yhteensopivuus tarkoittaa laitoksen ja verkon sähköistä yhteensopivuutta. Saarekekäytön esto tarkoittaa mahdollisuutta lopettaa virran syöttö yleiseen verkkoon, siellä tapahtuvan häiriön vuoksi.

Tuotantolaitoksen haltijalla on mahdollisuus päättää mille jännitetasolle laitos kytketään, kun verkonhaltijan tekniset vaatimukset täyttyvät. Pienemmät sähköntuotantolaitokset, joiden tuotanto on muutamia satoja kilowatteja, kytketään yleensä 400 voltin pienjänniteverkkoon. Laitos voidaan kytkeä verkkoon joko oman liityntäpisteen, tai kulutuksen kanssa olevan liityntäpisteen kautta. (Motiva 2012 b, 19.)

Sähköntuotantoa suunniteltaessa tulee tuottajan toimittaa paikalliselle jakeluverkonhaltijalle tarvittavat tiedot laitoksesta. Tietoja tarvitaan, jotta verkonhaltija pystyy toteuttamaan liittämiseen tarvittavat toimenpiteet. Energiategollisuus ry on antanut ohjeistuksen, jonka mukaan alle 50 kilovolttiampeerin voimalaitosten tulee toimittaa verkonhaltijalle seuraavat tiedot: (Motiva 2012 b, 19 – 20.)

- tieto laitoksen tyypistä, nimellistehosta ja – virrasta
- tyyppitiedot liitälaitteesta (vaihtosuuntaaja)
- suojaukseen liittyvät asetteluarvot ja toiminta-aika
- tieto saarekekäytön estosuojauksen toteuttamisesta, menetelmästä ja toiminta-ajasta

Yli 50 kilovolttiampeerin laitoksilta vaadittavat tiedot:

- tieto voimalaitoksen rakenteesta ja sijainnista
- voimalaitoksessa olevien muuntajien määrä ja tekniset tiedot
- tekniset tiedot voimalaitoksen voimajärjestelmästä (generaattorit)
- tieto voimalaitoksen ominaisuuksista (toiminta ali- ja ylijännitetilanteissa)

- voimalaitoksen suojausmekanismi
- tiedot käyttöönotosta (käyttöönottopöytäkirja)
muut dokumentit (laskentamallit) (Motiva 2012 b, 19 – 20.)

5.4 Sähköverkkoon liittymisen kaupalliset toimenpiteet

Sähköverkkoon liittymisen edellytyksenä on, että verkonhaltijan kanssa on solmittu sopimukset liittymisestä ja verkkopalveluista. Lisäksi tuotetulle sähkölle tulee olla ostaja. Tuotannon liittymisehdoista löytyy Energiategollisuus ry:n julkaisemat sähköntuotannon liittymisehdot (TLE11), joista käy ilmi muun muassa tuotantoon liittymisen maksut. Samalta julkaisijalta löytyy myös tiedot verkkopalvelumaksujen määrittämisperiaatteista (TVPE11). Taulukosta 12 löytyy tiedot verkkoon liittämiseen tehtävistä sopimuksista. (Motiva 2012 b, 25.)

Taulukko 12. Sähköverkkoon liittymisen sopimukset. (Motiva 2012 b, 24.)

Lupa/Sopimus ja sopijaosapuoli	Sisältö	Huomautukset
Liittymissopimus/ Jakeluverkkoyhtiö	Sovitaan liittämiskohdasta, liittymismaksusta, sähköntuotantolaitteistolle asetettavista vaatimuksista, sähköntuotantolaitteiston käytöstä ja suojauksesta, teho- ja energia-arvojen rajoista jne.	Jakeluverkonhaltijoiden hinnoittelumenetelmien on perustuttava Energiamarkkinaviraston määrittämiin sääntöihin.
Verkkopalvelusopimus/ Jakeluverkonhaltija	Verkkosopimuksen tehnyt voimalaitos saa toimia rinnan jakeluverkon kanssa. Sopimuksessa käsitellään mm. mittauksen järjestämistä, kustannusten korvaamista ja sähköturvallisuuutta, suojausta ja sähkön laadun turvaamista. Verkkopalvelusopimus voidaan tehdä, kun kyseistä sähköntuotantopaikkaa koskeva liittymissopimus on voimassa.	Sopijapuolten välinen verkkosopimus voi myös kattaa sähköntuottajan sähkönhankinnan.
Sähkönmyyntisopimus/ Sähkön ostaja	Sähköntuottaja sopii tuottamansa sähköenergian myynnistä muun muassa seuraavaa: <ul style="list-style-type: none"> • sähkön hinta • toimituksen määrä • tasesähkö 	Sähköntuottajan ja myyjän tulee myös sopia miten tasehallinta hoidetaan.

5.4.1 Liittymismaksut

Sähköverkonhaltija on sähkömarkkinalain 386/1995 mukaan velvollinen liittämään kaikki haluavat tuottajat verkkoon, sekä myös velvollinen siirtämään sähköenergian käyttöpaikalle kohtuullista korvausta vastaan. Samoin verkonhaltija veloitetaan pyynnöstä liittämään kaikki verkkoon haluavat tekniset vaatimukset täyttävät sähköntuotantolaitokset kohtuullisin kustannuksin hallinnoimaansa verkkoon. Liittymismaksua perittäessä on huomioitava, että verkonhaltija voi periä alle 2MVA tuotantolaitoksilta vain liittymän rakentamisesta ja mahdollisesta verkonsuojaamisesta aiheutuvat välittömät kulut. Verkonhaltijan tulee pyydettyä esittää liittyjälle arvio tulevista kustannuksista. Verkkoon liittyjä vastaa omasta liittymisjohdostaan ja muista kuluista jotka liittyvät oman verkon osien ja laitteistojen rakentamiseen. (Motiva 2012 b, 25.)

5.4.2 Siirtomaksut

Siirtomaksulla katetaan sähköyhtiön sähköverkkotoimintaan liittyviä kustannuksia. Kustannukset koostuvat sitoutuneesta pääomasta, verkon ylläpidosta, huolloista, kehittämisestä ja uusien verkkojen rakentamisesta. Siirtomaksulla katetaan sähköverkon käytönvalvonta ja ympärivuorokautinen vikapalvelu. Osalla siirtomaksua kustannetaan lisäksi kantaverkon rakentamista ja kunnossapitoa. (Sähkömarkkinalaki 1995.)

Verkkoon syötettävän sähkön siirtomaksu riippuu siihen siirrettävästä energian määrästä. Verkonhaltija on veloitettu hinnoittelemaan verkkopalvelut tasapuolisesti ja kohtuullisesti kaikille verkon käyttäjille. Hinnoittelussa ei saa olla sähkökaupan kilpailua rajoittavia ehtoja ja rajauksia. Lainsäädännössä rajoitetaan tuottajilta perityn siirtomaksun suuruutta. Sähkömarkkinalaissa on säädetty, että jakeluverkon haltijan perimä energiansiirtomaksu ei saa ylittää vuodessa keskimäärin 0,07 senttiä/kWh. Lisäksi laissa on säädetty, että sähköntuotannon siirtomaksuilla katetaan suhteellisesti pienempi osuus sähköverkon kustannuksista kuin sähkön kulutukselta perittävällä siirtomaksulla. (Sähkömarkkinalaki 1995.)

