



## Pienempiä CHP- yksiköitä

Monet pienemmät lämmöntuottajat sekä energiaosuuskunnat pohtivat sopivia vaihtoehtoja sekä sähkön että lämmön tuottamiseksi paikallisesti pienemmissä yhdistetyissä laitoksissa (CHP). Voimakkaasti nousseet öljyn sekä sähkön hinnat ovat nopeuttaneet kehitystä sekä suunnittelua kohti korkeampaa paikallista omavaraisuutta. Paikallisia polttoaineraaka-aineita voidaan hyödyntää paremmin lämmitykseen sekä lisäksi sähköntuotantoon pienemmissä yksiköissä.

### Erilaisia tekniikoita nousee esille

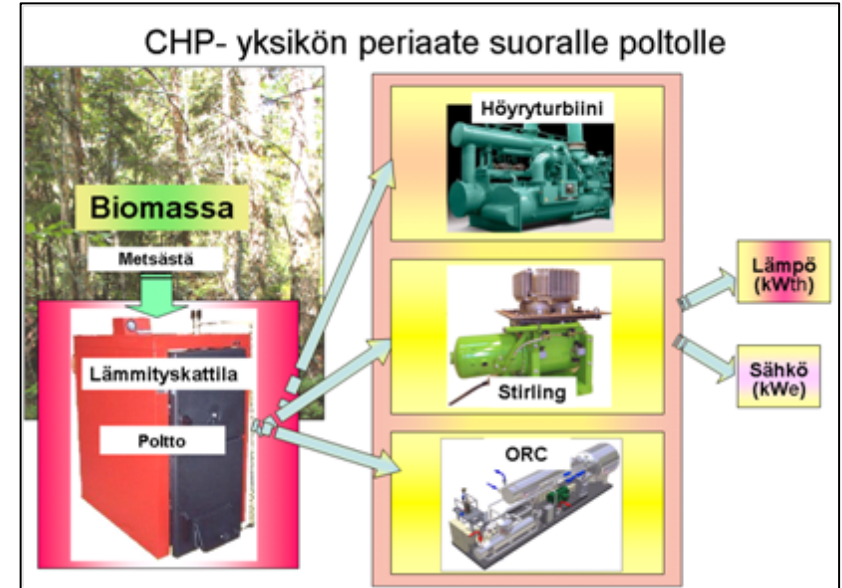
On olemassa joukko erilaisia vaihtoehtoja myös pienemmiksi CHP-yksiköiksi. Lähinnä Saksassa sekä Itävallassa on biopolttoaineen osalta pitkäaikaisin kokemus sähköntuotannosta pienemmissä CHP- laitoksissa. Systeemiratkaisut pienemmälle CHP:lle voidaan pääosin jakaa kolmeen pääosaan;

- o Suora poltto integroituneella sähköntuotannolla
- o Puukaasutus yhdistetyllä sähköntuotannolla
- o Biokaasuntuotanto yhdistetyllä sähköntuotannolla

### CHP suoralla poltolla

Eräs tavallisimmista menetelmistä suurissa laitoksissa (10-500 MWe) on tuottaa sähköä höyryturbiinin sekä generaattorin avulla. Sitä vastoin eräs uudempi sähköntuotantomenetelmä tapahtuu ns. ORC- laitteistolla. Vaihtoehtona sähköntuotannolle suoran polton kautta voi olla;

- o Höyryturbiini 1-100 MWe, vastakehitetyt pienet höyryturbiinit 100 kW<sub>e</sub> alkaen
- o ORC, kokoluokka välillä 200 kW<sub>e</sub> - 2 MWe
- o Stirling- moottori, alle 100 kW<sub>e</sub>



## Höyryturbiini

Höyryturbiinit ovat tavallisia suurten 10-500 MWe laitosten sähköntuotannossa. Nykyisin on uudempiä ja pienempiä höyryturbiiniyksiköitä jotka ovat kompaktimpia ja joiden hyötysuhde on aiempia parempi. Höyryturbiinin moduulit sovitetaan, asennetaan sekä liitetään kattilaan sekä kaukolämpö- ja sähköverkkoon paikan päällä. Pienempiä teollisuus-käyttöön tarkoitettuja höyryturbiineja, alkaen 100 kW<sub>e</sub> on esitelty.



