

# Sähköllä hiilettömään tulevaisuuteen

## Sähköverkosta tarpeeton? Sähkön tuotanto ja kulutus radikaalissa murroksessa 2020-luvulla!

24.4.2019 Heureka

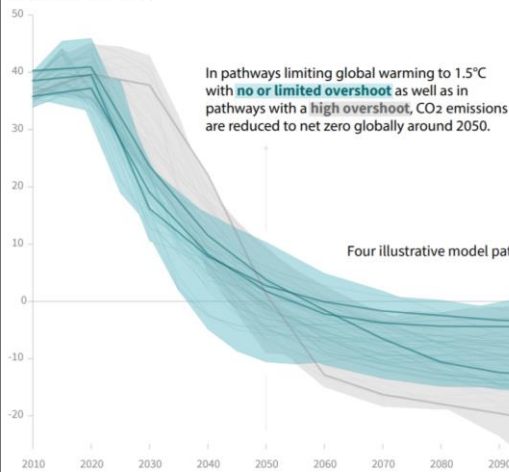


Risto Linturi, tulevaisuudentutkija

### IPCC 8.10.2018.+1.5C raja vaatii päästöjen nopeaa lopettamista ja negatiivisia päästöjä!

#### Global total net CO<sub>2</sub> emissions

Billion tonnes of CO<sub>2</sub>/yr



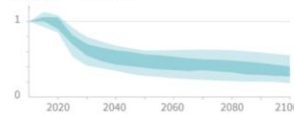
**Timing of net zero CO<sub>2</sub>**  
Line widths depict the 5-95th percentile and the 25-75th percentile of scenarios

— Pathways limiting global warming to 1.5°C with no or low overshoot  
— Pathways with high overshoot  
— Pathways limiting global warming below 2°C (Not shown above)

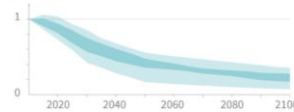
#### Non-CO<sub>2</sub> emissions relative to 2010

Emissions of non-CO<sub>2</sub> forcers are also reduced or limited in pathways limiting global warming to 1.5°C with **no or limited overshoot**, but they do not reach zero globally.

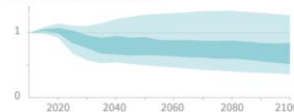
#### Methane emissions



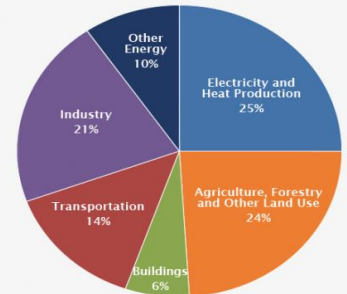
#### Black carbon emissions



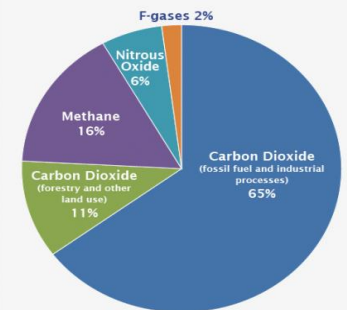
#### Nitrous oxide emissions



#### Global Greenhouse Gas Emissions by Economic Sector



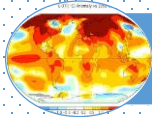
#### Global Greenhouse Gas Emissions by Gas



## Energiasektorin tärkeimmät tulevaisuusdimensiot



Teknologia: tuotanto/kulutus/siirto/varasto



Ilmastonmuutos: poliittinen paine



Globalisaatio: taloudelliset tarpeet



Regulaatio: kansallinen & alueellinen

## 10 Tulevaisuutta!

1. Aurinkosähkö
2. Leijavoimalat
3. Akut ja grid-sähkövarastot
4. Sähköautot
5. Mobiili sähkö
6. Polttokennot
7. Aurinkopolttoaineet
8. Sisäviljely & lähivalmistus
9. Mikroverkot
10. Lämpökaivot & lämpöpumput

