



LAND OF THE CURIOUS





SÄHKÖN VARASTOINTI

Sähköpäivä 18.8.2022

Prof. Pertti Kauranen

LUT School of Energy Systems

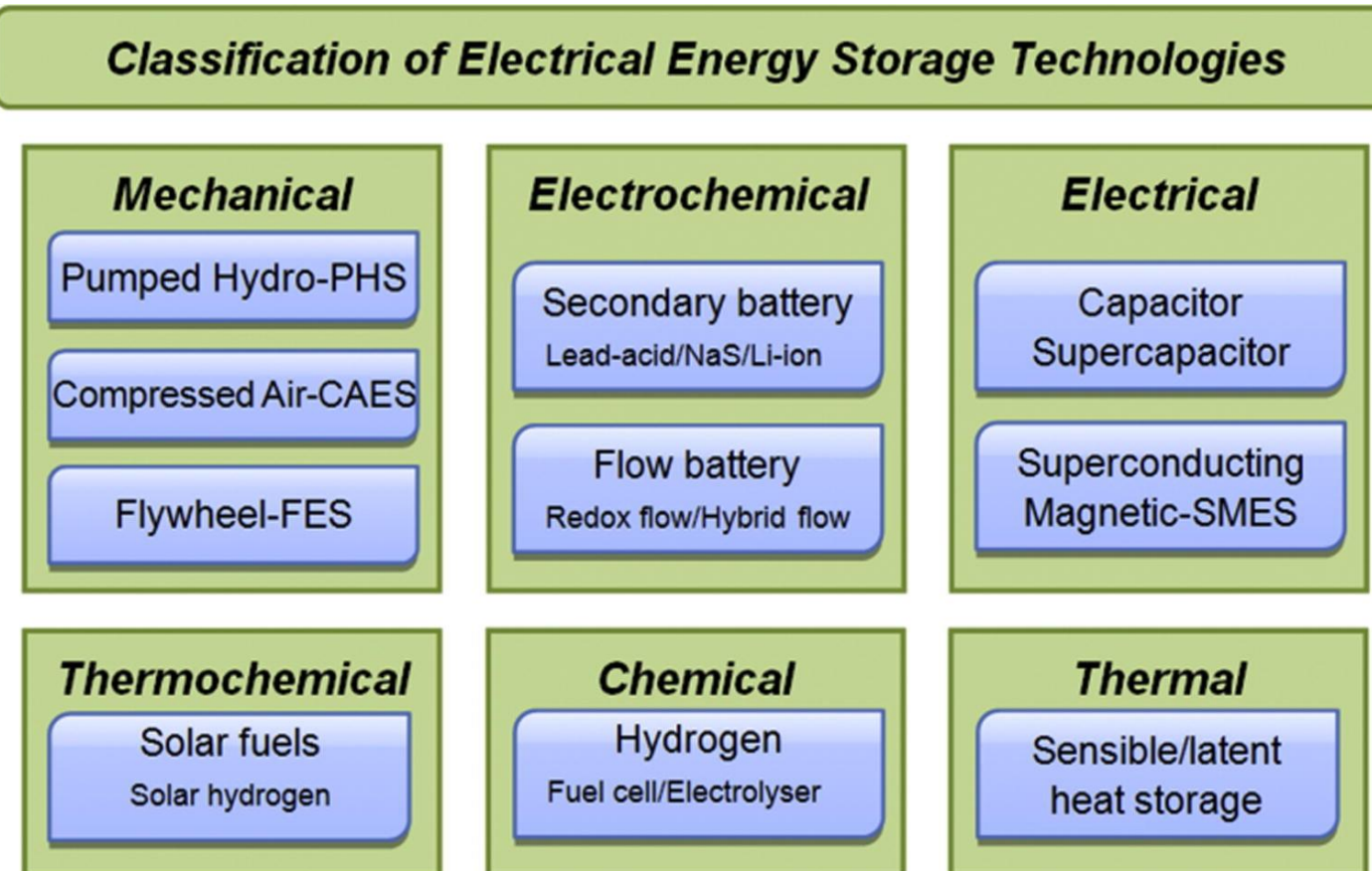
Sisältö

- »»Teknologiat
- »»Markkinat
- »»Käyttökohteita
- »»Kehitysnäkymiä
- »»Kotimaisia hankkeita



