



# LAND OF THE CURIOUS



 Automaatio vihreässä siirtymässä: Joustavuus ja käyttöautomaatio -webinaari 20.3.

# Vedyn tuotannon joustavuus – Veden elektrolyysarit

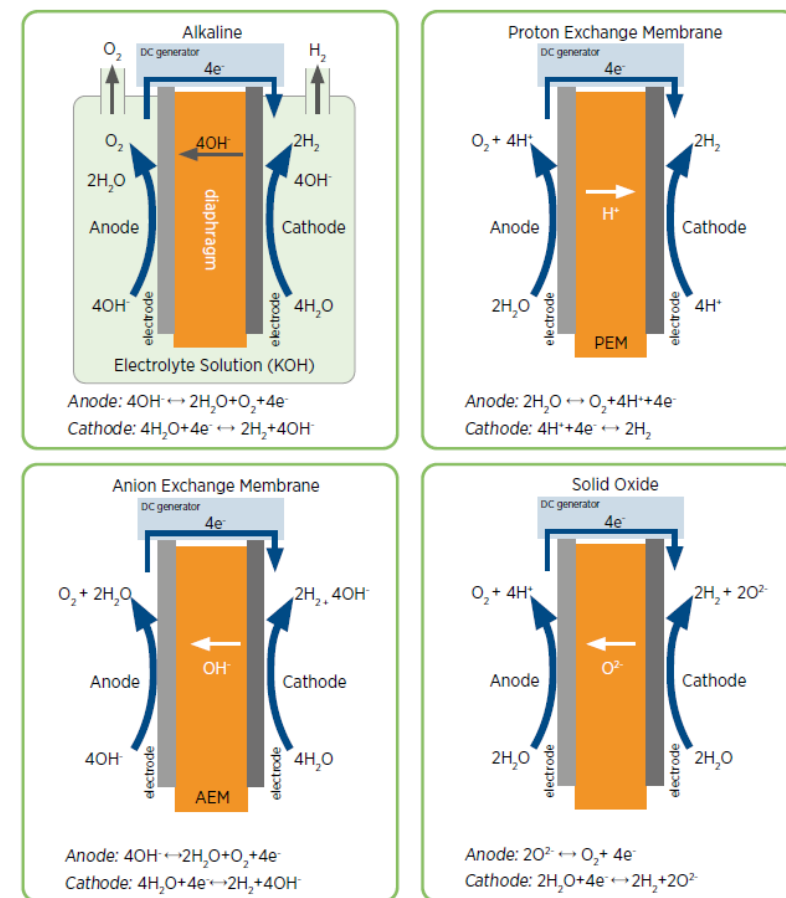
Antti Kosonen, LUT  
email: [antti.kosonen@lut.fi](mailto:antti.kosonen@lut.fi)  
tel: +358 45 676 9878



# Kaupalliset teknologiat

- Alkaline water electrolyzer (AWE)
  - Mature technology, but designed to operate at nominal point
  - Ready to scale up now → technology will be improved through the industry
- Proton exchange membrane water electrolyzer (PEMWE)
  - No liquid electrolyte, wide operation range
  - Industrial scale, but noble catalyst materials (iridium, platinum) restrict scaling up and decreasing the cost
- Solid oxide water electrolyzer (SOWE)
  - High operating temperature (700–1000°C) and efficiency at nominal point
  - Not industrial scale, problems to operate in partial loads and degradation of materials
- Anion exchange membrane water electrolyzer (AEMWE)
  - Latest technology combining alkaline and PEM technologies
  - Commercial, but in low power level, only few companies

Figure 6. Different types of commercially available electrolysis technologies.



Based on IRENA analysis.