Höyryturbiini teollisessa CHP- laitoksessa

Höyryturbiinien sähköntuotanto on 5-20 % kokonaisenergiantuotannosta, suurin osa energiasta tulee voida käyttää korkea- ja matalapaineisena höyrynä sekä lämpönä kaukolämpöverkkoon.

### Höyryturbiinit jaetaan yleensä kolmeen luokkaan

- o **Lauhdutushöyryturbiini** (*Condensing Steam Turbines*), pääasiassa teollisuuteen, yhdistetään usein vastapaineturbiiniin.
- o **Vastapaineturbiini** (*Back-pressure turbines*), soveltuu pääasiassa prosessiteollisuuteen, mutta myös pienempiin CHP- laitoksiin.
- o **Uuttoturbiini** (*Extraction turbines*), voi muuttaa korkeapaineisen höyryn ottoa teollisen tarpeen mukaan ja tuottaa enemmän tai vähemmän sähköä.

On olemassa monenlaisia höyryturbiinien muunnelmia sekä yhdistelmiä.

Nykyisin on olemassa höyryturbiineja sekä tarvikkeita pienempiin 0,5-1 MWe CHP- laitoksiin. Esimerkkinä voidaan mainita esim. Dresser-Rand:n *moniportainen höyryturbiini*. Ne ovat teholtaan yli 500 kWe. Höyryturbiini pyörii nopeasti (17.000 rpm saakka), vaatii korkean höyrylämpötilan ( 600 °C saakka) sekä korkean höyrynpaineen (140 bar saakka).

### Stirling- moottorit pääasiassa pienissä CHP- laitoksissa

Stirling- moottorin lämpöpaneeli kiinnitetään usein suoraan lämmityskattilan tulipesään tai savukaasun poistoon. Stirling- moottoreiden kehitys on viime vuosien aikana kasvanut kokoluokkaan 9-75 kWe,

nämä ovat lähinnä tarkoitettu lämmityskattiloille joiden koko on välillä 100– 800 kW.

Pienin 9 kWe Stirling omaa yksisylinterisen moottorin, kun taas 75 kWe yksikössä on kahdeksansylinterinen Stirling- moottori.



*Oikealla Stirling- moottori 35 kW-sähkö, ennen asennusta, lämpöpaneeli näkyvillä sylinterikannen päällä.*

*Kuva, Stirling.dk*

### Soveltuu pienempiin laitoksiin

Stirling- moottorit pienissä CHP- laitoksissa on nykyisin kehitetty antamaan täydentävän määrän sähkövirtaa. Kattilan lämpötehosta voidaan ottaa ulos sähkön muodossa n. 10 %

Tuotekehityksessä hyvin aktiivinen yhtiö on ollut Stirling Denmark

*Oikealla: Nelisylinterinen Stirling- moottori 35 kWe generaattorilla, lämmityskattilaan asennettuna.* *Kuva, [www.Stirling.dk](http://www.Stirling.dk)*