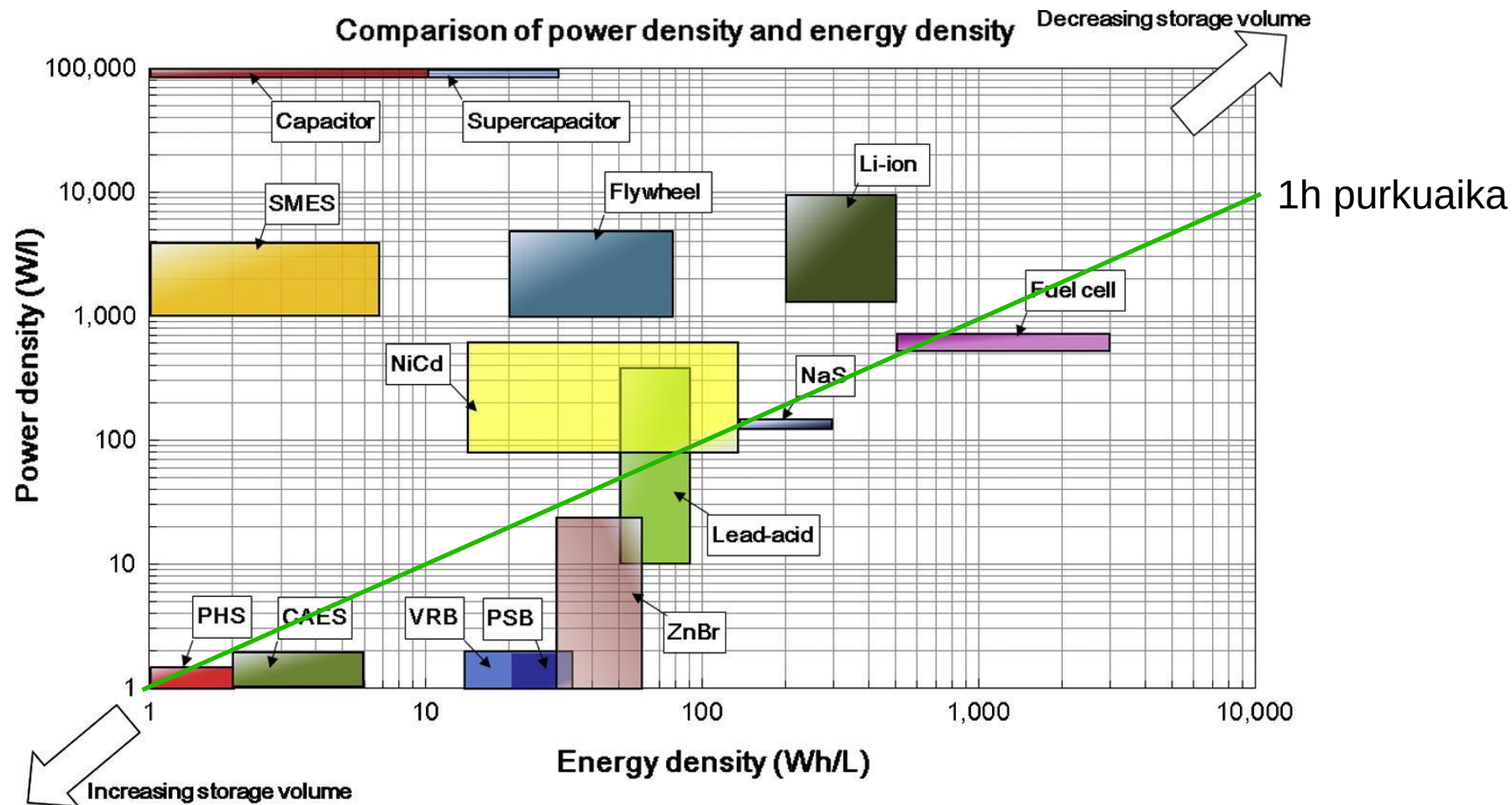
TEKNOLOGIAT

Sähkön varastointiteknologiat



Applied Energy 137 (2015) 511–536

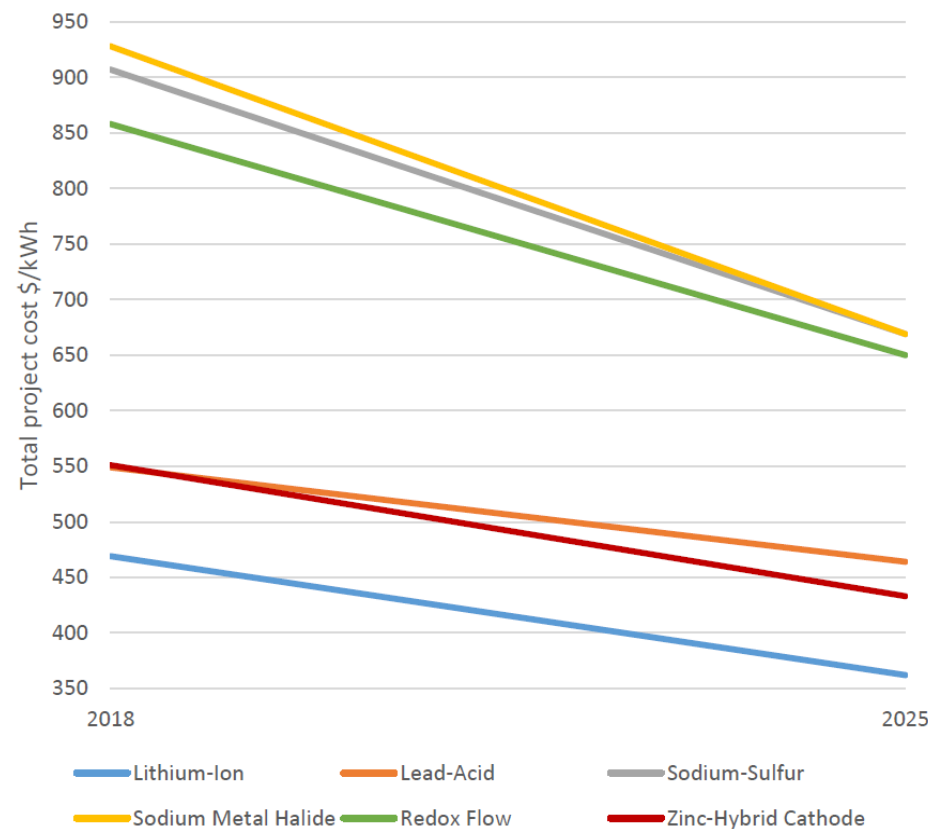
Energia- ja tehotiheys



Applied Energy 137 (2015) 511–536

Vaihtoehtoisia akkukemioita

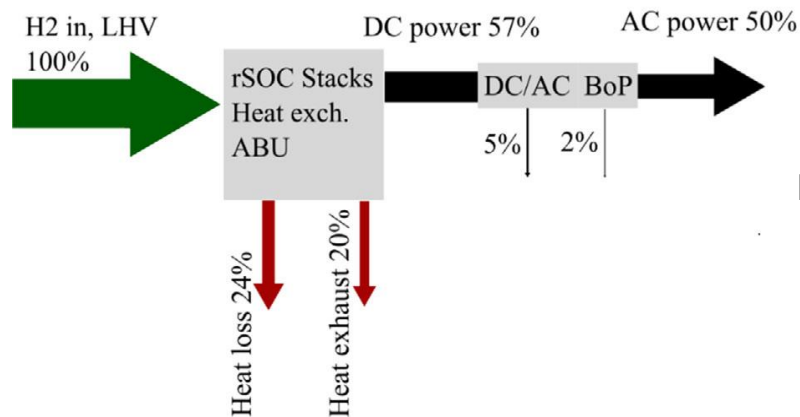
- »» Natrium-ioniakut
- »» Sulasuola-akut (NaS, NaNiCl)
- »» Virtausakut (Vanadium)
- »» Metalli-ilma-akut (Zn, Al, Li)
- »» Nikkeliakut (NiCd, NiMH, NiFe, NiZn)
- »» Li-ioni akut ovat saaneet merkittävän tuotantoskaala- ja kustannusedun kilpaileviin teknologioihin verrattuna



Sihvonen, V. & Honkapuro, S. 2020. Outlook on Stationary Battery Energy Storage Systems for Grid Support. Tutkimusraportti. LUT yliopisto. LUT School of Energy Systems. 18.9.2020.

