



Tehopula Suomessa

2023-2030

Asko Vuorinen
Ekoenergo Oy

24.11.2022

Sisältö

- 1. STYV 84 YHTEISKÄYTTÖOHJEET**
- 2. SÄHKÖMARKKINALAKI 1995**
- 3. TEHORESERVILAKI 2007**
- 4. TEHOTILANNE 2023**
- 5. TEHOPULAN POISTAMINEN**
- 6. SÄÄTÖSÄHKÖN TARVE**
- 7. SÄHKÖNTUOTANTOKUSTANNUKSET**

STYV84 YHTEISKÄYTTÖOHJEET

- **Sähköntuottajien Yhteistyövaltuuskunta STYV perustettiin 1970-luvulla**
- **Voimalaitoskapasiteettia tulee olla 14 % reservissä, kun pakkasta on -25 astetta**
- **Olin IVOn edustajana STYVin kapasiteettiryhmän jäsenenä 1984**

STYV84 OHJEET

Koko 1984	Luku- määrä	teho MW	Yhteensä	Varavoiman tarve			Yhteensä MW
				kpl	MW	%	
20 MW	100	20	2000	8	160	8 %	2160
100 MW	26	100	2600	2	200	8 %	2800
200 MW	10	200	2000	2	400	20 %	2400
550 MW	4	550	2200	1	550	25 %	2750
Yhteensä	140		8800	13	1310	15 %	10110

Oletukset:

Voimalaitoksen luotettavuus (oletus 95 %)

Järjestelmän luotettavuus (oletus 90 %)

Luottettavuus varavoimaloiden määrän funktiona

Järjestelmän luotettavuus, kun voimalaitosten luotettavuus on 95 %

Voimalat Varalla	1	2	3	4	5	10	20	50	100
0	0,95	0,9025	0,857375	0,814506	0,773781	0,598737	0,358486	0,076945	0,005921
1		0,9975	0,992750	0,985981	0,977408	0,913862	0,73584	0,279432	0,037081
2			0,999875	0,999519	0,998842	0,988496	0,924516	0,540533	0,118263
3				0,999994	0,99997	0,998972	0,984098	0,760408	0,257839
4					1,00000	0,999936	0,997426	0,896383	0,435981
5						0,999997	0,999671	0,962224	0,615999
6							0,999966	0,988214	0,766014
7							0,999997	0,996812	0,87204
8							1,00000	0,999244	0,93691
9								0,999841	0,971812
10								0,999970	0,988528
11								0,999995	0,995726
12									0,998536
13									0,999537
24									0,999864

TEHOTILANNE HUIPUN AIKANA

VUOSI	1984	1995	Muutos

Kapasiteetti	10.110	13.340	+3.230
Huippukuorma	8.840	10.140	+1.300

Erotus	+1.270	+3.200	+1.970
Prosenttia huipusta	14 %	32 %	



2. SÄHKÖMARKKINALAKI 1995

UUSI SÄHKÖMARKKINALAKI 1995

- **TEHON RAKENTAMISILLE EIVELVOTTEITA**
 - “näkymätön käsi” huolehtii tehontarpeesta
 - **STYV lakkautettiin**
- **VOIMALAITOSTEHO MUUTTUI**
 - **1984 – 2000 rakennettiin 300 MW/a**
 - **2000 – 2006 purettiin 190 MW/a**
 - **2006 - 2023 purettiin 150 MW/a**

TEHOTILANNE HUIPUN AIKANA

VUOSI	1995	2006	2023
Kapasiteetti	13.340	13.650	10.000*
Huippukuorma	10.140	13.510	14.400
Erotus	+3.200	+ 140	-4.400
Prosenttia huipusta	32 %	1%	- 31 %
Kapasiteetin kasvu	+3.230	+210	-3.650

* Muutokset:

- Olkiluoto 3 ei käy 1600 MW
- Inkoo 1000, Tahkoluoto 230 Kristiina 210 ja Vaskiluoto 1 purettu = 1600 MW
- Mertaniemi 200, Vaskiluoto 3, Mussalo 2 (300 MW) otettu pois käytöstä=700 MW
- Kaasuvoimalat 1300 MW eivät saa kaasua. Kaikki yhdessä = 3600 MW



3.TEHORESERVILAKI 2007

Tehopula vuonna 2006

HELMIKUUSSA 2006 PELÄTTIIN SÄHKÖKATKOJA

- **Varatehot olivat nollassa helmikuussa**
- **EON-Finland varoitti, että voivat joutua leikkaamaan kuormia Espoossa ja Kirkkonummella**