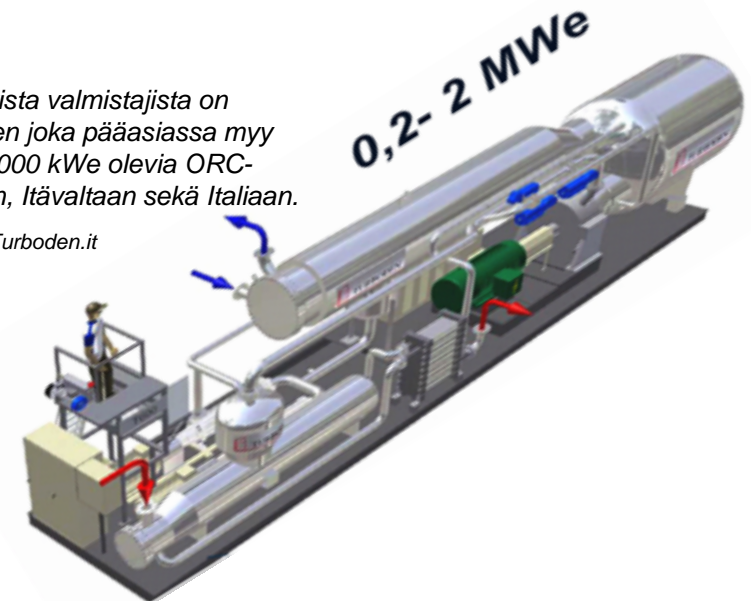


### ORC- tekniikka

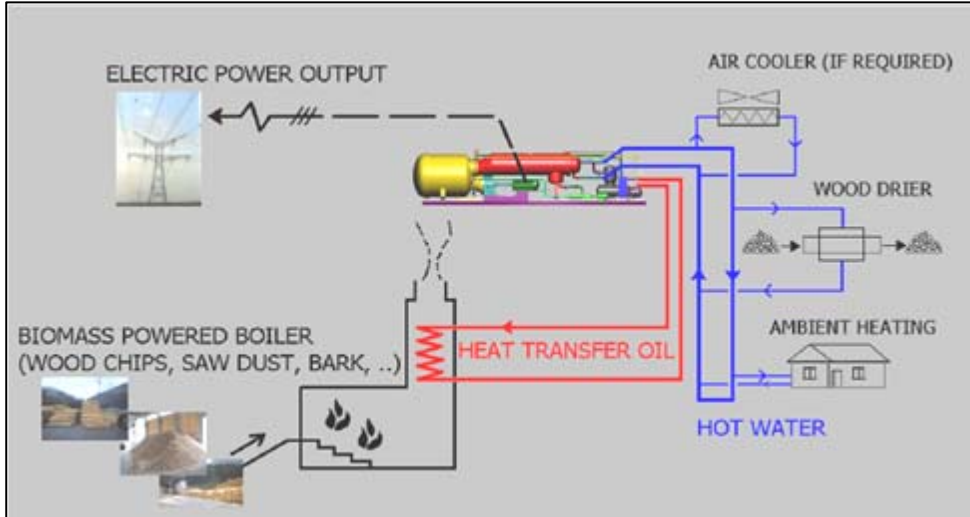
Eräs uuden tyyppisistä CHP- laitosten sähköntuotantomoduuleista on ORC (Organic Rankine Cycle). Siinä lämmityskattilan lämmönvaihtimen sekä turbiinin välillä on suljettu systeemi, missä orgaaninen öljy toimii käyttöväliaineena turbiinille. Turbiiniakselille on yhdistetty sähkögeneraattori.

*Oikealla: Eräs suurista valmistajista on italialainen Turboden joka pääasiassa myy kokoluokkaa 200-2000 kWe olevia ORC- moduuleja Saksaan, Itävaltaan sekä Italiaan.*

*Kuva, [Turboden.it](http://Turboden.it)*



ORC- yksikkö on pienempi ja kompaktimpi kuin höyryturbiini. Se valmistetaan omana moduulinaan tehtaalla ja se yhdistetään kattilaan, kaukolämpöverkkoon sekä sähköverkkoon rakennuspaikalla.