Sähkön pitkäaikaisvarastointi

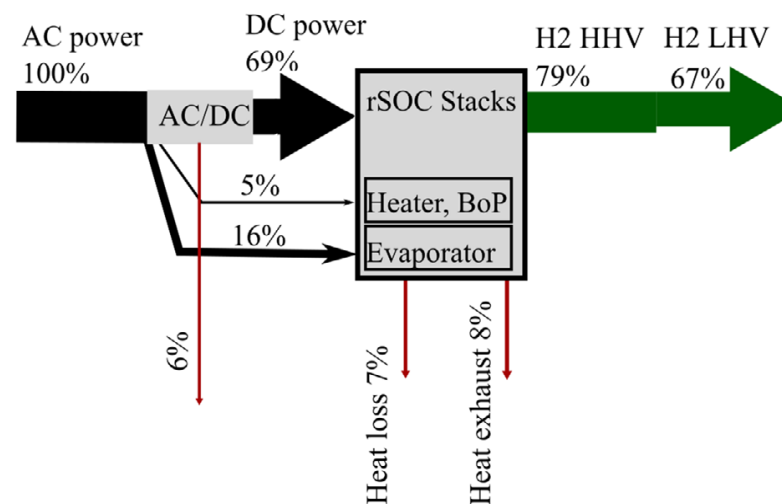
- Pumppuvesivoima, paineilma, nesteilma
- Lämpövarastot: lämmön varastointi (Power-to-Heat) on kertaluokkaa halvempaa kuin sähkön, mutta muunnos takaisin sähköksi ei kannata
- Synteettiset kemikaalit (P2G, P2L): vety, metaani, ammoniakki, metanoli
- Jokaisessa konversioprosessissa tapahtuu häviöitä
- Huono sähköstä sähköksi hyötysuhde (< 50% vedylle, < 30% muille kemikaaleille)
- Esim. VTT:n kaksisuuntainen SOFC: AC-AC hyötysuhde on 33.5%



VTT

DOI: 10.1002/fuce.202100021

SOFC H₂-to-AC efficiency is 50% (LHV)



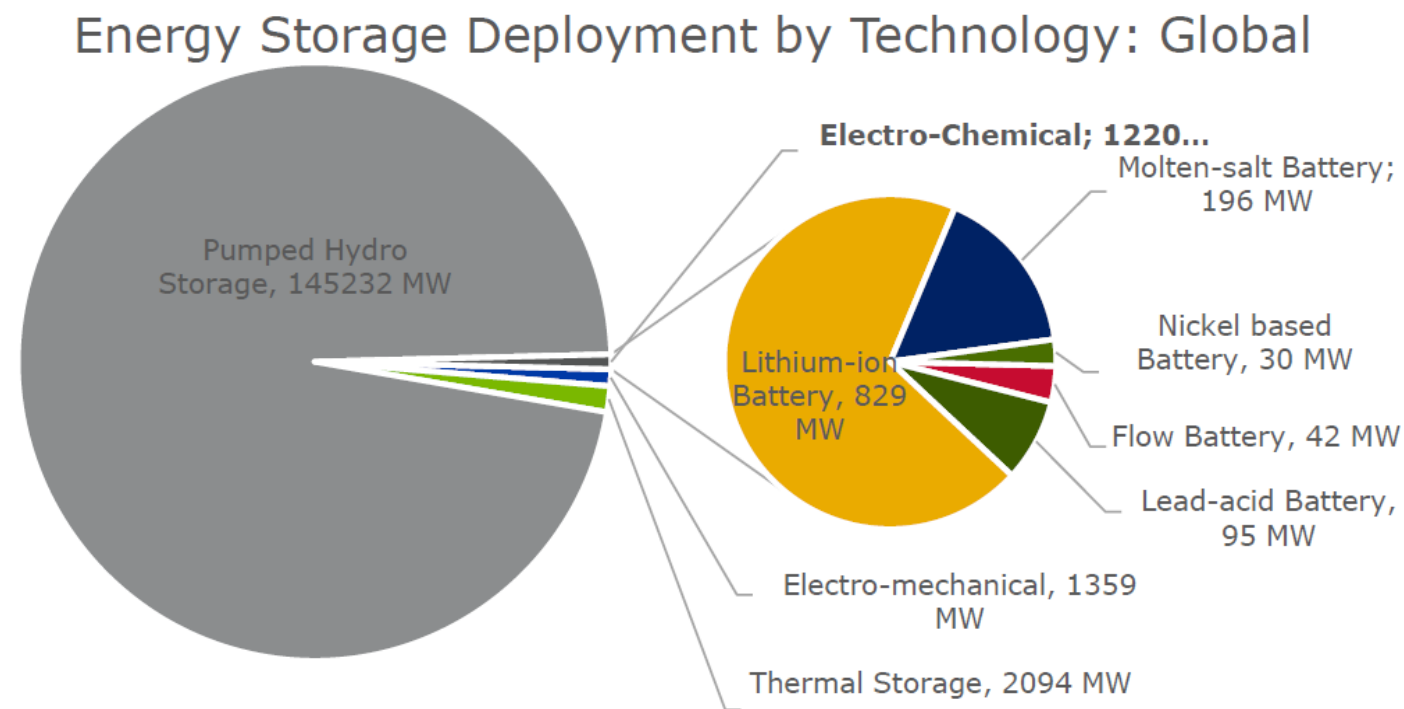
SOEC AC-to-H₂ efficiency is 67% (LHV), if steam production is included



