

Matias Kyllönen

OMAKOTITALOKOKOLUOKAN MIKRO-CHP-LAITOKSET

OMAKOTITALOKOKOLUOKAN MIKRO-CHP-LAITOKSET

Matias Kyllönen
Opinnäytetyö
Syksy 2015
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, energiatekniikka

Tekijä: Matias Kyllönen

Opinnäytetyön nimi: Omakotitalokokoluokan Mikro-CHP-laitokset

Työn ohjaaja: Jukka Ylikunnari

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2015

Sivumäärä: 26 + 1 liite

Työ tehtiin Oulun yliopiston Oulun Eteläisen instituutin Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -tutkimusryhmälle. Työn aiheena on tulevaisuuden energiaratkaisu omakotitalokokoluokassa. Tavoitteena opinnäytetyössä on miettiä konsepti mikro-CHP-laitokselle, jossa höyrykone on lämpövoimakoneena pyörittämässä generaattoriin liitettyä akselia. Tavoitteena on tehdä mahdollisimman kompakti hyvin eristetty laitos tulevaisuuden omakotitalon energiatarpeen tyydyttämiseksi.

Työn on tehty tiedonhaulla internetistä ja keskusteluilla tilaajan ja ohjaavan opettajan kanssa. Työ alkoi perehtymisellä jo olemassa oleviin mikro-CHP-laitoksiin internetistä. Mikro-CHP-laitoksella tuotetaan sähköä ja lämpöä yhtä aikaa. Kyseessä on maksimissaan 50 kW teholla toimiva yhteistuotantolaitos.

Tuloksena saatiin mikro-CHP-laitoksen konsepti. Mikro-CHP-laitos sopisi hyvin tulevaisuuden hajautetun energiantuotannon laitokseksi, koska se on pienikokoinen ja polttoaineena käytettävää haketta on saatavilla metsästä lähes loputtomasti. Tulevaisuudessa älykkäiden verkkojen avulla laitoksen toimintaa voisi säädellä siten, ettei laitos toimisi koko ajan täydellä teholla. Tämä säästäisi polttoainekustannuksia.

Asiasanat: höyry, mikro-CHP-laitos, höyrykone

ALKULAUSE

Haluan kiittää toimeksiantajaa tutkimusjohtaja Kari Mäntyjärveä opinnäytetyön mahdollisuudesta sekä opinnäytetyöohjaajaa lehtori Jukka Ylikunnaria opastuksesta ja tuesta opinnäytetyön aikana. Lisäksi haluan kiittää kaikkia niitä, jotka ovat tukeneet minua opinnäytetyön etenemisen aikana.

Oulussa 1.10.2015

Matias Kyllönen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 CHP-LAITOS JA HÖYRYKONE	7
2.1 Höyry	7
2.2 CHP-laitos	7
2.3 Mikro-CHP-laitos	9
2.4 Höyrykone	9
3 NYKYAIKAISET MIKRO-CHP-LAITOKSET	13
3.1 Tarvittavat komponentit	13
4 HÖYRYKONEELLA VARUSTETTU MIKRO-CHP-LAITOS	15
4.1 Eriste	15
4.2 Energiamuodot	16
4.3 Paine ja lämpötila	17
4.4 Höyrykone	18
5 MIKRO-CHP-LAITOKSEN RAKENNE	20
6 POHDINTA	22
LÄHTEET	25
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilasi Oulun yliopiston alueyksikkö Oulun Eteläisen instituutti Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -tutkimusryhmä, joka keskittyy tulevaisuuden tuotantoteknologioiden ja mikroyrittäjyyden tutkimukseen ja kehittämiseen. Raportin aiheena on tulevaisuuden hajautetut energiaverkot, joissa voidaan tuottaa yhtä aikaa sähköä ja lämpöä. Tarkastelu tehdään omakotitalokokoluokassa(liite 1).

Suomessa tullaan tarvitsemaan aiempaa enemmän sähköä, koska Suomen sähköenergian tarve on lisääntynyt tasaisesti vuosien 1980 ja 2008 välillä (1.) KTM:n tutkimuksen mukaan vesivoimaa voidaan rakentaa enää niin, että nykytuotanto kaksinkertaistettaisiin (2). Uusiutuvat energialähteet tuuli- ja aurinkoenergia eivät ole vielä tarpeeksi tehokkaita, jotta niillä voitaisiin vastata tulevaisuuden energiatarpeeseen. Fossiiliset polttoaineet, hiili ja öljy, rasittavat ilmastoa, ja kalliiden investointien ja ympäristön riskitekijöiden vuoksi ydinvoimaa ei tulla rakentamaan lisää. Tämän takia olisi järkevää toteuttaa sähköntuotanto hajautetusti, koska tällöin ei tarvitsisi rakentaa suuria voimalaitoksia. Opinnäytetyö käsittelee mikro-CHP-laitosta, joka on yksi ratkaisu omakotitalokokoluokkaan.

Mikro-CHP-laitos mitoitetaan lämmöntarpeen mukaan, mutta sillä tuotettaisiin ohessa mahdollisimman paljon sähköä. Sähkön tuottamiseen käytettäisiin höyrykonetta, koska höyrykoneessa rakenne on yksinkertainen ja hinta on halpa verrattuna mikroturbiineihin.

Tarpeeksi tehokkaan mikro-CHP-laitoksen avulla olisi myös mahdollista päästä energiaomavaraiseksi. Olisi myös mahdollista tuottaa sähköä myyntiin, koska näin voitaisiin päästä tilanteeseen, jossa kulutettu ja ostettu sähkö olisi tasapainossa eikä kulutetusta sähköenergiasta tarvitsisi maksaa.

2 CHP-LAITOS JA HÖYRYKONE

2.1 Höyry

Aineella on kolme olomuotoa: kiinteä, neste ja kaasu. Höyry on kaasun olomuodossa olevaa vettä. Höyryllä on erilaisia tiloja, joita käytetään hyödyksi voimalaitos prosesseissa. CHP-laitoksissa tulistetusta höyrystä käytetään nimitystä tuorehöyry esimerkiksi paineessa 60 bar ja lämpötilassa 452 °C.(3.)