# Sähköstä kemialliseksi energiaksi – Vedyn tuotanto veden elektrolyysillä



**Kuva.** 3x3 MW alkali vedenelektrolyseri (AWE).

## Yhteenveto:

- Sijainti Kokkola, Finland
- Sähköllä vetyä (Power-to-Hydrogen): 1800 Nm<sup>3</sup>/h (H<sub>2</sub>)
- 3x3 MW (9 kA, 310 V) paineistettu alkali vedenelektrolyysi, 3x600 Nm<sup>3</sup>/h, 16 bar (H<sub>2</sub>), 2x163 kennoa per kennosto
- Vedyn pääkäyttö ollut läheisessä koboltitehtaassa, vety toimitettu putkea pitkin
- Osa vedyntuotannosta on paineistettu 200–300 bar ja säilötty kuljetettaviin pullokontteihin

G. Sakas, A. Ibáñez-Rioja, V. Ruuskanen, A. Kosonen, J. Ahola, O. Bergmann, Dynamic energy and mass balance model for an industrial alkaline water electrolyzer plant process, Int. J. Hydrogen Energy 47 (7) (2022) 4328–4345, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.11.126>

# Uusi sähkön kulutus ja tuotanto Suomessa

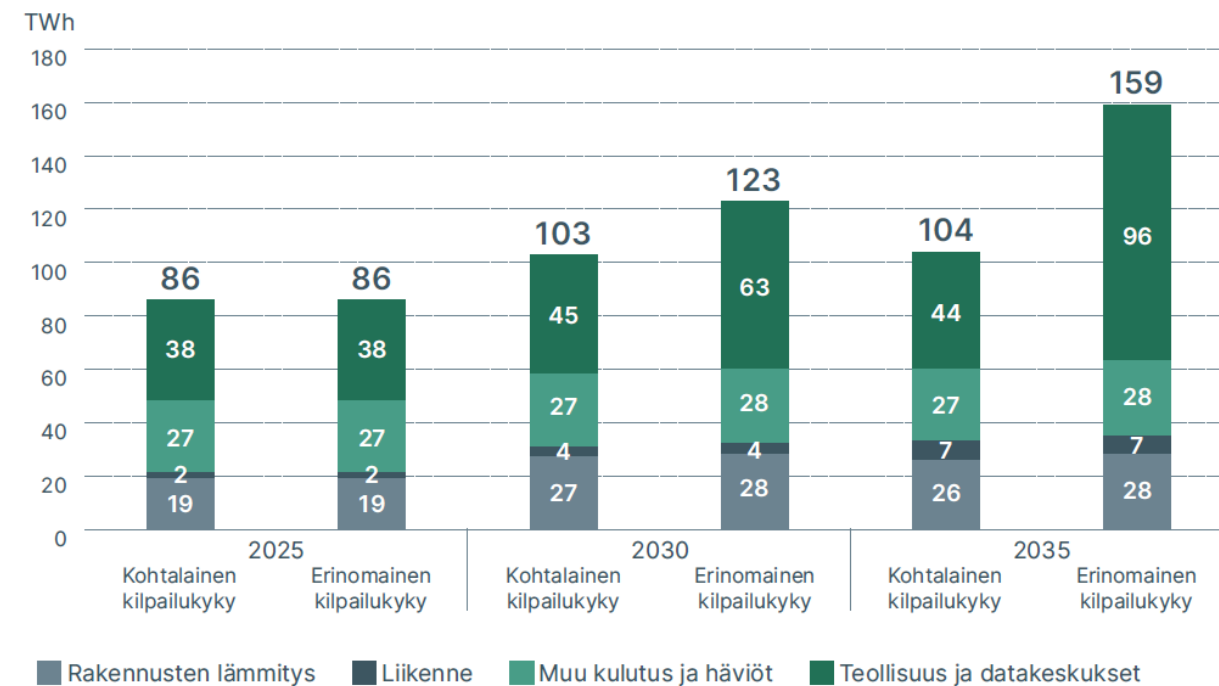
Kulutuksen lisäys tulee pääasiassa teollisuudesta

Uusi sähköntuotanto tulee tuulesta ja auringosta

## Sähkön kulutuksen kehitys (TWh)

Fingridin ennuste, syyskuu 2025.

