



# LAND OF THE CURIOUS



RAKENNUSTEN ENERGIASEMINAARI 31.10.2023

# ENERGIAMURROS, SÄHKÖVERKKOJEN JOUSTAVUUS JA KIINTEISTÖJEN ROOLI

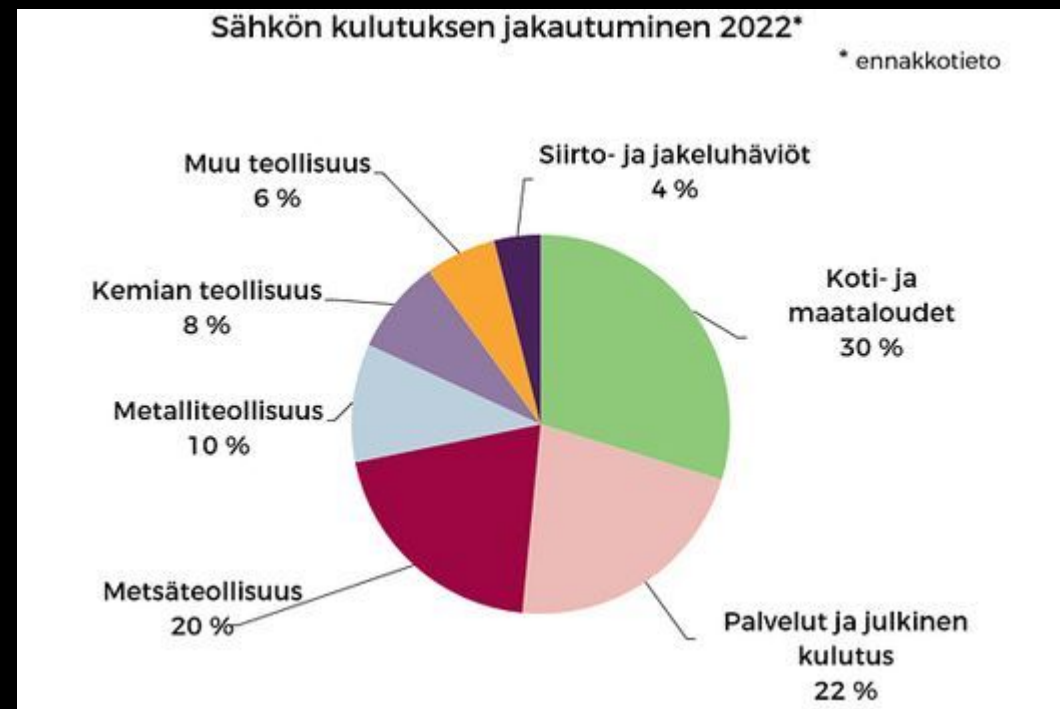
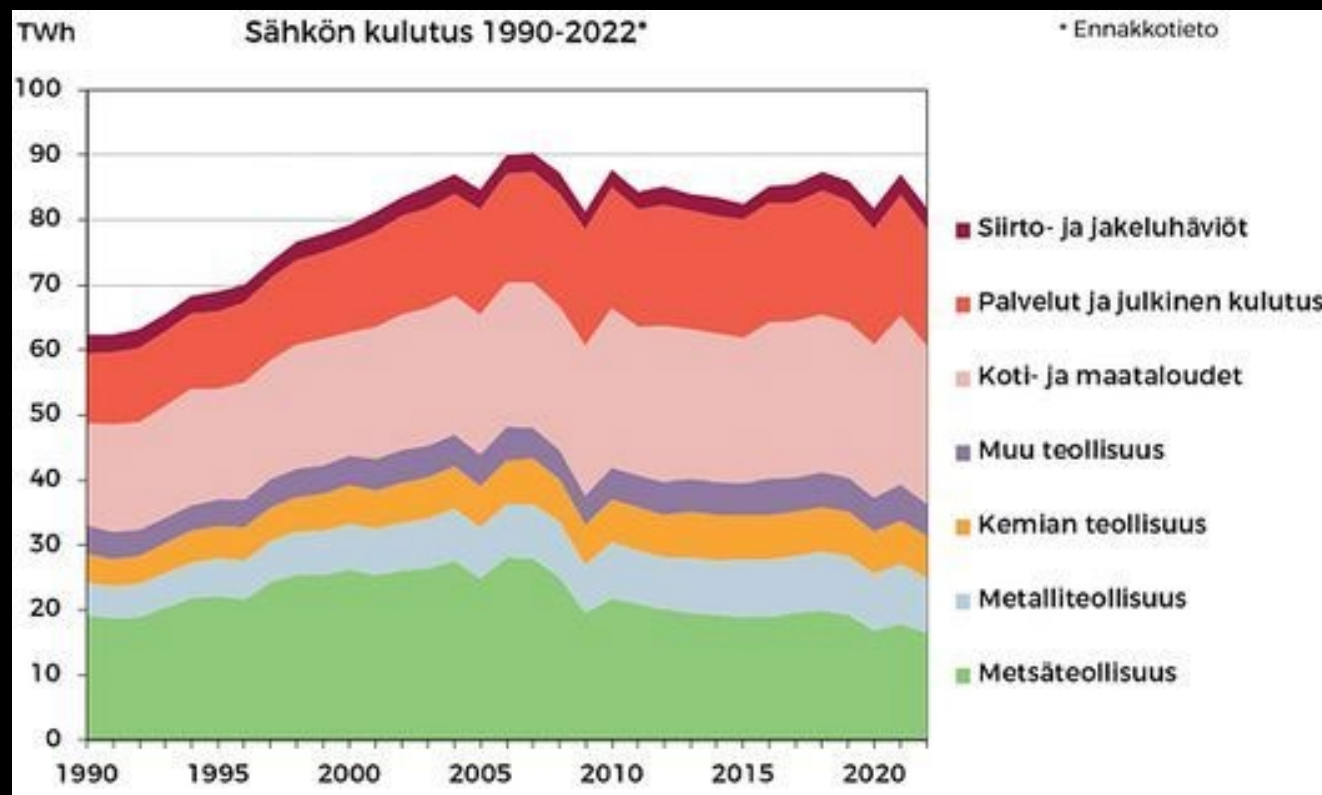