Siirtomaksut koostuvat yleensä kiinteistä maksuista, verkkoon siirretyn energian mukaan määräytyvästä maksusta sekä oman tuotannon kulutusmaksusta. Kiinteitä maksuja ovat vuosittaiset maksut ja tehomaksut. Verkkoon siirretyn energian maksut voivat verkkoyhtiöstä riippuen vaihdella kellonajan, kuukauden sekä teho- ja jännitetason mukaan. Oman tuotannon kulutusmaksua peritään usein vain yli 1 MVA laitoksilta, jolloin pienen kokoluokan sähköntuottajat ovat maksusta vapaat. (Vanhanen, Vartiainen, & Syrjänen, 2005.)

5.4.3 Sähkönmyynti

Sähkön myyminen ei vaadi erillistä toimilupaa, vaan sitä voi harjoittaa kaikki yksityishenkilöt, yritykset ja yhteisöt. Sähkökauppaa voidaan käydä vapaasti ostajan ja myyjän kahdenvälisenä kauppana tai pörssinvälityksellä. Pienimuotoisessa tuotannossa myynti tapahtuu jollekin pienkäyttäjälle, käyttäjäryhmälle tai suoraan sähköyhtiölle. Myyntisopimuksessa sähkön hinta ja sopimuksen kesto ovat ostajan ja myyjän välisiä asioita. Hinta voidaan sopia esimerkiksi kysynnän vaihtelun tai markkinatilanteen mukaan.

Yleensä sähköenergiasta maksettavan hinnan lähtökohtana pidetään pohjoismaisen Nord Pool Spot sähköpörssin hinnastoja. Siellä olevan hinnaston mukaan maksuperusteena voi olla esimerkiksi tuntikohtainen Suomen hinta-alueen hinta, joka määräytyy jokaiselta vuorokauden tunnilta erikseen. Sähköpörssin hinnasta ostaja vähentää lisäksi välityspalkkion c/kWh, jolla katetaan tuotantoepävarmuudesta johtuvat riskit. Lisäksi voidaan periä erillistä kiinteää kuukausimaksua, jolla katetaan laskutus ja raportointipalvelut. (Rantamäki 2013.)

6 Case-Enon Energiaosuuskunta

Enon energiaosuuskunta on Joensuun kaupungin Enon ja Uimaharjun taajamissa toimiva kaukolämpöä toimittava osuuskunta. Osuuskunta aloitti toimintansa v.2000 silloisen Enonkunnan rakentamassa yläkylän lämpölaitoksessa, jonka Joensuun kaupunki myöhemmin 2010 myi lämpöverkkoineen osuuskunnalle. Osuuskunnalla on omistuksessaan lisäksi vuosina 2002 ja 2004 rakentamansa Enon alakylän ja Uimaharjun aluelämpölaitokset. (Enon Energia 2013.)

Energiaosuuskunnan Enossa sijaitsevien hakelämpölaitosten kokonaisteho on 4,8 MW. Osuuskunnan hoidettavana on lisäksi Kontiolahden aluelämpölaitos, Kontiolahden hakelämpölaitos sekä Uimaharjussa sijaitseva Hoitokoti Tuuliharjun pellettilaitos. Kaikkiin hoidossa on 8 biokattilaa, joiden yhteisteho n. 10 MW ja lämpöteho 25 000 MWh. Raaka-aine hankinnoista osuuskunnan laitoksiin vastaa Metsäpalvelu Tuomo Turunen. Hänen yrityksensä ostaa ja korjaa laitoksissa tarvittavan hakeraaka-aineen osuuskunnan laskuun. Haketuksesta vastaa hakeyrittäjä Tero Liimatta, jonka hoitaa haketuksen ohella myös hakkeen kuljetuksen lämpölaitoksiin. Lämpölaitosten hoidoista vastaa laitosten hoitajat, jotka toimivat myös yrittäjäpohjalta osuuskunnalle. Osuuskunnassa on tällä hetkellä jäseniä 52. Yleiskokous valitsee hallituksen, jonka tehtävänä on päivittäisten, lämpölaitoksia koskevien asioiden hoito. (Enon Energia 2013.)

Vuonna 2011 liikevaihtoa oli liittymämaksuineen n.1 160 000 €. Lämmön hinta oli 57,15 €/MWh + alv. Lämpöä myytiin 13 800 MWh. Haketta lämpöenergian tuottamiseen kului 23 000 i-m³. Riukumetsistä saatavaa kokopuuta ja rankaa tuosta määrästä oli 84 %, avohakkuualojen latvusmassaa 14 % ja loput 2 % sahanpurua ja kutteria. Nuo määrät vastaavat n. 750 omakotitalon vuotuista energiantarvetta. Öljyä korvataan uusituvalla lähienergialla n. 1,9 miljoonaa litraa vuodessa. Siitä seuraava hiilidioksidipäästöjen vähenemä on vuosittain n. 5 miljoonaa kiloa. (Enon Energia 2013.)

7 Tutkimusasetelman kuvaus

7.1 Taustaa

Syksyn ja talven 2012 – 2013 aikaan Enon Energiaosuuskunnan hallituksessa on keskusteltu osuuskunnan tulevaisuudesta ja mahdollisista laajennus hankkeista. Esillä on ollut Enon kirkonkylän alakylän laitoksen ja kattiloiden suurentaminen mahdollisten uusien käyttökohteiden vaatiessa tulevaisuudessa enemmän lämpötehoa. Tulevaisuudessa yläkylän laitoksen käyttötunnit voivat vähentyä ja sen tehtävänä on jatkossa toimia varavoimalana. Tämän uudistuksen edellytyksenä on uuden hakekattilan hankinta. Samassa yhteydessä on keskusteltu myös siitä, voidaanko tämän tulevan investoinnin yhteydessä selvittää sähköntuotannon mahdollisuus osuuskunnan omistamassa lämpölaitoksessa.

Uuden kattilan sijoituspaikaksi on kaavailtu alakylän laitosta. Osuuskunnan vanhin kattila sijaitsee Enossa yläkylän koulukeskuksen yhteydessä, mutta alueena se ei kuitenkaan ole osuuskunnan hallituksen mielestä kehittyvä ja on myös maastollisesti hakkeen kuljetuksen kannalta epäsuotuisa. Laitokselle ei voida turvallisesti maaston mäkisyyden vuoksi kuljettaa haketta perävaunuisella rekka-autolla. Lisäksi kuljetus tapahtuu asutusalueen läpi ja saattaa myös osaltaan aiheuttaa ongelmia tulevaisuudessa lisääntyvän kuljetusliikenteen takia. Alakylän laitos sijaitsee sitä vastoin tasaisella tontilla, jossa myös hakkeen purkualue on riittävän laaja. Lisäksi alakylän laitoksen lämpöverkon läheisyydessä sijaitsee uusia, potentiaalisia lämpöverkkoon liittyjiä. Molemmat laitokset on yhdistetty kesällä 2010 samaan lämpöverkkoon, joten kaukolämpöveden siirto onnistuu verkostoa pitkin myös yläkylän kohteisiin. Laitosten yhdistyessä yhdyskaivantoon asetettiin sähkökaapelia varten putki, jota pitkin mahdollinen tuleva sähkönsiirto laitosten kesken on mahdollista.

