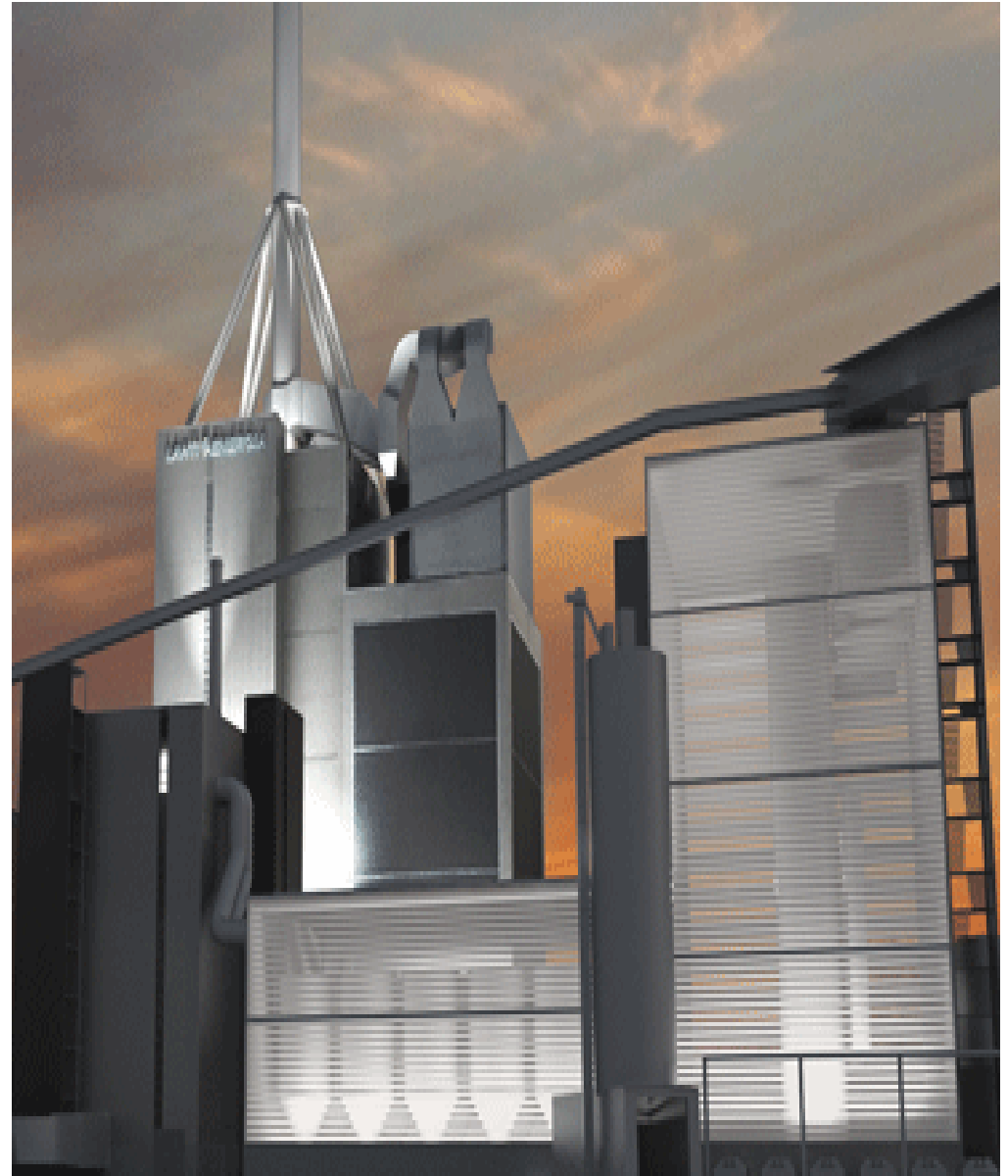


# M2

**Energiamuodot –  
Muunnokset –  
Markkinanäkymät**



# Content

---

## 1. // Energiamuodot

### 1.1. Määritelmät ja muunnokset

### 1.2. Polttoaineiden tyypilliset ominaisuudet

## 2. // Energiamuunnokset

### 2.1. Yleisiä muunnostapoja

### 2.2. Höyry- ja vesikattila

### 2.3. Höyryturbiini ja CHP

### 2.4. Kaasuturbiini ja CHP

### 2.5. Kaasumoottori ja CHP

### 2.6. Yhdistetty höyry ja kaasusykli CHP

### 2.7. CHP vertailu

### 2.8. Lämpöpumput

### 2.9. Aurinko

### 2.10 Jäte energiaksi

## 3. // Energiamarkkinanäkymät

### 3.1. Primäärienergiakysyntä

### 3.2. Öljyvarannot

### 3.3. Kaasuvarannot

### 3.4. Yhteenveto

# 1. Energiamuodot

## 1.1. Määritelmät ja muunnokset

- ”Energia” esitetään aina jossakin aikajaksossa: tunnissa, viikossa, vuodessa, jne.
- ”Teho” on hetkellinen ilmaisu potentiaalista tuottaa, siirtää tai kuluttaa. Se on vauhti, jolla energiaa kulutetaan.
- Energia = Teho kertaa aika
- 1 MWh = 1000 kWh = 1000 000 Wh

Aika:

- 1h = 3600 s

Energia:

- 1 Wh = 3600 J = 3,6 kJ

Kapasiteetti:

- 1 W = 3,6 kJ/h = 1 J/s
- 1 MW = 3,6 GJ/h

Tuhannen kerrannaiset:

- 1
- 1000 = Kilo (k)
- 1000 k = Mega (M)
- 1000 M = Giga (G)
- 1000 G = Tera (T)
- 1000 T = Peta (P)

Lähde:  
UP-RES Project Team/Aalto University

# 1. Energiamuodot

## 1.2. Polttoaineiden tyypilliset ominaisuudet

Polttoaine	Alempi lämpöarvo		CO <sub>2</sub> päästö g/MJ	SO <sub>2</sub> päästö g/MJ
	MJ/kg	MJ/m <sup>3</sup>		
Maakaasu		36	56	0
Hiili	26		91	0,4
Öljyt	41		76	n.a.
Turve	22		106	0
Jätepuu	20		0	0

Yllä olevan taulukon perusteella:

- 1 kg öljyä sisältää enemmän energiaa kuin 1 kg hiiltä, tässä 58% enemmän.
- 1 MJ hiiltä tuottaa lähes kaksi kertaa enemmän CO<sub>2</sub> päästöjä kuin maakaasu.
- **Hiiltä ja raskasöljyä käyttävät voimalaitokset tarvitsisivat rikinpoistoa vähentääkseen SO<sub>2</sub> päästöjään, joita muut voimalaitokset eivät tuota merkittävästi.**
- Rikinpoisto on kallista ja käytössä ainoastaan suurissa peruskuormavoimaloissa .