Juha Haakana  
LUT-yliopisto

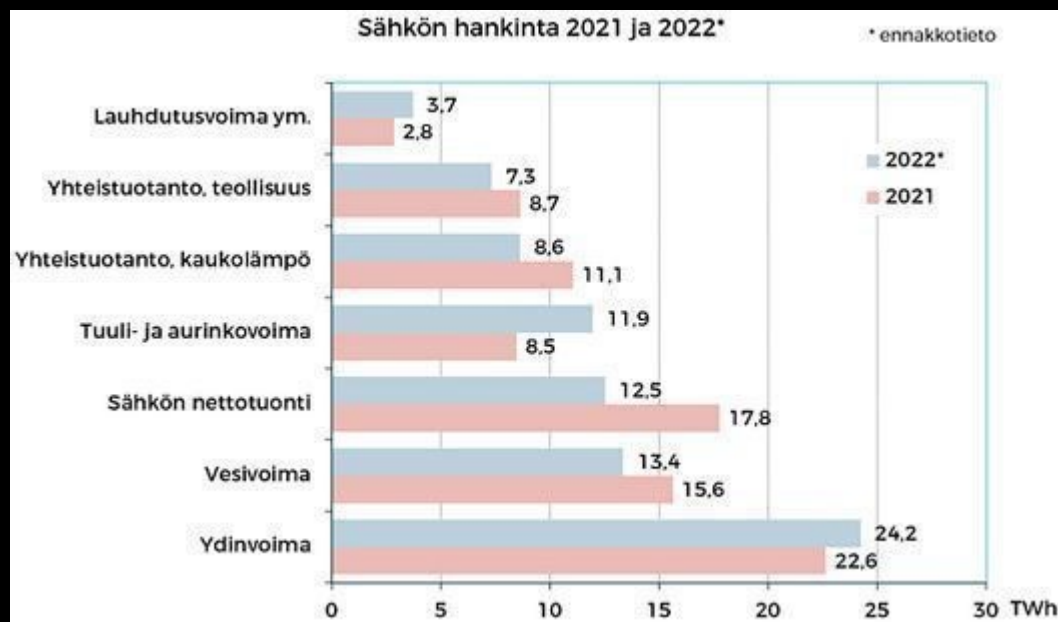
# ESITYKSEN SISÄLTÖ

- » Taustaa, energian käyttö ja tuotanto, sähkömarkkinat
- » Miten sähköverkkojen rooli osana energiamurrosta
- » Mikä on kiinteistöjen linkitys energiamurrokseen, mitä jousto on?
- » Yhteenveto

# TAUSTAA: ENERGIAMURROS SÄHKÖNKULUTUS SUOMESSA



# TAUSTAA: ENERGIAMURROS SÄHKÖN TUOTANTO SUOMESSA



Lähde: Motiva 2023,  
[https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto\\_suomessa/sahkon\\_hankinta\\_ja\\_kulutus](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/sahkon_hankinta_ja_kulutus)

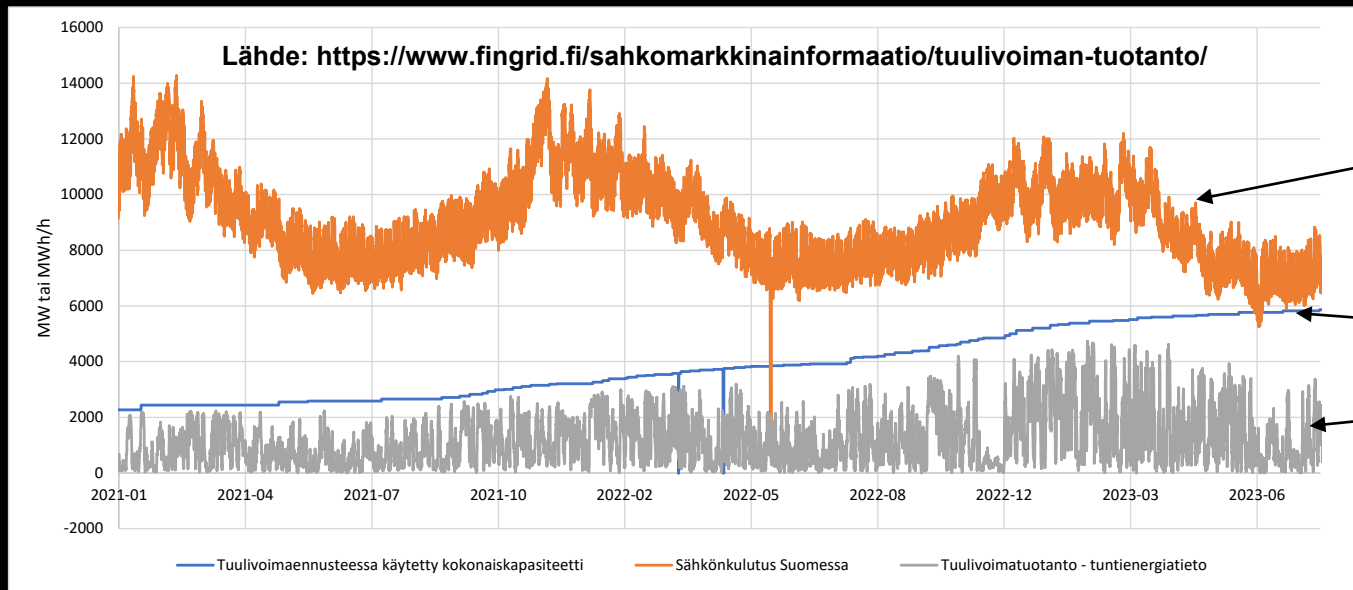
31.10.2023



Lähde: Fingrid 6/2023 Tulevaisuuden investointitarpeet  
[https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/yhtio/toimikunnat/neuvottelukunta/tulevaisuuden-investointitarpeet\\_neuvottelukunta.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/yhtio/toimikunnat/neuvottelukunta/tulevaisuuden-investointitarpeet_neuvottelukunta.pdf)