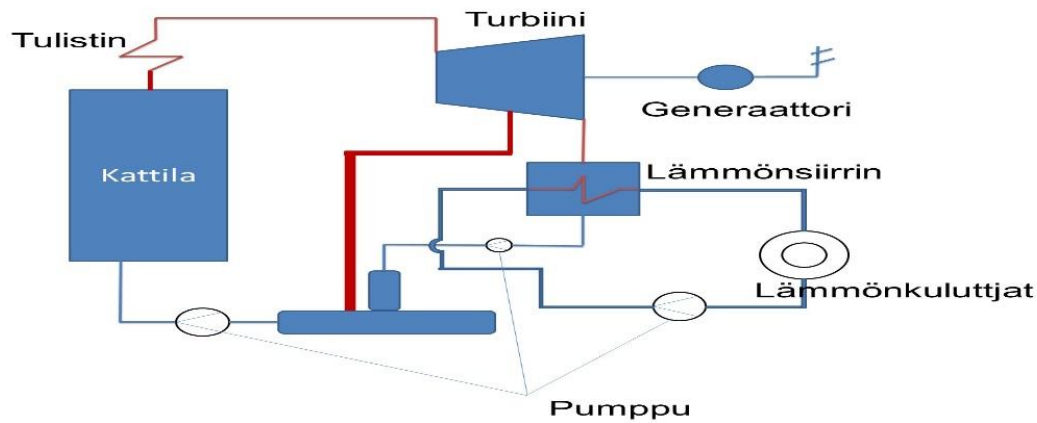
Alijäähdytetty neste tarkoittaa nestettä, jonka lämpötila on höyrystymislämpötilan alapuolella. Veden höyrystymislämpötila normaalissa ilmanpaineessa 1 014 kPa on 100 °C.(3.)

Neste-höyryseoksella tarkoitetaan tilaa, jossa vesi on sekä nestemäisessä että kaasuolomuodossa. Tätä tilaa voidaan kutsua myös kosteaksi höyryksi. Painetta muuttamalla saadaan neste höyrystymään, vaikka lämpötila pysyy vakiona. Nesteiden määrää höyryssä kuvataan kirjaimella x , jonka arvo on välillä 0 ja 1. Mitä lähempänä arvoa $x = 1$ ollaan, sitä vähemmän on höyryssä nestemäistä vettä (3.)

Kun kaikki neste on höyrystynyt, puhutaan kylläisestä höyrystä. Kun kylläisen höyryn lämpötilaa nostetaan edelleen, saadaan tulistettua höyryä. (3, s. 86–87.)

2.2 CHP-laitos

CHP on lyhenne englannin kielen sanoista combined heat and power. Kaikki voimalaitokset, jotka tuottavat sekä lämpöä että sähköä, ovat CHP-laitoksia. Oulussa tyypillinen esimerkki on Toppilan voimalaitos. Kaikki voimalaitokset, jotka tuottavat höyryn avulla sähköä, voidaan valjastaa tuottamaan lämpöä. Kuvassa 1 on esitettyä CHP-laitoksen toimintaperiaate. Höyryputket on kuvattu punaisella ja vesiputket sinisellä.



KUVA 1. CHP-laitoksen periaatekuva (3)

Kuvan 1 mukaan vesi höyrystetään kattilan vesivaipassa, minkä jälkeen höyry ohjataan tulistimeen. Tulistimessa höyryn lämpötilaa nostetaan, jolloin höyryyn saadaan lisää energiaa.

Tulistimen jälkeen höyry ohjataan turbiinille, jossa höyryn paine ja lämpötila laskevat ja osa höyryn energiasta saadaan muutettua turbiinia pyörittäväksi mekaaniseksi energiaksi. Turbiini on yhdistetty akselilla generaattoriin, joka tuottaa turbiinin pyörimisen avulla sähköä.

Turbiinin jälkeen höyry ohjataan lämmönsiirtimeen, jossa höyryn avulla lämmitetään kaukolämpövedä. Lämmönsiirtimen idea on myös lauhduttaa höyrystynyt vesi takaisin nestemäiseen olomuotoon. Tämän jälkeen syntynyt lauhde ohjataan syöttövesisäiliön kautta takaisin kattilaan. Tässä suljetussa kierrossa on tarkoitus muuttaa polttoaineen kemiallinen energia mekaaniseksi energiaksi.

Suomessa on järkevämpää tehdä CHP-laitoksia eikä esimerkiksi vesivoimalaitoksia, koska Suomessa ei ole merkittäviä korkeuseroja tai vuoria, joilla on jäätiiköitä. Sähköä ei voida tehdä tarpeeksi vesivoimalla, koska vesivoima tarvitsee suuren korkeuseron. Tämän takia Suomessa on järkevää tehdä sähkö polttokattiloiden ja höyryn avulla. Erityisesti suuret CHP-voimalaitokset mahdollistavat myös sähköntuotannon avulla tapahtuvan kaukolämmityksen. CHP-laitoksien hyötysuhde saadaan myös paremmaksi kuin esimerkiksi lauhdevoimalaitoksen. Lauhdevoimalaitoksen hyötysuhde on noin 44 %, kun CHP-laitoksen kokonaishyötysuhde on noin 90 %. (3, s.11.)

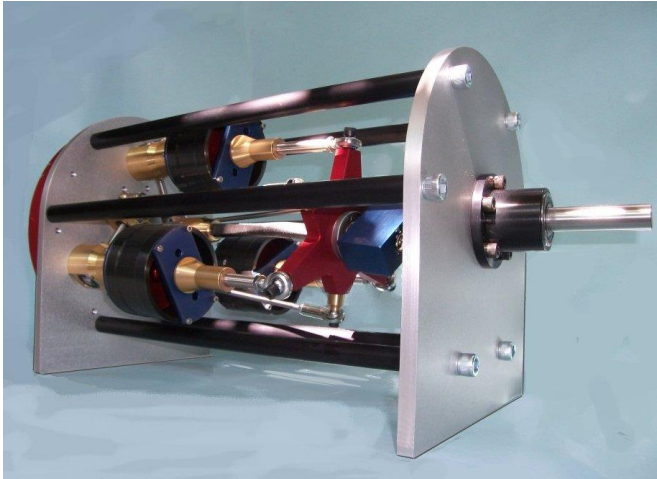
2.3 Mikro-CHP-laitos

Mikro-CHP-laitoksen koko on verrattavissa jääkaappi-pakastinyhdistelmään. Yleensä mikro-CHP-laitoksessa turbiinin paikalla on Stirling-kone. Koska höyrykoneen rakenne on huomattavasti Stirling-konetta yksinkertaisempi, se on mikro-CHP laitoksessa kustannustehokas valinta.