EDUSKUNNAN TULEVAISUUSVALIKUNNAN JULKAISU 1/2018

SUOMEN SATA  
UUTTA MAHDOLLISUUTTA  
2018–2037

Yhteiskunnan toimintamallit uudistava radikaali teknologia

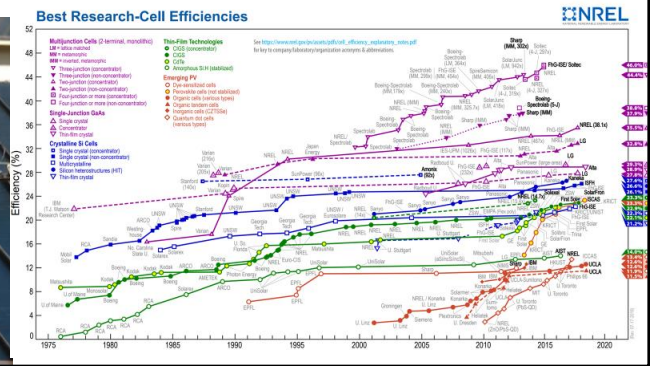
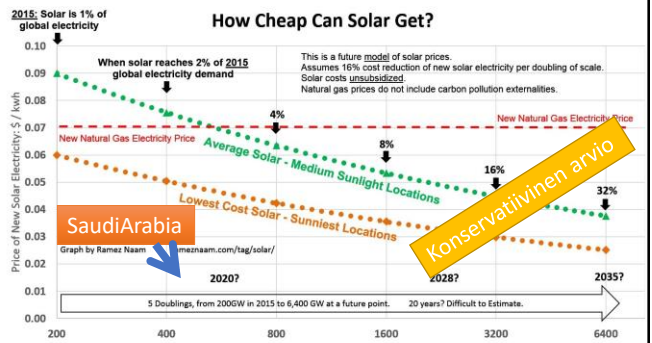


# 1. Aurinkosähkö

- Halpa sähkö etelään ja kesään  
**Ennätyshinta nyt \$1,7snt/kWh**

## Jos kehitys jatkuu:

- Energiaintensiivinen vientiteollisuus Suomessa heikommin kannattavaksi
- Tuotanto auringon rytmiin tai varastoinnista suuri kuluera



## 2. Tuulivoimala ilman tornin kustannusta!

### EnerKite, Makani, ym.

<https://www.faulhaber.com/global/markets/environmental-safety/energy-kites/>

#### Makani

600 kW ENERGY KITE

#### Operations

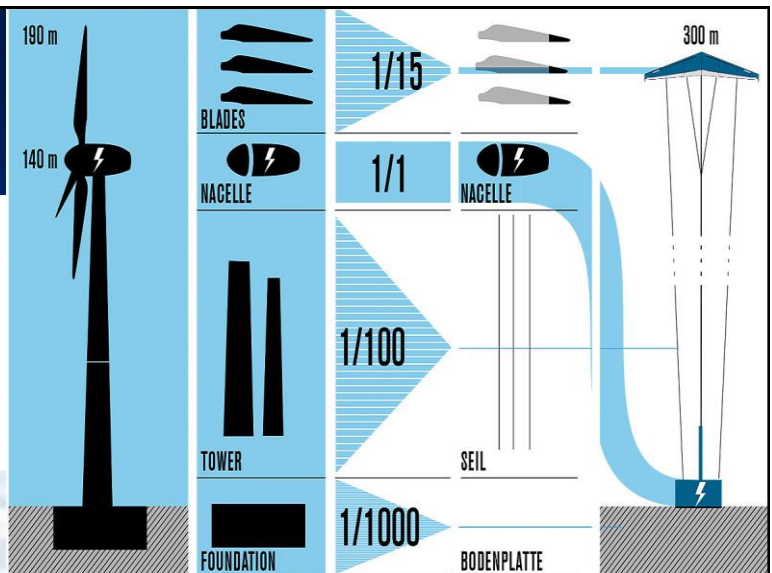
Rated power: 600 kW  
Full rated power wind speed: 11.5 m/s  
Operational altitude range: 140 m - 310 m  
Circling radius: 145 m  
First Power Point: 4 m/s