FINGRID

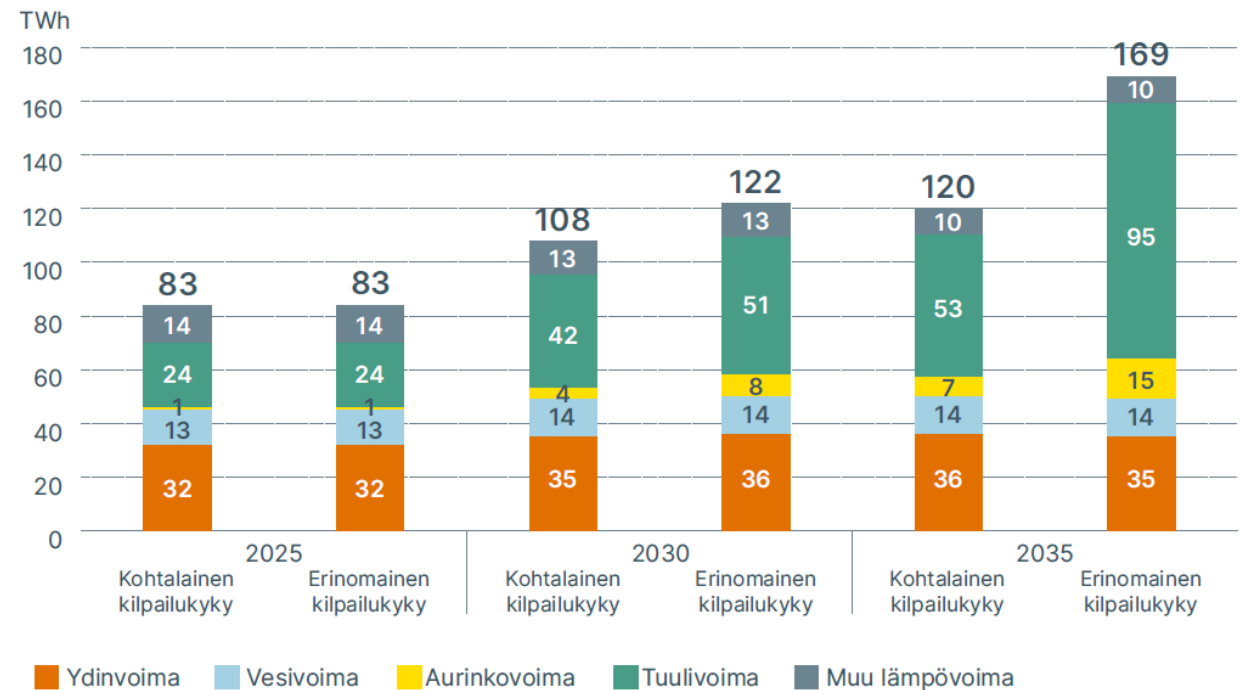


KUVA 1 Ennustettu sähkön kulutus Suomessa vuosina 2025-2035.

## Sähkön tuotannon ennustettu kehitys (TWh)

Fingridin ennuste, syyskuu 2025.