Mikro-CHP-laitos on sopiva vaihtoehto omakoti- ja rivitaloihin, joiden energiatarve on maksimissaan 50 kW (4). Mikro-CHP-laitos suunnitellaan aina lämmöntarpeen näkökannalta ja sähköntuotanto tulee sivutuotteena. Kesällä mikro-CHP-laitoksesta tulee hukkalämpöä, koska patteriverkkoa ei tarvitse lämmittää eli kesällä lauhdutus tapahtuu esimerkiksi käyttövetä lämmittämällä.

2.4 Höyrykone

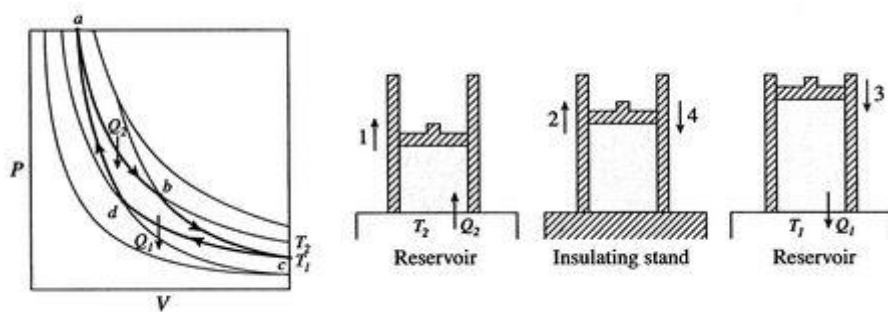
Ensimmäiset teollisen ajan höyrykoneet tulivat käyttöön 1700-luvun alussa. James Watt lisäsi ulkoisen lauhduttimen höyrykiertoon ja ensimmäinen höyrykoneella varustettu auto tuli markkinoille 1769. (5.) Teollinen vallankumous Iso-Britanniassa käynnistyi, koska kivihiltä polttamalla höyrykoneella pystyttiin tuottamaan tehtaisiin sähköä(6). Kuvassa 2 on nykyaikainen, kolmisylinterinen höyrykone.



KUVA 2. Nykyaikainen höyrykone (7)

Lämpövoimakoneet tarvitsevat aina kiertosysteemin. Tarkastellaan tarkemmin Carnot-kiertoa ja Rankine-kiertoa.

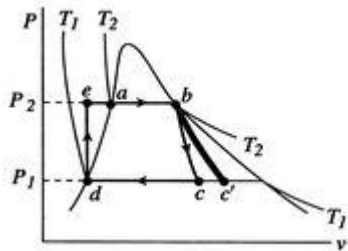
Kuvassa 3 esitetty Carnot-kierto on palautuva nelivaiheinen ideaalinen prosessi. Kierron aikana aine pysyy kaasuolomuodossa. Prosessin alussa vaiheessa c–d kaasua puristetaan, jolloin kaasu lämpötila T_1 nousee lämpötilaan T_h , lisäämättä kaasuun lämpöenergiaa. Vaiheessa d–a kaasu laajenee siten, että lämpötila ei muutu. Kaasuun tuodaan lämmönsiirtimestä saatua lämpöenergiaa. Vaiheessa a–b kaasu jatkaa laajenemistaan, kunnes saavuttaa uudelleen lämpötilan T_c . Vaiheessa b–c kaasu puristetaan prosessin alkutilaan.(8.)



KUVA 3. Carnot-kierto (9)

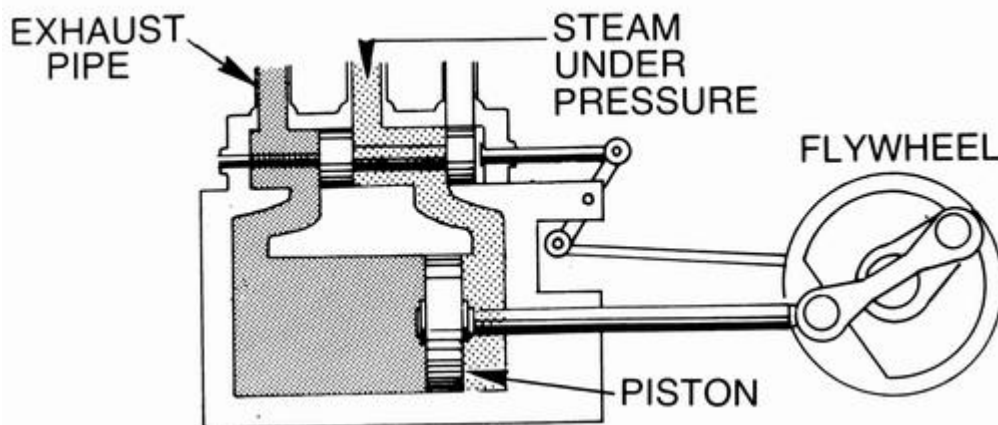
Carnotin-kierrossa aine on ainoastaan kaasuolomuodossa. Tämä ei kuvaa hyvin CHP-kierron tapausta. Rankine-kierto kuvaa paremmin CHP-kierron.

Kuvassa 4 esitetty Rankine-kierto kuvaa nesteen muuttumista kaasuksi ideaali-prosessissa. Ensimmäisessä vaiheessa d–e alijäähtynyt vesi paineistetaan pum-pun avulla. Vaiheessa e–a paineistettu vesi pumpataan kattilaan. Vaiheessa a–b alijäähtynyt vesi muuttuu kylläiseksi höyryksi. vaiheessa b–c höyry paisuu kul-keutuessaan lämpövoimakoneen läpi. Vaiheessa c–d höyry lauhdutetaan alku-lämpötilaan.(9.)