7.2 Tutkimuksen tarkoitus

Eräänä vaihtoehtona lämmöntuotannon lisäämiselle tulevaisuudessa on hyödyntää nykyistä alakylän lämpölaitoksen varalla toimivaa 1 MW:n öljykattilaa (kuva 11). Kattila on toiminut alakylän lämpöverkkoon kytkettynä varajärjestelmänä tapauksissa, jolloin varsinainen biokattila on ollut huollon tai jonkin muun syyn takia pois käytöstä. Öljykattilassa olevan öljypolttimen tilalle olisi helppo muuttaa kaasulla toimiva poltin. Tässä tapauksessa ei tarvitsisi investoida enää uuteen lämmityskattilaan, vaan voitaisiin polttimen muutoksella hyödyntää jo olemassa olevaa järjestelmää. Varajärjestelmäksi voidaan alakylälle järjestää Uimaharjussa osuuskunnalla oleva ylimääräinen siirrettävä öljykattila.



Kuva 11. Alakylän öljykattila (Tuomo Justander 2013).

Vanha öljykattila vaatii poltin muutoksen jälkeen puukaasuttimen tuottamaa tuotekaasua. Samalla kaasulla on tarkoitus tuottaa myös sähköenergiaa. Edellytyksenä olisi hankkia kattila, joka tuottaa tuon n.1 MW:n lämmöntarpeen lisäksi myös kaasua sähköntuotantolaitteistoja varten. Kirjanpitotietojen mukaan (Hassinen 2013.) alakylän lämpölaitoksen vuosittain käyttämän oman sähköenergian määrä on ollut n.108

MWh/vuosi. Yläkylän lukema on ollut n. 48MWh/vuosi. Jos näiden kahden laitoksen yhdistäminen samaan verkkoon onnistuu, tulisi tulevan sähköntuotantoyksikön pystyä tuottamaan yhteensä n. 156 MWh/vuosi. Tämä tarkoittaa sitä, että kun sähköenergian kokonaismäärä jaetaan vuodessa olevilla käyttötunneilla (8760h), saadaan sähköntuotantoyksikön kooksi laitteisto, jonka on tuotettava 17,80 kW. Tuohon kokoluokkaan olevia kaupallisia sähköntuotantoyksiköjä löytyy kaasumoottoreista, mikroturbiineista sekä stirlingmoottoreista. Höyrykoneen ja – moottorin osalta Enon lämpölaitoksen kattilakoko ei ole edullinen sähköntuotantoa ajatellen. Tekniikkojen soveltuvuusalueena ovat enemmän isommat lämpö- sekä teollisuuslaitokset. Myös Orc-tekniikalla ja poltto-kennoilla toimivat menetelmät ovat vielä kehitysvaiheessa, eikä pieneen kokoluokkaan soveltuvia kaupallisia sovellutuksia ole oikein tarjolla. Tällä hetkellä parhaiten tähän kokoluokkaan soveltuvaa sähköntuotantotekniikkaa edustavat kaasumoottorit sekä pienen kokoluokan mikroturbiinit.

7.3 Aineisto ja tutkimuksen toteutus

Maaliskuun aikaan lähetin sähköpostilla tarjouspyynnöt neljälle kotimaiselle CHP-laitteistojen toimittajille, joiden tuotevalikoimiin kuuluu kaasutukseen ja suoraan polttoon perustuvia laiteratkaisuja. Tarjouspyynnössä pyydettiin osuuskunnalle tarjousta n. 1 MW:n lämmöntuotantoon soveltuvasta puukaasuttimesta, tai vastaavasta lämmöntuotantoyksiköstä, sekä siihen soveltuvasta sähköntuotantolaitteistosta. Määräaikaan mennessä kaikilta valmistajilta saatiin vastaus.

7.3.1 Volter Oy

Volter on vuonna 2008 perustettu Kempeleellä toimiva yritys, joka valmistaa konttiin pakattuja pienvoimaloita. Konttiin pakattu yksikkö tuottaa sekä lämpöä ja sähköä kaasuttamalla puuhaketta. Kontissa oleva energiantuotantoyksikkö mahdollistaa esimerkiksi saarekeverkon toiminnan. Tällä tarkoitetaan tilaa, jossa voidaan tuottaa sekä lämpö ja sähkö kohteisiin, jossa valtakunnan verkkoa ei ole, tai sitä ei haluta käyttää. Vastaavanlainen alue on esimerkiksi Kempeleen vuonna 2009 rakennettu ekokortteli, jossa kymmenen omakotitalon tarvitsema lämpö- ja sähköenergia tuotetaan alueella olevalla

omalla pienvoimalaitoksella puukaasutusteknologiaa hyväksi käyttäen. Kontissa oleva omasähkölaitos voi toimia myös maatilan tai teollisuuskiinteistön sähkön ja lämmön antajana rinnan valtakunnan verkon kanssa. (Volter Oy 2013.)

Volterin tuotevalikoimiin kuuluu 30 kW ja 40 kW omasähkölaitokset sekä lisänä hakekuivurit. Volter 30 on konttiin pakattu yksikkö, jonka lämmöntuotantoteho on 80 kW ja sähköntuotantoteho 30 kW. Volter 40 on samoin teräsrunkoinen konttiin asetettu laitteisto, jonka lämmöntuotantoteho on 100 kW ja sähköntuotantoteho 40 kW. (Volter Oy 2013.)

Volter Oy:n sähköpostivastauksessa tarjottiin kahta valmistamaansa energiantuotantoyksikköä Volter 30:stä ja Volter 40:stä. Molempiin laitteistoon kuuluu puukaasutin, kaasun puhdistusyksikkö, Sisu Agco-kaasumoottori sekä generaattori. Lämpö tuotetaan moottorin jäähdytyksestä sekä pakokaasuista. Hintahaarukka näiden laitteistojen osalta on 150 000 – 200 000 € alv 0 %. Tarkempi hinta määräytyy asiakkaan tarkempien vaatimusten pohjalta. Suurin lämpöteho, mitä heidän laitteistolla voidaan saavuttaa, on heidän mukaansa n. 200 kW lämpöä. Tuon suurempaa yksikköä heillä ei tällä hetkellä ole tarjota. (Haapakoski 2013.)

7.3.2 Gasek Oy

Gasek Oy on Reisjärvellä 2008 perustettu yritys, jonka toimialaan kuuluu puun kaasuttamiseen perustuvien CHP- ja lämmöntuotantolaitosten kehittäminen ja valmistaminen. Kotimaan markkinoiden lisäksi yritys toimii myös kansainvälisesti. Vuoden 2013 alussa yritys on saanut yhteistyökumppanikseen hakkeenkuivatusjärjestelmiä toimittavan CCM-Power Oy:n sekä voimalaitosautomaatioon erikoistuneen Asmacon Oy:n. Muodostuneen uuden yrityksen tarkoituksena on tuottaa ratkaisuja, joilla voidaan korvata öljyn käyttö hakkeen kaasutuksella teollisuuden öljykattiloissa. Lisäksi merkittävänä toimijana uuden yhteistyön taustalla toimii uusiin energiamuotoihin investoiva sijoitusyhtiö VNT Management Oy (Gasek Oy 2013.)