#### Kite materials

Kite: composite  
Generation system: 8 brushless DC motors

#### Tether

Structure: carbon fiber  
Conductor: aluminum



25-40%  
CAPACITY FACTOR

10%  
MATERIAL

DOUBLED  
ENERGY OUTPUT

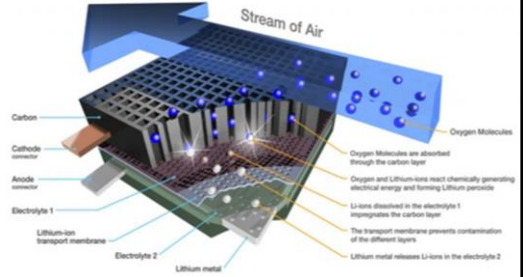
### 3. Sähkövarastot

- Li-akut 2025 \$50/kWh?
- Natrium, alumiini & muut haastajat odottavat vuoroa
- Alumiini-ilma 2,5kWh/kg
- Jakeluverkon kuorman tasaus, huoltovarmuus yms.



#### Battery 500

The Battery 500 technology is an open system using common air as a reagent which upon recharge releases oxygen back into the environment.



Trend Data for Battery Pack \$/kWh - Tesla vs. Market Average (BNEF research)  
(Cost Axis is Log Scale, dashed lines are estimated data)



#### 200MW-800MWh

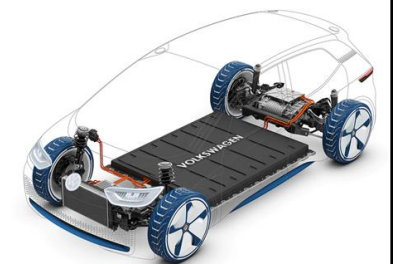
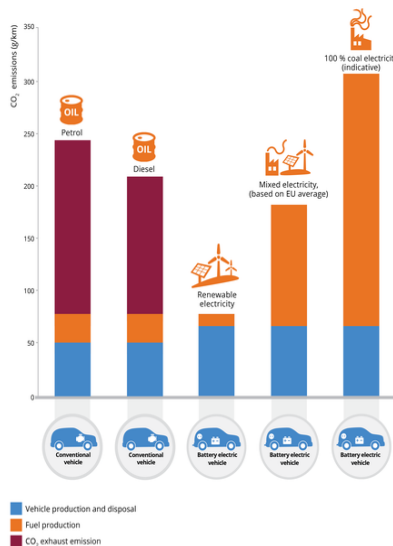


### 4. Sähköauto ja robottiliikenne

- Robottiliikenne (palveluna) jouduttaa sähköautoihin siirtymistä – jos akku tyhjenee, auto lataukseen ja matkustaja vaihtaa ladattuun autoon!
- Vuorokausitasolla miljoonan auton puskuri 85GWh nykytekniikalla!
- Energiansäästö todella suuri, tuontihinnoin n. 2MRD euroa/v
- Akut kehittyvät 15-20% vuosittain ja sähkölentokoneita kehitetään mm. Airbus
- Sähkörekkoja jo myydään

#### Range of life-cycle CO<sub>2</sub> emissions for different vehicle and fuel types

Vehicles powered by electricity are generally much more energy efficient than those powered by fossil fuels. Depending on how the electricity is produced, increased use of battery-powered electric cars can result in considerably lower emissions of CO<sub>2</sub> and the air pollutants nitrogen oxides and PM, which have been the main causes of air quality problems in many of Europe's cities.



Note: The values are estimated for an average mid-class vehicle for a total distance of 220,000 km. Source: TNO, 2015; authors' own calculations.

