

# Suomen energiatulevaisuus

10.1.2019 (päivitetty 22.1.2019) Helsinki

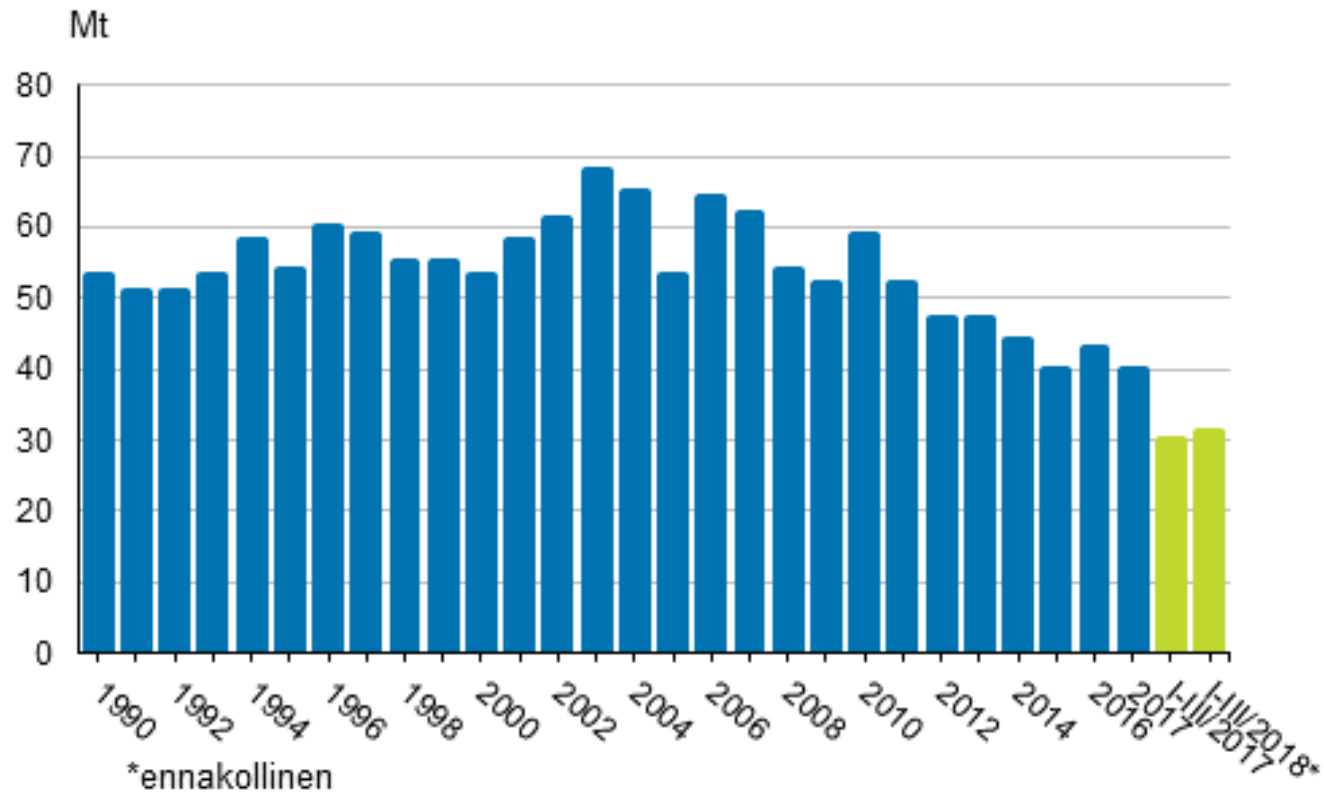
Raimo Lovio

Aalto-yliopisto

# Energiamurros on kiihtymässä

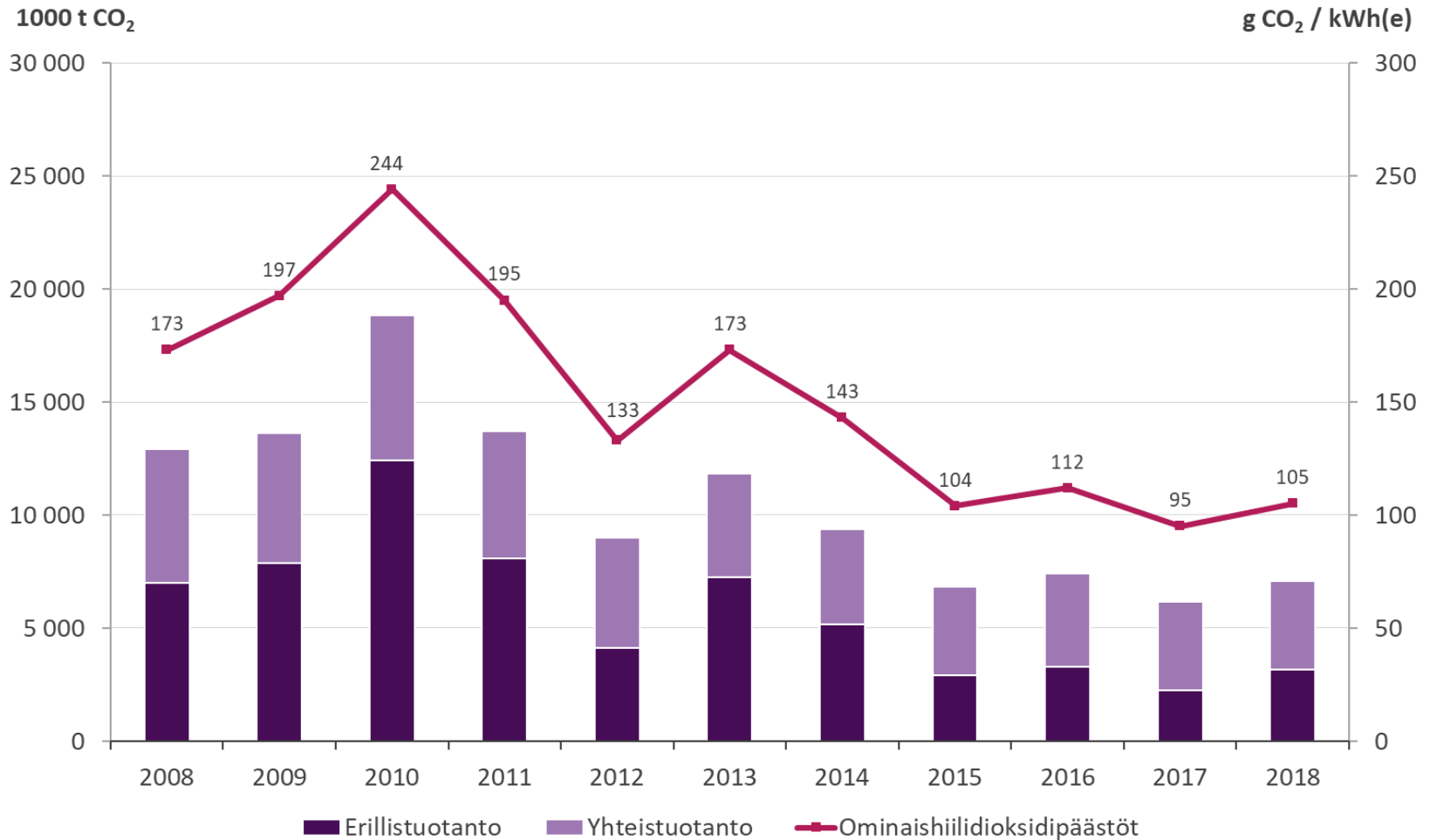
- IPCC:n raportti lisännyt tietoisuutta tarpeesta merkittävästi nopeuttaa nettopäästöjen vähentämistä
- Uusien teknologioiden valtavirtaistuminen nopeutumassa
- Tuoreita esityksiä mahdollisuuksista ja tavoitteista:
  - Suomen ilmastopaneelin ehdotuksia päästöjen vähentämisen nopeuttamiseksi 21.6.2018
  - Sitra: Cost-efficient emission reduction pathway to 2030 for Finland. November 2018 (päästöt alas 60 % vuoden 1990 tasolta vuoteen 2030)
  - EK liittyy CLC-ilmastoaloitteeseen: Ilmastopolitiikan kunnianhimoa nostettava vastaamaan 1,5 C-asteen tavoitetta (20.11.2018)
- Suomen politiikassa ollaan suuntautumassa aiemman energia- ja ilmastostrategian tavoitetason nostoon (“enemmän ja nopeammin”) 2020-luvulla (puolueiden yhteiskannanotto; hiilineutraalisuustavoite vaihtelee välillä 2035 - 2045)

Tarvetta nopeuttamiseen on: fossiilisten polttoaineiden ja turpeen hiilidoksidipäästöt laskussa 2003 lähtien, mutta ei 2016-18!