Lähde:  
UP-RES Project Team/Aalto University

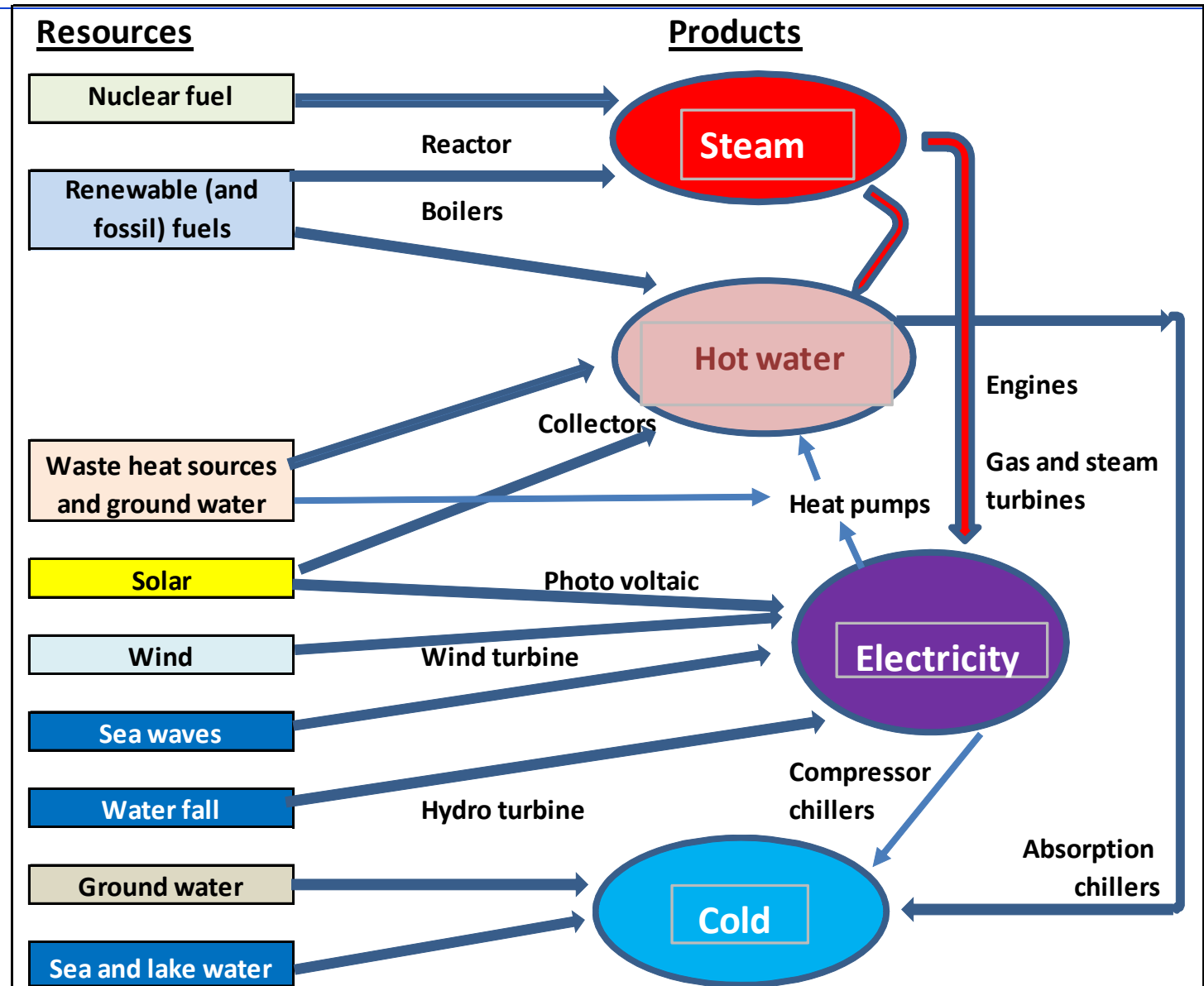
## 2. Energiamuunnokset

### 2.1. Yleisiä muunnostapoja

Resursseista tuotteiksi

Muunnostehokkuus vaihtelee tapauskohtaisesti

Tässä "sähkö" kattaa sekä sähköenergian että mekaanisen energian

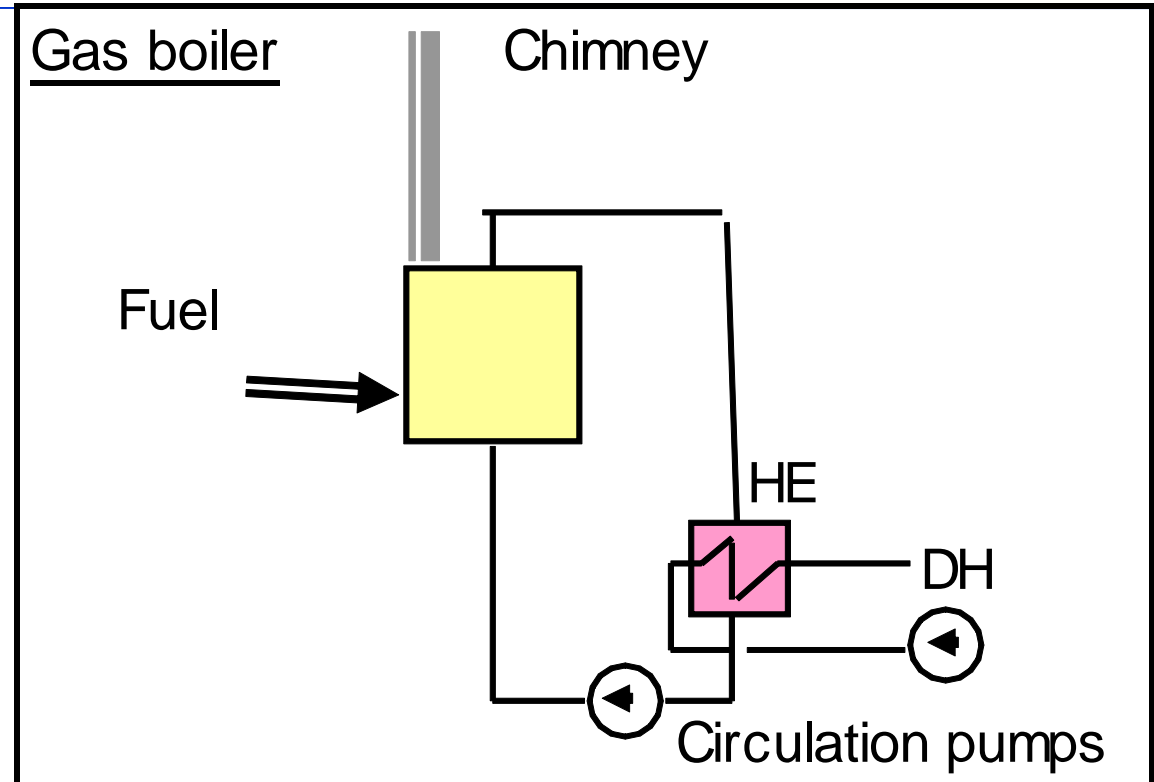


Lähde:  
UP-RES Project Team/Aalto University

## 2. Energiamuunnokset

### 2.2. Höyry- ja vesikattila

- Esimerkkinä kaasulla toimiva vesikattila
- Tyypillisiä hyötysuhteita (= lämmöntuotto/polttoaineen kulutus):
  - Kaasu: 94-97%
  - Öljy: 91-93%
  - Hiili: 87 – 93%
  - Biomassa: 86-92%
- Höyrykattiloita käytetään sähköntuotantoon ja prosessiteollisuudessa kun taas vesikattiloita vain kaukolämpösovelluksissa