# TAUSTAA: ENERGIAMURROS

## TUULIVOIMA, SÄHKÖNKÄYTTÖ JA SÄHKÖN HINTA

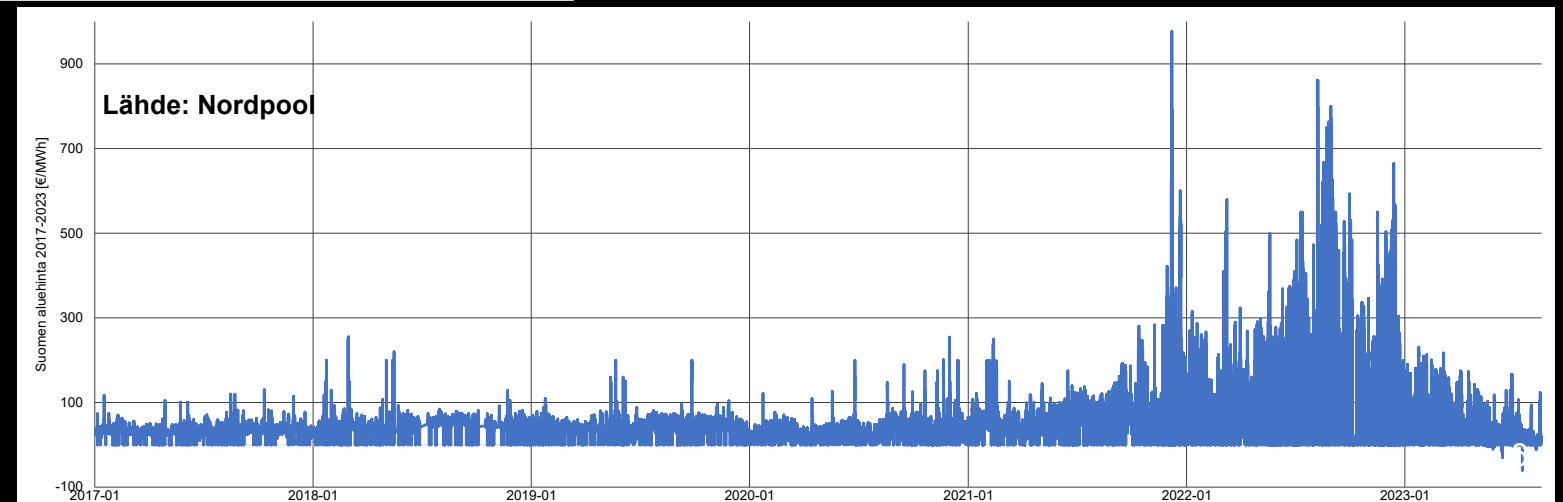


Sähkönkulutus vaihtelee kausittain, mutta myös vuorokauden sisällä

Tuulivoimakapasiteetti kasvaa

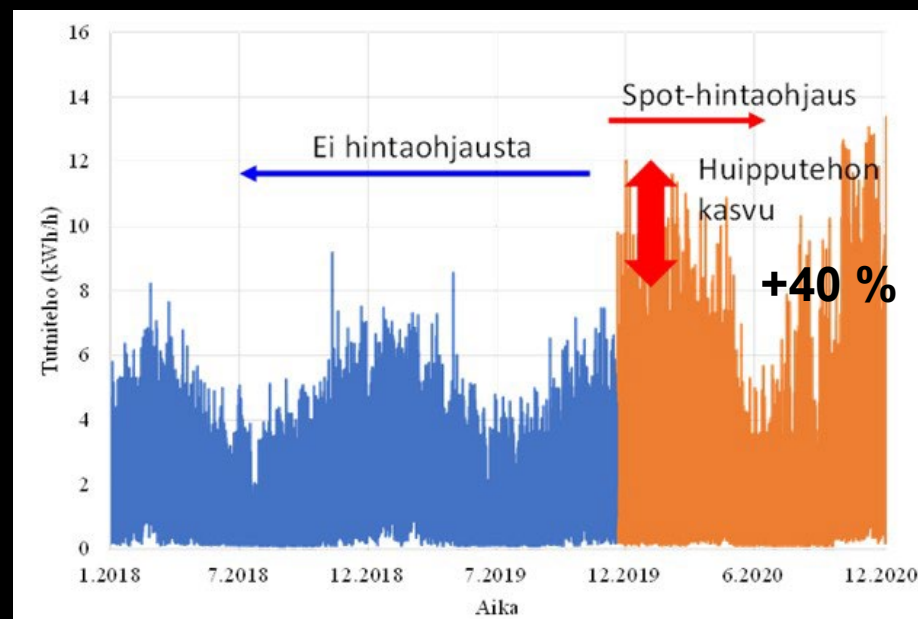
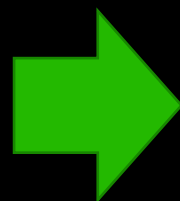
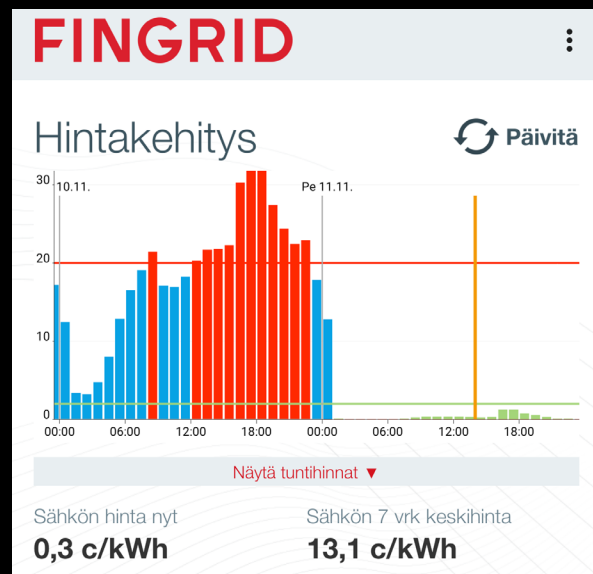
Tuulivoiman tuotanto vaihtelee merkittävästi