ORC- yksikön sisältävän CHP- laitoksen toimintaperiaate sähkön- sekä lämmöntuotannossa. Kuva, Turboden.it



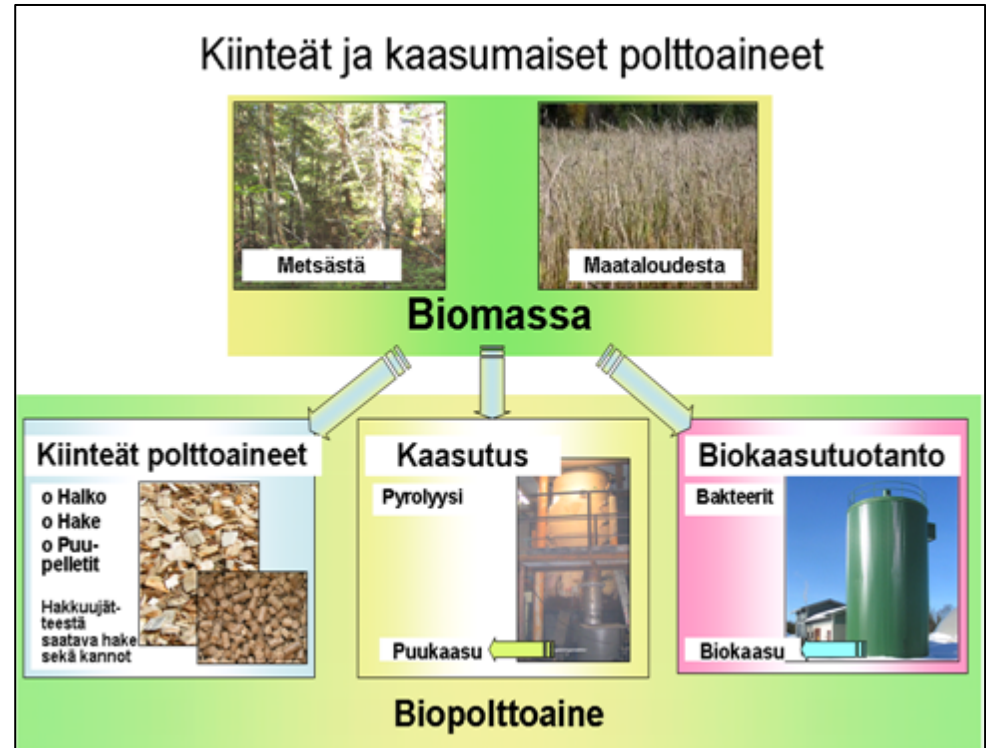
ORC- yksiköitä on eri kokoluokkia. Ne rakennetaan täydellisinä järjestelminä moduuleissa ja ne yhdistetään lämpölaitoksessa hake- tai pellettilämmitteiseen lämmityskattilaan. Keski-Euroopassa on toiminnassa jo 70-luvulla käyttöönotettuja laitoksia.

## Lämmönvaihtimia erilaisiin lämmityskattiloihin

ORC- yksikön lämmönvaihdin voidaan asentaa eri tyyppisiin lämmityskattiloihin. Tavallisimmin pienemmissä CHP- laitoksissa polttoaineena käytetään puuhaketta. Pienet CHP- laitokset saavuttavat ORC- tekniikalla sähköntuotannossa usein korkeamman hyötysuhteen kuin höyryturbiiniyksikössä. Sähköntuotanto voi olla välillä 16-20 % kokonaisenergiatuotannosta, lopun ollessa lämpöä (80-84 %).