KUVA 4. Rankine-kierto(9)

Toiminnaltaan höyrykone on yksinkertainen. Kattilan vesivaipasta tuotettu höyry liikuttaa mäntää edestakaisin ja mäntä on kytketty akseliin. Männän liike liikuttaa myös venttiiliä, joka päästää höyryn vuoron perään männän vastakkaisille puolille ja näin saadaan aikaan edestakainen liike, jota tarvitaan akselin pyörivän liikkeen aikaan saamiseksi. Männässä kiinni oleva akseli pyörittää generaattoria. Höyry-ventureissa männät oli kiinnitetty suoraan veturin rattaisiin. Kuvassa 4 on esitetty höyrykoneen toimintamekanismi.



KUVA 4. Höyrykoneen toimintamekanismi (10)

Höyrykoneella pyritään muuttamaan höyryn lämpöenergia mekaaniseksi energiaksi (4). Nykyään suurissa teollisuuden CHP-laitoksissa käytetään turbiineita höyrykoneen sijasta sähköntuottamiseen niiden paremman hyötysuhteen vuoksi. Mikro-CHP-laitokseen mikroturbiini on liian kallis ja hankalasti valmistettava ratkaisu. Höyrykone valitaan mikro-CHP-laitokseen myös sen takia, että mikro-CHP-laitoksessa tuotetaan lähtökohtaisesti lämpöä ja sähkö saadaan sivutuotteena. Modernit höyrykoneet ovat kooltaan aikaisempaa pienempiä. Nykyään höyrykoneessa voidaan sähköventtiilien avulla ohjata höyryn pääsyä koneeseen.

3 NYKYAIKAISET MIKRO-CHP-LAITOKSET

Sähkön ja lämmön yhteistuotantoa on perinteisesti ollut vain voimalaitoskokoluokassa. Vasta viime vuosina on teknologia saatu riittävän pieneksi ja käytännölliseksi, jotta CHP-laitos on voitu tuoda omakotitalokokoluokkaan. Polttoaineena voidaan käyttää pellettiä, öljyä, maakaasua ja jätettä. 3,3 kuutiota pellettiä vastaa yhtä kuutiota kevyttä polttoöljyä. (11.) Mikro-CHP-laitoksella tuotettu energia on myös ilmastoystävällisempää kuin suurissa voimalaitoksissa hiilellä tai öljyllä tuotettu energia.

3.1 Tarvittavat komponentit

Mikro-CHP-laitoksen toimintaperiaate ei muutu verrattuna suurempiin CHP-laitoksiin. Komponentit ovat ainoastaan pienemmässä kokoluokassa. Ainoa suuri ero on se, että sähkö tuotetaan turbiinin sijaan Stirling- tai tässä tapauksessa höyrykoneella. Muut tarvittavat komponentit käydään läpi tässä luvussa.

Höyrykattila

Höyrykattiloita koostuu tulipesästä, tulistimesta, höyrystimestä, ekonomaiserista ja luvosta. Ekonomaiserilla tarkoitetaan syöttöveden syöttöveden esilämmitintä, jolla kattilaan pumpattavan veden lämpötilaa nostetaan lähemmäs höyrystymispistettä. Luvolla lämmitetään palamisilmaa.

Lämpövoimakone

Lämpövoimakoneella tarkoitetaan turbiinia, höyrykonetta tai Stirling-konetta. Lämpövoimakoneella pyritään muuttamaan lämpöenergia mekaaniseksi energiaksi. Opinnäytetyön mikro-CHP-laitoksessa hyödynnetään höyrykonetta sähkön tuottamiseen.

Lämmönsiirrin

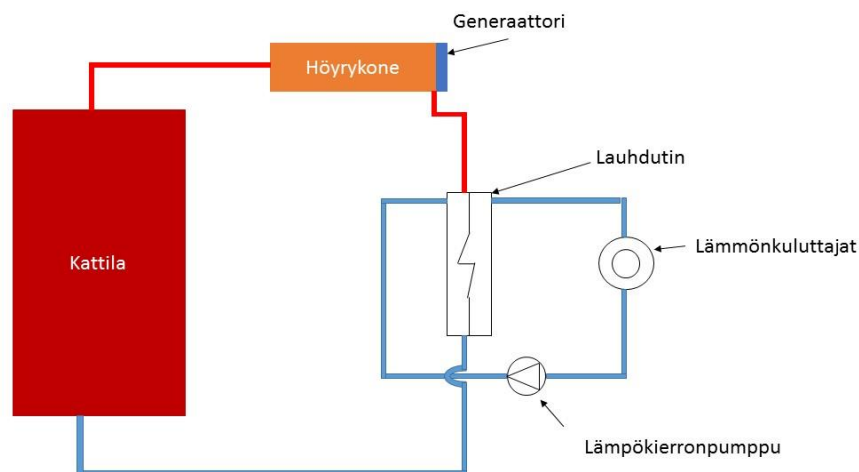
Lämmönsiirrin siirtää lämpöä kattilan vesipiiristä patteriverkoston ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. Mikro-CHP-laitoksessa höyrykoneelta tulee höyryä, joten mikro-CHP-laitokseen sopii ainoastaan höyry-vesilämmönsiirrin. Lämmönsiirtimellä lämpövoimakoneelta tuleva höyry jäädytetään takaisin vedeksi, eli lauhdutetaan ennen kattilaan pumppaamista (12, s. 10).

Pumppu

Pumppu luo tarvittavan paine-eron systeemiin, jotta vesi eri olomuodoissaan pystyy kiertämään.

4 HÖYRYKONEELLA VARUSTETTU MIKRO-CHP-LAITOS

Tässä luvussa tarkastellaan, mitä muuta tarvitaan energiatehokkaan mikro-CHP-laitoksen valmistamiseen. Höyrykoneella varustettu mikro-CHP-laitos ei juurikaan poikkea muista mikro-CHP-laitoksista, koska höyrykoneen lisäksi järjestelmässä ei ole muuta lämpövoimakonetta. Tämän pohjalta on helppo piirtää kytkentäkaavio. Kuvassa 5 on esitetty höyrykoneella varustettu mikro-CHP-laitoksen kytkentäkaavio. Kuvassa 5 höyryputket on kuvattu punaisella ja vesiputket sinisellä.