Gasek Oy toimittaa tuotteita lämmön ja höyryn tuotantoon tuotenimikkeellä Gasek-Heat 1000 ja Gasek-Stem 1000. Molemmissa tuotteissa käytetään 1 MW:n puukaasutinta joka on kaasupolttimella yhdistetty normaaliin tulitorvi-tuliputkikattilaan. Laitteistot on asennettu teräskonttiin, jonka yhteyteen voidaan liittää myös hakesiilo. Järjestelmät voidaan toimittaa myös ns. retrofit-toimituksena, jolloin laitteistot asennetaan asiakkaan olemassa olevaan kattilaan. Tähän tuoteperheeseen kuuluu lisäksi tuotenimikkeet Retrofit 500/1200. (Gasek Oy 2013.)

Yhdistettyyn sähkön ja lämmön tuotantoon valmistetaan CHP 250 -tuotenimikkeellä olevaa CHP-voimalaitosta. Laitteistoon kuuluu teräskonttiin asennettu Gasek Gasifier 250 -puukaasutin, Sisu Agco -kaasumoottori, generaattori sekä polttoaineen automaattiosyötöllä varustettu integroitu hakesiilo. Laitteistolla voidaan tuottaa sähköä 50 kW sekä lämpöä 175 kW. (Gasek 2013.)

Sähköpostivastauksessa Gasek Oy tarjoaa Retrofit 500/1000 -laitteistoa, jolla voi muuntaa öljykattilan kokonaan tai osittain hakkeella toimivaksi. Tarjouksessa esitetään kaasuputkiston rakentamista puukaasuttimesta nykyiseen kattilaamme. Tarjouspyynnössä olevan esimerkin mukaan Gasek Oy tarjoaa Retrofit 1000 -kokonaisuutta, johon kuuluu kaasutin asennettuna konttiin, polttoaineen syöttöautomaatio, 128 m³ hakesiilo sekä poltin arviointihintaan 395 000 €. Tällä kokonaisuudella ei kuitenkaan vielä voi tehdä sähköä. Sähkön tuotantoon Gasek Oy tarjoaa CHP 250 -ratkaisua, jonka sähköteho on 50 kW ja lämpöteho 175 kW. Kaupallisen laitoksen suunnittelu ja testit ovat vielä loppusuoralla, mutta laitoksen kokonaishinnaksi muodostuu arviolta 195 000 €. (Väänänen 2013.)

7.3.3 Turos Team Oy

Turos Team Oy on Karttulassa vuonna 2002 perustettu perheyrittäjä, joka rakentaa ja tutkii uuden teknologian sähkön- ja lämmöntuotantoa. Yrityksen tuotteena on HKG BioNear -kaasutuslaitteisto, joka soveltuu pienimuotoiseen CHP-tuotantoon kokoluokassa 320 kW – 3,6 MW. Tuotantolaitos toimitetaan valmiina konttiratkaisuna, jolloin

asennus ja laitteiston käyttöönotto asiakkaalle tapahtuu nopeasti. Laitos käyttää raaka-aineena vettä, ilmaa sekä metsähaketta muodostaen helposti palavaa vetykaasuseosta. Uuden teknologian avulla energiaa pystytään tuottamaan ilman lauhteita sekä normaalisti puun poltossa syntyvää tuhkaa. Hakkeen kaasutuksessa saadaan talteen 87 % energiaa, sekä kaasunpolton yhteydessä 13 %. Polttoprosessia tutkittaessa on laitoksen hyötysuhteeksi saatu 100 %, +/- 3 prosenttiyksikköä. (Turos Team Oy 2013.)

Tällä hetkellä yritys keskittyy kaupallisissa laitoksissa lämmöntuotantoon kokoluokissa 320 kW – 1,2 MW, joiden sähköntuotanto on luokkaa 120 kW – 420 kW. Yritys kehittää parhaillaan myös mikroluokan CHP-yksikköä, jonka lämpöteho on 25 kW ja sähköntuotto 7 kW. Turos Team Oy toimittaa HKG BioNear Heat -lämpökontit ja CHP-sähkövoimalakontit asiakkaan tarpeen mukaan toivomassaan kokoluokassa. (Turos Team 2013.)

Sähköpostivastauksessa Turos Team Oy tarjoaa 1,2 MW:n -kaasutinlaitosta, josta n. 200 kW käytettäisiin sähköntuotantoon ORC-laitteistolla. Budjettihinnaksi ORC-laitteistolle Turos Team Oy arvioi investoinnin takaisinmaksuajaksi 4 – 5 vuotta. Jos laitteistoa käytetään jatkuvan lämmöntuotannon yhteydessä, voidaan sähkön tuotannon hyötysuhteeksi saada 40 – 60 %. Jos lämpöä ei syötetä verkostoon, hyötysuhteeksi jää alimmillaan 12 %. (Heimonen 2013.)

Tällä hetkellä Turos Team Oy rakentaa Lestijärven hakeosuuskunnalle vastaavaa 1,2 MW:n kaasutinlaitosta, jossa tuotetaan 350 kW sähköä ja 800 kW lämpöä. Sähkö syötetään valtakunnan verkkoon ja lämpö Lestijärven kaukolämpöverkkoon. Sähköntuotantoon tullaan käyttämään kaasuturbiinia. Hintaluokaksi vastaavalle laitokselle Turos Team Oy arvioi 6 – 8 vuoden takaisinmaksuaikaa leasing-periaatteella. He eivät myy laitosta, vaan vuokraavat CHP-laitteiston asiakkaalle, jolloin investoinnit ja huollot ovat asiakkaalle ilmaisia. Leasing hinnaksi määräytyy prosenttiosuus laitoksen tuottamasta puhtaasta tuotosta. Sopimus tehdään vähintään 10 vuodeksi, jonka jälkeen asiakkaalla on mahdollisuus hankkia laitteisto itselleen. (Heimonen 2013.)

7.3.4 Ekogen Oy

Ekogen Oy on vuonna 2006 Lappeenrannassa perustettu CHP-voimaloita valmistava yritys. Yritys valmistaa pienvoimalaitosta, jonka energialähteenä toimii biomassa, kuten metsähake ja pelletti. Laitos perustuu biomassan suoraan polttoon, jossa kuumailmaturbiinia käytetään sähköntuotantoon. Yksikkö soveltuu kohteisiin, jossa lämpö ja sähkö voidaan hyödyntää yhtä aikaa. Laitos soveltuu esimerkiksi pienteollisuuskohteisiin, lämpöyrittäjille, maataloille sekä energiaverkosta riippumattomiin kohteisiin. Pienvoimalan avulla voidaan korvata fossiilisilla polttoaineilla tuotettua energiaa ja näin vähentää ilmastoa rasittavia hiilidioksidipäästöjä. Laitos hyödyntää lähienergiaa, jolloin tarvittava polttoaine saadaan paikallisesti ja myös prosessista saatu sähkö ja lämpö jäävät aluetalouden käyttöön. (Ekogen Oy 2013.)