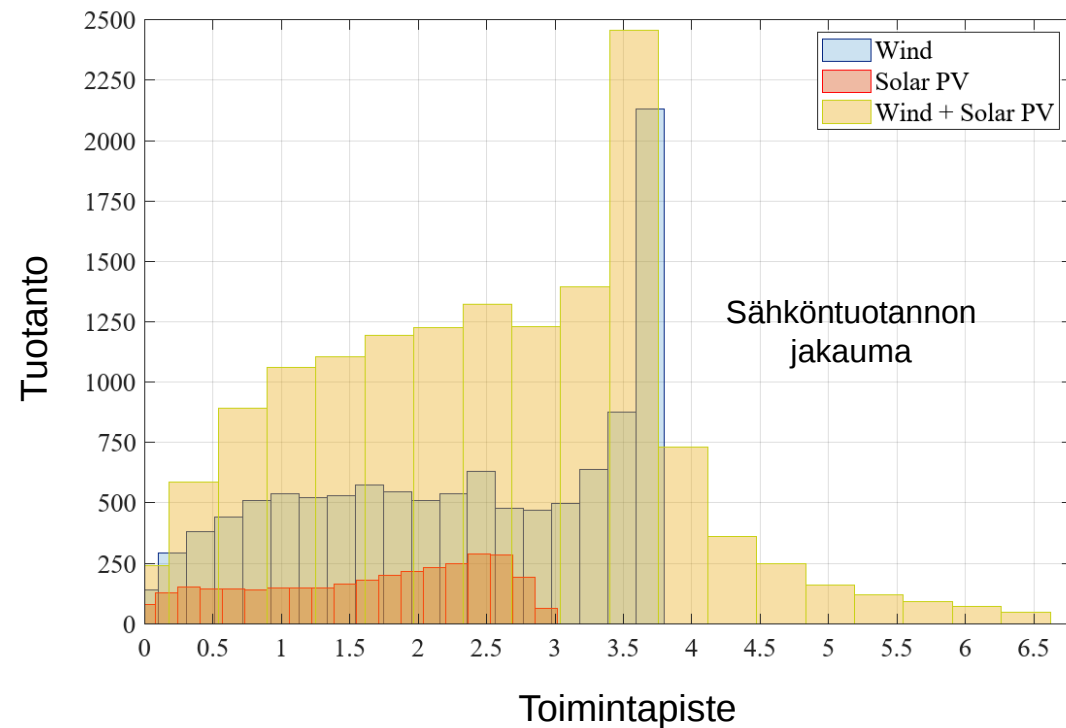
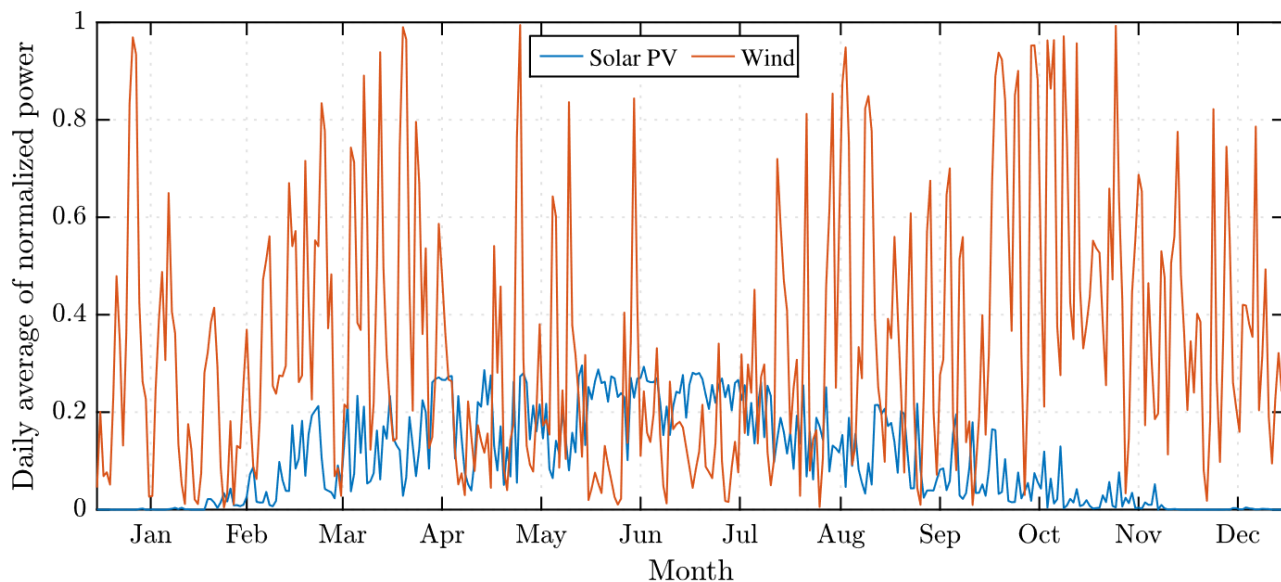
FINGRID



KUVA 2 Sähkön tuotannon ennustettu kehitys Suomessa vuosina 2025-2035.