HE: Lämmönvaihdin  
DH: Kaukolämpö

Lähde:  
UP-RES Project Team/Aalto University

## 2. Energiamuunnokset

### 2.3. Höryturbiini ja CHP (1)

Roottorissa on siivekkeitä, joiden väleissä virtaava höyry pyörittää roottoria.

Roottori pyörittää generaattoria, joka tuottaa sähköenergiaa sähköverkkoon.

Turbiinista poistuva höyry kondensoituu vedeksi ja palaa keittimeen uudelleen lämmitettäväksi ja höyrystettäväksi.



Kaksoisvirtaturbiinin roottori. Höyry tulee sisään akselin keskeltä ja poistuu akselin molemmista päistä tasapainottaen siten aksiaalivoiman turbiinissa.

*CHP – Combined heat and power (yhdistetty lämpö ja sähkö)*

Lähde: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## 2. Energia muunnokset

### 2.3. Höryturbiini ja CHP (2)

Sisääntulevan höyryn paine on tyypillisesti 50 – 100 bar.

Sisääntulevan höyryn lämpötila on yleensä 500 – 550 oC.



Höryturbiinin roottorin siivekkeet huollettavana

Lähde: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

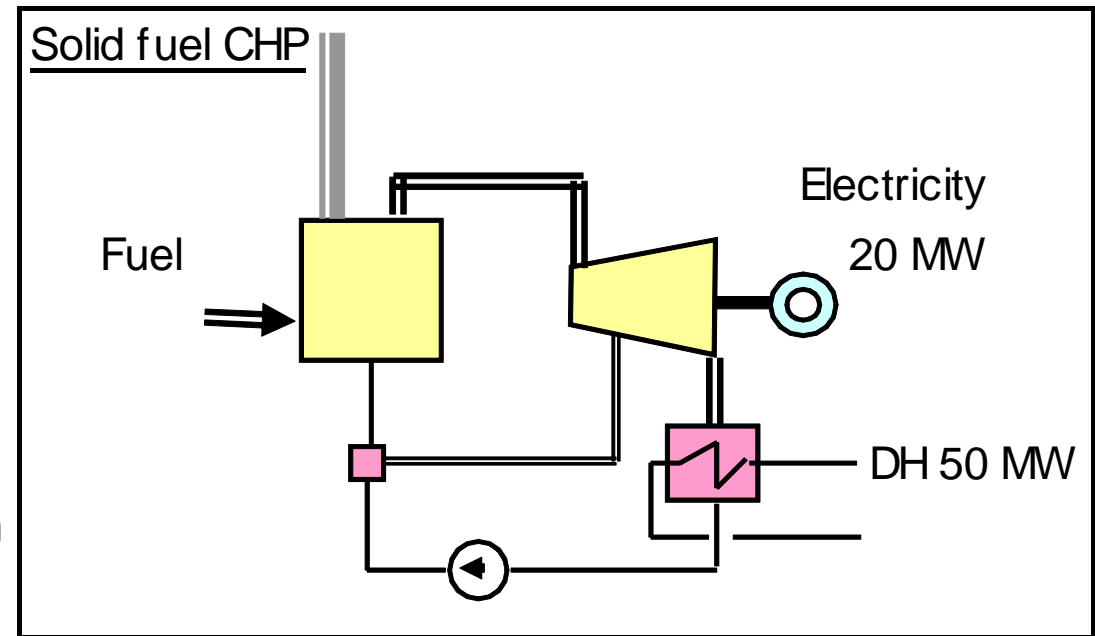


## 2. Energiamuunnokset

### 2.3. Höryturbiini ja CHP (3)

Kiinteää polttoainetta käyttävä höyryvoimalaitos toimii seuraavasti:

1. Polttoainetta ja ilmaa johdetaan höyrykattilaan poltettavaksi
2. Höyry kuljetetaan höryturbiinille, jossa pyörivä roottori pyörittää sähkögeneraattoria tuottaen sähköä
3. Hukkalämpö kerätään kaukolämmöksi turbiinin poistohöyrystä tai turbiiniakselin päästä
4. Kondensoitunut vesi palaa takaisin kattilaan syöttövesipumppujen ja -säiliön kautta.
5. Ilman kaukolämpöä lämpö menisi pääasiassa hukkaan ilmakehään (jäähdytystorni) tai meri- ja järviveteen (lämmönvaihdin).