Sähkön hinnan vaihtelu luo kannustimen kulutusjoustolle



# TAUSTAA: SÄHKÖNKÄYTTÄJIEN HINTAJOUSTO – VAIKUTUKSET SÄHKÖJÄRJESTELMÄÄN

- » Kysynnän joustavuus – hintaohjaus
  - » Teknologinen kehittyminen mahdollistaa
  - » Sähkökäyttäjät sopeuttavat oman kulutuksen vastaamaan sähköhintaa
  - » Sähköverkko joustaa, jos tällä ei hinnoittelun vastamomenttia

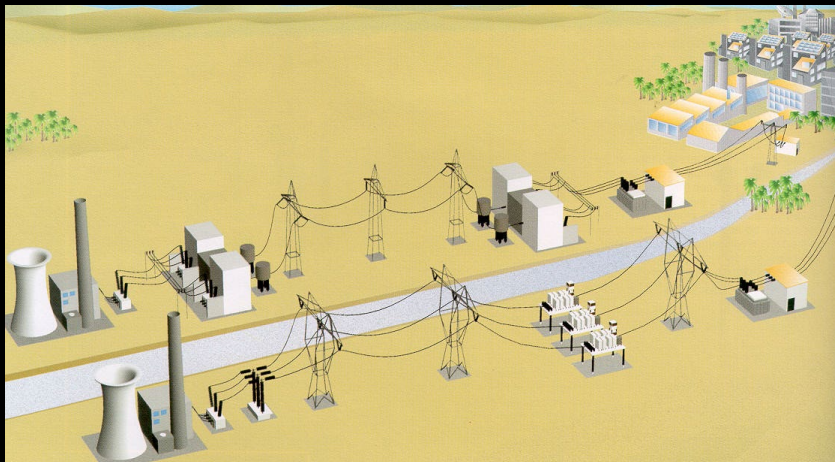


Sähköjärjestelmän kapasiteetti voi ylittyä kumuloituvien joustotoimenpiteiden seurauksena  
→ Pystyykö sähköverkko mahdollistamaan muun järjestelmän tarvitseman jouston sellaisenaan vai sopeutetaanko joustoa ottamaan huomioon myös verkon tarpeet ja reunaehdot?

# SÄHKÖVERKKOJEN ROOLI ENERGIAMURROKSESSA

- Sähköverkkojen tehtävänä on tarjota sähkönkäyttäjille ja -tuottajille jakelukanava sähköenergian ja -tehon siirtämiseksi sähkönkäyttöpaikoille.
- Sähköjärjestelmän on oltava tasapainossa koko ajan. Tasapainon varmistamiseksi sähkön siirtoa on paikoin rajoitettava.

