

# Laaja-alaisen aurinkosähkön yleistymisen huomioivat sähköverkon mitoitusperiaatteet

# Esityksen sisältö

- Tutkimushankkeen perustiedot
- Tutkimushankkeen taustoitus
- Verkon kantokyky yksittäisten suurten aurinkosähköjärjestelmien näkökulmasta
- Aurinkosähkön laaja-alaisen yleistymisen verkkovaikutukset

# Tutkimusprojekti

- Tutkimusprojektin kesto: 1.11.2021—31.10.2022
- Projektin rahoittajat:
  - Sähkötutkimuspooli
  - Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry
  - Elenia Verkko Oyj
  - Kymenlaakson Sähköverkko Oy
  - Tampereen Sähköverkko Oy
  - Trimble Solutions Oy
  - Lammaisten Energia Oy
- Projektissa järjestettiin työpaja 19.4.2022 ja loppuseminaari 27.10.2022.

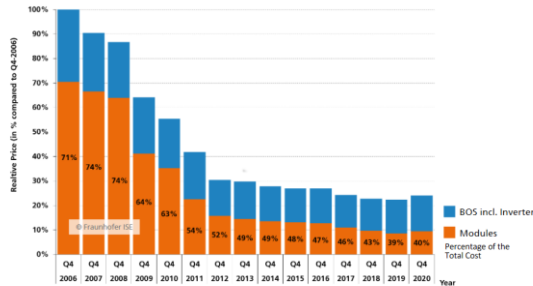
# Tutkimusryhmät

- LUT-yliopisto:
  - Jouni Haapaniemi
  - Jukka Lassila
  - Otto Räisänen
  - Juha Haakana
  - Julius Vilppo
- Tampereen yliopisto:
  - Antti Supponen
  - Sami Repo

# Tutkimushankkeen taustoitus/tarvemäärittely

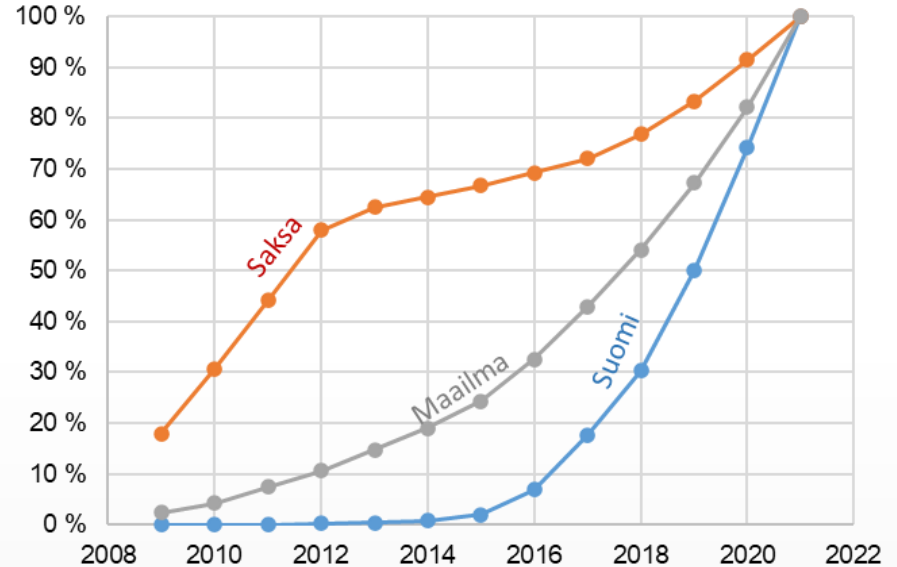
# Aurinkosähkön yleistyminen

- Asennettu aurinkosähkövoimaloiden kapasiteetti on kasvanut merkittävästi viime vuosina.



Data: BSW-Solar Graph: PSE 2021

Asennettu aurinkosähkökapasiteetti suhteessa vuoden 2021 kumulatiiviseen kapasiteettiin [%]



Lähteet:

<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>

Energiavirasto, tekniset tunnusluvut

<https://www.statista.com/statistics/1331316/photovoltaic-system-installed-capacity-germany/>

<https://www.statista.com/statistics/280220/global-cumulative-installed-solar-pv-capacity/>

<https://www.solarpowereurope.org/press-releases/world-installs-a-record-168-gw-of-solar-power-in-2021-enters-solar-terawatt-age>

<https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-kapasiteetti-kasvoi-suomessa-yli-100-megawattia-vuonna-2021>