KUVA 5. Mikro-CHP-laitoksen prosessikaavio

4.1 Eriste

Ideana olisi tehdä mahdollisimman kompakti, hyvin eristetty systeemi. Tämä tarkoittaa sitä, ettei lämpövuotoja olisi juuri lainkaan ja systeemiä pystyttäisiin ajamaan mahdollisimman pienellä vesimäärällä. Eristeenä voidaan käyttää esimerkiksi tyhjiöeristystä (13.) Tyhjiöeriste olisi tähän tarkoitukseen hyvä vaihtoehto, koska tyhjiöeristeellä on paljon parempi eristävyys kuin muilla eristemateriaaleilla. (13.)

Mikro-CHP-laitoksen putket eristetään siten, ettei lämpö pääse karkaamaan ympäristöön. Kaappi, johon mikro-CHP-systeemi tulee, voidaan uloimpana eristemateriaalina käyttää mainittua tyhjiöeristettä, koska systeemistä halutaan mahdollisimman hyvällä kokonaishyötysuhteella energiaa ulos. Kuvassa 6 tyhjiöeriste on oikeanpuoleisin ja metallin värinen.



KUVA 6. Tyhjiöeriste oikealla

Moderneilla eristysmateriaaleilla mikro-CHP-laitoksesta on mahdollista saada energiatehokas, hyvällä hyötysuhteella toimiva kilpailukykyinen ehdokas energiatuotantoon tulevaisuuden pienkohteisiin, joihin kuuluu esimerkiksi omakotitalo.

4.2 Energiamuodot

Sähkö tuotetaan höyrykoneen ja generaattorin avulla. Tällöin tarvitaan mekaanista energiaa, jota saadaan, kun polttoaineessa, tässä tapauksessa hakkeessa, oleva kemiallinen energia muuttuu poltettaessa lämmöksi ja lämmittää veden kiehumispisteeseen ja edelleen höyryksi. Höyry toimii höyrykoneen käyttöaineena, ja näin ollen useampivaiheinen kone saadaan pyörittämään akselia, joka on liitetty generaattoriin.

Höyrykoneen jälkeen höyryssä on jäljellä lämpöenergiaa, joka pitää jollakin tavalla saada lauhdutettua takaisin nesteeksi. Lauhdutus tapahtuu yleensä lämmönsiirtimessä, joka siirtää lämmön omakotitalon patteri- ja käyttöveden lämmitykseen. Tässä tapauksessa lämmönsiirtimen tulee olla höyry-vesilämmönsiirrin.(3.)

4.3 Paine ja lämpötila

Kattilan paine on 9–13,8 bar, tämä riittää hyvin höyrykoneelle (14; 15). Kuvassa oleva kattila on teholtaan 35 kW ja nominaalipaine 9 bar (14). Höyrykoneen käyttöpaine voidaan katsoa suoraan höyrykoneen teknisistä tiedoista. Kuvassa 6 on esimerkki mahdollisesta höyrykattilasta.



KUVA 6. Höyrykattila (12)

Höyryn paine pystyy pyörittämään systeemiä, joten ylimääräistä pumppua ei tarvita. Esimerkiksi kolmevaiheinen höyrykone (15), jonka maksimi käyttöpaine on 13,8 bar. Yllä oleva 9 barin painetta tuottava kattila olisi täysin riittävä ratkaisu.

Höyrykoneeseen menee 180 °C höyryä (14). Höyry lauhdutetaan takasin vedeksi. Lauhdutus onnistuu omakotitalon lämmitysvesikierron ja lämpimän käyttöveden lämmityksen avulla.

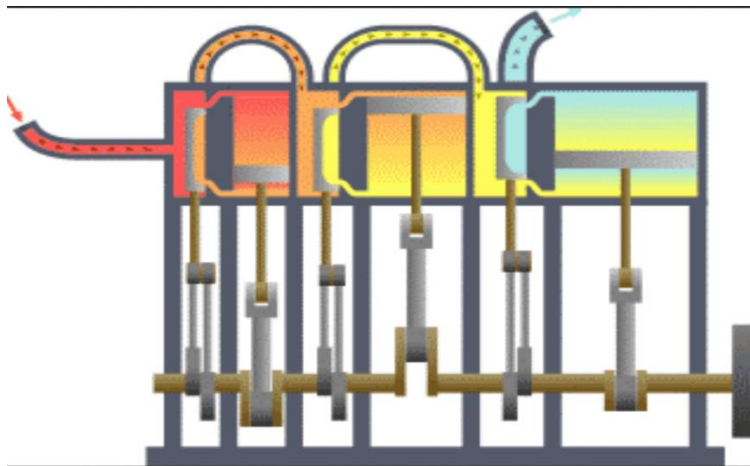
4.4 Höyrykone

Höyrykoneen tulee tässä tapauksessa olla pienikokoinen ja käyttöä kestävä. Kaikki höyrykoneet toimivat samalla periaatteella, mutta nyt tarkastellaan mäntähöyrykonetta ja pyritään miettimään, montako vaihetta antaa parhaan tuloksen ja millaisella paineella systeemi toimii. Valintaan vaikuttaa myös se, kuinka helppo höyrykone on valmistaa laboratorioissa koekäyttöön, jolloin höyryn voisi korvata esimerkiksi paineilmalla. Rakenteeltaan höyrykoneen tulisi olla sellainen, joka pyörittää akselia ja akselin pyöritäessä generaattoria syntyisi sähköenergiaa.

Mäntä höyrykoneita on olemassa yksivaiheisesta monivaihekoneisiin. Yleisimmät ovat yksi-, kaksi- ja kolmevaiheiset koneet (16).

Kolmivaiheisessa höyrykoneessa on kolme mäntää, jotka keskenään eri taidissa pyörittävät akselia. Mäntien halkaisijat suurenevat progressiivisesti. (16.)