WÄRTSILÄ LÄHETTI KTM:LLE EHDOTUKSEN, MITEN SÄHKÖPULA VOIDAAN ESTÄÄ

- **Rakennetaan nopeasti 600 MW lisää tehoa tekemällä 12 kpl 50 MW kaasuo/dieselvoimalaa hajautetusti**
- **Valtiovalta järjestää huutokaupan**

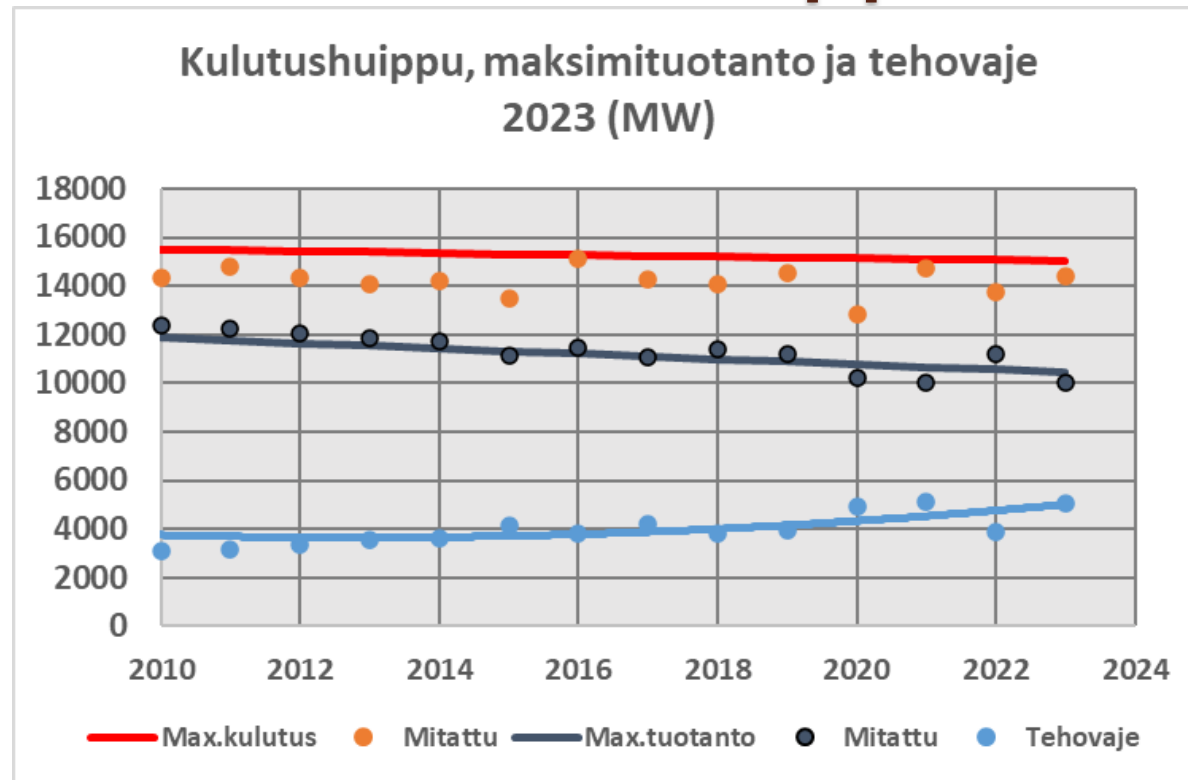
TEHORESERSERVILAKI 2007

- **Kauppa- ja teollisuusministeri Mauri Pekkarinen laittoi tehoreservilain vireille**
- **Laki astui voimaan 2007 tammikuussa**
- **Lain mukaan on varattu 600 MW sähkötehoa tehoreserveiksi 2007-2022**
- **Vuonna 2022 ei saatu yhtään kelvollista tarjousta**