**Lähde: Tilastokeskus, Energian hankinta ja kulutus**

# Sähköntuotannon CO<sub>2</sub>-päästöt eivät myöskään laskeneet 2016-18



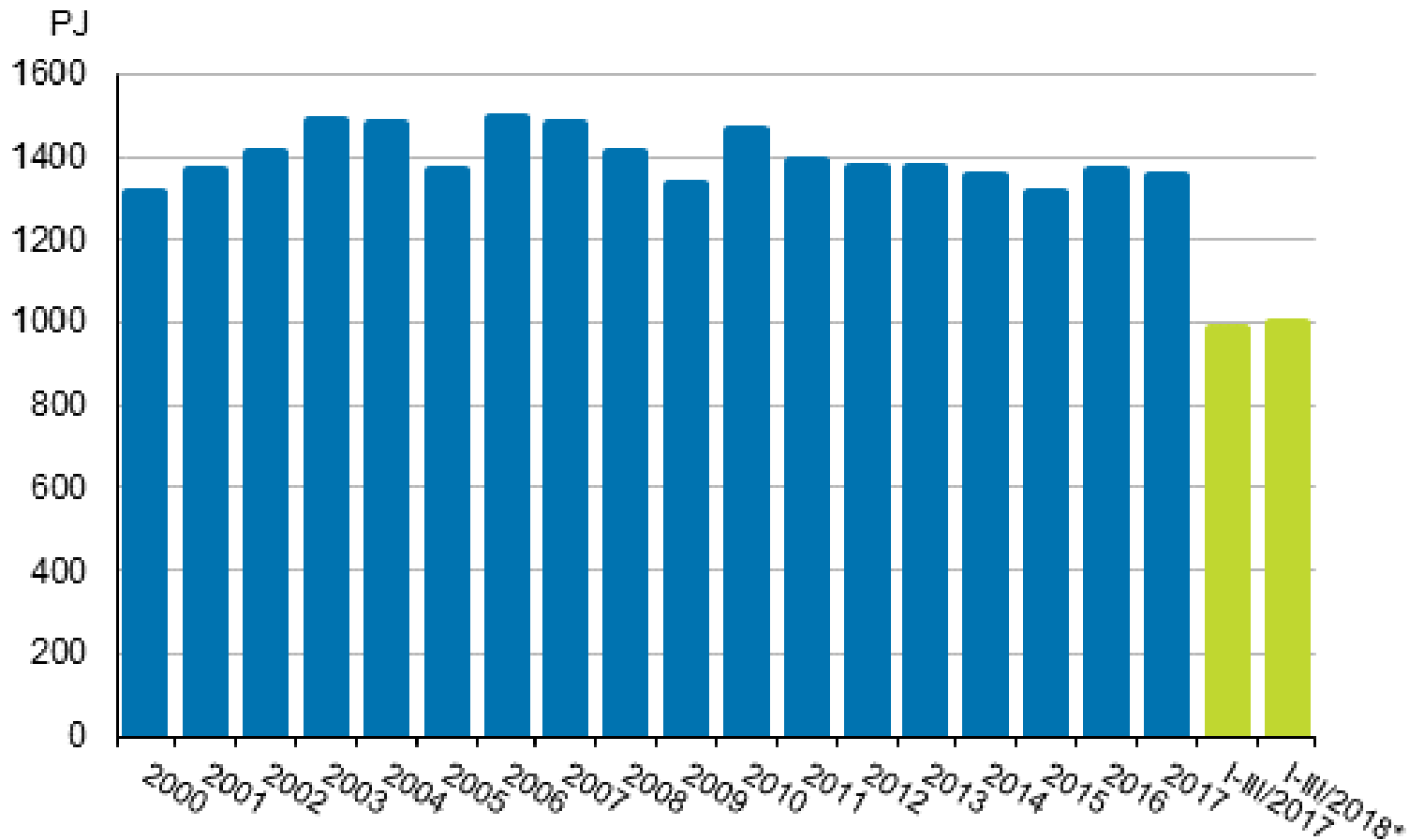
Kuvan lähde: Energiateollisuus ry

# Suomen energiatulevaisuus

- (1) Energian tuotanto, jakelu ja käyttö **tehostuvat** merkittävästi ja energiaintensiivistä **toimintaa karsitaan** (energian kulutus ei kasva).
- (2) **Fossiilisten polttoaineiden ja turpeen käyttö laskee** nykyisestä 40 %:sta, uusiutuvat kasvavat ja muita energialähteitä opitaan hyödyntämään paremmin.
- **(3) Hiilinielujen** merkitys kasvaa eri tekniikoin.
- (4) Energia **sähköistyy** vahvasti, myös lämmityksen ja liikenteen osalta.
- (5) Energiajärjestelmässä **joustavuus** tulee hyvin arvokkaaksi tekijäksi.
- (6) Energiajärjestelmä **digitalisoituu**.
- (7) Energiajärjestelmästä tulee **monisuuntainen älykäs verkko**, jossa sähkö, lämpö ja liikenne **integroituvat** ja jossa toimivat aktiivisesti **monet toimijat**.

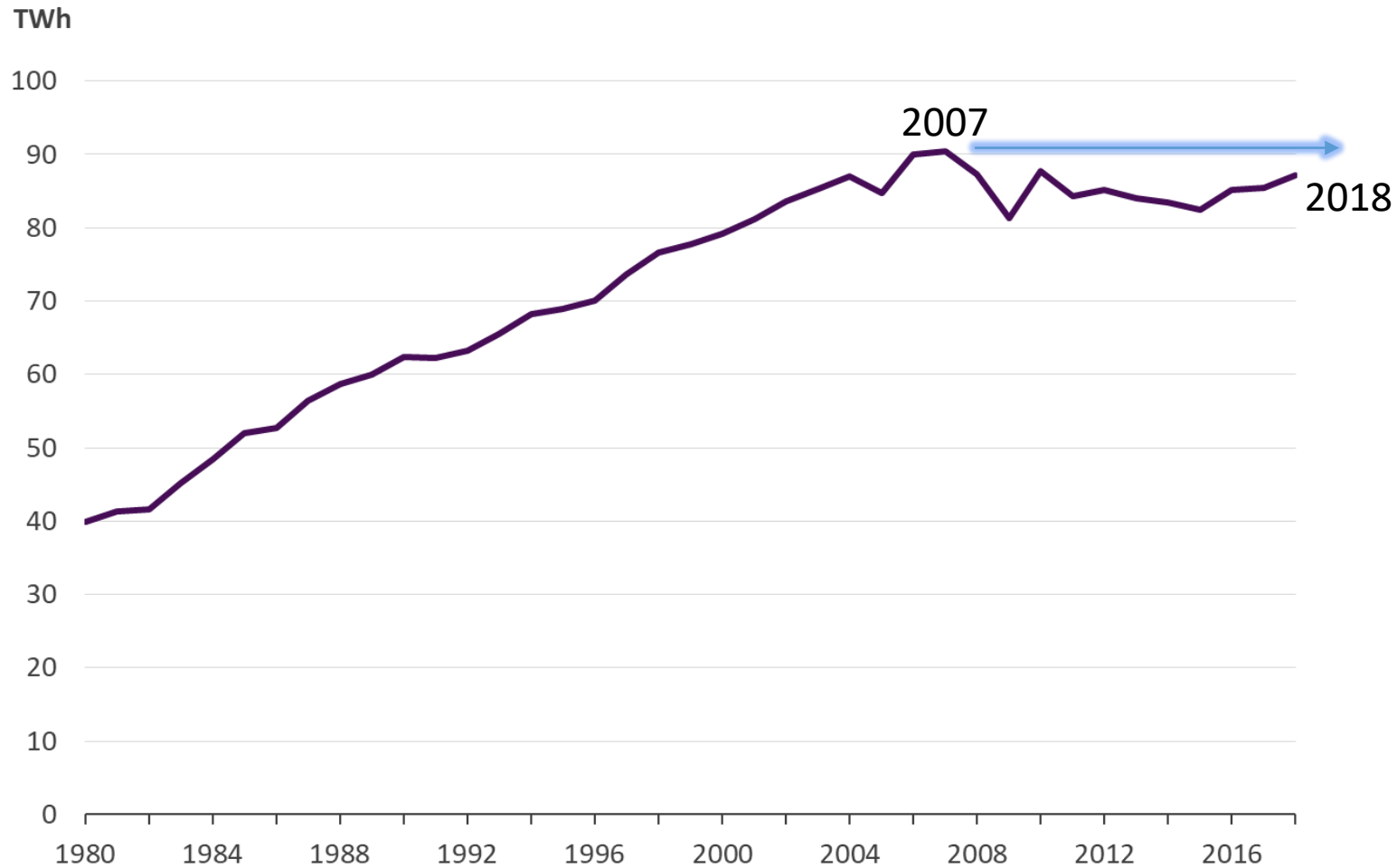
(1) Energiatehokkuus ja  
kulutuksen karsiminen