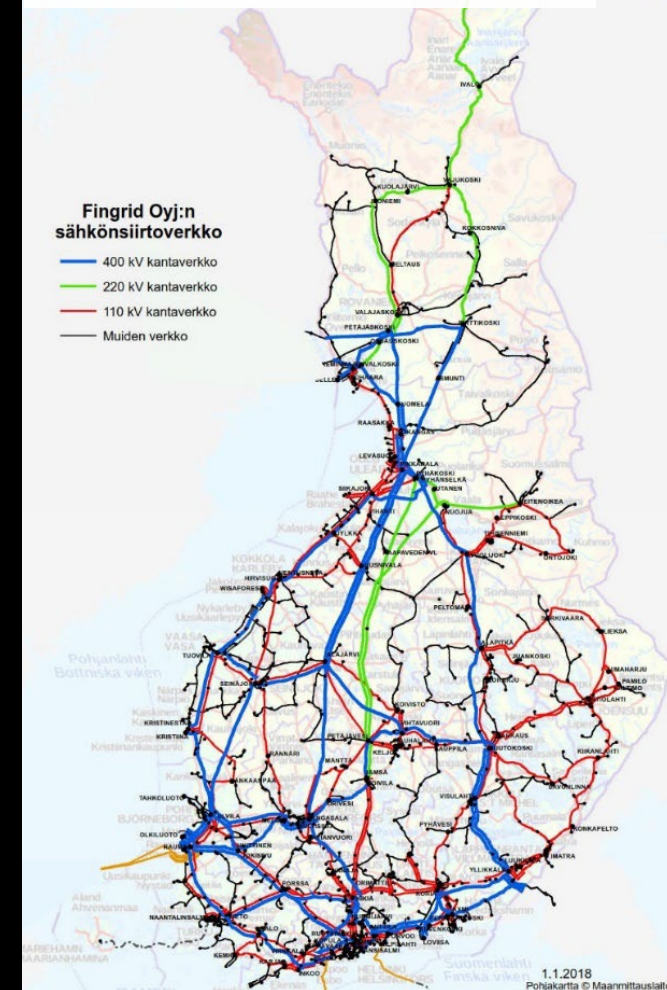
## Perinteinen sähkövoimajärjestelmä



## Tuleva ja osin jo olemassa oleva joustava järjestelmä (smart grid)



## Suomen kantaverkko



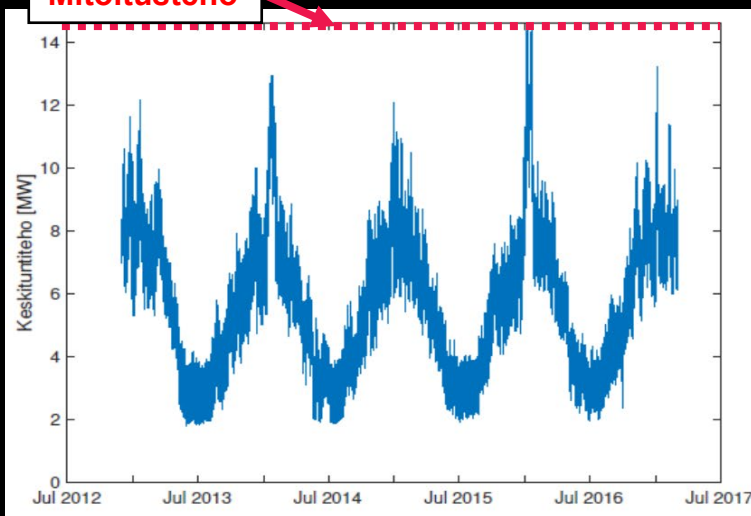


# SÄHKÖVERKKOJEN ROOLI ENERGIAMURROKSESSA: MITOITUS

- Sähköverkot mitoitetaan arvioidun huipputehon tarpeen mukaan huomioiden kuormituksen kasvu sekä varasyöttötilanteiden aikaiset lisäkuormat.
- Mitoitus tehtävä erikseen kaikille verkkoosille pienjänniteverkosta suurjänniteverkkoon. Esim. suojausten toimivuus ja turvallisuuden varmistaminen asettavat omat reunaehdot.
- Pienen kuormituksen aikaan sähköverkolla kykyä mahdollistaa muun järjestelmän jousto.

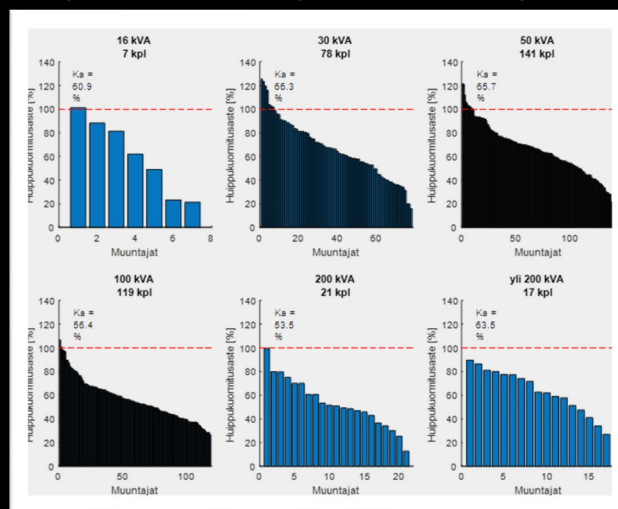
## Suurjänniteverkon

### Mitoitusteho

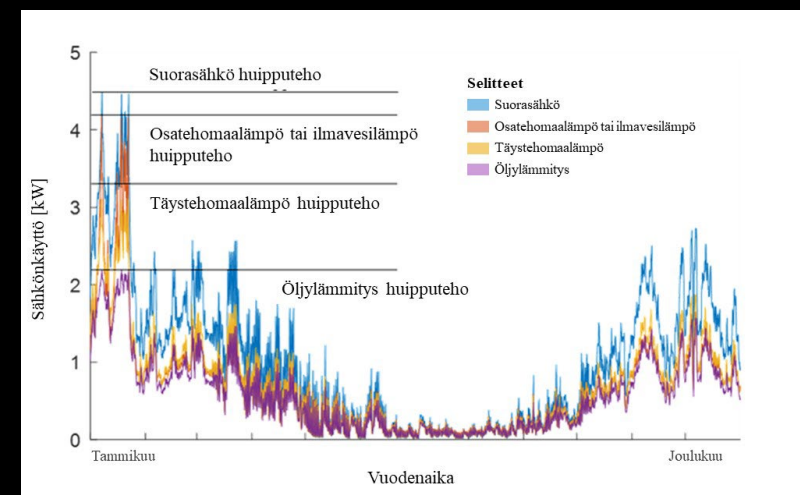


Esimerkki sähkönkulutus n. 4000 sähkönkäyttäjän sähköverkosta

## Keskijänniteverkon jakelumuuntajien mitoitus



## Pienjänniteverkon mitoitus



# SÄHKÖVERKKOJEN ROOLI: VERKON KAPASITEETTI PAIKOIN ÄÄRIRAJOILLA

Miten turvataan sähköverkon kantokyky?

» Lisätään verkon kykyä kantaa kuormitusta → rakennetaan vahvemmat siirto ja jakeluyhteydet

← Kovat keinot

» Joustavat elementit osana sähköverkkoja

» Lisätään verkkoon joustavia elementtejä esim.

- Energiavarastot
- Säädetävät muuntajat
- Pientuotannon liitännälaitteistot
- Varavoimalaitteistot

← Puolikovat keinot

» Hyödynnetään sähkönkäyttäjien/kiinteistöjen säädetäviä kuormia

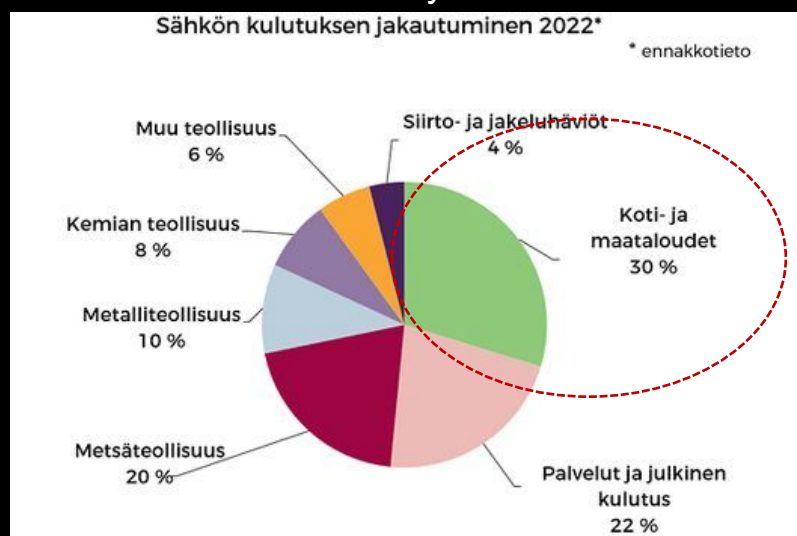
- Sähkölämmitysjärjestelmät, sähköautot, muut säädetävät kuormat