MARKKINAT

Sähkövarastomarkkinat

- Yli 90% verkkoon kytketyistä sähkövarastoista on pumppuvesivoimaa
- Yli 90% akkuvarastoista on Li-ioni akkuja



https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/use_cases_on_deployment_scenarios_of_battery_systems.pdf

Sähkövarastojen markkinaennuste

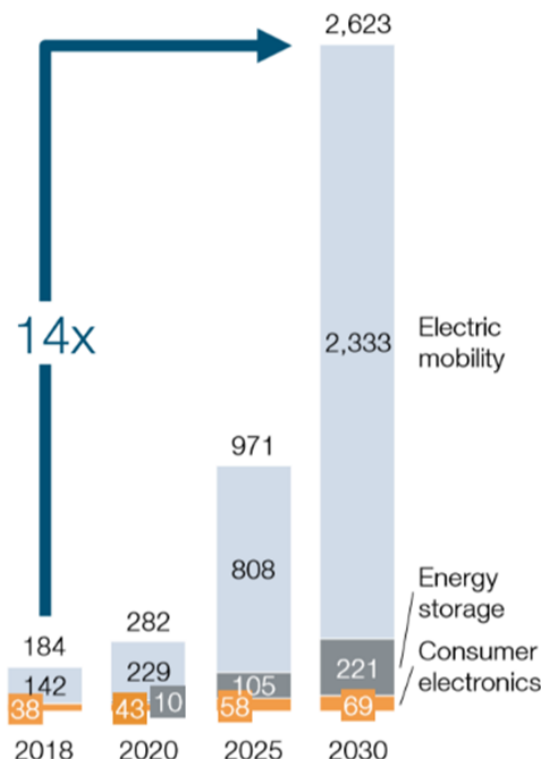


https://www.energy.gov/sites/default/files/2020/12/f81/Energy%20Storage%20Market%20Report%202020_0.pdf

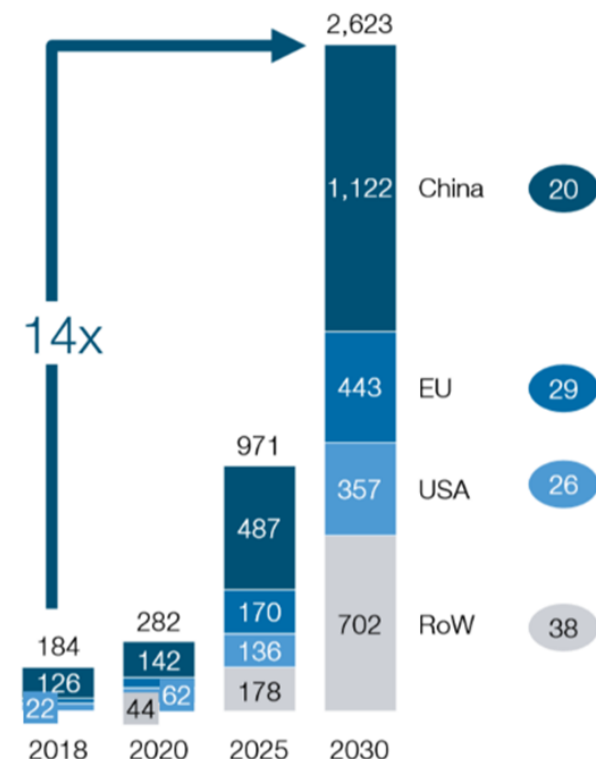
Li-ioni akkujen markkinaennuste

- Sähköautot ajavat akkukehitystä
- Sähköautomarkkina on kertaluokkaa suurempi kuin energiavarastomarkkina
- Huoli raaka-aineiden riittävydestä hidastaa kehitystä