# Energiankulutus ei kasva Suomessa, mutta ei vähenekään riittävästi?



Kuvan lähde: Tilastokeskus

# Sähkön kokonaiskäyttö edelleen alle vuoden 2007 ennätykseen



Kuvan lähde: Energiateollisuus ry

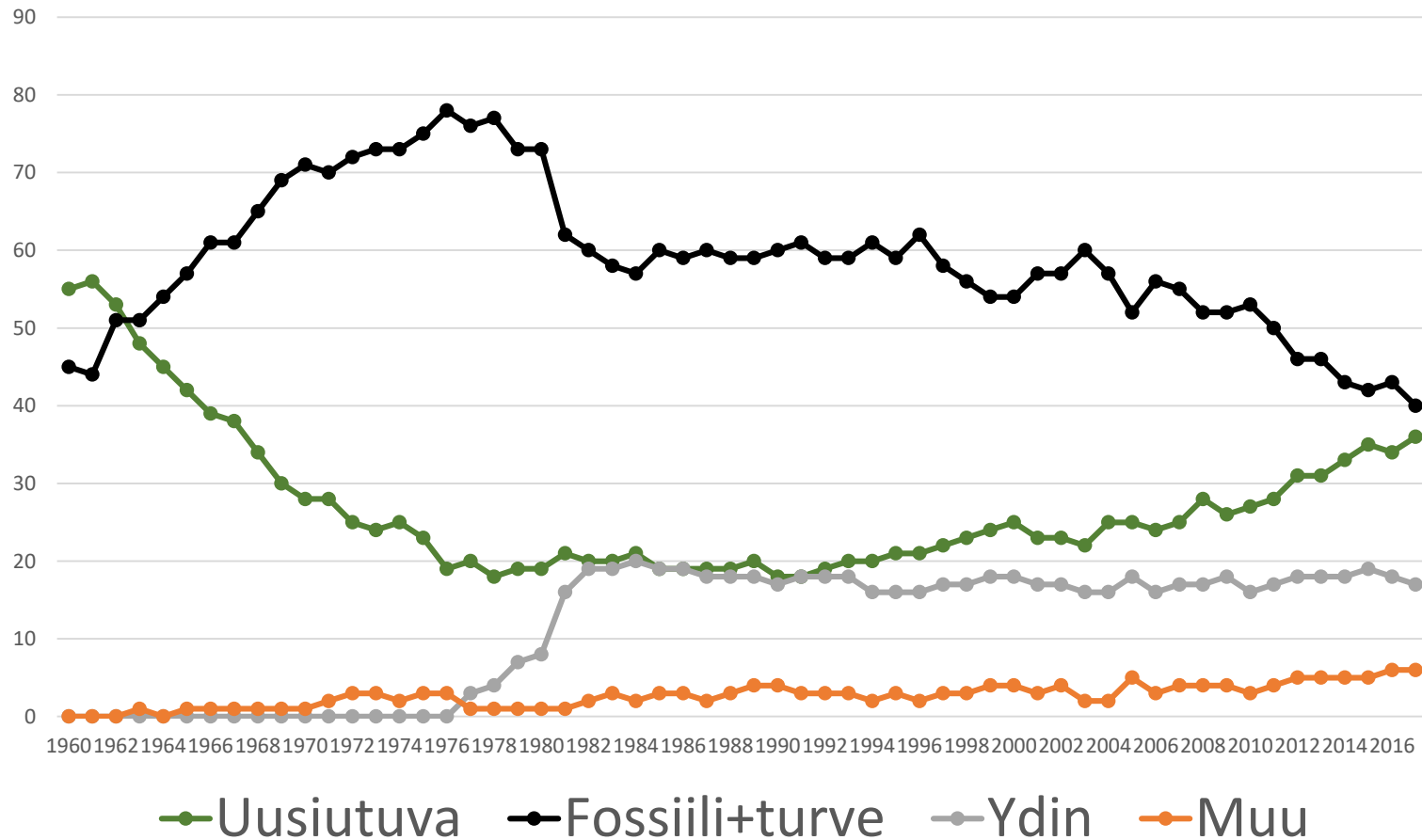


# Kulutuksen vähentämisen keinoja

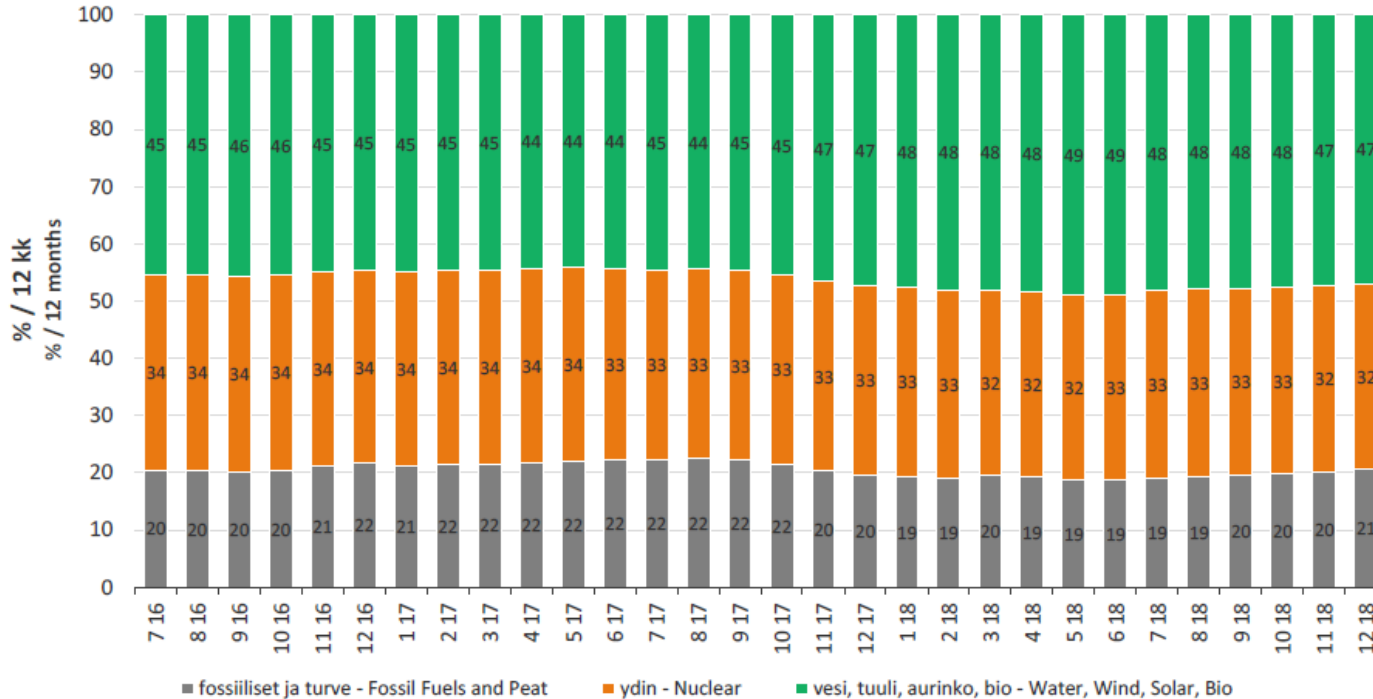
- Paremmalla rakentamisella ja saneerauksilla
- Teollisuuden energiatehokkailla prosesseilla
- Energiatehokkailla koneilla, laitteilla ja liikennevälineillä
- Älykkyydellä
- Sähköistämällä toimintoja (liikenne, lämpöpumput)
- Tuotantotarpeen vähentäminen “hukkalämpöjä metsästäväällä”
- Karsimalla vähäarvoisia energiantensiivisiä toimintoja

(2) Fossiilisten polttoaineiden ja turpeen käytön vähentäminen ja uusiutuvan energian lisääminen