Ekogen Oy valmistaa kontissa olevaa pienvoimalaitosta jonka lämpöteho on 300 kW ja sähköntuotantoteho 100 kW. Laitoksen vuosittainen sähköenergian tuotanto voi olla jopa 800 MWh sekä lämmöntuotanto kyky 2 500 MWh. Laitoksen italialaisvalmisteisen Turbec mikroturbiinin käyttökustannukset ovat huomattavasti edullisemmat ja luotettavuus varmempaa kuin vastaavan kokoisissa polttomoottoreissa. Energian turbiini saa kattilan palotilassa palavasta yli 1000 °C palokaasusta, joka lämmönvaihtimen kautta lämmittää kompressorilla paineistettua ilmaa. Ilma johdetaan turbiinin, jonka akselilla on generaattori ja taajuusmuunnin, jotka muuntavat liike-energian sähköenergiaksi. Ulkoisella poltolla varmistetaan turbiinin puhtaus ja luotettava toiminta. Polttoaineena voidaan käyttää pellettejä tai metsähaketta. (Ekogen Oy 2013.)

Sähköpostivastauksessa Ekogen Oy:ltä kerrotaan, että heille on valmistunut Taipalsaa-
relle, Lappeenrantaan syksyllä 2012 demolaitos jossa talvikauden 2013 aikaan on ajettu
testejä ja säädetty prosessia. Tulokset ovat heidän mukaansa olleet lupaavia. Polttoai-
neena laitoksessa on käytetty pellettejä, mutta kevään 2013 aikana on tarkoitus siirtyä
hakkeen käyttöön. Kehitteillä on myös uuden sukupolven demolaitos, jossa korjataan
nykyisessä laitteistossa olevia puutteita sekä yksinkertaistetaan toimintoja. Laitteisto
tulee olemaan kooltaan ja painoltaan myös nykyistä pienempi. Toimintaprosessi tulee
pysymään samana, samoin heidän käyttämä turbiini Turbec T100. Turbiini on heidän

mukaan osoittautunut luotettavaksi, helppokäyttöiseksi ja lähes huoltovapaaksi. Laitosta asiakkaalle suunniteltaessa tehdään kannattavuusselvitys, jolla varmistetaan tekninen ja taloudellinen soveltavuus. Laskennan lähtökohtana käytetään lämmönkulutuksen vaihtelutietoja, polttoaineen hintaa sekä tuotetun sähkön ja lämmön arvoa. Laskelman tuloksena selvitetään miten paljon laitoksella voidaan tuottaa myytävää energiaa, mihin hintaan ja paljonko tuottoja saadaan. Kannattavuuslaskelmista peritään maksu, joka palautetaan mahdollisen kaupan yhteydessä. (Koskelainen 2013.)

Heidän mielestään jo olemassa olevan biopolttoaineella toimivan kattilalaitoksen korvaaminen pienvoimalaitoksella ei ole yleensä taloudellisesti kannattavaa. Mutta jos nykyisen kattilan toimintaikä on lopussa tai tarkoitus on korvata fossiilisella polttoaineella toimiva kattila, kannattavuus on yleensä riittävä. Uuden teknologian investointeihin on lisäksi saatavissa jopa 40 %:n investointituki. (Koskelainen 2013.)

8 Tulokset

Saaduista CHP-laitteisto toimittajien vastauksista käy ilmi, että kaupallisten laitteistojen rakentaminen ja suunnittelu Suomessa on vielä alkuvaiheessaan. Joitain demolaitoksia on jo olemassa joiden tuotannon seuranta sekä tuotekehitystä tehdään koko ajan. Vallinnan varaa kuitenkin jo jonkin verran löytyy asiakkaan tarpeen mukaan.

Tällä hetkellä suurin laitevalikoima puun kaasutustekniikkaan perustuvassa lämmön tuotannossa löytyy Gasek Oy:ltä. Heiltä löytyy esimerkiksi Retrofit-tuotesarja, joka olisi integroitavissa Enon energiaosuuskunnan jo olemassa olevaan alakylän lämmitysjärjestelmään. Tulevaa tarvetta ajatellen heidän tarjoamansa puukaasuttimen kokoluokka, 500 kW – 1 MW olisi sopivan kokoinen. Lisäkustannukseksi muodostuu kuitenkin erillisen sähköntuotanto yksikön CHP 250 hankinta. Jos osuuskunta päätyy näiden kahden laitteen valintaan, on mahdollista, että laitteiden rakentamisvaiheessa voidaan yhdistää joitain rakenteellisia ominaisuuksia, jolloin myös hinta voi hieman laskea. Arvioiduksi

laittekustannukseksi Gasek Oy:n tarjoamalle laitekokonaisuudeksi muodostuu n. 600 000 €.

Seuraavaksi samassa kokoluokassa tarjouspyynnön mukaista laiteratkaisua tarjoaa Turros Team Oy. Niiden valmistamansa HKG BioNear -laitteisto Lestijärven energiaosuuskunnalle edustaa kokoluokassaan laitteistoa, joka olisi toteutettavissa myös Enon energiaosuuskunnalle. Laitteisto edustaa uutta teknologiaa, jossa hyödynnetään vedyn polttoa sähkö- ja lämpöenergiaksi. Yritys ei myy laitteitaan, vaan vuokraa niitä leasing-sopimuksella. Tällainen sopimus, jossa asiakkaan ei tarvitse investoida laitteisiin, eikä vastata huoltokuluista, on omiaan alentamaan asiakkaan kynnystä laitehankintaan. Vuokra-aika olisi osuuskunnalle vähintään 10 vuotta, jonka jälkeen laitteiston voi lunastaa itselleen. Ositus tapahtuu puhtaan tuoton perusteella tuottolaskurilla, josta 20 – 30 % jää osuuskunnalle ja loput 70 – 80 % laitetoimittajalle.

Ekogen Oy:n tarjoamassa laiteratkaisussa sähköntuotannon osuus on osuuskunnan laitteiden sähkönkulutusta ajatellen riittävä. Sitä vastoin osuuskunnan tarjouksessa esitetyn lämpöenergian suhteen tuotto jää hieman vähäiseksi. Yrityksen verkkosivuilla olevien teknisten ominaisuuksien mukaan, laitteisto käyttää Ariterm Multijet 700 kW porrassarinaa, joka pystyy antamaan vesikattilaan n. 300 – 350 kW lämmitystehoa (Ekogen 2013). Tiedotteen mukaan tämä vastaa vuodessa n. 2 500 MW:n lämmöntuotantokykyä. Tuo luku vastaa tällä hetkellä Enossa olevan yläkylän laitoksen vuosittaista lämmön myyntiä (Enon Energia 2013). Ekogen Oy:n CHP-laitteiston Ariterm Multijet 700 hyödyntää perinteistä arinapolttua, joka ei ole raaka-aineen suhteen niin vaativaa. Lisäksi sähköenergian tuotanto tapahtuu mikroturbiinilla, jonka toiminta on luotettavaa ja huoltojen suhteen kaasumoottoriin verrattuna vapaampaa.