Global battery demand by application
GWh in 2030, base case



Global battery demand by region
GWh in 2030, base case



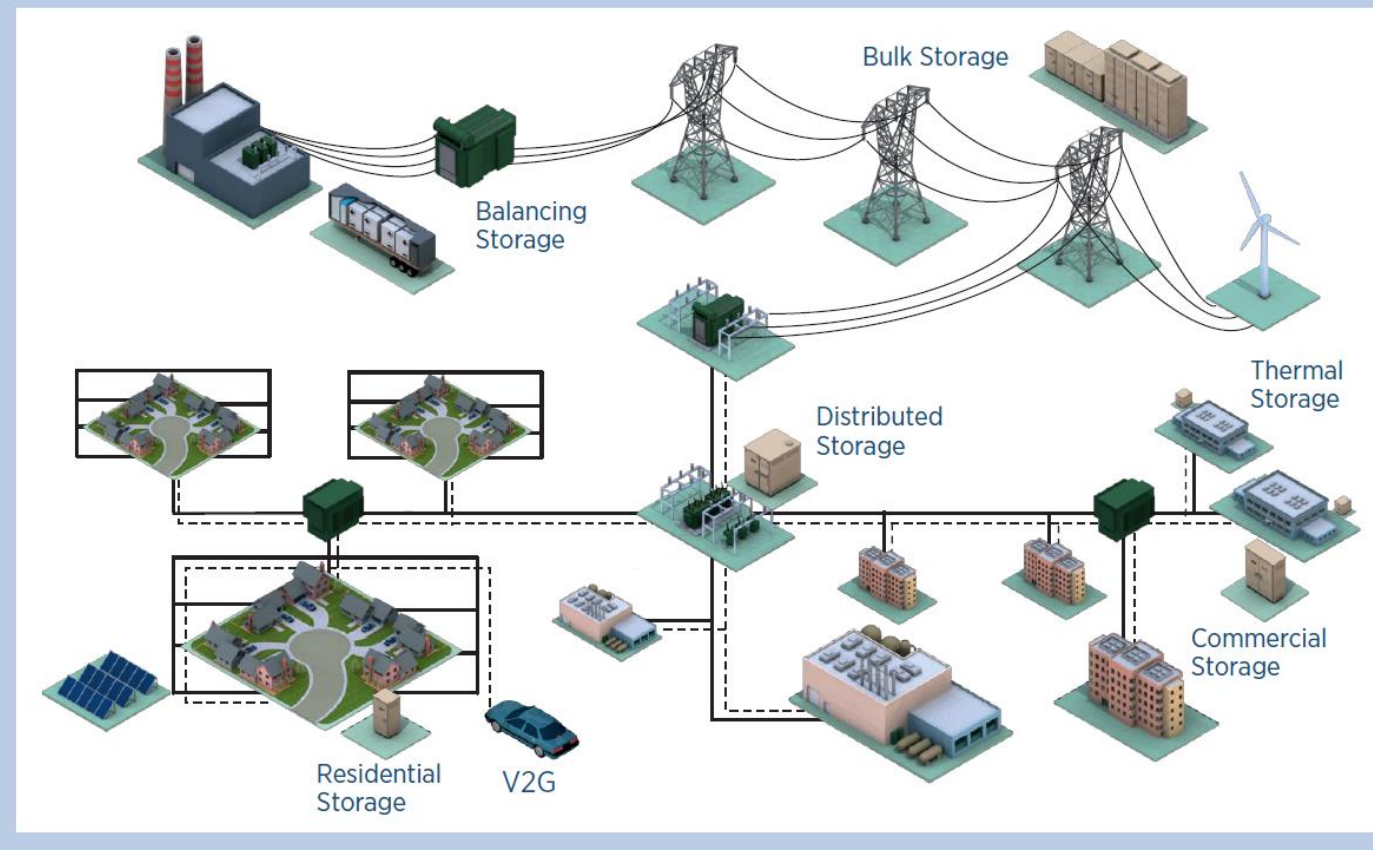
http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf



KÄYTTÖKOhteita

Verkkoon kytketyt sähkövarastot

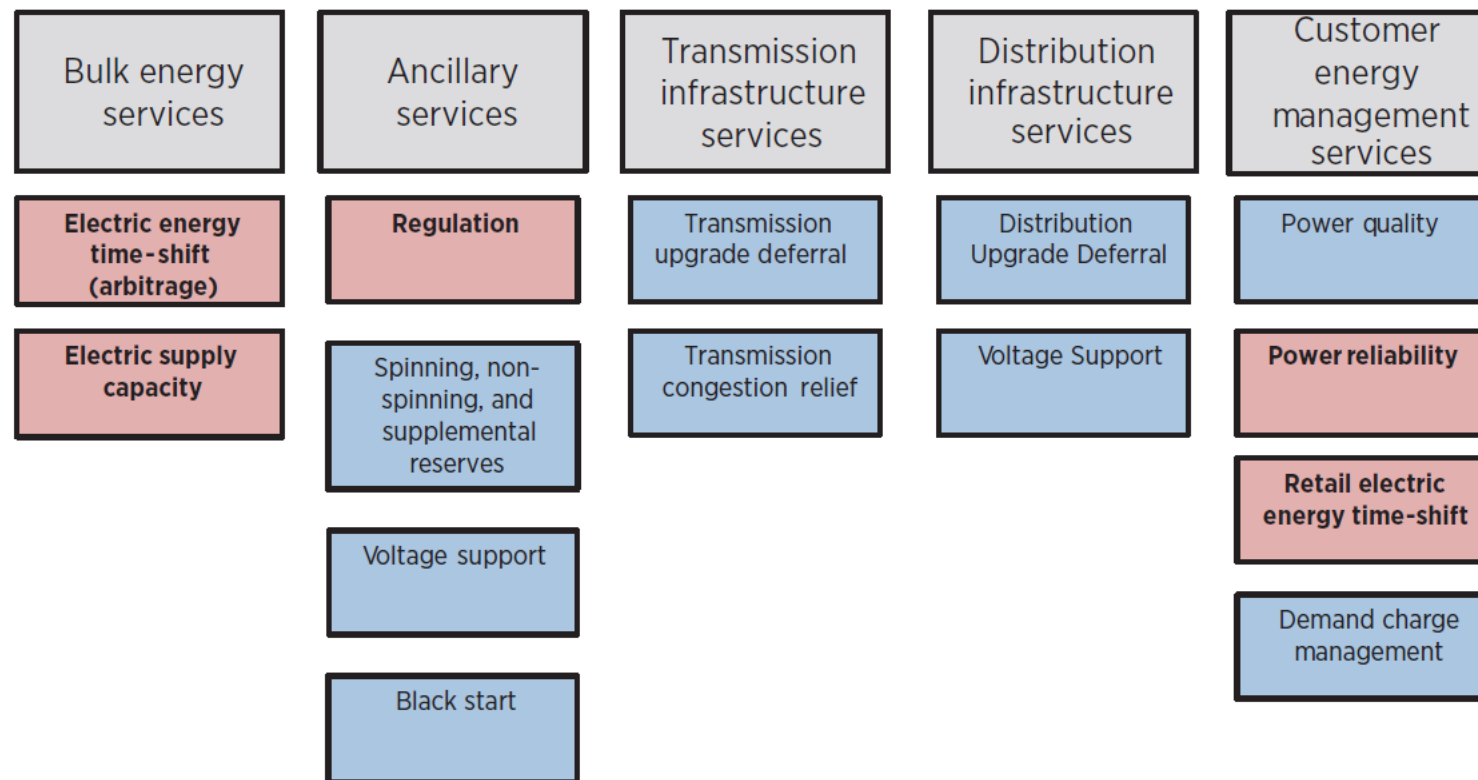
Figure 4: Potential locations and applications of electricity storage in the power system