## (2) Energiälähteiden osuus energian kokonaiskulutuksesta Suomessa 1960 - 2017, %



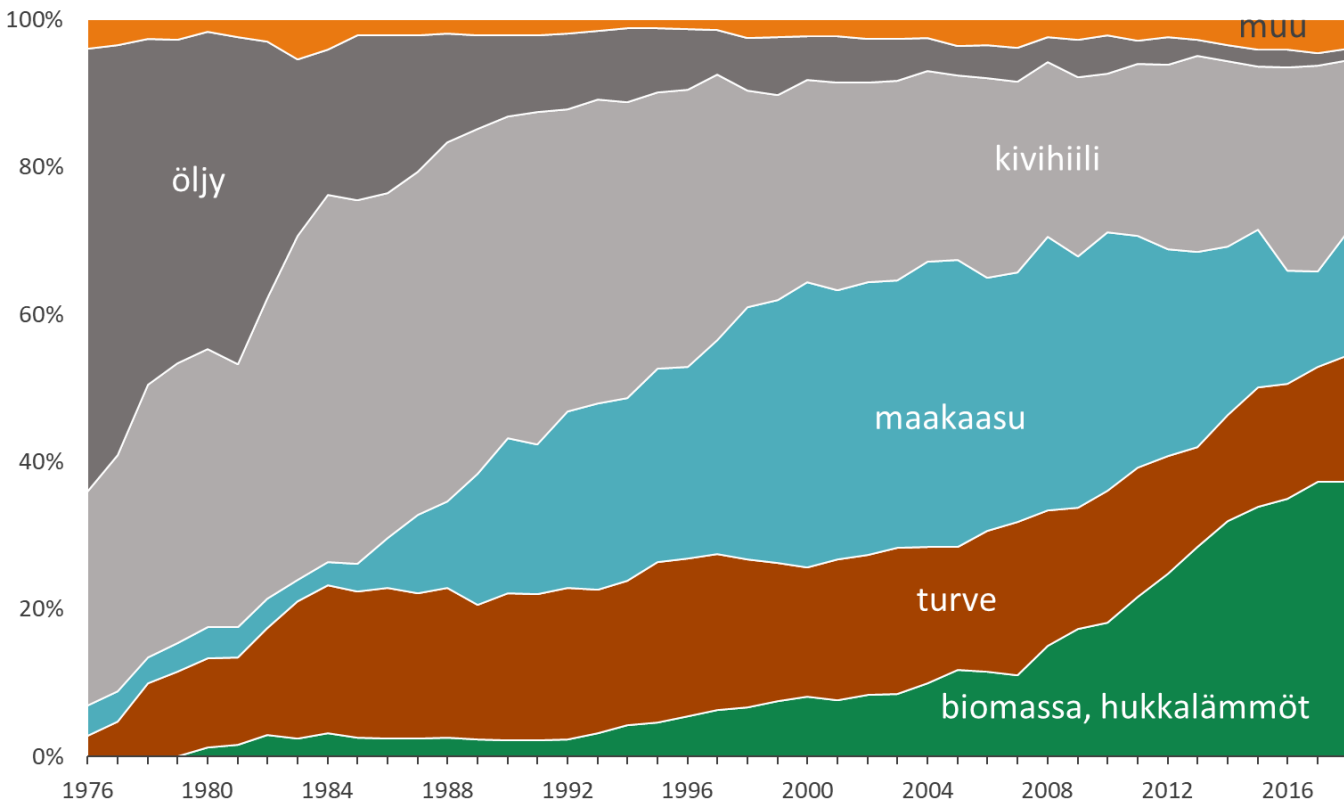
Kuvan tiedot: Tilastokeskus

**Sähköntuotanto energialähteittäin, 12 kk**  
**Power generation by energy source, 12 months**


- Tuotannon kuukausitilastoon ja vuositilaston ominaislukuihin perustuvia arvioita  
 - Estimates based on monthly and annual generation statistics

- Tuulivoima ohittanut 2016-2018 turpeen, maakaasun ja hiilen.
- Kivihiilen käytön lopettaminen 2029.
- Turpeen ja öljyn käytön vähentäminen

# Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet



- Biomassa ja hukkalämmöt lisääntyvät osuuttaan, mutta fossiiliset polttoaineet ja turve edelleen 51 % (koko maan luku)
- Jatkossa öljy poistuu, kivihiili poistuu, turve vähenee.

Kuvan lähde: Energiateollisuus ry

# Helsingin tuotantokapasiteetti ja energialähteet: nykytila ja yksi tulevaisuusskenaario

	Helen Oy lämmöntuotannon kapasiteetti vuonna 2017	Helsingin lämmöntuotannon kapasiteetti 100% fossiilivapaassa skenaariossa
<b>Lämpöpumput</b>	<b>100 MW</b> (+ rakenteilla Katri Valan laajennus ja Esplanadin lämpöpumppulaitos yht. noin <b>50 MW</b> )	<b>1 100 MW</b> , joissa energialähteenä hukka- ja ympäristölämpö sekä lähinnä tuuli- ja aurinkovoima, ja varavoimana biosähkö (CHP)
<b>Sähkön ja lämmön yhteistuotanto CHP</b>	<b>1 300 MW</b> , jossa polttoaineina hiili, kaasu, öljy ja biomassa	<b>300 MW (+ 200 MW sähköä)</b> , jossa polttoaineena biomassa
<b>Lämpökattilat</b>	<b>2 000 MW</b> , jossa polttoaineina lähinnä kaasu, öljy ja biomassa	<b>1 100 - 2000 MW</b> , jossa polttoaineina biomassa sekä esim. tuuli- ja aurinkovoimasta valmistetut synteettiset neste- ja kaasupolttoaineet
<b>Sähkökattilat</b>		<b>200 MW</b> , jossa energialähteenä lähinnä tuulivoima
<b>Lämpövarastot</b>	<b>2 GWh</b> (+ rakenteilla <b>14 GWh</b> Mustikkamaan lämpövarasto)	<b>15-30 GWh</b> (järjestelmä voi toimia jo hyvin, kun Mustikkamaan lämpövarasto valmistuu)

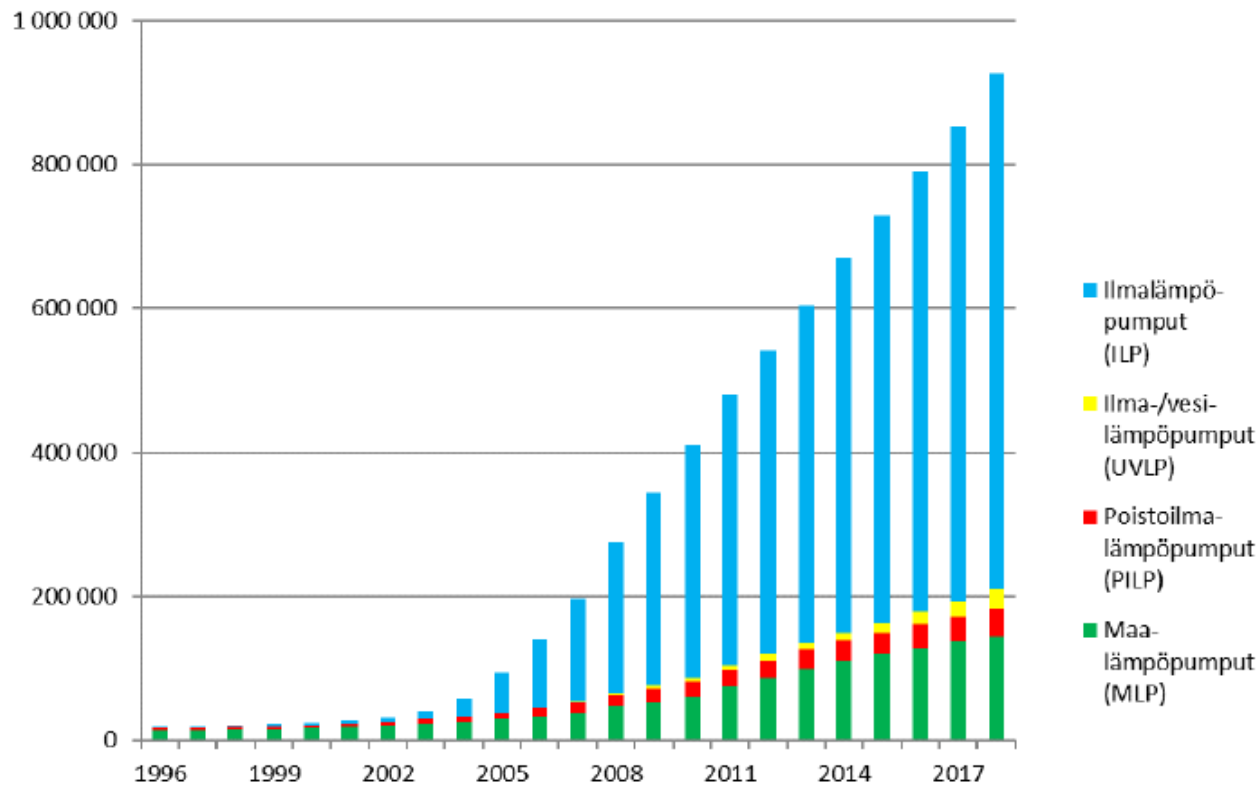
Lähde: Karoliina Auvinen ym.