← Pehmeät keinot

# KIINTEISTÖJEN JOUSTOKYKY

- Lämmitysjärjestelmät
- Sähköinen liikenne
- Muut laitteistot

Kotitaloudet käyttää ison osuuden (30 %) koko Suomen sähkön käytöstä



Lähde: Motiva 2023

| End use                | Apartments in blocks | Row house apartments | Detached houses |
|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| Cooking / stove        | 9%                   | 4%                   | 2%              |
| Dishwasher             | 4%                   | 2%                   | 2%              |
| Laundry & dryer        | 4%                   | 2%                   | 2%              |
| Cold appliances        | 18%                  | 8%                   | 5%              |
| TV & accessories       | 8%                   | 3%                   | 2%              |
| Computer & accessories | 13%                  | 5%                   | 3%              |
| Other apparatuses      | 8%                   | 10%                  | 13%             |
| Indoor lighting        | 12%                  | 10%                  | 5%              |
| Outdoor lighting       | 1%                   | 1%                   | 2%              |
| Sauna                  | 4%                   | 7%                   | 5%              |
| HVAC equipment         | 5%                   | 3%                   | 5%              |
| Domestic hot water     | 1%                   | 11%                  | 10%             |
| Space heating          | 13%                  | 33%                  | 44%             |
| Others                 | 0%                   | 1%                   | 0%              |
| Total consumption      | 2 701 GWh            | 2 297 GWh            | 14 216 GWh      |

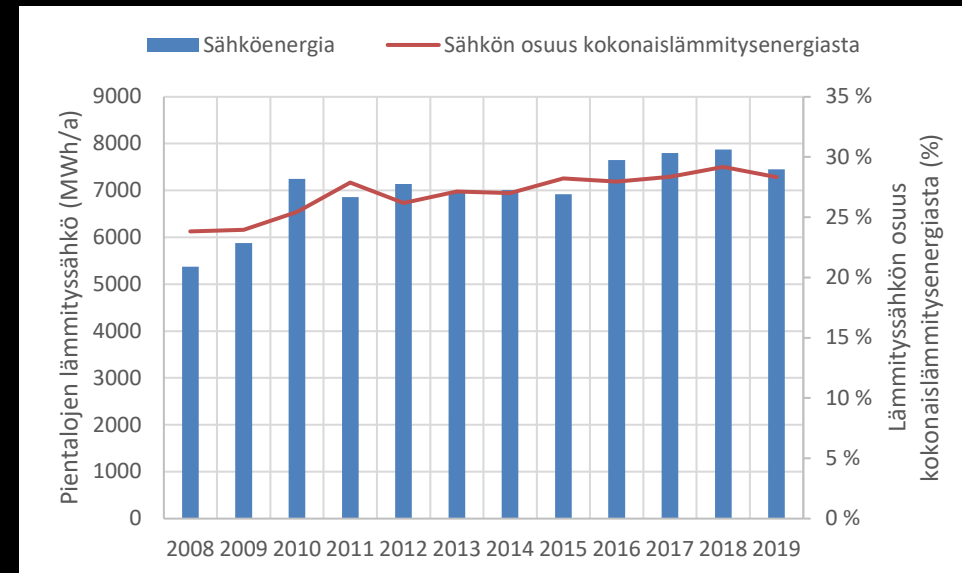
Lähde: Motiva 2013

# KIINTEISTÖJEN JOUSTOKYKY: RAKENNUSTEN LÄMMITYS

- Rakennusten lämmitysratkaisut sähköistyvät
- Suomessa n. 600 000 sähkölämmitteistä pientaloa joiden kokonaissähköenergian käyttö yli 10 TWh/a ja huipputeho jopa 5000 MW.

Rakennukset lämmönlähteen mukaan.