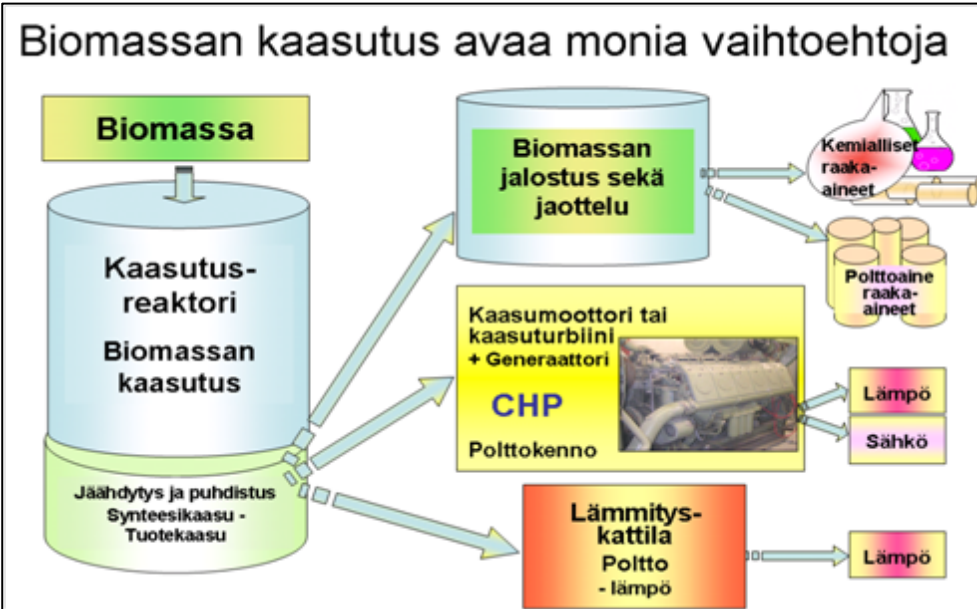
## Kiinteät sekä kaasumaiset biopolttoaineet

- o Kiinteitä metsästä saatavia biopolttoaineita ovat halot, puuhake, puupelletit sekä hakkuujätteestä ja kannoista peräisin oleva puuhake
- o Kaasumaisia biopolttoaineita voidaan saada,
  - Kaasutuksella, kuumennuksen kautta
  - Anaerobisella bakteeriprosessilla



## Biomassan kaasutus

Biomassan kaasutuksella voidaan saada arvokasta tuotekaasua, jota kutsutaan synteetikaasuksi tai myös puukaasuksi puuperäisistä raaka-ainetta kaasutettaessa.

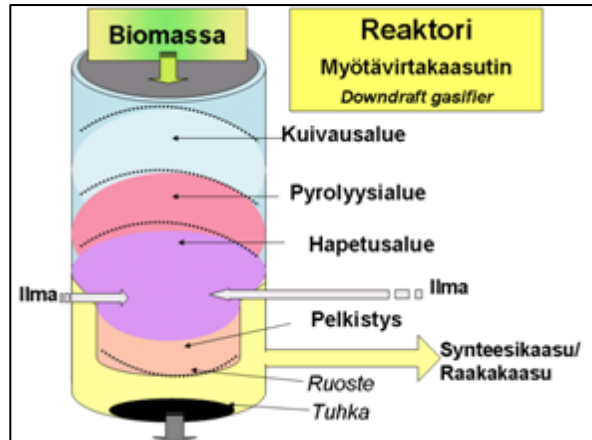


Kaasutuslaitoksesta saatavan puukaasun/tuotekaasun käytölle avautuu monia vaihtoehtoja.

## CHP biomassan kaasutuksen kautta

Kaasutinta tai ns. reaktoria käytetään *pyrolyysiprosessin* ohjaukseen synteetikaasun saamiseksi.

Muodostunut *synteetikaasu* läpikäy jäähdytyksen sekä ensimmäisen puhdistuksen. Aikaansaatua synteetikaasua kutsutaan *tuotekaasuksi*, tai puukaasuksi puuperäistä biomassaa käytettäessä.