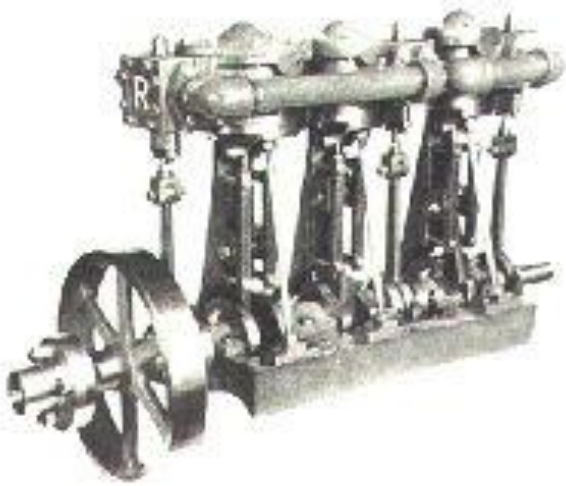
Kuvassa 8 on kolmevaihehöyrykoneen rakenne.



KUVA 8. Kolmivaiheinen höyrykone(16)

Kolmivaiheratkaisulla olisi helppo nostaa höyrykoneen kokonaishyötysuhdetta, koska höyry kulkee kolmen eri sylinterin läpi eri paineessa.(16.)

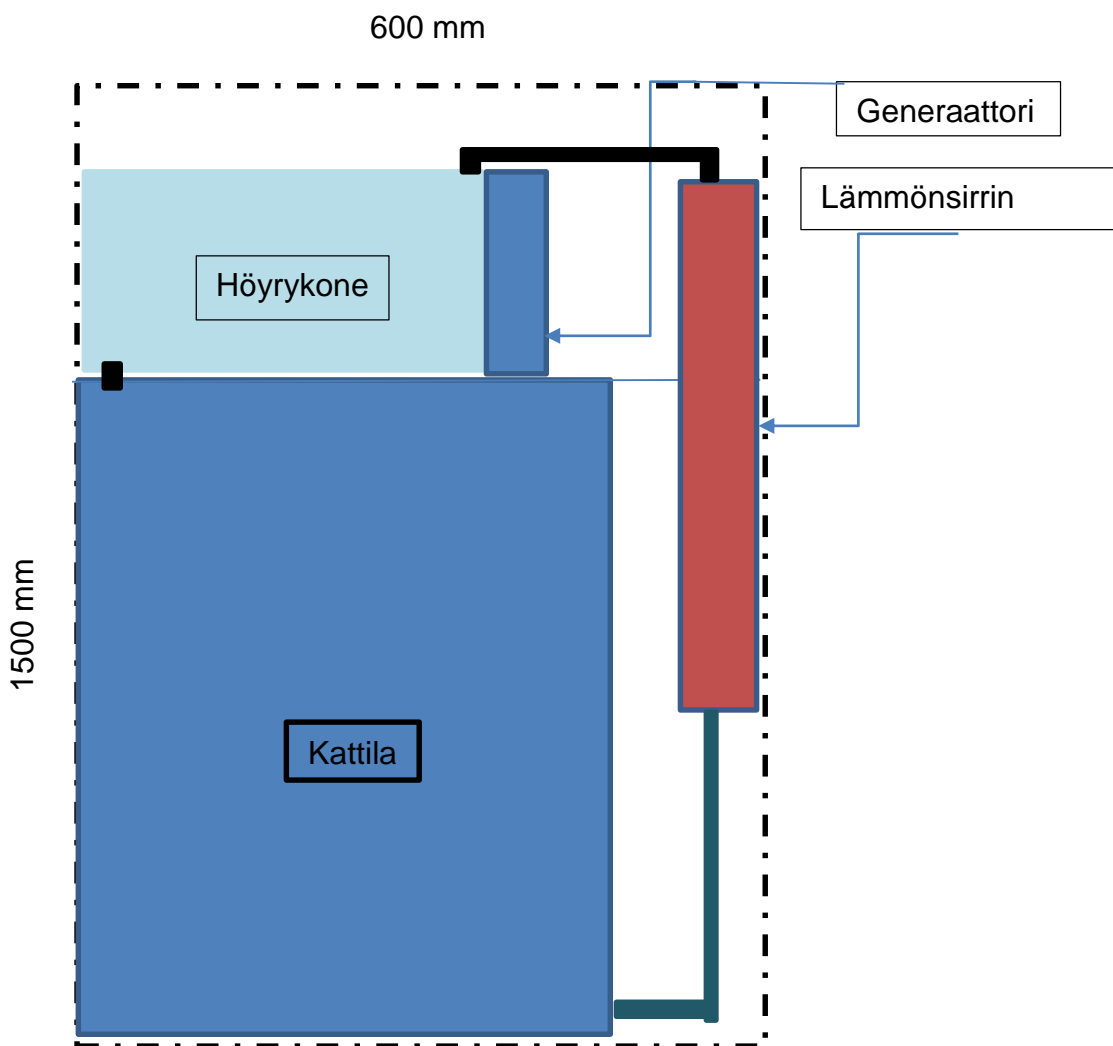
Höyrykone, joka sopisi, voisi esimerkiksi olla 7 hp kolmivaiheinen höyrykone (15). Höyrykone tuottaa sähköä 5,3 kW teholla ja on kestävä, koska on ensisijaisesti tarkoitettu laivan ruumaan. Kuvassa 9 on kolmivaiheinen 5,3 kW:n tehoinen höyrykone.



KUVA 9. Kolmivaiheinen höyrykone (15)

5 MIKRO-CHP-LAITOKSEN RAKENNE

Tässä luvussa mietitään, miltä mikro-CHP-laitos voisi näyttää sisältä. Edellisissä luvuissa on käyty läpi tarvittavat komponentit ja eristeet, ja nyt havainnollistetaan piirrosten avulla, millainen ratkaisu voisi esimerkiksi olla. Kuvassa 9 on esitetty sivulta, mitä komponentteja tarvitaan ja miten ne voidaan sijoittaa. Kuvassa mustat paksut viivat ovat höyryputkia ja vesiputkia.