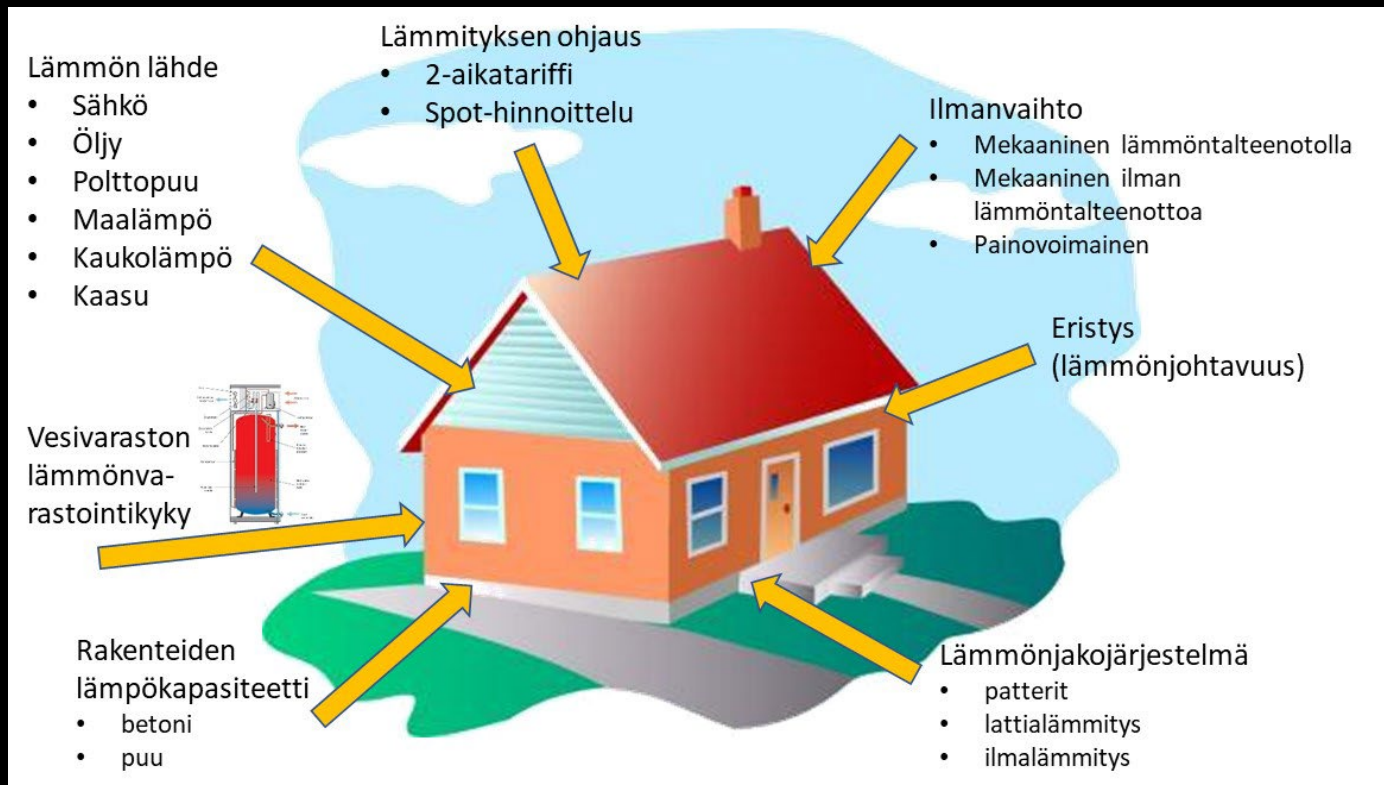
| Lämmitysaine       | Vuosi   |         |           |           |           |           |                    |
|--------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|
|                    | 1970    | 1980    | 1990      | 2000      | 2010      | 2015      | 2020 <sup>2)</sup> |
| Kaikki rakennukset | 837 948 | 934 845 | 1 162 410 | 1 299 490 | 1 446 096 | 1 505 138 | 1 536 650          |
| Kauko- /aluelämpö  | ..      | 48 538  | 105 608   | 130 946   | 164 721   | 180 749   | 204 143            |
| Öljy, kaasu        | 320 171 | 347 498 | 306 750   | 320 934   | 322 279   | 316 688   | 295 101            |
| Kivihiiili, koksi  | 24 328  | 11 794  | 8 753     | 7 986     | 6 983     | 6 789     | 6 284              |
| Sähkö              | 41 872  | 178 707 | 357 743   | 455 752   | 554 368   | 578 568   | 589 106            |
| Puu, turve         | 429 467 | 327 230 | 321 342   | 292 763   | 277 553   | 278 661   | 278 660            |
| Maalämpö           | ..      | ..      | ..        | 3 397     | 21 667    | 46 014    | 73 475             |
| Muu, tuntematon 1) | 22 111  | 20 578  | 62 214    | 87 486    | 98 525    | 97 669    | 89 881             |



→ Merkittävä joustopotentiali  
hyödynnettäväksi sähköjärjestelmän  
tarpeisiin

# KIINTEISTÖJEN JOUSTOKYKY: RAKENNUSTEN LÄMMITYS

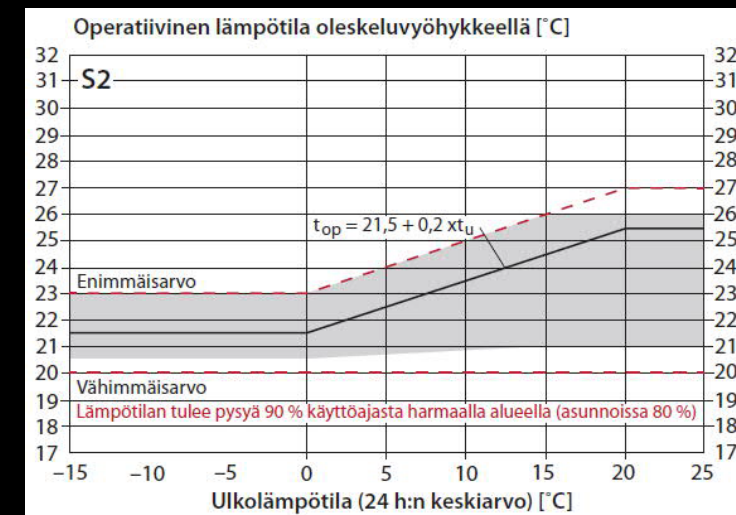
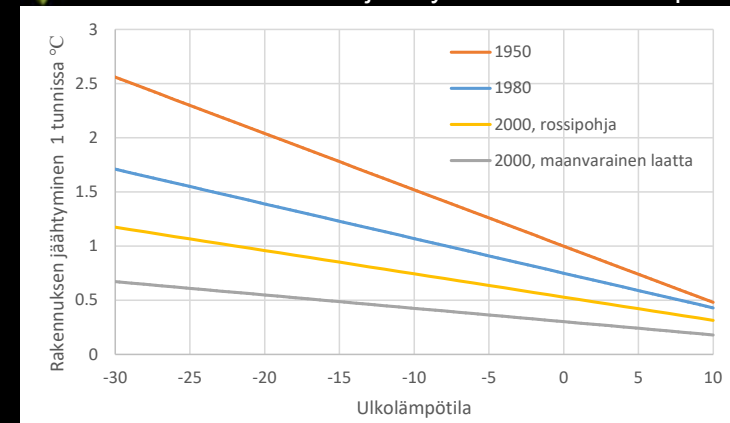
Sähkön-/ energiankäytön joustokykyyä vaikuttaa useat tekijät kuten rakennusten eristys ja tavoiteltava sisälämpötila



Esimerkki: 120 m<sup>2</sup> rakennuksen kokonaislämpökapasiteetti 8.4 kWh/K → yhden lämpötila-asteen nostamiseen tarvittava energia kovalla pakkasella noin 5 kWh → rakennus jäähtyy tunnissa alle asteen, jos ei lämmitetä.