Pelleteillä toimivan laitteistokokonaisuuden hinnaksi muodostuu n.550 000€. Rakenteilla on myös perinteiseen metsähakkeen polttoon perustava laitekokonaisuus, johon mukaan kuuluu oheiskattilan lisäksi valmis 120 m³ - 250 m³ hakesiilo, riippuen laitteiston asennuspaikasta. Täydellisen toimivan laitekokonaisuuden hinta, savukaasunpuhdistamiseen, arvioidaan Ekogen Oy:stä olevan n. 1 125 000 €.

Saaduista tarjouksista Volter Oy:n Volter 30 ja Volter 40 edustavat lämmöntuotannoltaan pienintä CHP-laitteistojen kokoluokkaa. Molempien laitteistojen sähköenergian tuotanto riittää kyllä tyydyttämään Enon energiaosuuskunnan sähköntarpeen, mutta lämpöenergian osalta niiden tuotto jää alhaiseksi. Laitteistojen konttiratkaisu antaa mahdollisuuden kytkeä useita laitteita samaan sarjaan lisätehoa tarvittaessa. Konttien yksittäinen lisääminen nostaa kuitenkin kokonaiskustannuksia suhteessa isompaan yksittäiseen tuotantolaitokseen. Osuuskunnan tulevaisuudessa tarvitseman vähimmäislämpö tarpeen mukaan Volter Oy:n CHP-laitoksia joutuisi hankkimaan 3 – 4 kpl. Pienin laitteisto Volter 30 hinta on n.150 000 € ja suuremman Volter 40 hinta n. 200 000 €. Hankinnan kokonaiskustannukseksi muodostuisi 600 000 €-800 000 €.

Taulukossa 13 on esitelty tarjouksiin vastanneiden yritysten esittämien laitosten sähkön ja lämmön tuotantokykyjä sekä laitekustannusluokkaa.

Taulukko 13. Yritysten esittämien CHP-laitosten energian tuotot ja kustannusluokka

Yritys	Lämmön tuotto	Sähkön tuotto	Laitekustannus
Gasek Oy	Retrofit 1000 1 MW	CHP 250 laitteella 50 kW	195 000 € + 395 000 € Yht. 590 000 €
Ekogen Oy	300 kW	100 kW	550 000 € - 1 125 000 €
Turos Team Oy	320 kW – 1,2 MW	120 kW-420 kW	Takaisinmaksuaika leasing periaatteella n.6 – 8 v.
Volter Oy	80 kW – 100 kW	30 kW – 40 kW	150 000 € - 200 000 €/kpl

9 Päätelmä

Yhteenvedona saaduista tarjouksista näyttäisi siltä, että osuuskunnan tarjouksen mukaisen n.1 MW:n kokoluokkaa olevan CHP-laitoksen pystyisi toimittamaan Gasek Oy sekä Turos Team Oy. Gasek Oy:n toimittama laitteisto perustuu puun kaasutukseen jossa toimivuuden edellytyksenä on hyvälaatuinen hake, jossa palakoon ja kosteusprosentin on oltava optimaalinen. Enon energiaosuuskunnan alakylän lämpölaitoksessa on tällä hetkellä koekäytettävänä Kiteen Konepaja Oy:n valmistama hakkeen kuivauslaitteisto. Jos laitteisto osoittautuu toimivaksi, jää se osuuskunnan käyttöön. Tässä tapauksessa CHP-laitteistolle voitaisiin ohjata kuivaa haketta, mutta ongelmaksi saattaisi siitä huolimatta jäädä laitoksessa käytettävän metsähakkeen koostumus. Osuuskunnan laitoksissa käytettävä hake koostuu osin myös latvusmassasta, josta valmistettu hake sisältää paljon erikokoisia partikkeleja. Ne saattaisivat aiheuttaa ongelmia puukaasuttimessa, joka toimiakseen kunnolla vaatii rakenteeltaan tasalaatuisen hakkeen. CHP-laitosta valittaessa tämä seikka on erityisesti huomioitava.

Turos Team Oy:n toimittava laitteisto edustaa tällä hetkellä alan edistyneintä energian tuotantotekniikkaa. Laitteiston toiminta perustuu vedyn polttoon, jonka prosessista sähkö ja lämpö muodostuvat. Laitos tullaan toimittamaan leasing-periaatteella, jolloin varsinaisia investointi- ja huoltokustannuksia ei synny. Osuuskunnan kannalta laitteisto edustaa kuitenkin vielä liian uutta tekniikkaa, jota koko ajan tuotekehityksen avulla tutkitaan. Laitteiston varsinaisesta toiminnasta ja tuotannosta on vielä niin vähän tietoa, että kannattaa jäädä tässä vaiheessa seuraamaan Lestijärven osuuskunnalle valmistuvan demolaitoksen tuloksia.

Volter Oy:n toimittamat laitteistot ovat kokoluokassaan Enon energiaosuuskunnan lämmönkäyttöä ajatellen pieniä ja vastaavasti laitekoon kasvattaminen tarjouspyynnön edellyttämään kokoon tuo lisää kustannuksia. Heidän toimittamat laitteistot toimivat puun kaasutustekniikkaan perustuen, jossa hakkeen laadulla, varsinkin sähköntuotannossa, on oltava optimi ominaisuudet kosteuden ja palakoon suhteen. Tässä mielessä

ongelmat ovat samoja kuin Gasek Oy:n toimittamissa laitteissa. Vaikka kosteus hakkeessa saataisiin osuuskunnan uudella hakkeen kuivatuslaitteistolla alle 20 %, jää ongelmaksi edelleen hakkeen palakoon hallinta.

Mielestäni osuuskunnan tarjouspyynnöstä hieman pienemmässä kokoluokassa oleva Ekogen Oy:n toimittama CHP-laitteisto vaikuttaisi perinteiseen hakkeen arinapolttoon perustuvana ratkaisuna tarjotuista vaihtoehdoista monipuolisimpina ja varmatoimisimpina. Laitteistossa oleva Aritem Multijet 700 -polttimen ominaisuuksiin kuuluu myös mahdollisuus käyttää pellettejä, jolloin se mahdollistaa CHP-tuotannossa monipuolisemman polttoaineen käytön. Laitteisto mahdollistaa polttimen vaihdon jälkeen periaatteessa myös kaasun tai öljyn käytön, jolloin sähköntuotanto on tulevaisuudessa mahdollista muuttaa toimimaan muillakin polttoaineilla. Ulkoiseen polttoon perustuvan laitteiston ominaisuuksiin kuuluu sähköntuotanto kuumailmaturbiinia käyttäen. Turbec T100 mikroturbiini on osoittautunut kaikissa testeissä luotettavaksi ja pitkien huoltovälien ansiosta kestäväksi ratkaisuksi. (Turbec 2013).