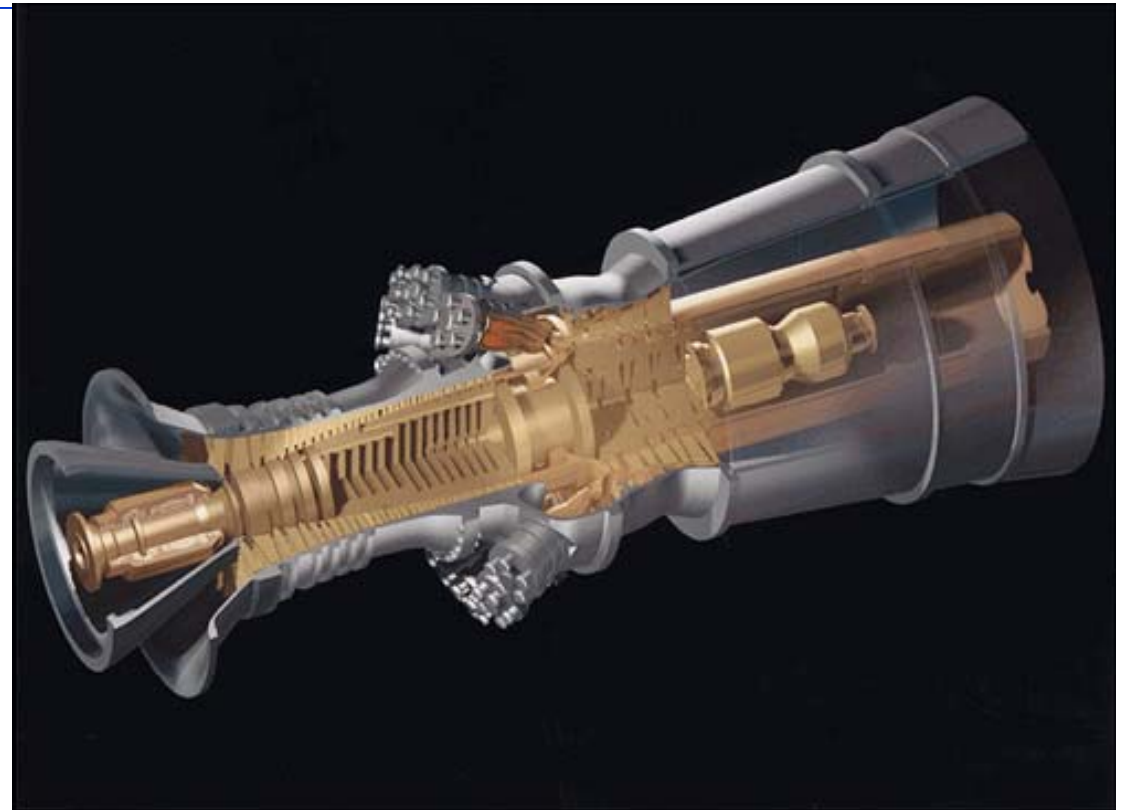
Lähde:  
UP-RES Project Team/Aalto University

## 2. Energiamuunnokset

### 2.4. Kaasuturbiini ja CHP (1)

Kaasuturbiinit toimivat sekä maakaasulla että kevyellä polttoöljyllä.

Energiantuotannossa kaasuturbiinin pakokaasun on oltava korkeassa lämpötilassa tuottaakseen kaukolämpöä tai höyryä sähköenergian lisäksi.



Suuri kaasuturbiini 480 MW:n sähköntuotantoon. Vasemmalla puolella on tuloilman kompressori, keskellä polttokammio, jossa kaasun sisääntulo ja oikealla itse kaasuturbiiniosa. (valmistaja: GE)

Lähde: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## 2. Energiamuunnokset

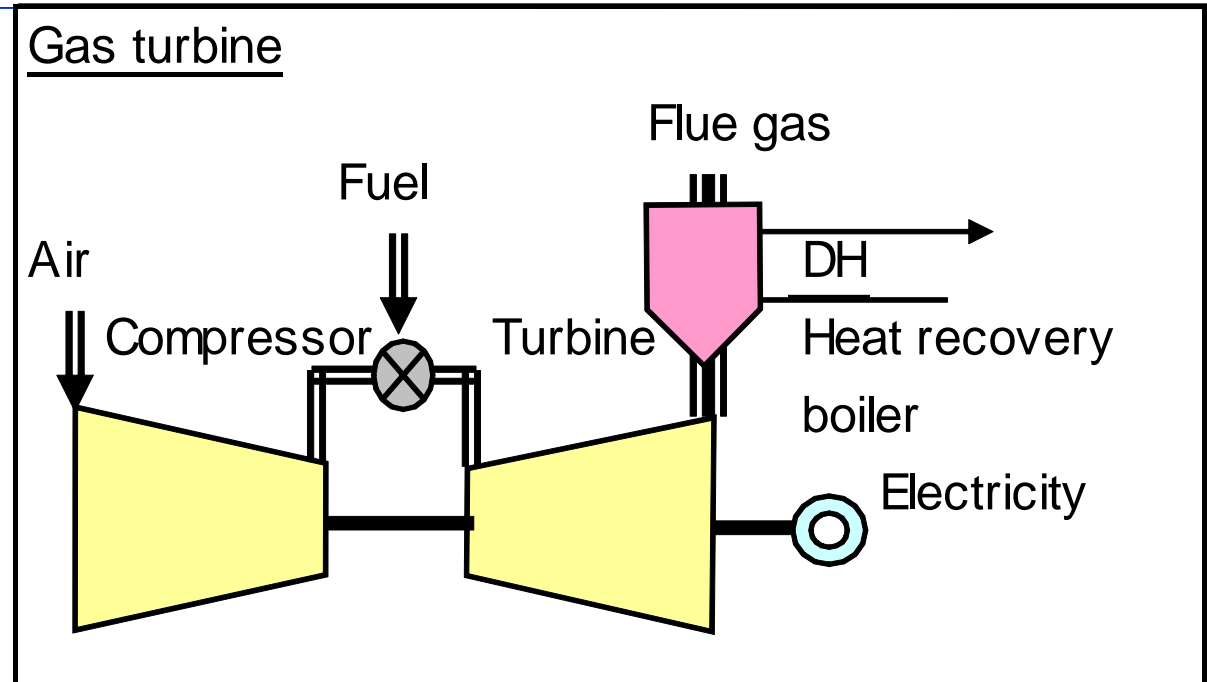
### 2.4. Kaasuturbiini ja CHP (2)

Kompressorin, kaasuturbiinin ja sähkögeneraattori ovat samassa säiliössä.

Polttoaine palaa polttokammiossa korkeassa paineessa ilman kanssa.

Pakokaasu pyörittää kaasuturbiinia korkeassa paineessa. Tämä pitää myös kompressorin ja generaattorin toiminnassa.

Lämmönkeruukattila jäähdyttää savukaasut ja kerätty lämpö syötetään kaukolämpöverkkoon.