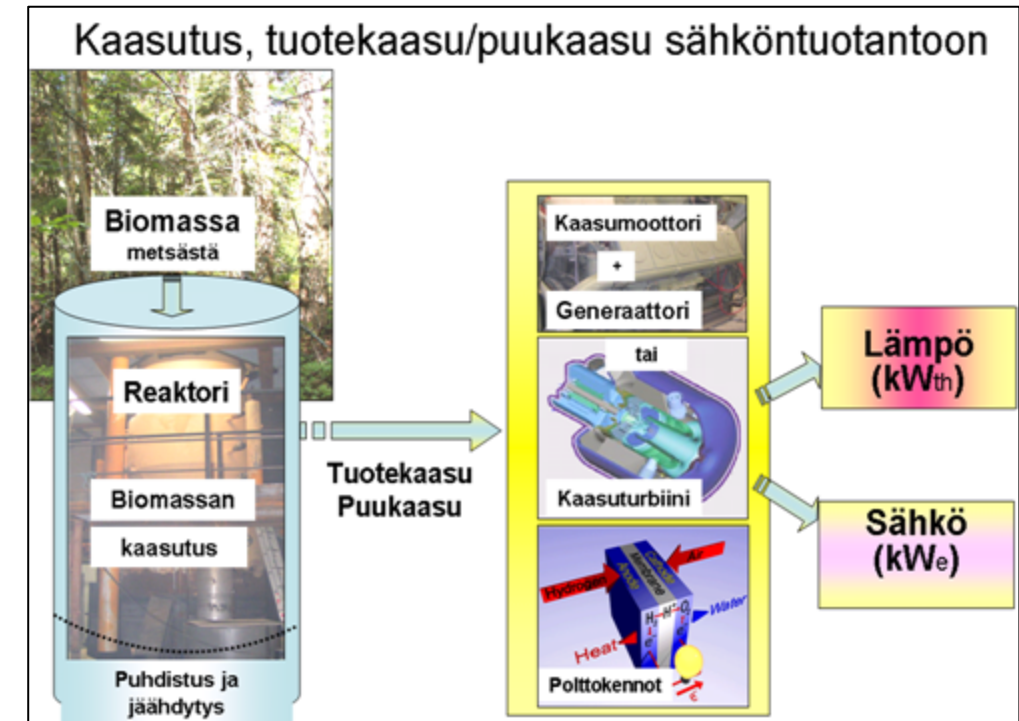
Oikealla: Myötävirtakaasuttimen periaatekuva

## Puukaasutus

Biomassan kaasutuksen pääasiallisena mielenkiintona on hyvin käyttökelpoisen tuotekaasun aikaansaaminen. Tuotekaasu voidaan käyttää suoraan polttoon tai jatkojalostukseen, (katso tarkemmin INFO 04). Sähköntuotanto polttoaineena käytettävällä puukaasulla on kehittynyt nopeasti Ensisijaisesti jo olemassa olevien metsästä saatavien bioenergiaraaka-aineiden mahdollisuus tehokkaaseen energian hyödyntämiseen.

Puukaasua (synteetikaasua/tuotekaasua) voidaan käyttää pienemmissä CHP-laitoksissa polttoaineena mm.;

- o **Mäntämootorissa/kaasumootorissa**, koko usein välillä 50 kW<sub>e</sub> - 2 MW<sub>e</sub>
- o **Kaasuturbiinissa**, koko usein yli 500 kW<sub>e</sub>
- o **Mikroturbiinissa**, koko välillä 30 – 250 kW<sub>e</sub>
- o **Polttokennoissa**, tavallisimmin välillä 20 – 320 kW<sub>e</sub>



Puukaasua voidaan puhdistuksen jälkeen käyttää mäntämootorin/kaasumootorin tai generaattorilla varustetun kaasuturbiinin polttoaineena. Kehitetyllä uudella tekniikalla on myös mahdollista tuottaa sähköä CHP-laitoksessa olevilla polttokennoilla.

## Kaasumoottori

Mäntämoottorit ovat kehittyneet pitkän ajan kuluessa ja niitä on sovellettu kaasukäyttöön sekä sähkögeneraattoreiden käyttämiseen. Pienissä yksiköissä hyödyllisin on ollut kaasukäyttöön soveltuva bensiini- tai dieselmoottori. Melutason vaimennus sekä yksikön värähtelyjen vaimennus tulee järjestää hyvin.

Suuremmissa CHP- laitoksissa vaaditaan isoja kaasumoottoja. Kuvassa on 48 litran V20- kaasumoottori Jenbacherilta varustettuna noin 1000 kWe generaattorilla. Kaasumoottoria voidaan käyttää puhdistetulla bio-kaasulla tai puukaasulla.