Saatujen tulosten perusteella näkisin, että Enon energiaosuuskunnan kannattaa tulevaa uutta hakekattilan hankintaa suunnitellessaan ottaa huomioon myös pienemmän kokoluokan ratkaisut. Enon energiaosuuskunnan vuoden 2011 toimintakertomuksen mukaan yläkylän laitokselta myytiin lämmityskauden 2.11.2010 – 11.4.2011 välisenä aikana lämpöenergiaa yhteensä 2 533 MW:n verran, joka vastaa laitoksen toimintavuosien aikaista keskiarvoa (Enon Energia 2013). Tuotantomäärä vastaa Ekogen Oy:n laitteistolle lupaamaa lämpöenergian tuotantomäärää 2500 MW/vuosi, jonka lisäksi laitos tuottaa myös sähköä 800 MW/vuosi (Ekogen Oy). Osuuskunnan ylä- ja alalaitosten yhteinen sähköenergian kulutus on ollut vuosittain n. 150 MW – 160 MW. CHP-laitoksen sähköntuotannosta on osuuskunnan mahdollista myydä sähköä valtakunnan sähköverkkoon n. 640 MW – 650 MW, jonka lisäksi säästöä syntyy omalle laitokselle tuotetusta sähköstä. Tästä johtuen Ekogen Oy:n toimittava laitteisto pystyy nykyisessä kokoonpanossaan korvaamaan osuuskunnan yläkylällä toimivan laitoksen lämmöntuotannon, sekä sähköntuotannollaan oman käytön lisäksi tuomaan osuuskunnalle tuloja sähköenergian myynnin kautta.

Yleensä uuden n. 1 MW:n hakekattilalla toimivan lämpölaitoksen kokonaiskustannukseksi tulee n.1 milj. euroa (Hassinen 2013). Ekogen Oy:lle tulevan hakkeella toimivan laitoksen kokonaishinnaksi arvioidaan muodostuvan n. 1 125 000 €, johon on mahdollista saada myös investointitukea (Motiva 2013 a). Kun laitteistojen tuotekehitys edistyy koko ajan ja tulevaisuudessa kun osuuskunnan hakekattila laajennus tulee ajankohtaiseksi, voi kyseisellä yrityksellä olla tarjota kokoluokassaan suurempaa ja edullisempaa vaihtoehtoa.

10 Loppusanat

Kaikilla tarjouspyyntöön vastanneilla CHP-laitetoimittajilla näyttää tuotesuunnittelu ja laitteistoratkaisut olevan vielä keskeneräistä. Joitain kaupalliseen tuotantoon olevia laiteratkaisuja on kaupan, mutta laitepuolella näyttää olevan vielä paljon tutkittavaa ja parannettavaa. Kaasutukseen perustuvissa CHP-laitteissa ongelmaksi muodostuu poltossa käytetyn raaka-aineen laatu. Toimiakseen hyvin, puukaasuttimessa käytetyn hakkeen palakoko tulee olla tasalaatuista. Myös hakkeen kosteusprosentin tulisi olla mieluummin alle 20 %. Suuremmissa hakelämmityslaitoksissa hakkeen laadulla ei ole polton suhteen niin suuria vaatimuksia, joten haketuksessa voidaan käyttää niin latvusmassaa kuin monen kokoista hakerankaa. Puun kaasutukseen perustuvassa sähköntuotannossa suurin ongelma on puukaasun epäpuhtaus. Huonosta polttoaineesta ja epätäydellisestä palamisesta johtuva kaasun terva ja ylimääräinen noki muodostuvat ongelmiksi polttomoottorien toiminnalle. Terva ja hienojakoinen noki pyrkivät tukkeuttamaan moottoreita ja suodattimia aiheuttaen ylimääräistä huollon tarvetta, sekä tuotannon katkoksia.

CHP-laitteiston hankinta on kehityksen tässä vaiheessa asiakkaalle kallis, vuosiksi eteenpäin vaikuttava investointi, joten sopivan CHP-laiteratkaisun valitseminen vaatii tarkkaa harkintaa. CHP-laitteistolla tulee olla tarpeeksi käyttötunteja, jotta investoinnista saadaan kaikki tarvittava hyöty. Käyttöastetta voidaan lisätä mitoittamalla laitteisto kaukolämpöverkoston lämpimän käyttöveden vaatiman tehon perusteella tai ohjaamalla kesäaikaan sähköntuotannossa syntyvä ylimääräinen lämpö hakkeen kuivatukseen.

Lähteet

- Bionova Oy. 2011. Varsinais-Suomen CHP-yhteistuotantomahdollisuudet. Lahti. Bionova Consulting.
- Bioenergiatieto. 2012. Kaasumoottori.
http://www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/energian_tuotanto/energiatuotannon_tekniikka/polttotekniikka_kaasumaisille_polttoaineille/kaasumoottori/. 5.1.2013
- Ekogen Oy. 2013.
<http://www.ekogen.fi/>. 3.4.2013.
- Energiaverkko. 2003. Yhdistetty sähkön ja lämmöntuotanto. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu ja Motiva Oy.
http://elearn.ncp.fi/materiaali/kainulainens/energiaverkko/energian_tuotanto/tuotantoprosessit/yhdistetty.htm. 31.1.2013
- Enon Energia. 2013.
<http://www.enonenergia.fi/>. 20.2.2013
- Fingrid. 2013. Voimansiirtoverkko.
<http://www.fingrid.fi/fi/yhtio/esittely/voimansiirtoverkko/Sivut/default.aspx>. 11.2.2013
- Finlex. 2010. Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta 1396/2010
- Gasek Oy. 2013.
<http://www.gasek.fi/>. 3.4.2013.
- Granö, U-P. 2010 a. Hajautettu energiantuotanto. Scribd. The World's largest online library. Dia 47. <http://www.scribd.com/doc/49586467/Hajautettu-energian-tuotanto-2010-FI-Ulf-Peter-Grano>. 7.1.2013
- Granö, U-P. 2011 b. ORC-kierron periaate. Jyväskylä. Jyväskylän yliopisto. Projektinfo 15.
- Haapakoski, J. 2013. Tarjous sähköntuotantoyksiköstä. Sähköpostiviesti. Jar-no.Haapakoski@volter.fi. 19.3.2013.
- Hassinen, U. 2013. Projektipäällikkö. Metsäkeskus. Puhelinkeskustelu.4.4.2013
- Havimo, M. 2012. Biohiilen raaka-aineet. Helsinki. Helsingin yliopisto. BalBic-projektijulkaisu.
- Heimonen, T. 2013. Tarjous sähköntuotantoyksiköstä. Sähköpostiviesti. Timo.Heimonen@turosteam.fi. 19.3.2013.