Lämmönkeruukattila ottaa talteen lämpöä savukaasuista kaukolämpöverkkoon

Lähde: UP-RES Project Team/Aalto University

## 2. Energiamuunnokset

### 2.5. Kaasumoottori CHP voimala

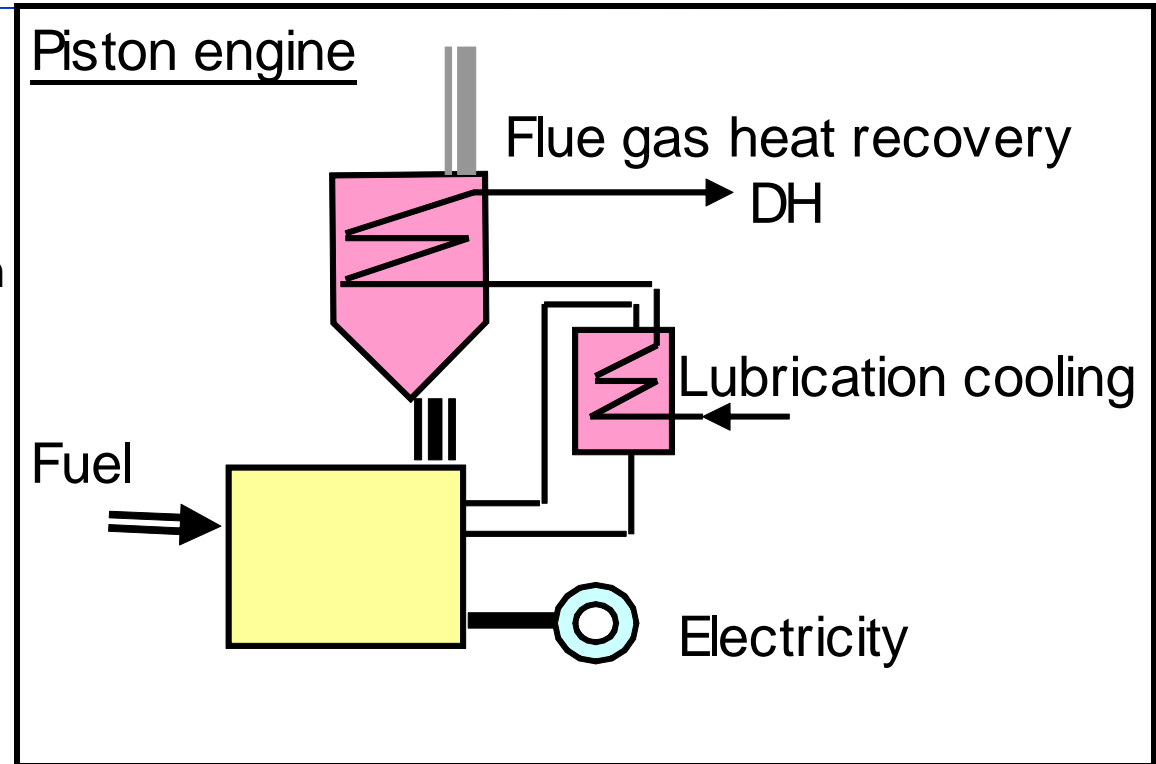
Moottori on periaatteessa samanlainen kuin mikä tahansa auton moottori, mutta paljon suurempi.

Polttoaineen ja ilman seoksen palaminen pitää moottorin käynnissä. Moottorin mekaaninen voima muuttuu generaattorissa sähköksi.

Lämpöä voidaan ottaa talteen kahdesta paikasta:

- Voiteluöljyn jäähtymisestä
- Pakokaasun jäähtymisestä.

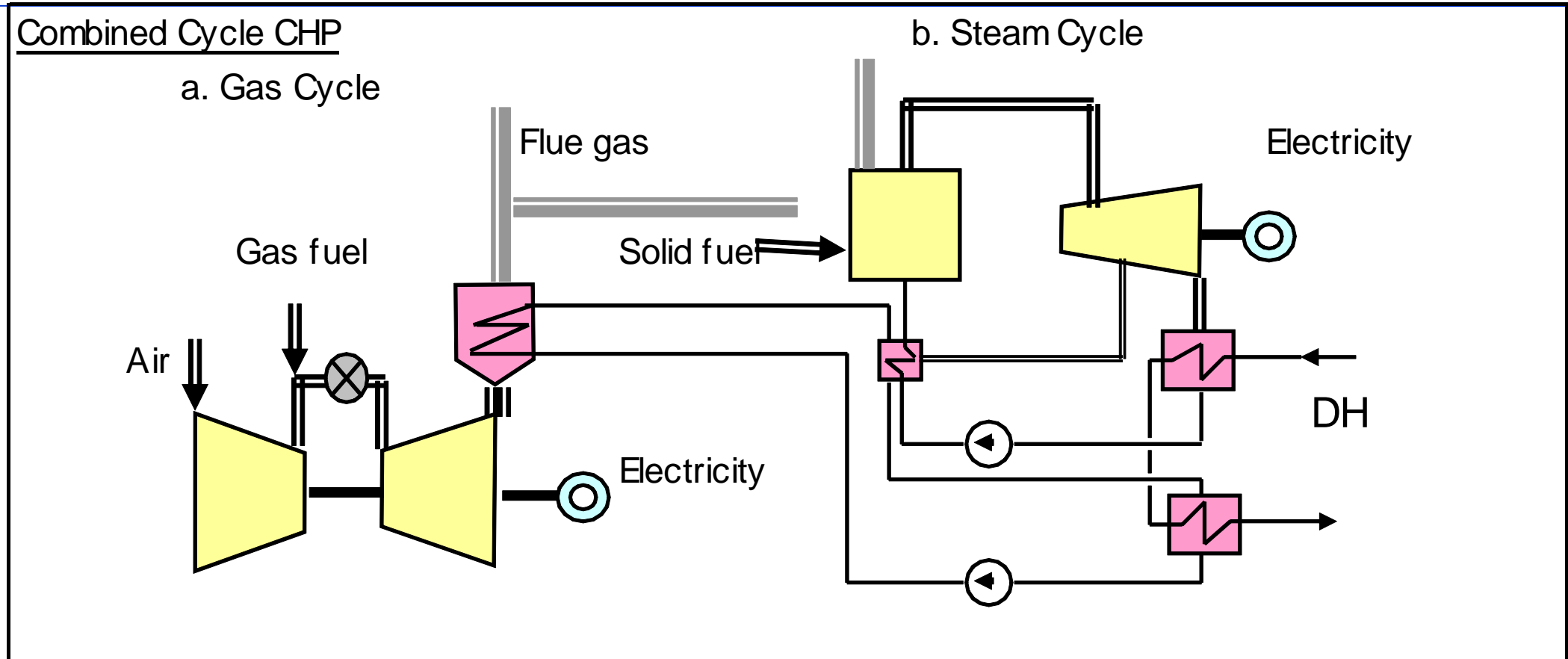
CHP-moottorin etuja ovat sen lähes vakio teho ja teho/lämpö suhde koko kapasiteettialueella, mutta moottori tarvitsee paljon huoltoa.



Lähde: UP-RES Project Team/Aalto University

## 2. Energiamuunnokset

### 2.6. Yhdistetty höyry ja kaasusykli CHP voimalaitos (1)



Suuri yhdistetty voimalaitos integroi höyry- ja kaasuturbiiniprosessit tehokkaasti korkealla teho/lämpösuhteella.

Lähde: UP-RES Project Team/Aalto University

## 2. Energiamuunnokset

### 2.6. Yhdistetty höyry ja kaasusykli CHP voimalaitos (2)

Edellisellä kalvolla oli yhdistetty kaksi eri tyyppistä polttoainetta: kaasu ja kiinteä polttoaine. Tämä mahdollistaa joustavan toiminnan.

Kiinteää polttoainetta käyttävä osa voi olla vanha voimalaitos, johon voidaan myöhemmin integroida uusi kaasuturbiini. Tämä yhdistelmä voi tuottaa enemmän sähköä kuin kaasuturbiini ja kiinteäpolttoainevoimalaitos tuottaisivat erikseen. Nämä kaksi prosessia yhdistämällä sähköntuotanto kasvaa noin 5% ja samalla myös kokonaistehokkuus kasvaa.