Renewables and Electricity Storage, A technology roadmap for REmap 2030, IRENA 2015

Sähkövarastojen käyttökohteita

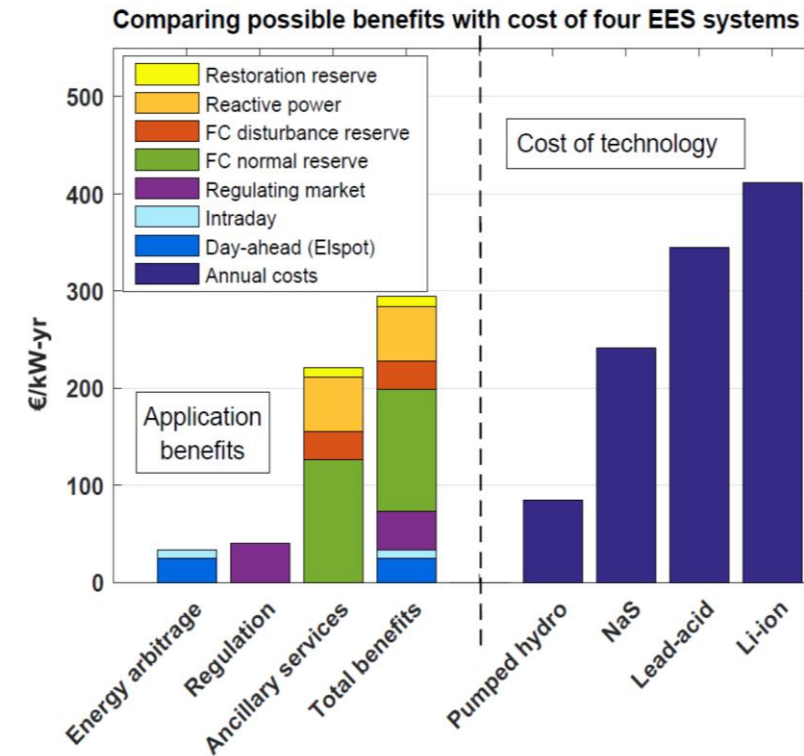
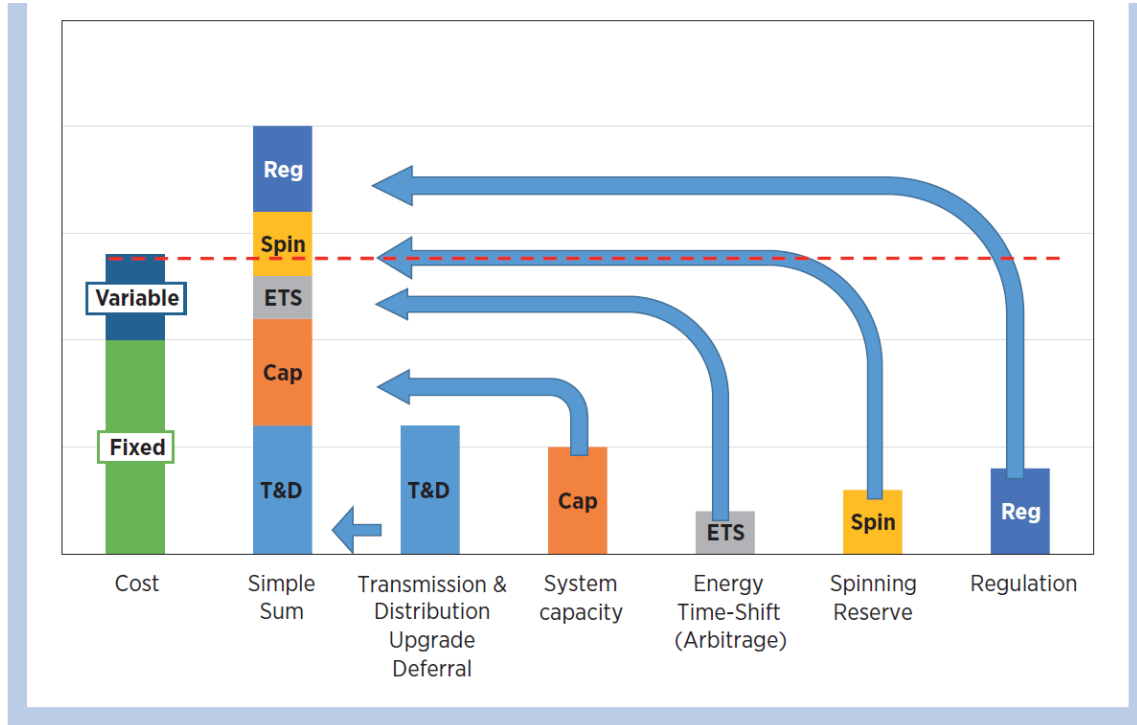
Figure 6: Electricity storage services and their relevance for renewable power integration