# Uusiutuva sähkö

- » Tuuli- ja aurinkovoimaan perustuva sähköntuotanto on vaihtelevaa → Dynamiikkaa tarvitaan kulutuksessa
- » Suurin osa vedystä tuotetaan osakuormalla



# Säädettävyys

TABLE II  
ELECTROLYZER MARKET DYNAMICS OVERVIEW.

| Name              | Power [MW] | Power Range [%] | Dynamic [% / sec.] | Type |
|-------------------|------------|-----------------|--------------------|------|
| Ecolyzer [17]     | 3          | 10-100          | 0.5*               | AEL  |
| Sunfire [18]      | 10         | 25-100          | 0.61               | AEL  |
| Sunfire [19]      | 10         | 50-100          | 0.16               | SOEC |
| McPhy [20]        | 16         | 10-100          | 5                  | AEL  |
| ThyssenKrupp [21] | 20         | 10-100          | 3*                 | AEL  |
| Trina [16]        | 15         | 30-110          | 5                  | AEL  |
| QuestOne [22]     | 10         | 10-100          | 3*                 | PEM  |
| Elyzer [23]       | 17.5       | 40-100          | 10                 | PEM  |
| Neptun ITM [24]   | 2          | 25-100          | 10                 | PEM  |
| Enapter [25]      | 2.5        | 1-100           | 0.73               | AEM  |

\*Discussions with manufacturers or calculated

<https://arxiv.org/pdf/2602.20842>

| Valmistaja          | Paine (bar) | Nopeus (%/s) | Alasääätöraja (%) |
|---------------------|-------------|--------------|-------------------|
| GHS                 | 35          | 1,88         | 25                |
| Sunfire             | 30          | 0,62         | 50                |
| McPhy               | 30          | 5,00         | 20                |
| John Cockerill      | 15          | 4,00         | 40                |
| NEL                 | 1           | 0,17         | 15                |
| Verdagy             | 1           | 0,79         | 5                 |
| Thyssenkrupp Nucera | 1           | 3,00         | 10                |

» Alasääätörajaa rajoittaa kaasujen sekoittuminen osakuormilla

- Pienempi ongelma matalammilla paineilla  
→ Ilmanpaineiset moduulit säätyvät alemmas

» Säädön nopeutta rajoittaa kaasuvirtauksen ja paineen käyttäytyminen kennostossa ja kaasunerotussäiliöissä