Kombilaitos voidaan rakentaa myös yhdistämällä rinnakkain pieneen höyryturbiiniin yksi tai kaksi suurta kaasuturbiinia.

Lähde: UP-RES Project Team/Aalto University

## 2. Energiamuunnokset

### 2.7. CHP vertailu

Muutamien CHP-voimalaitosten ja kaasukattiloiden tyypillisiä tehokkuuksia ja teho/lämpösuhteita.

Kaasuturbiinit ja moottorit yksinään voivat olla pieniä, 2 – 60 MW, mutta yksiköitä monistamalla voidaan luoda suuria voimalaitoksia.

Kombilaitoksessa on yleensä vähintään kaksi kaasuturbiinia ja yksi yli 100 MW kapasiteetin omaava höyryturbiini.

Myös kiinteäpolttoainevoimalaitokset hyötyvät koosta: suuremmat laitokset ovat tehokkaampia kuin pienemmät.

Tyypillinen data	Kokonais-		
		tehokkuus	Teho/lämpösuhde
Kiinteä polttoaine	pieni	85 %	0,4
	suuri	88 %	0,6
Kaasuturbiini		91 %	0,4
Mäntämoottori		89 %	1,0
Yhdistetty sykli		94 %	1,1
Kaasukattila		95 %	

Lähde: UP-RES Project Team/Aalto University

## 2. Energiamuunnokset

### 2.8. Lämpöpumppu

#### Kompressorilämpöpumput

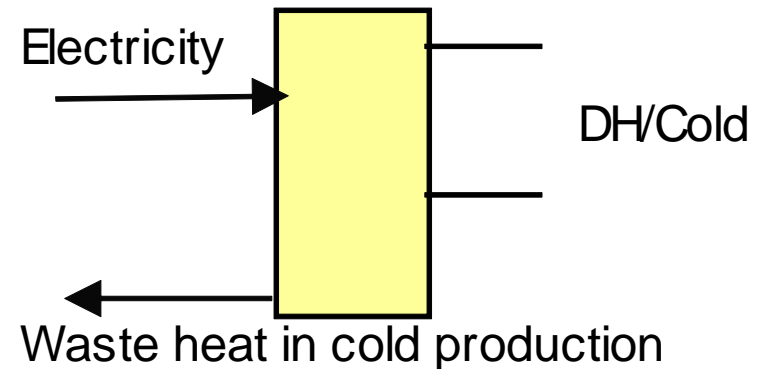
##### a) Lämmitys:

Lämpöpumppu voi kuluttaa 1 yksikön sähköenergiaa tuottaessaan 3-4 yksikköä **lämpöä**.

Myös ”lämpökerroin (COP)” on 3-4.

Lähde, josta lämpö pumpataan (kompressorilla) korkeampaan lämpötilaan, voi olla ympäröivä ilma, pohjavesi, jätevesi, jne.

#### Heat pump/ Fridge



##### b) Jäähdytys:

Lämpöpumppu voi tuottaa **kylmää** vettä ja ilmaa tavallisen jääkaapin tavoin.

Tuotettaessa kylmää, hukkalämpö pitää joko tulla tai käyttää kaukolämpöjärjestelmässä.

Lähde: UP-RES Project Team/Aalto University



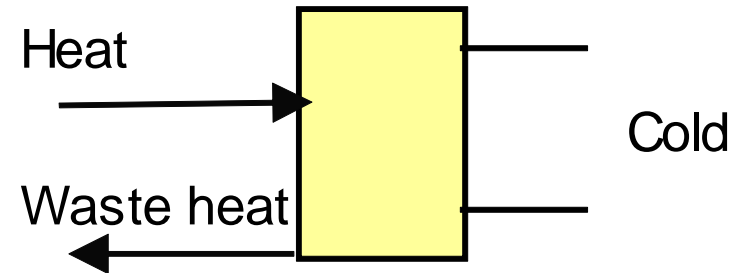
## 2. Energiamuunnokset

### 2.8. Lämpöpumppu

#### Absorptiolämpöpumppu

- Absorptiojäähdytin on kemiallinen lämpöpumppu, joka käyttää lämpöä sähkön sijasta.
- Suhteellisen kallis, mutta pystyy käyttämään kaukolämpöä (hukkalämpöä kesäisin) rakennusten jäähdytykseen.
- Hukkalämpö poistetaan tuulettamalla, koska sille ei ole käyttöä kesäisin.

#### Absorption chiller



Lähde: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## 2. Energiamuunnokset

### 2.9. Aurinkoenergia

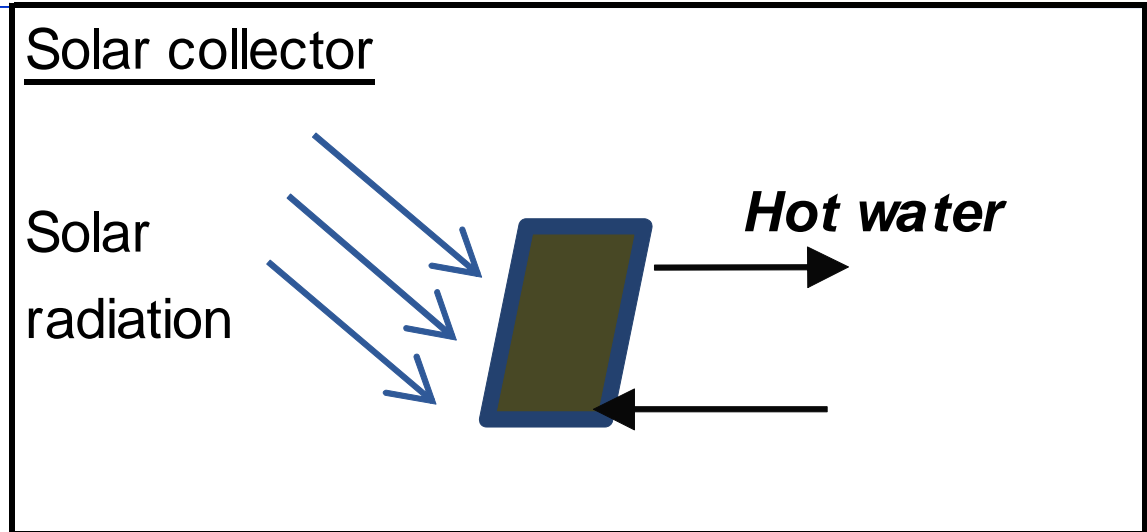
#### Lämminvesi aurinkoenergiakeräin

Aurinkoenergiakeräin muuntaa auringon säteilyä lämpimäksi vedeksi.