Boxes in red: Energy storage services directly supporting the integration of variable renewable energy

Renewables and Electricity Storage, *A technology roadmap for REmap 2030*, IRENA 2015

Akkujen monikäyttö



Renewables and Electricity Storage, *A technology roadmap for REmap 2030*, IRENA 2015

Zakeri, B., Syri S. Value of Energy Storage in the Nordic Power Market – Benefits from Price Arbitrage and Ancillary Services.

IEEE Xplore: 28 July 2016.

Zakeri, B., Syri S. Electrical Energy Storage Systems: A comparative Life Cycle Cost Analysis, Renewable and Sustainable Energy Reviews 2015¹⁶

- [illegible]

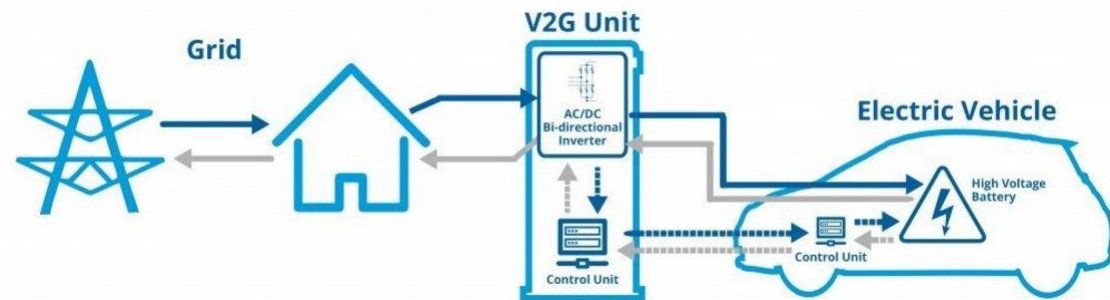
17



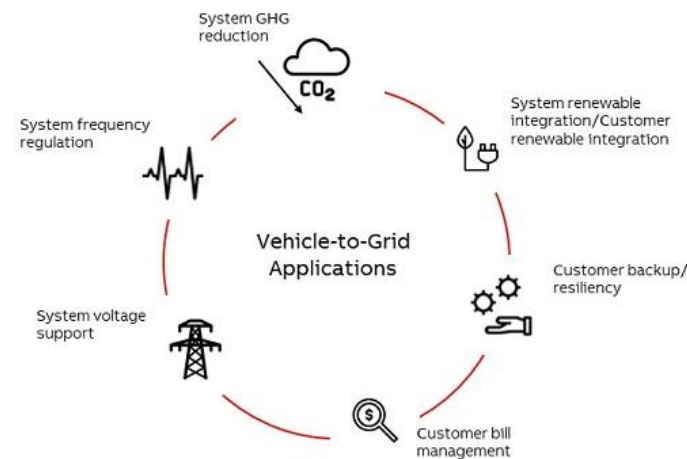
KÄHITYSNÄKYMİÄ

Sähköautojen kaksisuuntainen lataus

- 600.000 sähköautoa (EV,PHEV) Suomessa 2030
- $600.000 \cdot 50 \text{ kWh} = 30 \text{ GWh}$
- Merkittävä tehoreservi (noin 30 GW)
- Vaatii kaksisuuntaisen latausinfrastruktuurin sekä valmiuden autoihin
- Vaatii myös regulaation, miten verkkoon syötetty sähkö hyvitetään autoilijoille
- Huoli akkujen ylimääräisestä kulumisesta näyttäisi nykytiedon valossa turhalta



<https://www.cleantech.com/ev-charging-software-and-grid-services/>



<https://new.abb.com/ev-charging/abb-s-vehicle-to-grid-technology>

Sähköautoakkujen uusiokäyttö

NOTABLE SECOND-LIFE BATTERY PROJECTS [37].

Joint Ventures	Description	Location
Daimler GETEC/ the mobility house remondis / EnBW	Battery storage unit with a total capacity of 13 MWh using degraded EV batteries from Daimler EV models	Luenen, Germany
BMW/PG&E	18-month pilot project to demonstrate EV smart charging and optimization grid efficiency with participation of 100 BMW i3 owners	San Francisco, USA
Nissan Sumitoto (4R Energy)/Green charge network	System (600 kWh/400 kWh): 16 Nissan Leaf LIBs regulate energy from a solar plant	Osaka, Japan
BMW/Vattenfall/Bosch	2,600 battery modules from 100 electric cars, and provides 2MW of output and 2.8 MWh of capacity	Hamburg, Germany
Renault/Connected Energy Ltd	"E-STOR": on-grid providing energy storage that prevents power grid overload and balances supply and demand	United Kingdom, Europe
Mitsubishi/PSA EDF/ Forsee Power/ MMC	Bi-directional battery energy consumption optimization from retired batteries	Paris, France
General Motors/ ABB	5 Chevrolet Volt LIBs, 74 kW solar array & two 2 kW wind turbines to power a General Motors office building site	USA