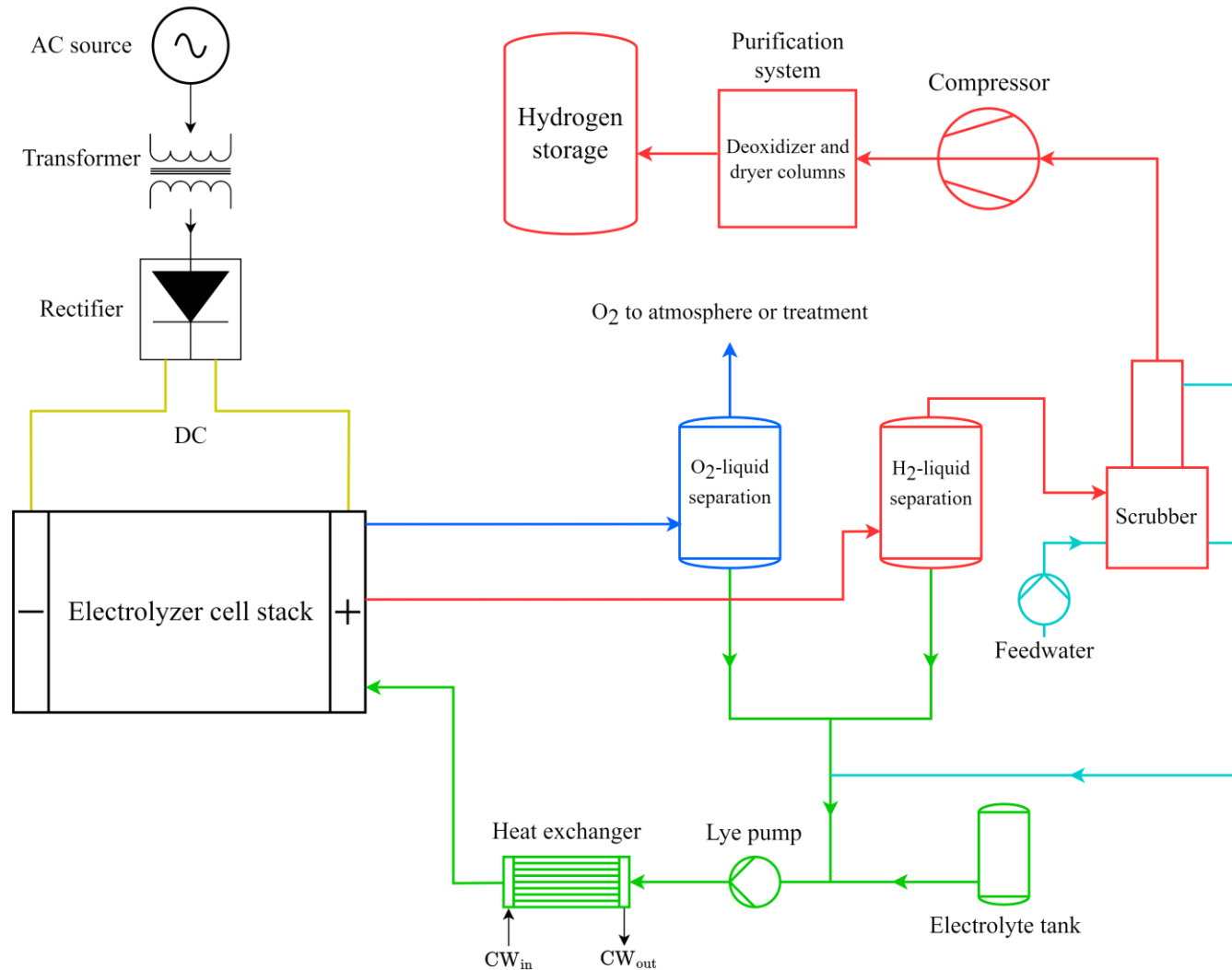
- Paineistetut järjestelmät säätyvät nopeammin