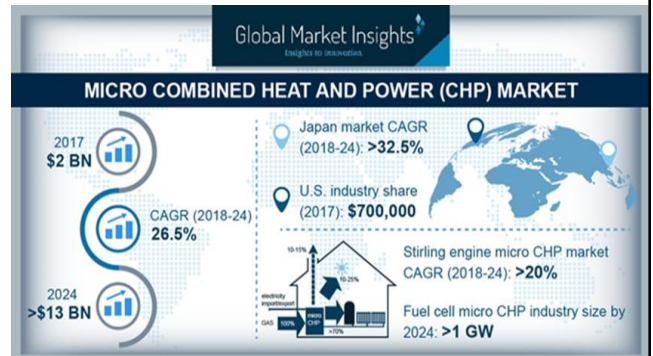
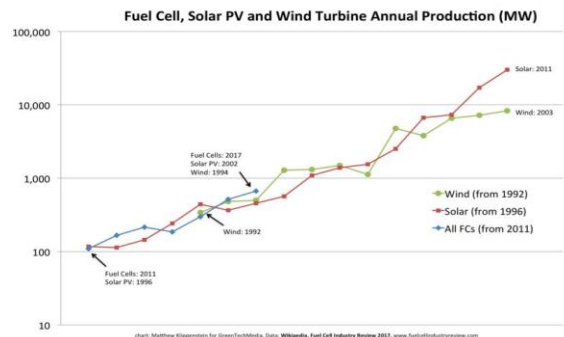
## 5. Mobiili sähkö – autonomisille roboteille ja sähköautoille!

- Luontevinta on ladata auto kotona tai töissä
- Logistiikkarobotit/dronet tarvitsevat sähkönsä
- Autolla ajetaan keskimäärin 17tkm/v. Tällöin auto tarvitsee ladata noin kerran viikossa.
  - Lataustarve vain harvoin ja harvoilla työpaikan tai kodin ulkopuolella, jos lataus on näissä mahdollinen
- Jakeluyhtiöiden tulisi harkita ristiinlaskutusta, joka olisi samanlainen kuin mobiilioperaattoreilla
  - Jos lataan toisen ihmisen/organisaation pistorasiasta ilmoitan sulakekoon/ajan, maksimimäärä poistetaan pistorasian haltijan laskulta ja lisätään laskulleni
  - Näin kuka tahansa voisi ladata missä tahansa!



## 6. Polttokennot ja CHP-mikroturbiinit

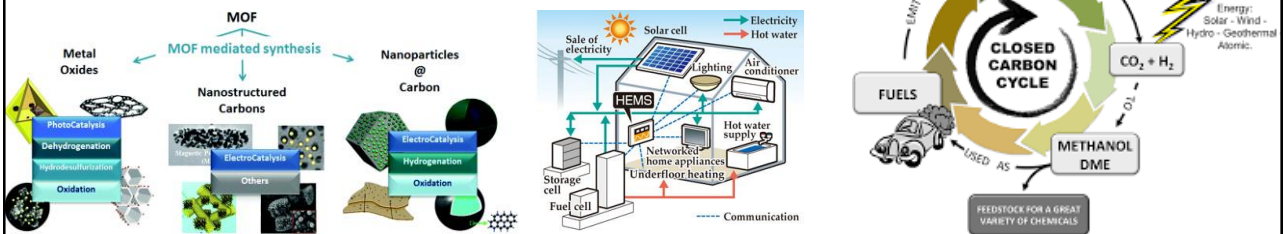
- Raaka-aineina tavallisimmin vety, metaani, metanoli – jopa ligniini tai metallit
- **75% hyötysuhde 2-suunt. tutkimuskennossa sähköstä vedyksi ja takaisin sähköksi**
- Nopeassa kehityksessä - hinta voimakkaasti valmistusmäärästä riippuva.  
<https://www.mdpi.com/1996-1073/9/12/1008/htm>



## 7. Keinotekoinen lehti, polttoainetta auringonvalosta ja hiilidioksidista!

Kokeellista tulevaisuutta!