# Öljyn kotimaisen käytön vähentäminen liikenteessä ja erillislämmityksessä

- **Energia- ja ilmastostrategia 2016: fossiilisen öljyn kotimaisen käytön puolittaminen 2030 vuoden 2005 tasosta. Tavoite tulee kiristymään.**
- Liikenteessä henkilösähköautoja ja hybridejä 250 000 sijasta ehkä jopa 750 000 ja 250 000 muuta sähköistä liikennevälinettä ja työkonetta
- Liikenteeseen myös (bio)kaasuautoja (50 000) ja nestemäisiä 2. sukupolven biopolttoaineita (sekoitevelvoite 30 % ilman tuplalaskentaa 2030)
- Fossiilisen öljyn käytön lopettaminen erillislämmityksessä ja niiden korvaaminen lämpöpumpuilla ja muilla ratkaisuilla (pelletit, aurinkolämpö)

# Suomeen myydyt lämpöpumput, kumulatiivinen

920.000 kappaletta

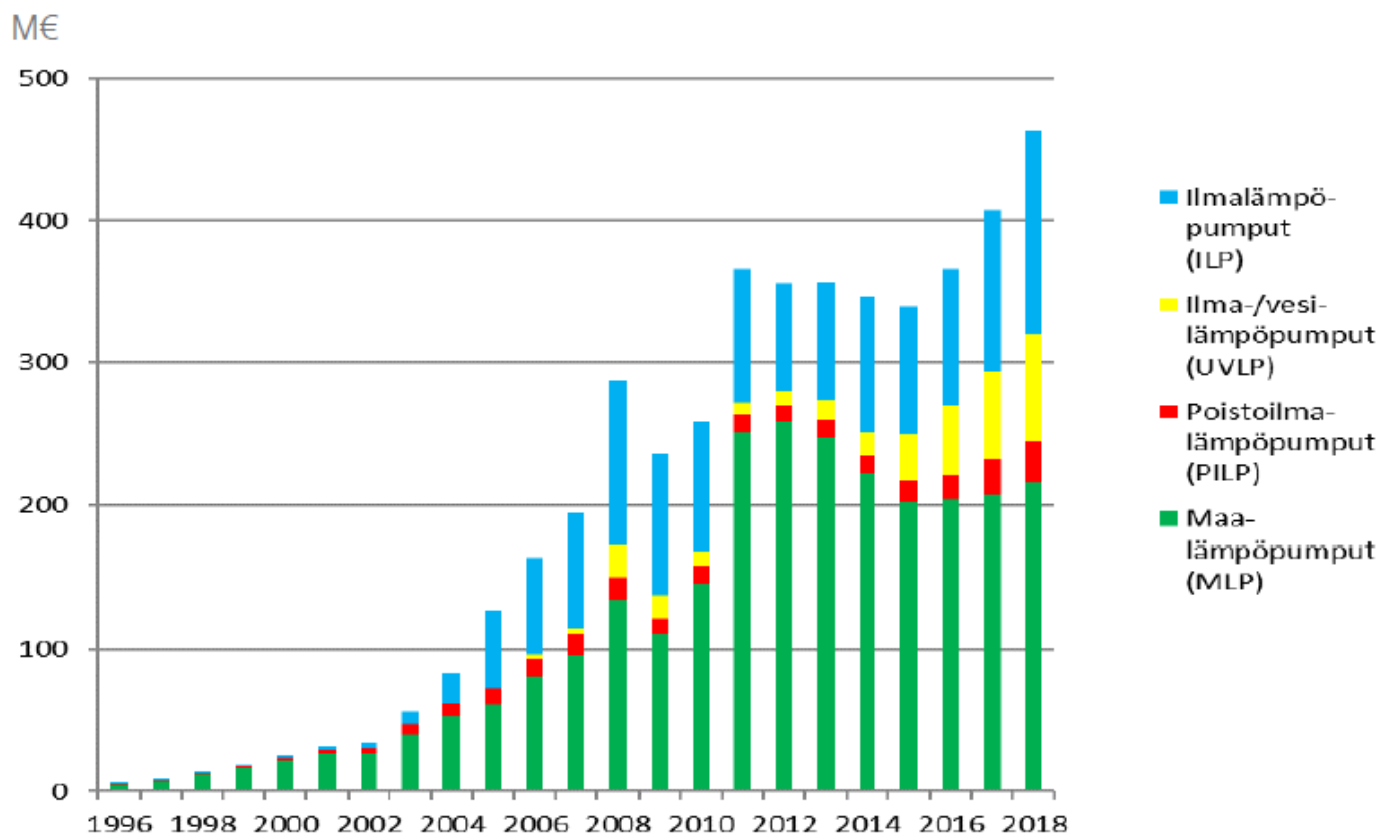




# Lämpöpumppuinvestoinnit

Loppukäyttäjät investoivat 500 M€ vuosittain

Alla olevasta kuvasta megawattiluokan kaukolämpö-, teollisuuden ja isojen kiinteistöjen lämpöpumput sekä oheistoimintojen kuten suunnittelun, rakennuttamisen, valvonnan, huollon liiketoiminnan eurot



# Lämpöpumput ja geoterminen energia

- Poistoilmalämpöpumput asuinkerrosrakennuksiin!
- Suuren kokoluokan lämpöpumput, lämpöpumppukentät kiinteistöissä
- Suuren kokoluokan lämpöpumput kaukolämpöjärjestelmän osana
- Uudet geotermiset ratkaisut (poraussyvyyksiä kasvattamalla)
- Kaikkiaan geotermiset ratkaisut ja lämpöpumput kasvavat nykyisestä runsaasta 10 TWh:sta vähintään 20 TWh:iin (ennusteeni 2016 eli 2 vuotta sitten). Tässä eivät ole vielä mukana kaukolämpöverkkojen lämpöpumput, missä kasvua tulee myös selvästi.

# Bioenergian lisäykset

- Sellutehtaat ja niiden laajennukset
- Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen CHP:ssa
- Biopolttoaineiden sekoitevelvoitteet
- Puun pienkäytön mahdolliset lisäykset?
- **Yhteensä energia- ja ilmastostrategian 2016 mukainen laskennallinen lisäys 2015-2030: 98 --- 127 (+29 TWh). **Voi olla yliarvioitu?****
- Biokaasun lisäykset 1 TWh:sta
  - 2 TWh:iin (EIS2016),
  - 3 TWh:iin (RL) tai
  - 4,5 TWh:iin (Sitra 2018) 2030 mennessä

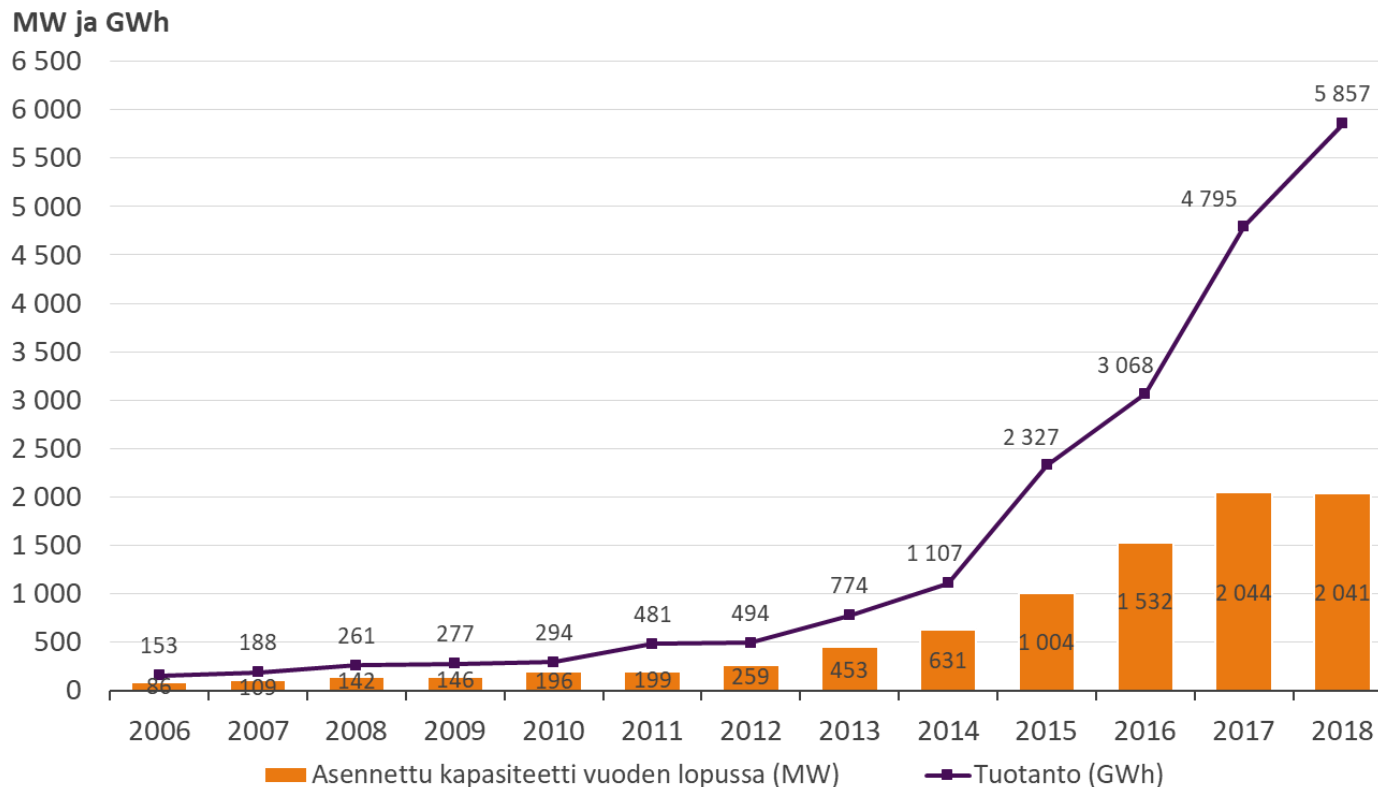
# Tuuli- ja aurinkoenergian rooli kasvava