» Sammutus

- Vetyturvallisuus ja ikääntyminen
- Kylmä ja lämmin käynnistys



# Yleiskuva elektrolyyserijärjestelmästä



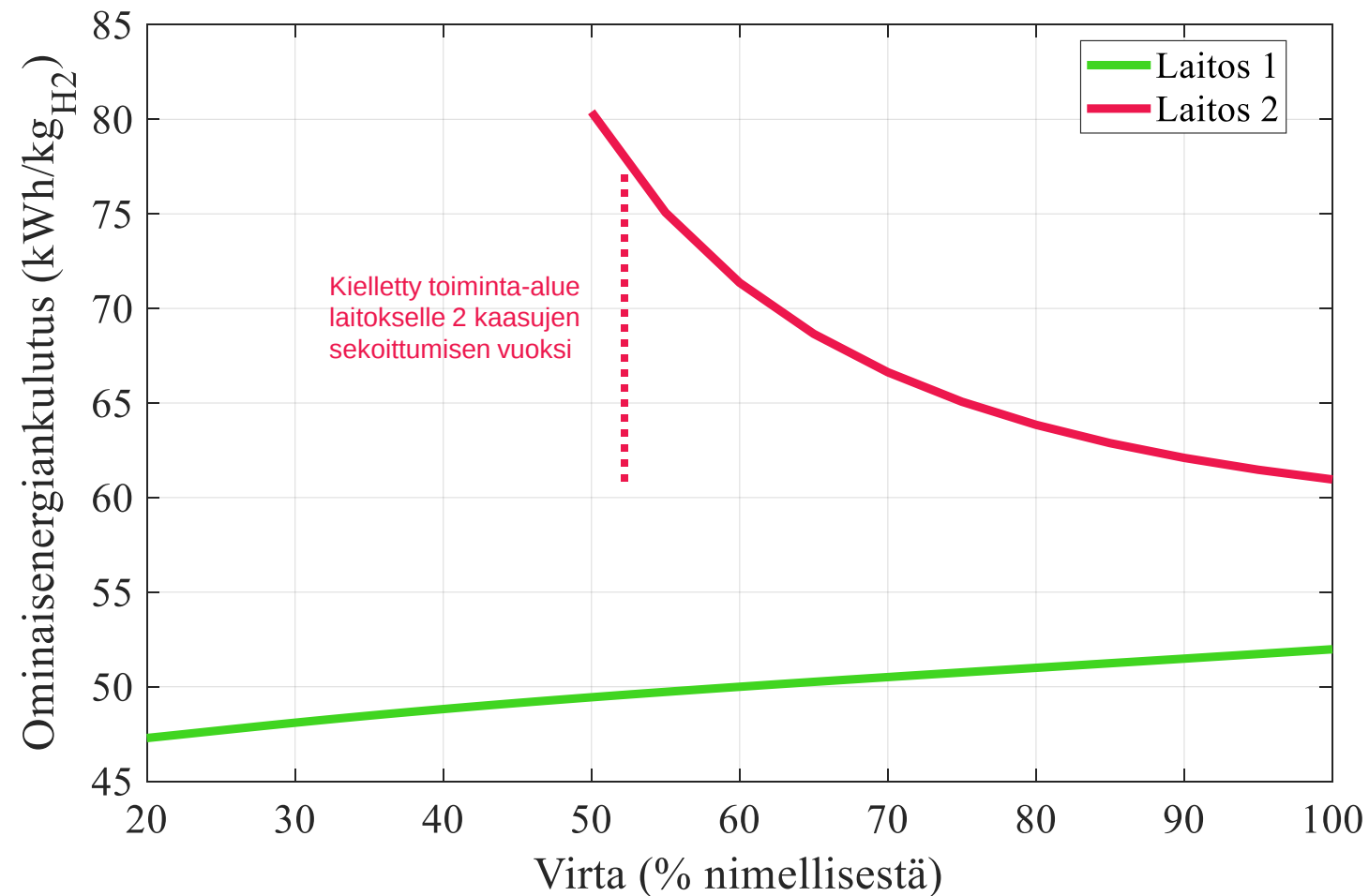
**Vedyn syttymisalue ilmassa ympäristön olosuhteissa on 4–75 tilavuusprosenttia**