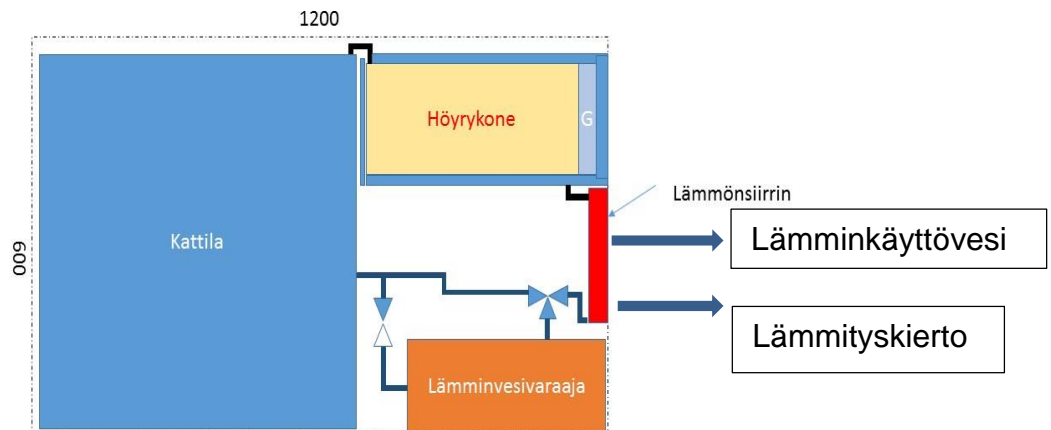


KUVA 9. Mikro-CHP-laitoksen sijoituskuva sivulta

Kuvaan ei ole piirretty sähköjohtoja, koska ne eivät ole tässä oleellisia. Kuvassa ei ole mahdollisesti tarvittavaa lämminvesivaraajaa, jota voidaan tarvita, koska lämmönkulutus ei asunnoissa ole tasaista.

Kuvan mukaisen mikro-CHP-laitoksen mitat ovat 600 x 600 x 1 500. Tämän kokoinen laitos mahtuu esimerkiksi kaukolämmönjakohuoneeseen. Ei tarvitse rakentaa uutta erillistä huonetta, jotta mikro-CHP-laitos voidaan sijoittaa kotiin.

Mikro-CHP-laitos on myös mahdollista kääntää lappeelleen. Silloin se voi olla leveämpi kuin pystyssä oleva malli. Suurempi tila mahdollistaa myös lämminvesivaraajan, johon ylimääräinen lämmin vesi saadaan suoraan lämmönsiirtimeltä. Venttiilien avulla voidaan säätää sitä, kuinka paljon vettä kulkee höyrykierrossa. Mitat olisivat esimerkiksi 600 x 1 200 x 1 500. Kuvassa 10 on esitetty laitoksen kaavakuva ylhäältä katsottuna. Höyryputket ovat kuvattu kuvassa mustalla ja vesiputket tummansinisellä.



KUVA 10. Lappeellaan oleva mikro-CHP-laitos

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millaisia ovat nykyiset mikro-CHP-laitokset ja voisiko höyrykone toimia lämpökoneena. Tuloksena saatiin mahdollinen konsepti ja miltä laitos voisi näyttää sisältä. Erillistä kiertopumppua laitoksen sisällä ei tarvita, koska höyrykoneessa paine laskee ja systeemi pyörii ilman pumppua.

Mikro-CHP-laitokseen on saatavana kaikki osat, mutta useampivaiheisen höyrykoneen löytäminen voi olla hankalaa, koska lämpövoimakoneena käytetään turbiinia, varsinkin suurissa laitoksissa. Mikro-CHP-laitoksessa on yleensä lämpövoimakoneena Strirling-kone. Höyrykoneen tekniikka on yksinkertaisempi kuin Stirling-koneen ja valmistuskustannus halvempi kuin mikroturbiinin, joten on järkevää tuottaa sähkö höyrykoneella. Tilaaja halusi monivaiheisen höyrykoneen, koska hyötysuhde on sitä parempi, mitä enemmän vaiheita tekee työtä. Höyrykoneen voi tehdä laserhitsauksella käyttämällä sopivia olemassa olevista osia.

Mikro-CHP-laitos on erittäin hyvä ja kompakti ratkaisu tulevaisuuden hajautetun energiantuotantoon. Oulussa uudet asuinalueen voisivat olla laboratorioita hajautetun energian kokeilemiseen. Hajautetun energiantuotannon avulla voidaan myös päästä irti suurista voimalaitoksista, koska suurin osa sähköstä ja lämmöstä tehtäisiin kotona. Hajautettu energiantuotanto ratkaisisi myös sähkön ja lämmönsiirron ongelmia, koska energiantuotanto olisi lähellä eikä pitkiä ja kalliita kaukolämpöputkia tarvitsisi rakentaa. Sähkölinjat olisivat talojen sisällä, eikä puiden kaatuminen linjojen päälle aiheuttaisi laajoja sähkökatkoja.

Tulevaisuudessa älykkäät verkot mahdollistavat kodinkoneiden säätämisen internetin kautta. Mikro-CHP-laitos voisi oppia käyttäjänsä sähkönkulutuksen ja lämmöntarpeen kulutuspiikit ja näin ollen säätää sähkön- ja lämmöntuotantoa. Tämä säästää polttoainetta, jolloin polttoainekustannukset eivät nousisi suuriksi. Sähkön kulutuspiikit ovat aamulla ja illalla, koska näinä aikoina käytetään paljon sähköä kuluttavia laitteita. Aamulla keitetään kahvia, kuivataan tukkaa ja talvella auton moottoria pitää lämmittää. Illalla käydään saunassa, jossa saunankiuas

kuluttaa paljon sähköenergiaa. Mikro-CHP-laitos tuottaa energiaa koko ajan, joten tarvitaan akusto varaamaan ylimääräinen sähkö, jotta voidaan tehdä ilman sähköön ostamista edellä kuvatut asiat. Varsinkin talvella kahvinkeitin ja autonlämmitys kuluttavat yhteensä 1 830 W. Tehoa kuluu näihin kahteen kolmasosa höyrykoneen tehon 5,3 kW:sta.