- Globaalisti uudesta **sähkön** tuotantokapasiteetista aurinko ja tuuli tärkeimmät
- Suomessa näiden alojen merkittävämpi kasvu alkoi vasta vuonna 2015
- Suomessa tuulivoima on kasvava sähköntuotantomuoto, mutta aurinkoenergia (sähkö ja lämpö) on luonteeltaan kulutuskohteissa oleva vaihtoehtoinen energiatehokkuusratkaisu

# Energiauutiset 5/2018, s. 6

- Euroopassa on suunnitteilla 87 000 MW uutta tuulivoimakapasiteettia 2018 – 2022
- Tilanne 2022 258 000 MW =  $\frac{1}{4}$  globaalista tehosta, mistä
  - Saksa 73 000 MW, Espanja 30 000 MW, UK 26 000 MW
  - Ruotsi 11 400 MW, Norja 4500 MW
- Kansainvälinen kiinnostus Suomea kohtaan kasvamassa (hyvät tuuliolosuhteet, tilaa)

# Suomen tuulivoimatuotanto ja kapasiteetti 2005 - 2018



**Syyskuussa 2018: 13 % kotimaisesta tuotannosta ja 10 % kulutuksesta**

Kuva:  
Energiateollisuus ry

# Tuulivoiman näkymät 2019 - 2030

- Kannattavuuden paraneminen:
  - Tahkoluoto 2009 (150 m, 3 MW, 8 GWh), Viinämäki 2019 (250 m, 4,4 MW, 19 GWh)
  - Maatuulivoimasta halvin uuden sähköntuotantokapasiteetin muoto (LUT, Wärtsilä, Pöyry jne.): 35-50 euroa/MW
  - Sähkön hinta 2018 ollut yli 40 euroa/MW
- Näköpiirissä jo lisäyksiä ilman tukia (Tuuliwatti, IKEA, Google, ...) ja kilpailutuksen kautta (1,4 TWh)
- Tuulivoimatuotanto 2030 Suomessa:
  - Energia- ja ilmastostrategia 2016: 8 TWh
  - Oma ennusteeni 2016: 14 TWh
  - Sitran raportti 2018: 26,5 TWh (runsaasti merituulivoimaa)
  - Tuulivoimayhdistyksen tavoite: 30 TWh

# Aurinkosähkökapasiteettia globaalisti 2017 lopussa noin 403 GWp

- Vuonna 2017 asennettiin 98 GWp (tuulta 52 GW)
- Puolet siitä Kiinaan 53 GWp
- Euroopassa lisäys noin 7 GWp
- Suomessa lisäys noin 45 MWp