- Nanoteknologian avulla valmistetaan rakenteita (mm. MOF), jotka tuottavat polttoaineita valo+H<sub>2</sub>O+CO<sub>2</sub>. Esim. vedyn, metaanin, eteenin ja etanolin tuottamista tutkittu. Myös itsestään uusiutuvilla bakteerifilmeillä tuotetaan jo polttonesteitä.
- **Prototyypilaitteistolla 15% hyötysuhde auringonvalosta vedyksi, teollinen valmistus suunnitteilla!!!**
- Oletettavaa on syöttötariffien heikkouden ja polttokennojen yleistyessä, että kotitaloudet ryhtyvät polttonesteiden tuottajiksi.



## 8. Ruoan "kellarikasvatus" lisääntyä 20-luvulla

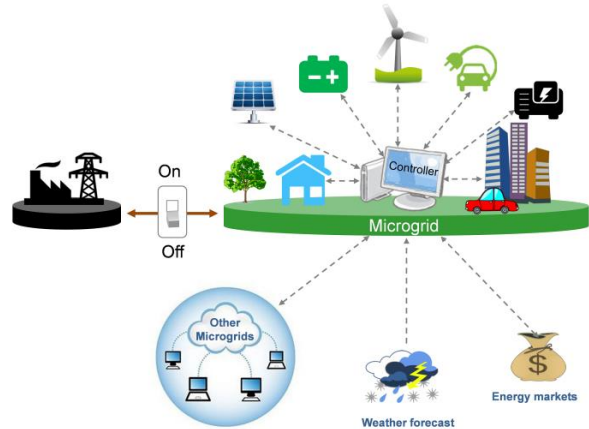
Suomessa edelläkävijänä Silmusalaatti! <http://silmusalaatti.fi/>

- Jos auringonvalon Helsingissä maahan osuvan energiaa muutetaan 100% ravinnoksi, riittää ihmisen ravitsemiseen 1m<sup>2</sup> pinta-ala, vaikkapa katolla.
- Kehitteillä on 50% aurinkopaneeleita, valoa siirtäviä kuituja, LED-valojen hyötysuhde on 50% ja kasvien hyötysuhde LED-valolla jopa 10% tasoon.
- Ihmisen ravintoon tarvitaan n. 40m<sup>2</sup> kattopinta ja kellari, jossa led-valot.
  - Suljettu kierto, sadasosa peltoviljelyn vedestä!
  - Helsinki voi tuottaa tarvitsemansa ravinnon kaupungin rajojen sisällä
- Samalla energialla lämmitetään kaikki kiinteistöt.
- Pyhäsalmen kaivokseen tulossa perunanviljelyä
- Fujitsulle Suomeen led-viljelyn koelaitos
- Myös viljelykontteja jo kaupallisesti tarjolla



## 9. Mikrogrid ilman pakkoliittämistä jakeluverkkoon -haja-asutusalueilla vapautuksesta säästöjä kaikille!

- Kaupallisena toimintana velvoite taata sähkönsaanti yhteisölle
- Vapautus sähkönsiirtomaksuista
- Valtaosa sähkön tuotannosta voi olla kiinteistökohtaista aurinko-sähkön, polttokennojen ym. avulla omilla tai muiden laitteilla
  - Metanolikseno esim. 2000Eur / kW 20.000kpl sarja/vuosi (ennuste)
  - 1KW + akku +PV omakotitaloon!
- Kunnossapito, asennus, polttokennojen tankkaus yms palveluntarjoajan toimintaa



Copyright Berkeley Lab

## 10. Lämpökaivot ja teolliset lämpöpumput

- Kesällä +80C lämmitetty vesi vielä +40C keväällä
  - Ei lämpöpumppua eikä eristystä, vain porakaivoja
- Teollinen laudelämpö käytetään lämpöpumpun avulla prosessissa itsessään, hyötysuhde ylös