# Nykyiset aurinkosähkön huomioivat verkoston mitoitusperiaatteet

- Alalla herännyt huoli, että nykyiset aurinkosähkön huomioivat verkon mitoitusperiaatteet johtavat tarpeettomiin verkon vahvistamisiin tai liitettävien aurinkosähköjärjestelmien koon rajoittamiseen tarpeettoman mataliksi.
  - Tutkimuksessa selvitettiin, miten nykyiset sähköverkon mitoitusperiaatteet soveltuvat aurinkosähkön huomiointiin yksittäisten voimaloiden ja laajemman yleistymisen tapauksissa.
  - Tutkittiin myös joustavien ratkaisuiden merkitystä verkoston kapasiteetin riittävyteen aurinkosähkön yleistyessä laaja-alaisesti.
    - Loistehon säätö (vakio  $\cos\varphi$  tai  $Q(U)$ ),  $P(U)$  –säätö eli tuotannon leikkaus, käämikytkimelliset jakelumuuntajat.

# Verkon kantokyky yksittäisten suurten aurinkosähköjärjestelmien näkökulmasta



# Nykyinen pientuotannon huomioiva verkostosuositus

- Pohjautuu Sener (2001) Pienvoimaloiden liittäminen jakeluverkkoon.

$$\Delta U = i_{\text{suhde}} \cdot \frac{S_n}{S_k} \cdot U_v$$

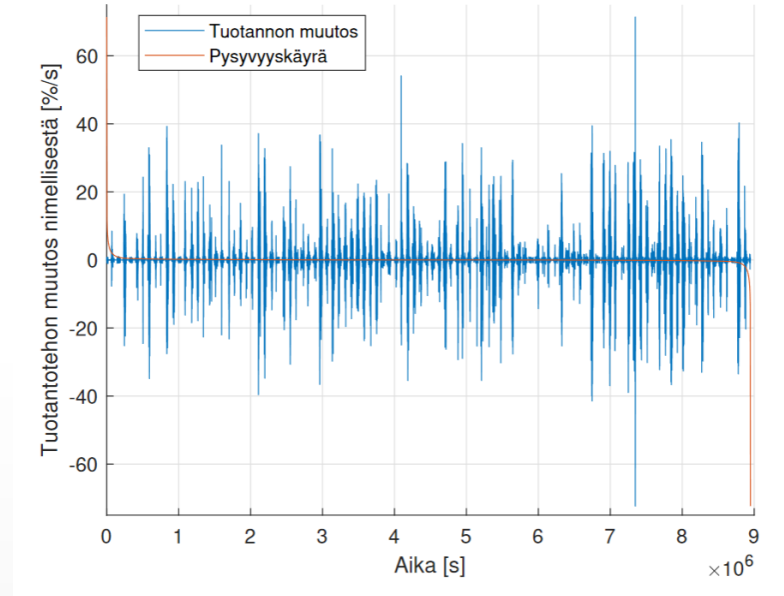
- Missä  $i_{\text{suhde}}$  on pienvoimalan kytkentävirran suhde nimellisvirtaan,  $S_k$  on verkon oikosulkuteho ensimmäisessä muun kuluttajan kanssa olevassa yhteisessä verkon pisteessä,  $S_n$  on pienvoimalan nimellisteho ja  $U_v$  on verkon vaihejännite.
- ” Jos pienvoimalan verkkoon kytkeminen saa standardin mukaisesti aiheuttaa enintään 5 %:n suuruisen jännitemuutoksen, kannattaa suunnittelutasoksi ottaa enintään 4 %.”

# Analyysit

- Analysoitiin yhtälön soveltuvuutta aurinkosähkön verkkovaikutusten arviointiin.
  - Selvitettiin yhtälön parametrisointivalintojen soveltuvuutta huomioiden nykyinen ymmärrys aurinkosähkön ominaispiirteistä.
  - Teoreettiset perusteet parametrivalinnoille?
  - Aurinkosähkövoimaloiden tuotantodatan analyysia.

# LUT:n aurinkosähködatan analysointi

- Analysoitiin LUT-yliopiston aurinkosähködataa yhden sekunnin resoluutiolla, jotta ymmärretään minkä suuruisia tuotannonvaihteluja tapahtuu lyhyellä aikavälillä.