Kesäisin liika aurinkoenergia voi ylikuumentaa keräimen.

Muina vuodenaikoina on vähemmän auringonsäteilyä ja keräimen kulman aurinkoon nähden tulee olla lähempänä optimia kuin kesällä.

Keräinten tulee yleensä olla lähempänä pysty- kuin vaaka-asentoa.



Lähde: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## 2. Energiamuunnokset

### 2.9. Aurinkoenergia

#### Sähköä tuottava aurinkopaneeli – Photo Voltaic

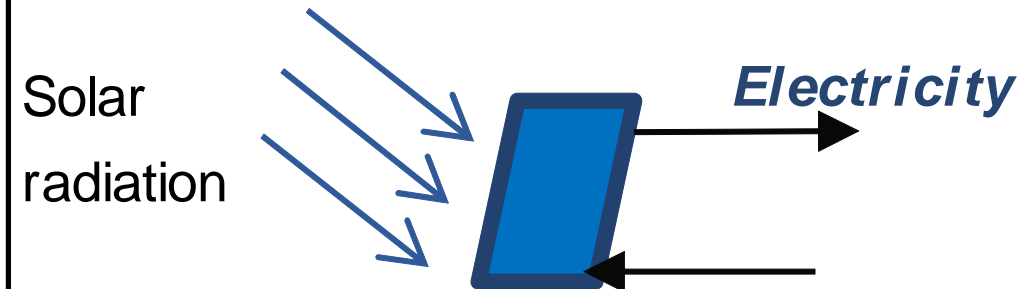
Aurinkopaneeli muuntaa auringon säteilyä sähköenergiaksi.

Kesällä liika aurinkoenergia voi ylikuumentaa paneelin.

Muina vuodenaikoina aurinko on alempana ja kulman tulee olla lähempänä optimia.

Keräinten tulee yleensä olla lähempänä pysty- kuin vaaka-asentoa.

#### Solar panel - photo voltaic



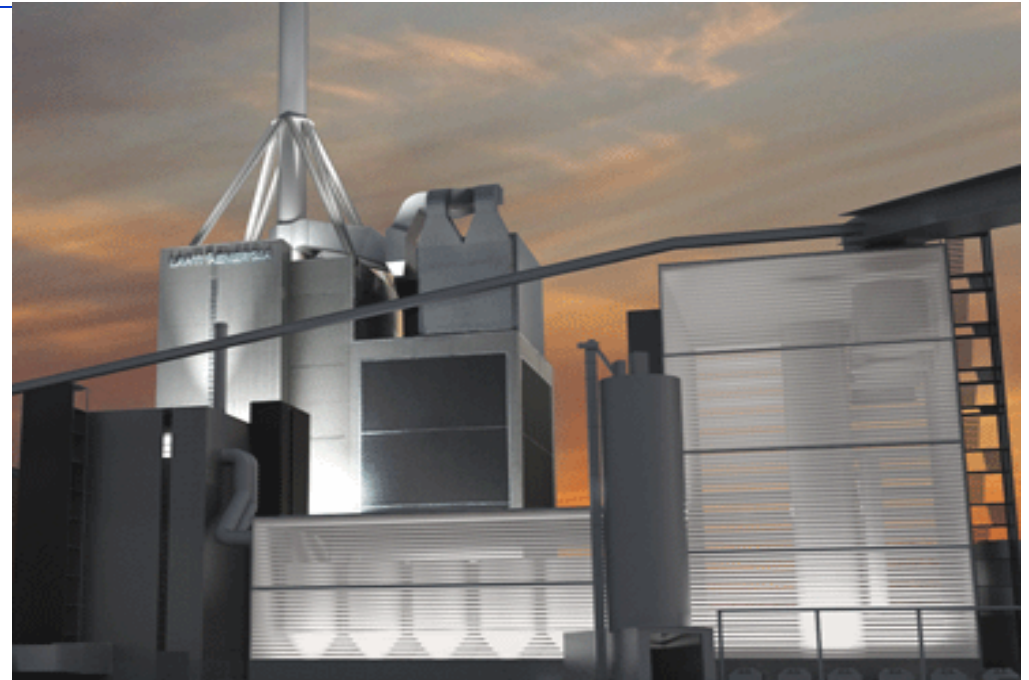
Lähde: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## 2. Energiamuunnokset

### 2.10. Jäte energiaksi (1/2)

#### Hyödyt:

- Vähentää kaatopaikkojen laajennustarvetta
- Korvaa fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja mahdollista polttoaineentuontia
- Luo uusia polttoainelogistiikan työpaikkoja
- Vähentää hiilipäästöjä
- Minimoi kaikki muut päästöt korkealuokkaisen (ja kalliin) savukaasupuhdistusjärjestelmän ansiosta
- Kehittää sekä kansallista että paikallista energiaturvallisuutta
- Käytännössä ei polttoainekustannuksia, mutta keräilymaksuja kylläkin
- Tuottaa lämmön- ja sähkönmyyntituloja.



- Suuri ja moderni yhdyskuntajätekaasutus CHP-voimalaitos. Lahden kaupungin teettämä sen vuonna 2012. Laitos tuottaa vuodessa 250.000 tonnista jätettä 50 MW sähköä ja 90 MW kaukolämpöä
- (CFB - jatkuva leijukerroskaasutus)

Lähde: [www.lahtienergia.fi](http://www.lahtienergia.fi)

## 2. Energiamuunnokset

### 2.10. Jäte energiaksi (2/2)

#### Vaatimukset:

- Korkeat pääomakustannukset: noin 200 miljoonaa €, jolla saadaan 300.000 tonnin jätteen polttokapasiteetti
- Suurtuotannon etuja: voimalaitoksen tulee olla suhteellisen suuri, jätekapasiteetiltaan noin 200.000 tonnia
- Voimalaitoksen lämmöntuotantokapasiteetti ei saa ylittää 60% kaukolämpöverkon ja teollisuuden lämpökuorman yhteisestä kuormitushuipusta.



- Uusi yhdyskuntajätekaasutus CHP-voimalaitos ja olemassa oleva CHP-voimalaitos toiminnassa Lahdessa.