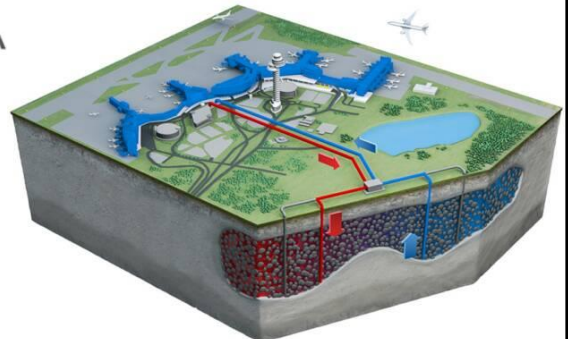
ENERGIAN KIIRRÄTYS ON TALOUDELLISESTI KANNATTAVAA

CALEFA

Perinteinen malli

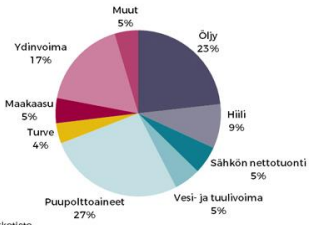


Calefan malli

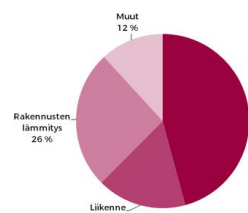


# Sähkön merkitys kasvaa jatkuvasti!

Energian kokonaiskulutus Suomessa energialähteittäin vuonna 2017\*      Energian loppukäytön jakaantuminen sektoreittain 2017\*



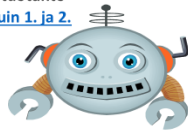
\* ennakkotieto



\* ennakkotieto

## Teolliset vallankumoukset (Rifkin) muuttavan energian tuotantoa ja käyttöä

- vallankumous – painokoneet ja laaja lukutaito höyrykoneiden avulla, höyryvoimalla toimiva joukkoliikenne ja teollinen tuotanto
- vallankumous – sähköinen viestintä, öljypohjaiset koneet, sarjatuoanto, esim. Fordin T-Malli, ihmisten ja tavaran mobilisaatio.
- vallankumous – hajautettu lähivalmistus, virtuaaliset palvelut
  - uusiutuva energia, hajautettu energian tuotanto / varastointi / käyttö
  - robotisaation avulla paikalliseksi hajautettu ja yksilöllistetty tuotanto
  - vaikuttaa kauppaan, palveluihin, teollisuuteen yhtä paljon kuin 1. ja 2.

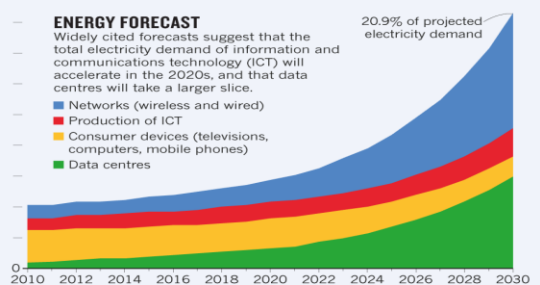


9,000 terawatt hours (TWh)

### ENERGY FORECAST

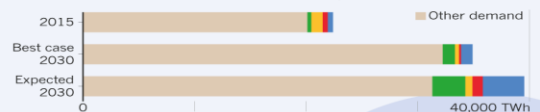
Widely cited forecasts suggest that the total electricity demand of information and communications technology (ICT) will accelerate in the 2020s, and that data centres will take a larger slice.

- Networks (wireless and wired)
- Production of ICT
- Consumer devices (televisions, computers, mobile phones)
- Data centres



The chart above is an 'expected case' projection from Anders Andrae, a specialist in sustainable ICT. In his 'best case' scenario, ICT grows to only 8% of total electricity demand by 2030, rather than to 21%.

### Global electricity demand



### INTERNET EXPLOSION

Internet traffic\* is growing exponentially, and reached more than a zettabyte (ZB,  $1 \times 10^{21}$  bytes) in 2017.

1987 2 TB†      1997 60 PB      2007 50 EB      2017 1.1 ZB

\*Traffic to and from data centres.

†TB, terabyte ( $10^{12}$  bytes); PB, petabyte ( $10^{15}$  bytes); EB, exabyte ( $10^{18}$  bytes).

©nature