# Yhteenvedo havainnoista

- Yhtälön avulla saadaan yksinkertaisella tavalla määritettyä arvio yksittäisten suurten voimaloiden liittämisen verkkovaikutuksista, mutta yhtälön parametrisointia voisi olla perusteltua päivittää.
  - Useita varmuusmarginaaleja.
  - 3-vaiheinen oikosulkuvirta yksivaiheisen oikosulkuvirran sijasta.
  - loistehon säädön huomiointi?
  - jännitetason nousun huomiointi

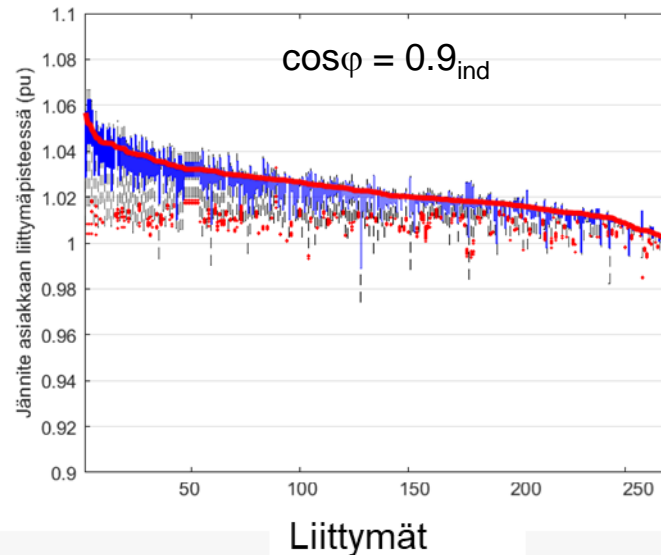
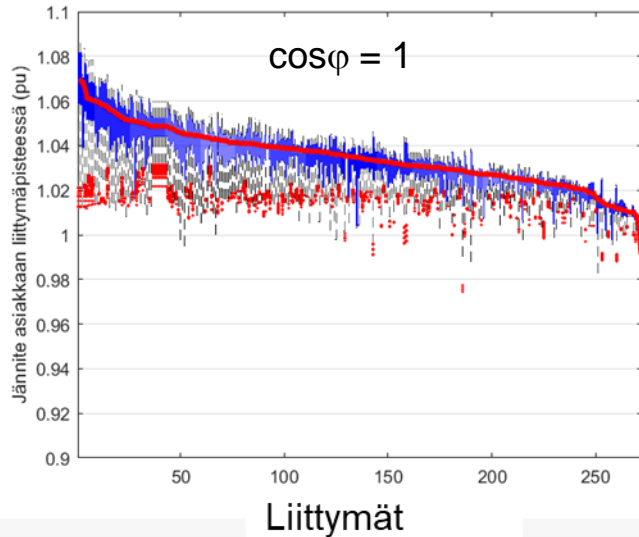
# Aurinkosähkön laaja-alaisen yleistymisen verkkovaikutukset

# Analyysit

- Simuloitiin aurinkosähköjärjestelmien yleistymisen vaikutuksia pienjännite- ja keskijänniteverkoissa.
  - Vaikutukset verkon kuormittumiseen, jännitteisiin sekä häviöihin.
  - Aurinkosähköinvertterien loistehosäädön vaikutukset.
    - Erityisesti kiinteä  $\cos\varphi$  ja  $Q(U)$  –säädöt.

# Johtolähtötason simulaatiot

Aurinkosähkön vaikutus liittymien jännitteeseen huipputuotannon aikaan. 75%:lle asiakkaita on arvottu aurinkosähkölaitteisto järjestelmäkokojen ollessa vähän kuluttaville asiakkaille 3 kWp ja suuremmille 6 kWp.



# Yhteenveto

- Maltillisesti mitoitettut aurinkosähköjärjestelmät vähentävät hieman verkon häviöitä mikäli järjestelmiä on 25 % asiakkaista.
- Loistehon säädön käyttöönotto kasvattaa hieman häviöitä ja jakelumuuntajien ylikuormittumisriskiä, mutta parantaa merkittävästi tilannetta jännitteen nousun näkökulmasta.
  - Aurinkosähköinvertertien loistehon säätö on matalakustannuksinen resurssi jännitteen hallintaan.
- $\cos\phi$  tai  $Q(U)$  –säädöt eivät ole optimaalisia, jos toteutetaan kaikille asiakkaille samalla tavalla.
  - $\cos\phi$  -säätö aiheuttaa tarpeetonta häviöiden kasvua.
  - $Q(U)$  –säädössä osa jännitteen nousun hillitsemispotentialista voi jäädä hyödyntämättä.
  - Tulevaisuudessa koordinoitu hallinta?



# Kiitokset!

Projektiraportti saatavissa: <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/164984>

Lisätiedot: [jouni.haapaniemi@lut.fi](mailto:jouni.haapaniemi@lut.fi)