**Taulukko** Veden johtavuus. ISO 3696.

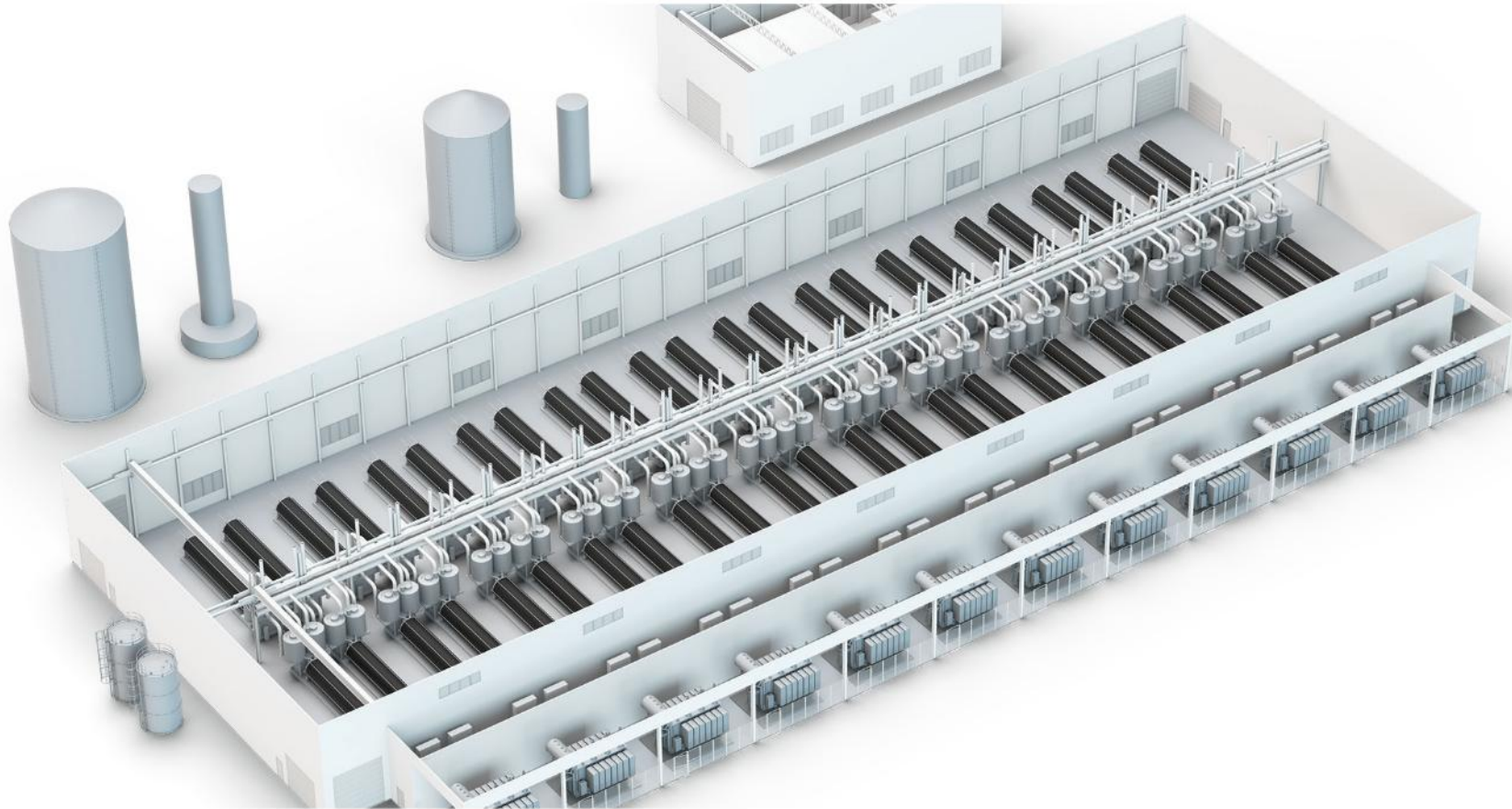
| Conductivity (mS/m) |         |         |         |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Water               | Grade 1 | Grade 2 | Grade 3 |
| Deionized           | 0.010   | 0.100   | 0.500   |
| Tap                 | 5–50    |         |         |
| Sea                 | 5000    |         |         |

# Kaksi eri kaupallisesti saatavilla olevaa alkalijärjestelmää

Säätöalue epäpuhtauksien takia!



# Esimerkki 100 MW:n elektrolyysilaitoksesta



*100 MW Alkaline electrolysis plant featuring A485 Series Electrolyser Stacks and Electrolyte System Modules.*

[https://nelhydrogen.com/wp-content/uploads/2024/08/A-Series-Spec-Sheet%E2%80%93DOC001974\\_03.pdf](https://nelhydrogen.com/wp-content/uploads/2024/08/A-Series-Spec-Sheet%E2%80%93DOC001974_03.pdf)