## Kaasuturbiini

Normaaleja tai suuria kaasuturbiineja on pääasiassa suuremmissa 1-100 MWe CHP- laitoksissa. Useimmissa kaasuturbiineissa käytetään nestemäistä polttoainetta tai esim. maakaasua. Nykyisin on myös pienempiä 0,5-2 MWe kaasuturbiineja joita käytetään teollisuudessa.

OPRA- kaasuturbiini CHP-yksikössä on usein kokoluokaltaan noin 2 MWe.

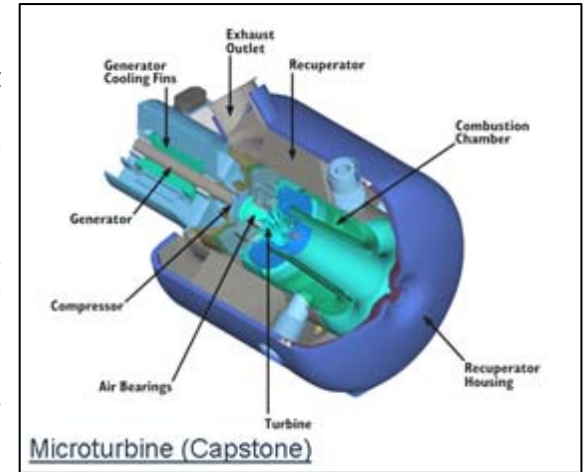
Kuva. Ergytec



## Mikroturbiini

Pienemmille CHP- laitoksille on olemassa mikroturbiineja. Valmistettavat kokoluokat ovat 30-250 kWe. Mikroturbiinien hinnat ovat edelleen 2-2,5-kertaa korkeampia kuin mäntämoottojen.

Mikroturbiini rakennetaan sekä integroidaan yhdessä sähkögeneraattorin kanssa. Tämän vuoksi ne ovat kompakteja ja niiden käynti on hiljaista mäntämoottoihin nähden.



Amerikkalainen Capstone on yksi suurista mikroturbiinien valmistajista. Kuva, Capstone

## Polttokennot

Polttokennojen kehitys puhdistetuille bio- tai puukaasuille jatkuu voimakkaana. Maakaasua käyttäviin CHP- laitoksiin soveltuvia polttokennoja on ollut käytössä vuosien aikana. Niitä on pääasiassa ollut erityisesti CHP- yksikköinä sairaaloihin sekä hotelleihin liitettynä.

Nykyisin polttokennot kehittyvät nopeasti liittyen sekä pienemmän tilavuuden saamiseen per kW että pienemmän painon saavuttamiseen.

Oikealla: SOFC- tyyppinen polttokenno jota valmistaa Topsoe Fuel Cell A/S Tanskassa. Teho on n. 1 kWe (12x12 cm). Kehitteillä on 3 kWe-polttokenno.



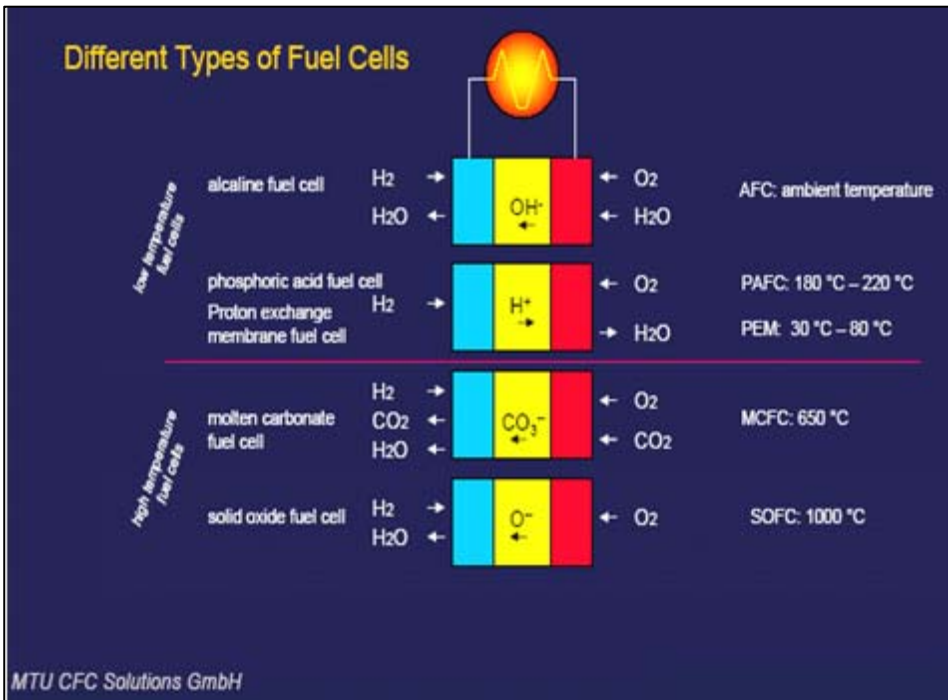
## Polttokennoja biokaasulle sekä puukaasulle