Lähde: [www.lahtienergia.fi](http://www.lahtienergia.fi)

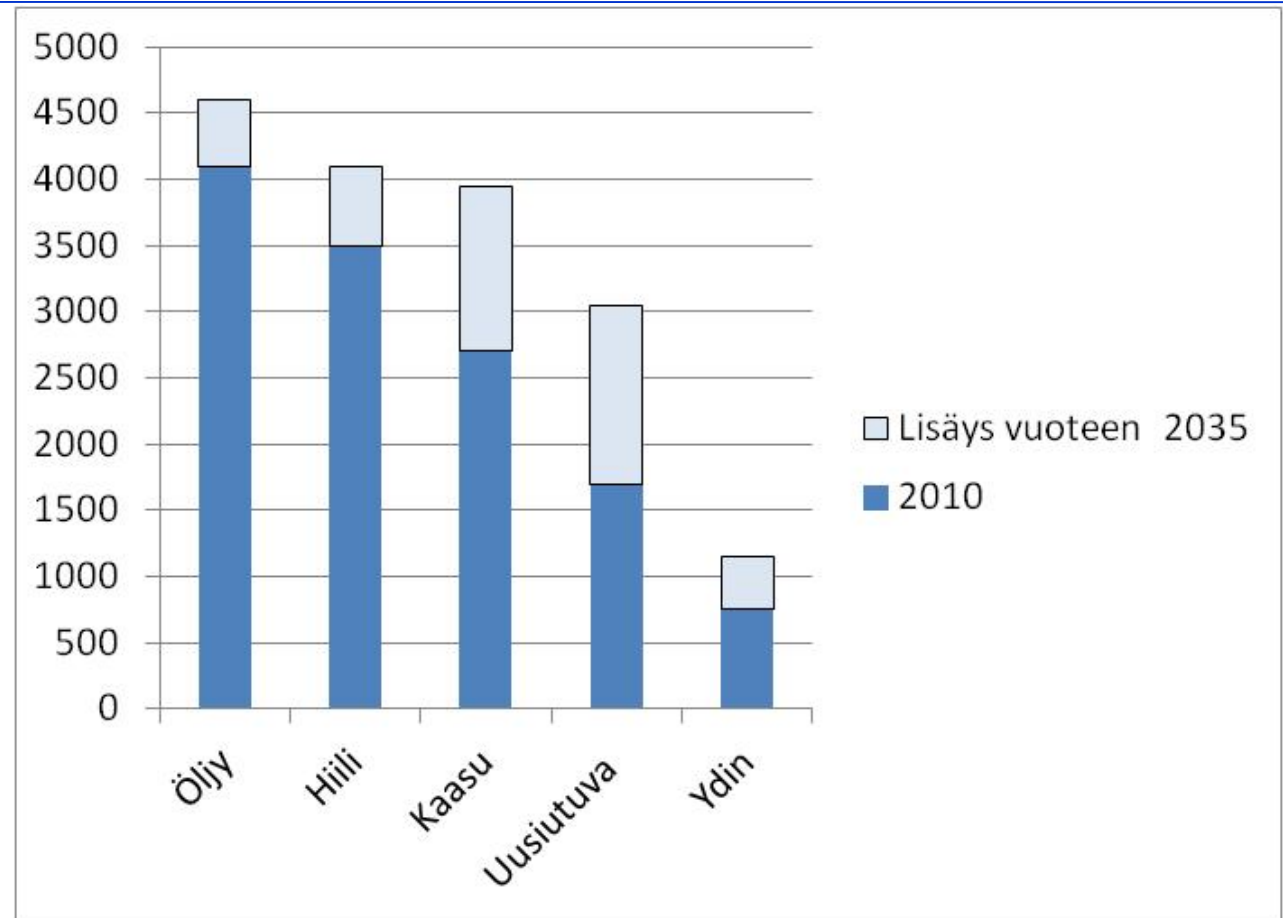
# 3. Energiamarkkinanäkymät

## 3.1. Primäärienergiakysyntä (Mtoe)

Öljy ja hiili ovat yhä tärkeimmät, mutta:

Maakaasu ja UES ovat tulossa yhä tärkeämmiksi.

UES ja maakaasu kattavat yhdessä kaksi kolmasosaa kasvukysynnästä vuosina 2010-2035.



Mtoe: miljoona öljykvivalenttitonnia

Lähde:

International Energy Agency – World Energy Outlook 2011 - Presentation to Press, Nov 2011, [www.iea.org](http://www.iea.org)

# 3. Energiamarkkinanäkymät

## 3.2. Öljyvarannot

- Öljyvarannot Euroopassa: Venäjä, Norja, Iso-Britannia
- Öljyliuskevarannot ovat valtavat, erityisesti Pohjois-Amerikassa, mutta öljyliusketta hyödynnettäessä tarvittavat kemikaalit tekevät liuskeen käytöstä ympäristölle riskitekijän

Maanosa	Nestemäiset öljyt		Öljyliuskeet	
Afrikka	17 719	11 %	23 317	3 %
Eurooppa	12 519	8 %	52 845	8 %
Pohjois-Amerikka	8 275	5 %	539 123	78 %
Etelä-Amerikka	16 762	10 %	11 794	2 %
Aasia	9 382	6 %	51 872	8 %
Lähi-Itä	98 093	60 %	5 792	1 %
Oseania	284	0 %	4 534	1 %
Yhteensä	163 034	100 %	689 277	100 %

Lähde:

International Energy Agency – World Energy Outlook 2011 - Presentation to Press, Nov 2011, [www.iea.org](http://www.iea.org)

# 3. Energiamarkkinanäkymät

## 3.3. Maakaasuvarannot

- Merkittäviä maakaasuvarantoja esiintyy Euroopassa pääasiassa Venäjällä, mutta myös Norjassa ja Isossa-Britanniassa

Maanosa	Maakaasu
Afrikka	14 613 8 %
Eurooppa	50 095 27 %
Pohjois-Amerikka	9 688 5 %
Etelä-Amerikka	6 851 4 %
Aasia	27 322 15 %
Lähi-Itä	75 668 41 %
Oseania	1 307 1 %
Yhteensä	185 544 100 %

Lähde:

International Energy Agency – World Energy Outlook 2011 - Presentation to Press, Nov 2011, [www.iea.org](http://www.iea.org)



## 3. Energiamarkkinanäkymät

### 3.4. Yhteenveto

- Maailmassa on tarpeeksi polttoainereservejä,
- **Mutta kivikausikaan ei päättynyt kivireservien loppumiseen!**

# The UP-RES Consortium

Tämän moduulin vastuullinen instituutio: **Aalto University**



- **Suomi: Aalto University School of science and technology**  
[www.aalto.fi/en/school/technology/](http://www.aalto.fi/en/school/technology/)

SaAS

- **Espanja: SaAS Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilitat**  
[www.saas.cat](http://www.saas.cat)



- **Iso-Britannia: BRE Building Research Establishment Ltd.**  
[www.bre.co.uk](http://www.bre.co.uk)

AGFW

- **Saksa:**
  - **AGFW - German Association for Heating, Cooling, CHP**  
[www.agfw.de](http://www.agfw.de)



- **UA - Universität Augsburg** [www.uni-augsburg.de/en](http://www.uni-augsburg.de/en)



- **TUM - Technische Universität München** <http://portal.mytum.de>

- **Unkari: UD University Debrecen**

[www.unideb.hu/portal/en](http://www.unideb.hu/portal/en)