Lähteet: Suomen rakentamismääräyskokoelma 2018  
IVO 1987, Sähkölämmityksen tehonrajoituksen vaikutukset asumisviihtyvyyteen ja taloudellisuuteen  
Sisäilmastoluokitus, 2018

Eri aikakauden rakennusten jäähtyminen eri ulkolämpötiloilla



Sisäilmastoluokituksen mukaiset tavoitearvot sisäilman lämpötilalle, kun tavoitteena on hyvän sisäilman S2-luokitus. Tummennettu alue kuvaa tavoitearvoaluetta.

# KIINTEISTÖJEN JOUSTOKYKY: SÄHKÖINEN LIIKENNE KASVAA

- Sähköauton lataussäästö vuosina 2019-2022 → säästö jopa useita satoja euroja per vuosi → motivaatio joustolle
- Vuonna 2030 Suomessa yli 600 000 sähköautoa → päivittäinen lataustarve jopa 6 GWh → suuri joustopotentiaali

Latauksen kustannussäästöt

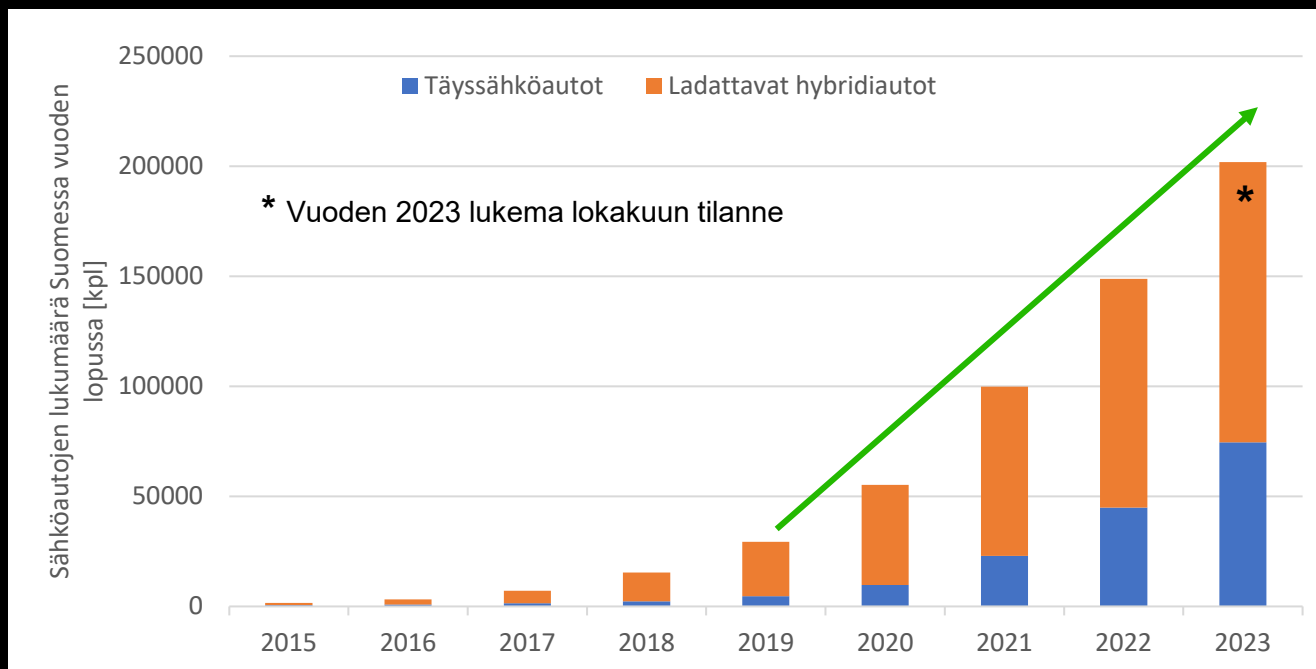
|      | Lataus 02-03 vs 18-19 | Lataus halvin tunti vs 18-19 |
|------|-----------------------|------------------------------|
| 2019 | 61 €                  | 70 €                         |
| 2020 | 91 €                  | 98 €                         |
| 2021 | 173 €                 | 196 €                        |
| 2022 | 452 €                 | 513 €                        |

Yöaikaan lataus klo 02-03 hyvin lähellä vuorokauden edullisimman tunnin aikana latausta

## Latauksen taustatiedot

Päivittäinen ajomäärä 50 km, 0,2 kWh/km → 3650 kWh/a

Lataus yhdellä kertaa yhden tunnin aikana (11 kW lataus)



- » Käynnissä laaja energiamurros: vaihtelevaa tuotantoa – sähköistyminen
- » Sähkönkysyntä muuttuu
  - » Sähköntuotantorakenne muuttuu
  - » Yhteiskunta sähköistyy entisestään
    - Teollisuudella iso rooli energiamurroksen vauhdittajana (uudet investoinnit)
    - Piensähkönkäyttäjien kysyntämuutokset
  - » Sähkön kysyntä päivittyy hintaprofiilien mukaan (sekä kotitaloudet että teollisuus)
- » Kiinteistöjen joustokyky
  - » Suomessa lämmitysjärjestelmät muodostavat merkittävän sähkötehon säätöpotentiaalin (jopa 4000 MW)
    - Käytännössä kyky ottaa joustoa käyttöön riippuu useista tekijöistä
  - » Sähköautot jatkossa suuri potentiaali (myös tuhansia megawatteja)
- » Sähköverkot mahdollistavat jouston syntymisen – keskeinen roolissa tulevaisuuden haasteita ratkaistaessa
  - » Huomioitava sähkönjakelujärjestelmien reunaehdot → onko kapasiteettia tarjolla riittävästi
  - » Keinoja vastata muutoksen esiin nostamiin haasteisiin
    - Yleinen teknologinen kehittyminen
    - Laaja keinovalikoima: Kovat, puolikovat ja pehmeät keinot
    - Kannusteet sähkönkäyttäjien kysyntäprofiilien sopeuttamiseen

# KIITOKSET!

Yhteystiedot

Tutkijaopettaja Juha Haakana

[juha.haakana@lut.fi](mailto:juha.haakana@lut.fi)