Metsästä saadusta bioenergiaraaka-aineesta valmistettua puukaasua voidaan jo nyt käyttää puhdistuksen jälkeen polttokennoilla varustetuissa CHP- laitoksissa sähkön- ja lämmöntuotantoon. Polttokennojen kehitys on nopeaa. Saksalainen yhtiö MTU-CFC on joidenkin vuosien ajan valmistanut polttokennoja sähköntuotantoon maa-, bio- tai puukaasulle.

On täysin mahdollista aloittaa suunnittelu puhdistetun bio- ja puukaasun käyttämiseksi polttoaineena pienemmissä polttokennoilla varustetuissa CHP- yksiköissä. Valitettavasti polttokennojen hinta on edelleen 3-5-kertainen kaasumoottoriin nähden.

Esimerkkejä yhtiöistä, joissa kehitetään polttokennoilla varustettuja CHP- yksiköitä, ovat;

- Wärtsilä Suomessa, <http://www.wartsila.com>
- MTU CFC Solutions Saksassa, <http://www.mtu-cfc.com/en/>



Luultavasti MCFC sekä SOFC- polttokennot soveltuvat parhaiten sähköntuotantoon bio- tai puukaasulla. Yhtiö MTU Saksassa käyttää MCFC- ja suomalainen Wärtsilä SOFC- polttokennoja CHP- yksiköissään. Kuva. MTU CFC

Wärtsilä on esitellyt pienen n. 20 kWe CHP- yksikön. Polttoaineena on biokaasu ja polttokennot ovat SOFC-tyyppiä.

Pilottilaitos, WFC20, (kuvassa) sijaitsee Vaasassa ja siinä käytetään Vaasan vanhalta kaatopaikalta saatavaa metaanikaasua.



## Biokaasun sekä puukaasun yhdistäminen

Maaseudulla on suunnittelussa syytä ottaa huomioon mahdollisuus puunkaasutusyksikön yhdistäminen biokaasulaitoksen kanssa. Erityisesti mikäli kaasuja aiotaan käyttää sähkön- ja lämmöntuotantoon sekä kaukolämpöverkkoon liitettynä.

## Aurinkopaneeleja voidaan yhdistää lämpölaitokseen

Mielenkiintoinen ratkaisu on myös yhdistää paikalliseen lämpölaitokseen aurinkopaneeleita auringosta saatavan lisälämmön hyödyntämiseksi. Erityisesti keväällä ja syksyllä voidaan aurinkopaneeleista saatavalla lämmöllä lämpölaitosta täydentää tehokkaasti.



Tietyt synergiavaikutukset voidaan saavuttaa yhdistämällä aurinkopaneeleja lähilämpölaitokseen.

Katso tarkempaa tietoa HighBio- projektin yhteistyökumppaneilta ja projektin sisällöstä projekti INFO:sta, numeroista 01 sekä 03.



Ulf-Peter Granö  
Puh.: 00-358-6-8294239