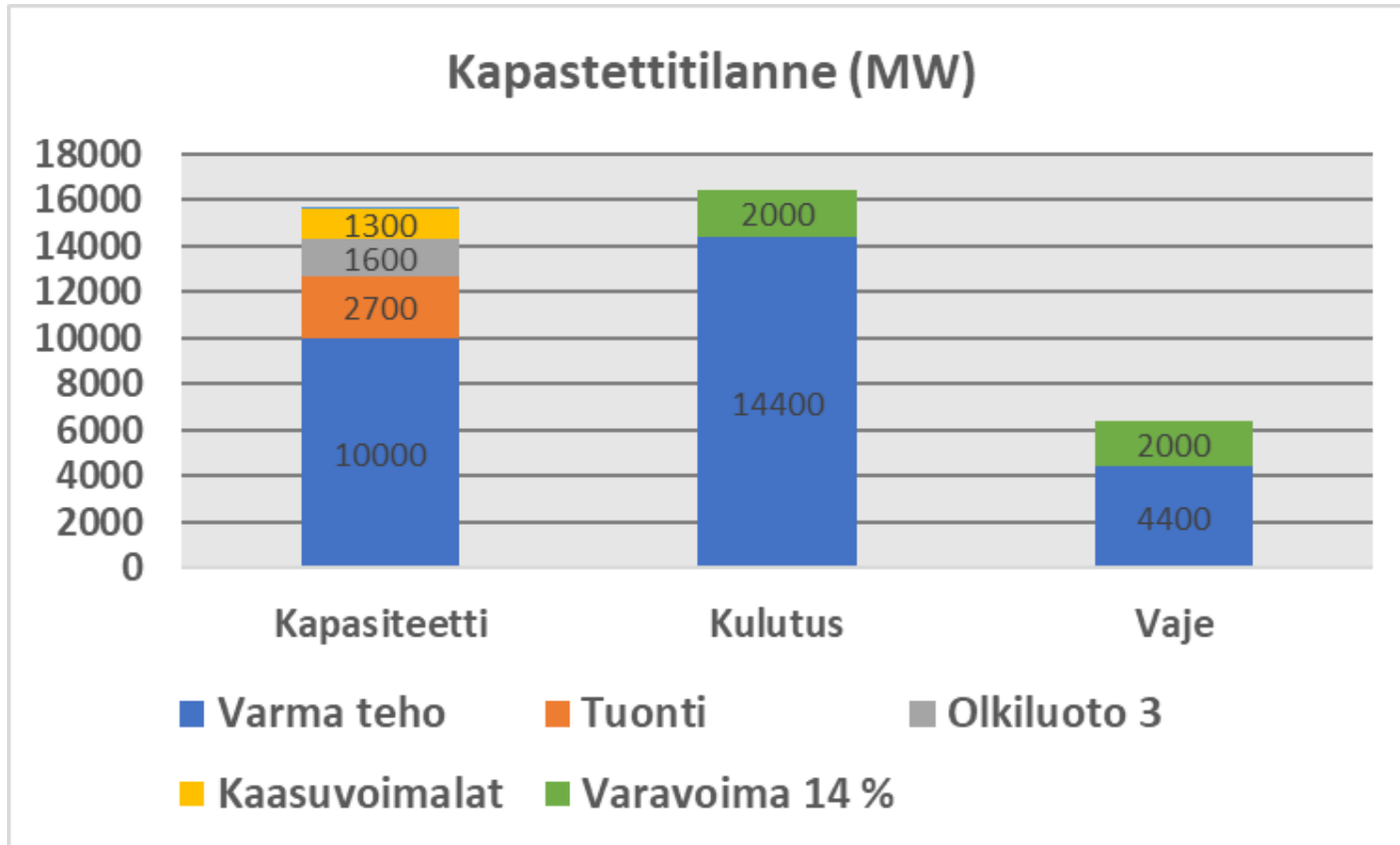
4.TEHOTILANNE 2023

Sähkön kulutushuippu ja tuotantohuippu



Sähkön kulutushuippu voi olla 14.400 MW joka 10. talvi
Tehoa on käytettävissä noin 10.000 MW (sivu 11)
Tehovajaus on noin 4400 MW