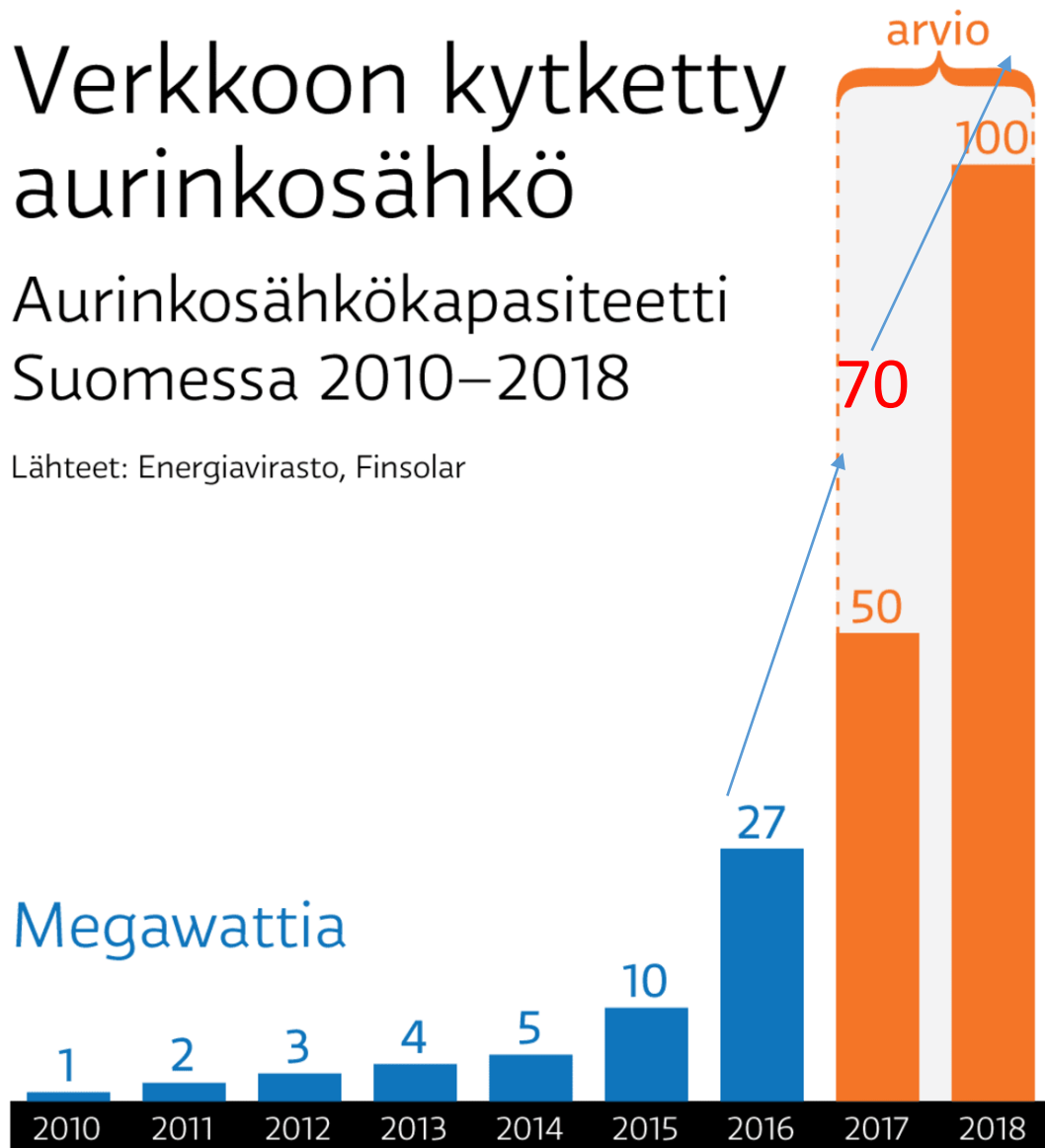


# Verkkoon kytketty aurinkosähkö

Aurinkosähkökapasiteetti Suomessa 2010–2018

Lähteet: Energiavirasto, Finsolar

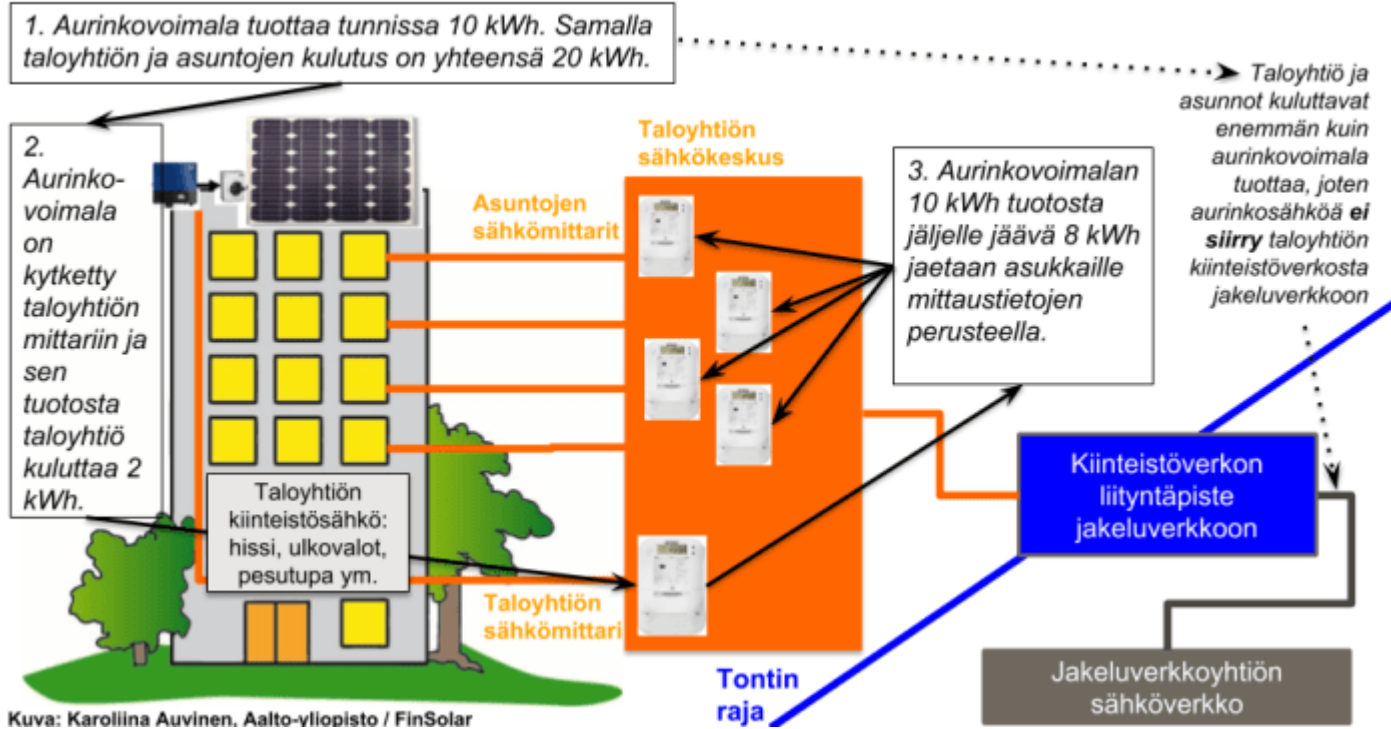
Megawattia



Uusi arvio:  
110-125 MW

Ennuste (RL 2016)  
2030: 2 TWh

## Aurinkosähkön hyvityslaskenta taloyhtiön kiinteistöverkossa



[www.finsolar.net](http://www.finsolar.net)

### Kiinteistöliiton Petri Pylsy: Sähkömarkkinalainsäädännön mahdollistettava aurinkosähkön hyvityslaskentamalli (Julkaistu: 24.10.2018)

”Sähkömarkkinalainsäädäntöä on kehitettävä nopeasti mahdollistamaan aurinkosähkön hyvityslaskentamalli”, kommentoi Kiinteistöliiton energia- ja ilmastoasioista vastaava johtava asiantuntija Petri Pylsy työ- ja elinkeinoministeriön asettaman älyverkkotyöryhmän loppuraporttia. Työryhmä luovutti raportin asunto-, energia- ja ympäristöministeri Kimmo Tiilikaiselle keskiviikkona 24.10.

# (3) Hiilinielut: päästöt alas, nielut ylös!

- Hiilinielut metsätaloudessa!!
- Hiilinielut maataloudessa!
- Perinteinen CCS: savukaasuista?
- Uudempi CCSU??
  - Polttoainetta, ruokaa (LUT Solar Foods)

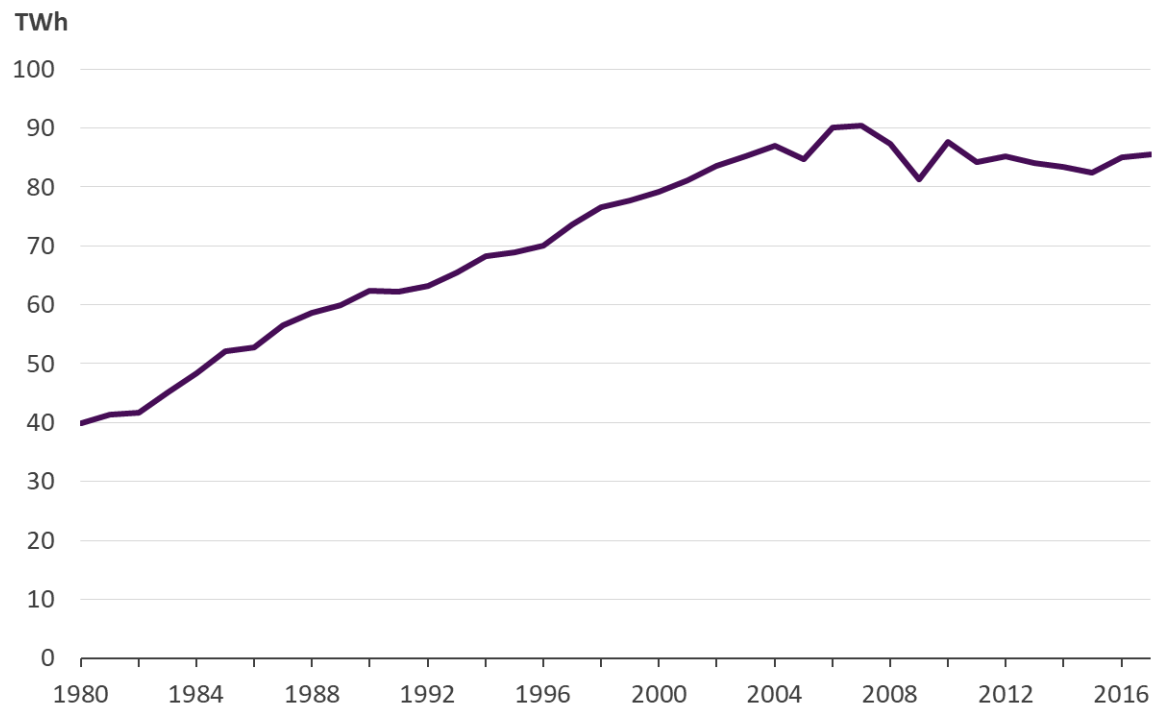
# (4) Energia sähköistyy ja polttaminen vähenee

- **Lämmityksen** sähköistyminen:
  - Lämpöpumput asuintaloissa, liikekeskuksissa, energiajärjestelmässä (lämmön lähteenä geoenergia, hukkalämmöt jne.)
  - Halvan sähkön muuntaminen esimerkiksi kaukolämmöksi
  - Energiatehokkaiden talojen ja ilmaston lämpenemisen oloissa tilojen lämmitystarve pienee, veden lämmitys säilyy, viilennys kasvaa – sähkölämmityksen mahdollisuudet kasvavat
- **Liikenteen** sähköistyminen
  - Sähköinen liikenne ja työkoneet
  - Halvan sähkön muuntaminen polttoaineeksi

# Sähkön kulutus lähtee uudelleen nousuun

## Sähkön kokonaiskäyttö

85,4 TWh vuonna 2017 (+0,4 %)



### Sähkön kulutus 2040?:

SET2018: yli 120 TWh?

### Sähkön kulutus 2030?:

- Sitra2018: 102 TWh
- EIS2016: 93 TWh

### Sähkön hinta?:

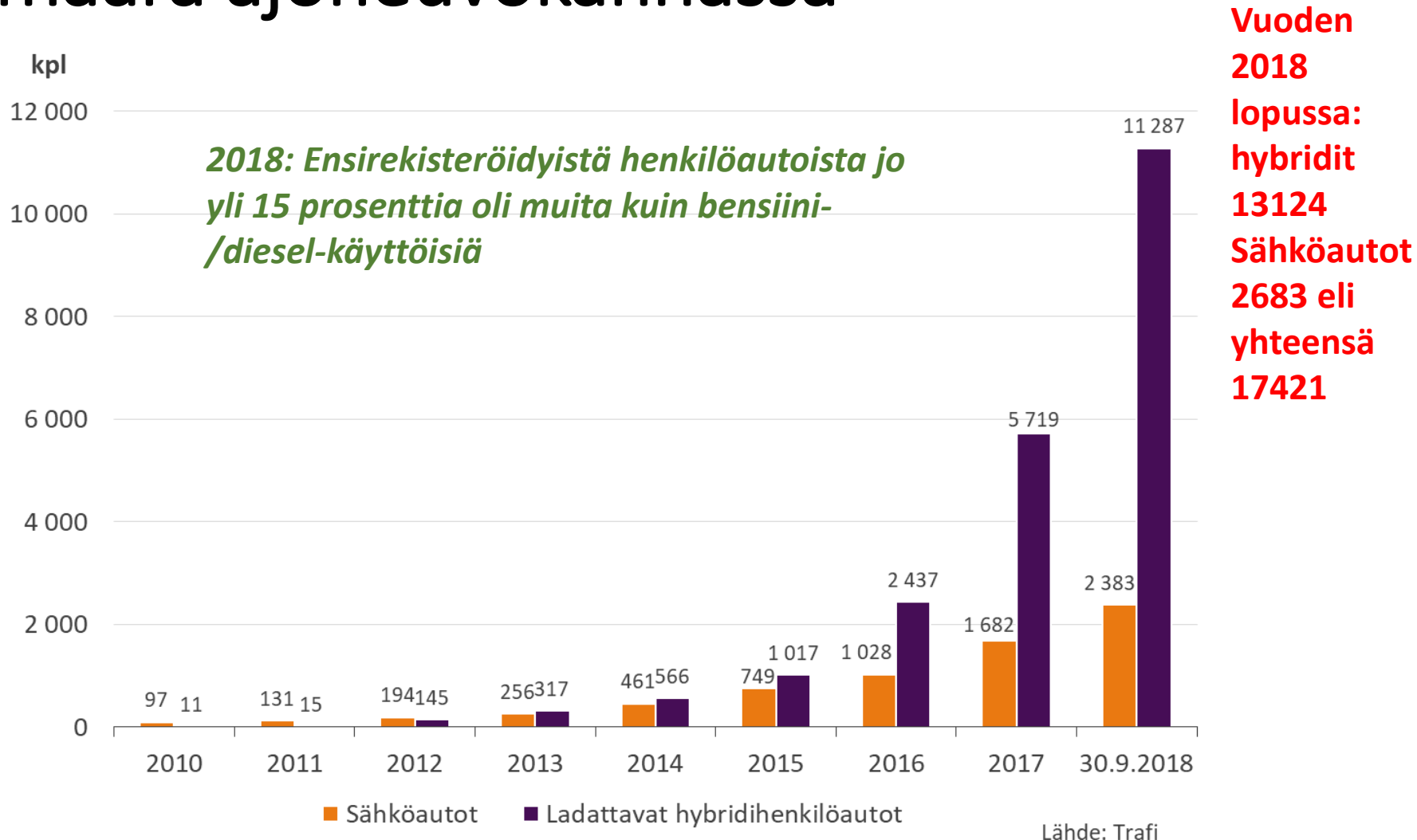
- Päästökauppa (yli 20 e)
- Lisätarjonta: tuuli- ja ydinvoima ja bio-CHP
- Lisäkysyntä: liikenne, lämmitys, teollisuus