<https://rr-f.ch/en/news/2722>
DOI:10.1109/ACCESS.2019.2917859

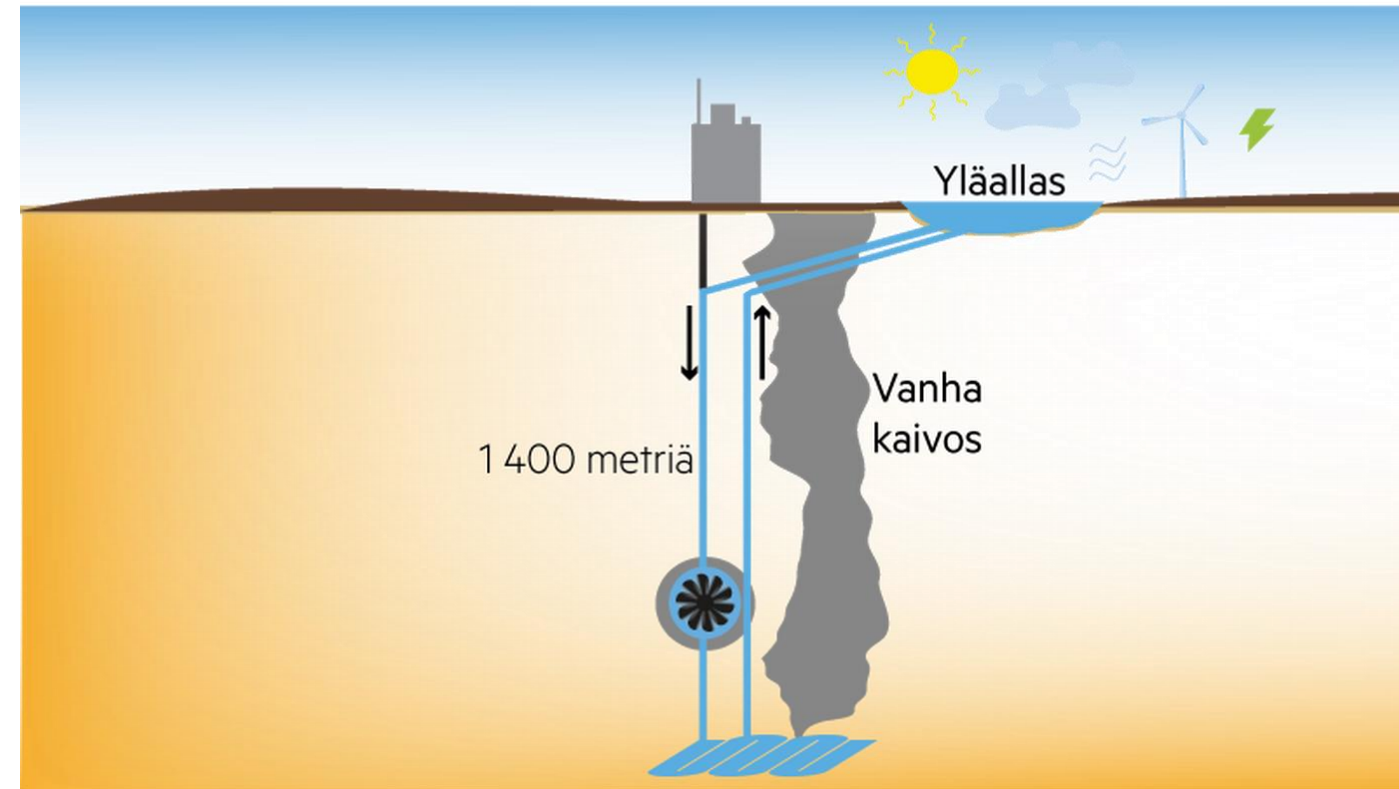


KOTIMAISIA HANKKEITA

Pyhäsalmen kaivos

- $P = 75 \text{ MW}$
- $E = 525 \text{ MWh}$

PYHÄSALMEN KAIVOKSEEN SUUNNITELLAAN PUMPPUVOIMALAITOSTA



<https://www.kaleva.fi/pyhasalmen-kaivoksessa-aiotaan-tuottaa-sahkoa-maan/4504766>

Verkkoon kytkettyjä akkuvarastoja

OL3, Eurajoki, 90 MW

Neoen, Lappeenranta, 30 MW

Tuuliwatti, Ii, 6 MW

Sinebrychoff, Kerava, 20 MW

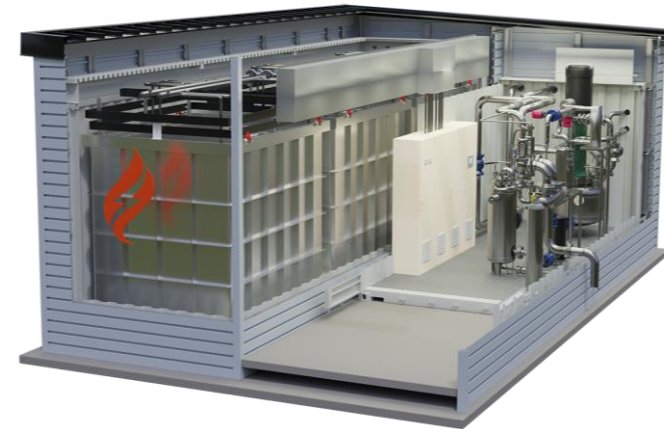
Start-up-yrityksiä



Natrium-akku



Superkondensaattori-akku



Sähkö-suolasula-höyry



Hiekkalämpövarasto



Vauhtipyörä



Sustainable energy storage



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

KYMEN
LAAKSON
LIITTO