- Karjalainen, T. 2012. Pienmuotoisen lämmön ja sähkön yhteistuotanto tilannekatsauslaitteet ja niiden käyttöönotto.
http://www.motiva.fi/files/6677/Pien_CHP_raportti_final.pdf. 1.2.2013
- Konttinen, J. 2011. Pienikokoiset yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotantolaitokset. Tee-
mafoorumi. Joensuu. 28.11.2012
- Koskelainen, L. 2013. Tarjous sähköntuotantoyksiköstä. Sähköpostiviesti. Las-
se.Koskelainen@ekogen.fi. 14.3.2013
- Kotakorpi, J. 2010. Yleiset pientuotannon CHP-voimalaitoskonseptit. Tunturikeskuksen
Bioenergian käyttö.
[http://www.lapinbiotie.fi/static/content_files/Loppuraportti_Tunturikeskuk-
sen_Bioenergian_Kaytto.pdf](http://www.lapinbiotie.fi/static/content_files/Loppuraportti_Tunturikeskuk-
sen_Bioenergian_Kaytto.pdf). 31.1.2013
- Kärhä, K., Elo, J., Lahtinen, P. & Räsänen, T. 2009. Puupolttoaineiden saatavuus ja
käyttö Suomessa vuonna 2020. Metsätehon tulosalvosarja 9/2009.
[http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2
009_09_Puupolttoaineiden_saatavuus_ja_kaytto_kk.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2
009_09_Puupolttoaineiden_saatavuus_ja_kaytto_kk.pdf). 23.1.2013
- Lehto, I. 2011. Tekninen liite 2. Energiatallisuus.
http://energia.fi/sites/default/files/tekninen_liite_2_-_yli_50_kva.pdf.
13.2.2013
- Lähdevaara, H., Savolainen, V., Paananen, M. & Vanhala, A. 2010. Mailta ja man-
nuilta, soilta ja saloilta. Selvitys Keski-Suomen biomassakuljetuksen logis-
tiikasta. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisu 107.
- Mikkola, M. 2002. Vedyn mahdollisuudet energian tuotannossa. Aalto-yliopisto.
[http://tfy.tkk.fi/aes/AES/projects/renew/fuelcell/vetytulevaisuus/polttoken-
nojen_toiminta.html](http://tfy.tkk.fi/aes/AES/projects/renew/fuelcell/vetytulevaisuus/polttoken-
nojen_toiminta.html). 7.1.2013
- Motiva. 2012 a. Metsäpolttoaineet.
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/metsapolt-
toaineet](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/metsapolt-
toaineet). 30.3.2013
- Motiva.2012 b. Opas sähkön pientuottajille.
http://www.motiva.fi/files/5724/Opas_sahkon_pientuottajalle_2012.pdf.
12.2.2013
- Motiva. 2013 a. Uuden teknologian investointituet.
[http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat
_energiakatselmukset/katselmus-_ja_investointituet/investointituet](http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat
_energiakatselmukset/katselmus-_ja_investointituet/investointituet).
3.4.2013
- Motiva. 2013 b. Yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto.
[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampo-
_ja_voimalaitokset/yhdistetty_sahkon-_ja_lammontuotanto](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampo-
_ja_voimalaitokset/yhdistetty_sahkon-_ja_lammontuotanto). 22.1.2013

- Pekkarinen, M. 2010. Kohti vähäpäästöistä Suomea. Uusiutuvan energian velvoitepaketti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu.
http://www.tem.fi/files/26643/UE_lo_velvoitepaketti_Kesaranta_200410.pdf. 23.1.2013
- Rantamäki, H. 2013. Sähköpostiviesti. Sähkön hinnoittelu. Heikki.Rantamäki@pks.fi. 4.3.2013
- Sähkömarkkinalaki. 1995. Sähköntuotannon verkkopalvelumaksuja koskevat erityissäännökset 14 b § (624/2007)
- Termokoski Boilers Oy. 2013. Kuumaöljykattilat.
<http://www.termokoski.fi/kuumaoljykattilat.html>. 14.1.2013
- Tulli. 2013a. Energiavero. Sähkövero.
<http://www.tulli.fi/fi/yrityksille/verotus/valmisteverotettavat/energia/index.jsp>. 14.2.2013
- Tulli. 2013b. Tullin asiakasohje 18.
http://www.tulli.fi/fi/suomen_tulli/julkaisut_ja_esitteet/asiakasohjeet/valmisteverotus/tiedostot/018.pdf. 11.2.2013
- Turbec. 2013.
<http://www.turbec.com/index.asp>. 4.4.2013
- Turos Team Oy. 2013.
<http://www.turosteam.fi/>. 3.4.2013.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2012. Metsäalan strateginen ohjelma 2011–2015.
http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/metsapolttoaineet. 14.2.2013
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2013. Energiatiedotteet.
http://www.tem.fi/index.phtml?89519_m=109487&s=2471. 14.2.2013
- Vanhanen, J., Vartiainen, E. & Syrjänen, M. 2005. Selvitys sähköntuotantolaitosten sähkön siirtomaksuista. Gaia Group Oy.
http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Gaia_tuotannonsiirtomaksut_Loppuraportti_3-2005.pdf. 14.2.2013
- Volter Oy. 2013.
<http://www.volter.fi/>. 3.4.2013.
- Väänänen, T. 2013. Tarjous sähköntuotantoyksiköstä. Sähköpostiviesti. Tomi.Vaananen@gasek.fi. 28.3.2013.

Tervehdys

Minun nimeni on Tuomo Justander ja toimin Enon Energiaosuuskunnassa jäsenenä sekä hallituksessamme varapuheenjohtajana. Hallituksen puitteissa olemme käyneet keskusteluja osuuskunnan toiminnan tulevaisuudesta ja mahdollisista laajennushankkeista. Samassa yhteydessä on herännyt keskustelua myös siitä, voitaisiinko tämän investoinnin yhteydessä toteuttaa myös sähköntuotantoa osuuskunnan laitoksissa.

Enon energiaosuuskunta on Joensuun kaupungin Enon ja Uimaharjun taajamissa toimiva kaukolämpöä toimittava osuuskunta. Osuuskunnalla on omistuksessaan vuosina 2002 ja 2004 rakentamansa Enon alakylän sekä yläkylän lämpölaitokset sekä Uimaharjun taajamassa sijaitseva aluelämpölaitos. (<http://www.enonenergia.fi/node/9>)

Tällä hetkellä meillä on Enon kirkonkylän alakylän laitoksessa varavoimalana verkostoon kytketty 1 MW:n öljypolttimella varustettu kattila, jota olisi tarkoitus hyödyntää lämmön ja sähköntuotantoon. Visiona olisi hankkia puukaasutin, jonka tuotanto riittäisi tuon kattilan lämmittämiseen sekä kahden laitoksemme (yläkylä ja alakylä) sähköntuotannon tarpeisiin. Molemmat laitokset on yhdistetty v.2010 samaan lämpöverkkoon, jonka yhteydessä kaivantoon upotettiin mahdollista tulevaa sähkökaapelointia varten yhdysputki.

Millaista kaasutinta ja sähköntuotantoyksikköä ehdottaisitte, kun molempien laitosten yhteinen sähkönkulutus vuosittain on n. 150–160 MWh. Eli millainen kaasutin riittää antamaan kaasua tuon 1 MW:n kattilan lämmittämiseen sekä tuottamaan myös tarvittavan kaasun tuon sähkömäärän tuottamiseen. Valtiovallan toimesta ei ole järkevää oikein lähteä tuottamaan sähköä suurempia määriä, kuin mitä laitosten oma kulutus on.

Olisiko mahdollista saada varovaista koko- ja hinta-arviota puukaasuttimen osalta, mahdollisen kaasumoottorin, sekä sähköntuotantoyksikön kohdalta. Itse teen parhaillaan opinnäytetyötä CHP-laitoksista, joten aihe kiinnostaa myös työni kannalta.

Terveisin

Tuomo Justander

Enon energiaosuuskunta