# Sähkön tukkuhinnat Suomessa ja Ruotsissa 2002 - 2018



Lähde: Energiateollisuus ry

# Sähköautojen ja ladattavien hybridien määrä ajoneuvokannassa



- Liikennesuoritteiden kasvun hillitseminen uusilla ja paremmilla palveluilla!

# Sähköautojen latausjärjestelmät kiinteistöissä

- Mitä ajankohtaisin kysymys!
- Suomessa hyviä toimijoita: Virta, Parkkisähkö, Fortum Charge&Drive



**PARKKISÄHKÖ**

**Fortum Charge & Drive**



## (5) Vaihtelevuuden hallitseminen

- Suomessa sähkön kulutus on jo perinteisesti vaihdellut paljon: vuodenajat, viikonpäivät, päiväajankohta – joustavalle tuotannolle ja varavoimalle on siis aina ollut tarvetta
- Nyt rinnalle tulee kasvavassa määrin vaihtelevaa sääriippuvaista tuotantoa (aurinko, tuuli)
- Tarvitaan **sekä** joustavaa tuotantoa **että** kulutusta
- Ja molempien pitäisi joustaa **molempiin** suuntiin tilanteesta riippuen

# Vaihtelevan tuotannon hallitsemisen keinot

- Siirtoverkot
  - laajemmalla alueella vaihtelevuus vaihtelee
  - laajemmalla alueella voidaan muuten tasoittaa
- Lisää nopeasti muutettavaa joustavaa tuotantoa/varastointia perinteisen vesivoiman rinnalle
- Kulutusjousto lisää eri aikajänteillä
- Varastointi/muuntaminen
  - Akut vain yksi varastoinnin muoto!!!
  - Lämmön varastointi on paljon halvempaa kuin sähkön varastointi!!!
- Varakapasiteetti hätävarana

# Akut edelleen kalliita, mutta voidaan yrittää kompensoida monin keinoin

- Riittävän lähellä kannattavuutta, että kannattaa selvittää ja kehittää käyttöä
- **Tukia** pyritään saamaan ja on saatukin (verouudistus 1.4.2019 auttaa suurten akkujen käyttöä)
- **Rinnakkaiskäyttö** moneen tarkoitukseen
- **Vanhat akut uuteen lisähyötykäyttöön** (esim. datakeskusten lyijy-UPSit). Uusissa datakeskuksissa voidaan ehkä jo harkita litiumioni-akkuja.
- **Sähköautojen ja työkoneiden akut muuhunkin käyttöön**
- **Aurinkojärjestelmiä tukevat kotiakut**

# Joustavuuden toimivuus ja kustannukset

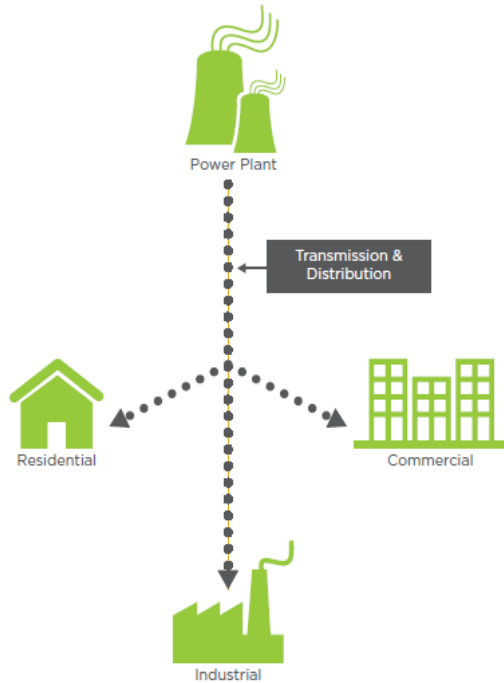
- Toimivuus: Suomen sähköjärjestelmän joustavuus on ollut korkeaa luokkaa ja sitä kehitetään voimakkaasti (mm. uusia markkinapaikkoja, hintasignaalien läpimenojen varmistaminen, taseajan lyhentäminen 15 minuuttiin)
- Integrointikustannuksia syntyy, mutta kuinka korkeita ne ovat pidemmällä aikavälillä?

## (6) Energiajärjestelmän digitalisoituminen

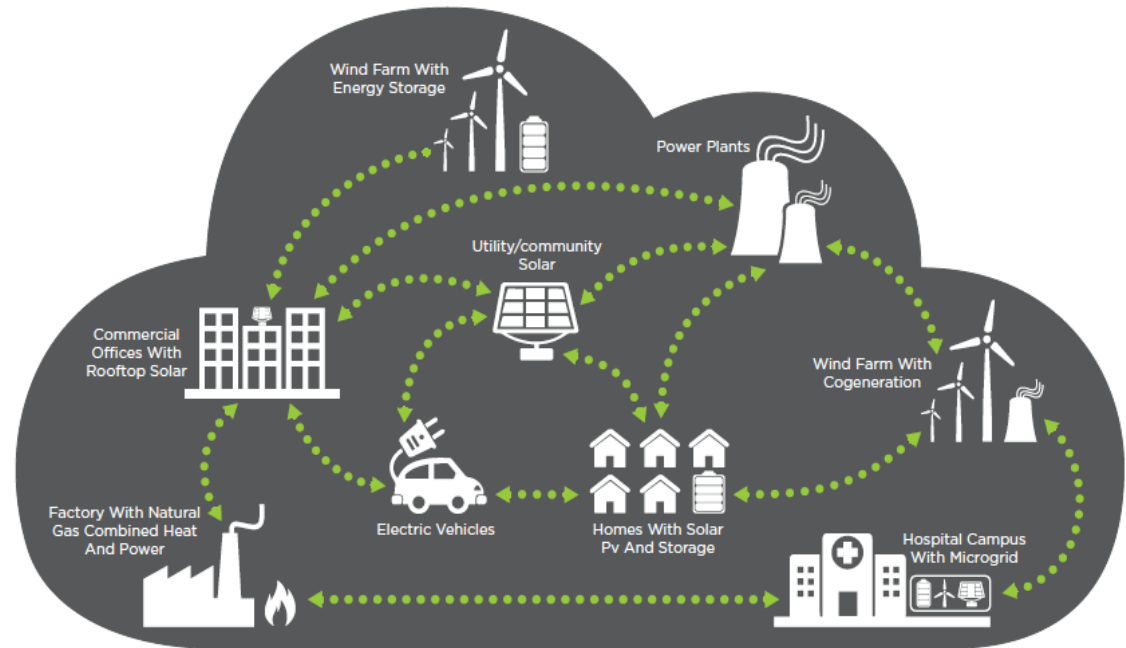
- Joustavuus ei onnistu ilman digitalisaatiota
- Digitalisaation kustannukset laskevat jatkuvasti
- Datahub ja muut hankkeet

# (7) Energiajärjestelmästä monisuuntainen älykäs verkko

TODAY: ONE-WAY POWER SYSTEM



EMERGING: THE ENERGY CLOUD



(Source: Navigant)

- Large, centrally located generation facilities
- Designed for one-way energy flow
- Utility controlled
- Technologically inflexible
- Simple market structures and transactions
- Highly regulated (rate base) and pass through

- Distributed energy resources
- Multiple inputs and users, supporting two-way energy flows
- Digitalization of the electric-mechanical infrastructure: smart grid and behind the meter energy management systems
- Flexible, dynamic, and resilient
- Complex market structures and transactions
- Regulation changing rapidly around renewables, distributed generation (solar, microgrid, storage), net metering etc.

# Puhdas lämpö- ja -kylmäverkko