Illalla kotiin laitetaan sauna päälle. Saunankiuas, joka on suunniteltu 10 m³:n kokoiseksi, tarvitsee tehoa 6,9 kW. Höyrykoneelta saatava teho ei riitä kiukaan lämmittämiseen, joten akkuihin päivän aikana kertynyt sähköenergia auttaisi tässä tilanteessa, eikä sähköenergiaa tarvitse ostaa ulkopuolelta. Ekologisesti mikro-CHP-laitoksen kanssa saunaan kiukaaksi sopisi puulämmitteinen kiuas, koska polttoaine olisi valmiina ja sitä olisi helposti saatavissa.

Koska mikro-CHP-laitos on päällä koko ajan, syntyy ylimääräistä sähköenergiaa. Generaattoriksi voidaan valita tasavirta- tai vaihtovirtageneraattori. Jos valitaan tasavirtageneraattori, tarvitaan tasavirta-vaihtovirtamuunnin eli invertteri, joka muuntaa tasavirran vaihtovirraksi. Sähkön tulee olla vaihtovirtamuotoista, koska valtakunnan verkko on vaihtovirtamuotoista kolmivaihevirtaa. Ylijäämä-sähkö voidaan myydä valtakunnan verkkoon. Tarvittaessa valtakunnan verkosta ostettu sähkö ei maksaisi mitään, koska sähköä on myyty yhtä paljon.

Polttoaineena käytetään haketta, jota on saatavissa Suomen luonnosta. Suomi voi päästä energiaomavaraiseksi ja päästä irti fossiilisista polttoaineista kuten öljystä. Hakkeen sekaan voisi myös silputa jätettä, koska jäte koostuu pääasiassa muovista. Muovin rakenteessa on öljyä, jonka lämpöarvo on hyvä. Jätettä on myös saatavilla koko ajan, koska kierrätettäessä muovipakkaukset täytyy lajitella erikseen. Jos muovia käytettäisiin polttoaineena, tarvittaisiin suodattimia, jotka keräävät muovin poltosta aiheutuvat päästöt.

Höyrykoneesta tuleva höyry lauhdutettaisiin takaisin nesteeksi höyry-vesilämmönsiirtimessä. Lämmönsiirrin siirtäisi höyrystä saadun lämmön kodin patteriverkkoon. Samalla lämmitettäisiin lämmin käyttövesi. Hukkalämpöä syntyy ke-sällä, koska ei tarvitse pitää pattereita päällä lämpimän ulkolämpötilan takia. Kesällä lämpö ohjattaisiin lämpimän käyttöveden lämmitykseen ja polttoaineen kui-

vattamiseen talvea varten. Talvella, kun patteriverkko ja lämminkäyttövesi tarvitsevat enemmän lämpökapasiteettia, ongelma ei ole niin suuri kuin kesällä. Jos talvella on kuitenkin ylimääräistä lämpöä, sen voisi johtaa autolle vievän pihakivetyksen alle, joka pysyisi sulana

LÄHTEET

1. Tilastot ja julkaisut.2015. Helsinki. Energiateollisuus ry. Saatavissa: <http://energia.fi/tilastot-ja-julkaisut>. Hakupäivä 14.9.2015.
2. VESIVOIMATUOTANNON MÄÄRÄ JA LISÄÄMISMAHDOLLISUUDET SUOMESSA. 2005. Helsinki. Kauppa- ja teollisuusministeriö. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/files/700/vesivoimatuotannon-maara-ja-lisaamismahdollisuudet-suomessa.pdf>. Hakupäivä 14.9.2015.
3. Huhtinen, Markku Kettunen – Arto Nurminen – Pasi Pakkanen – Heikki. 2005. Höyrykattilatekniikka. Edita.
4. Micro combined heat and power. 2015. Wikipedia. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Micro_combined_heat_and_power. Hakupäivä 1.9.2015.
5. Höyrykone. 2015. Wikipedia. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6yrykone>. Hakupäivä 4.3.2015.
6. Teollinen vallankumous.2015. Wikipedia. Saatavissa: http://fi.wikipedia.org/wiki/Teollinen_vallankumous. Hakupäivä 2.3.2015.
7. Green Steam Engine®. 2015. Robert Green. Saatavissa: <http://www.greensteamengine.com/>. Hakupäivä 23.9.2015.
8. 2015 Moran, Michael J. – Shapiro, Howard N. – Boettner, Daisy D.– Bailey, Margaret B. 2012. Principles of Engineering Thermodynamics. 7th edition. SI version. John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd..
9. Rankine Power Cycles. 2015. E. M. Greitzer – Z. S. Spakovszky – I. A. Waitz. Saatavissa: <http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node65.html>. Hakupäivä 4.5.2015.
10. Steam Engines.2015. Saatavissa: <http://4mechtech.blogspot.fi/2013/12/steam-engines.html>. Hakupäivä 28.9.2015.

11. Energia-arvo ja muuntokertoimet. 2015. © Bioenergianeuvoja.fi. Saatavissa: <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/pelletti/pelletti/>. Hakupäivä 1.9.2015.
12. OMAKOTITALOKOKOLUOKAN LÄMPÖÄ JA SÄHKÖÄ TUOTTAVAT RATKAISUT.2013. Anton Pelttari. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/53595/Pelttari_Anton.pdf?sequence=1. Hakupäivä 1.9.2015
13. Tyhjiöeriste. 2010. Vicover Oy. Saatavissa: <http://www.vicover.fi/tyhjiöeristeet-2>. Hakupäivä 27.8.2015.
14. Ångpanna. 2015. B2 Ånga. Saatavissa: <http://breeding.nu/angpanna/>. Hakupäivä 31.8.2015.
15. Reliable Steam Engine Co. 2015. Reliable Steam Engine Co. Saatavissa: <http://www.reliablesteam.com>. Hakupäivä 1.9.2015.
16. Compound steam engine.2015. Wikipedia. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Compound_steam_engine. Hakupäivä 2.9.2015.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä _____

Tilaaja _____

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot _____

Työn nimi _____

Työn kuvaus _____

Työn tavoitteet

Tavoiteaikataulu _____

Päiväys ja allekirjoitukset _____