Kapasiteettitilanne 2023



**Vaje 6400 MW – Olkiluoto 3 1600 MW = 4800 MW –
Kaasuvoima 1300 MW = 3500 MW**

Tehovaje 2023

Voimalaitosteho	10.000 MW	
Huippukulutus (Fingrid)	-14.400 MW	100 %

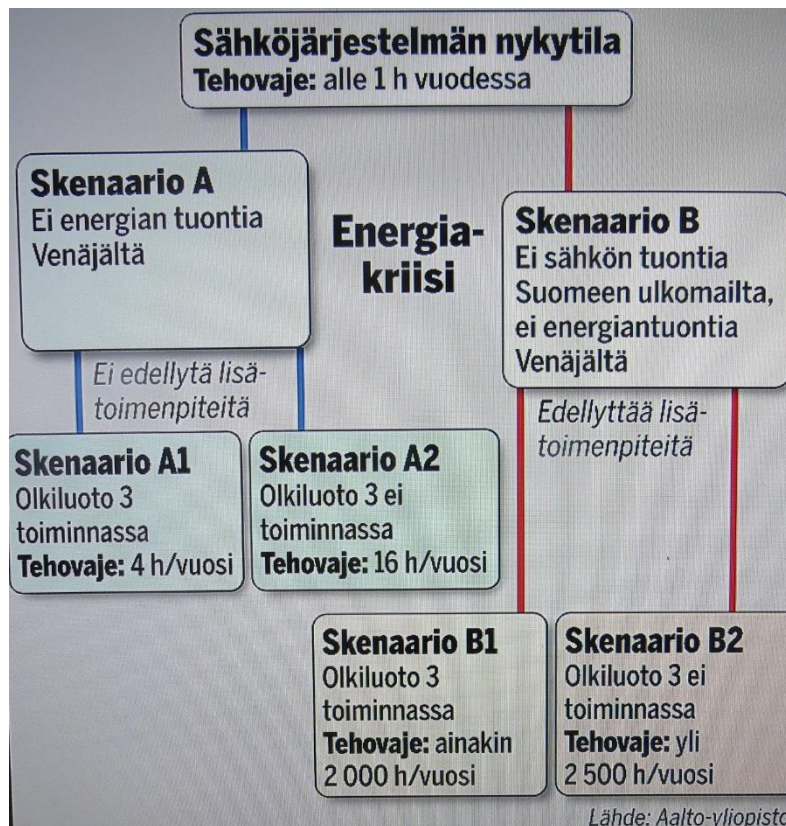
Reserviteho	-4.400 MW	-31 %
Varavoimaa puuttuu	-2.000 MW	-14 %

Tehovajaus	-6.400 MW	-45 %
Olkiluoto 3	1.600 MW	+11 %
Kaasuvoimalat	1.300 MW	+9 %

Vajaus	3.500 MW	-24 %

Tuonti Ruotsista 2700 MW ja Virosta 1000 MW

Aalto-yliopiston arvio tehopulasta



Tehopulan kesto:

4 tuntia, jos Ol3 toimii

16 tuntia, jos Ol3 ei toimi

2500 tuntia, jos ei tuontia ollenkaan

Kiertävät sähkökatkot

- Viimeksi vuonna 1977 Reinin lakko. Loviisaan komennettiin insinöörejä pääkonttorista.
- Nyt 2023 katkoja, jos pakkasen on enemmän kuin -20 astetta.
- Sähköjä katkotaan kahdeksi tunniksi kerrallaan ensiksi omakotialueilta.

Varautuminen katkoihin

- **Varaa kotiin sähkölamppuja, patteriradio ja varaparistoja**
- **Hanki sähkökeskukseen kellokytkin, joka antaa virtaa lämmönvesivaraajalle yöllä**
- **Lämpötila laskee asteen verran tunnissa. Laita takka päälle hyvissä ajoin.**
- **Jos sähköt eivät palaudu, lähden mökille, jossa meillä on takka ja aggregaatti**

5. TEHOPULAN POISTAMINEN

Lisäkapasiteetin tarve 2024

Voimalat 2024	Luku- määrä	teho MW	Teho yhteensä	Varavoiman tarve kpl	MW	%	Yhteensä MW
Lämpövoimalat							
20 MW	103	20	2 060	8	160	8 %	2 220
100 MW	30	100	3 000	4	400	13 %	3 400
200 MW	13	200	2 600	2	400	15 %	3 000
670 MW	5	670	3 350	1	670	20 %	4 020
Yhteensä	151		11 010	15	1630	15 %	12 640
Olkiluoto 3	1	1600	1 600	1	740	46 %	2 340
Yhteensä	152		12 610		2 370	19 %	15 280
Tuulivoimalat		6000	300				300
Yhteensä			12 910		2 370		15 580
Tasaus	164	10	1 640	10	100	6 %	1 740
Yhteensä	151		14 550		2 470	17 %	12 940
Huippuvoimalat	55	10	550	4	40	7 %	590
Yhteensä			15 100		2 510	17 %	17 610

Tuuliteho	6000 MW
Tuulienergiaa	17 TWh
Keskiteho	1939 MW
Minimiteho	300 MW
Tasausteho	1639 MW

Lisäkapasiteetin tarve 2024

- Olemassa olevat voimalat	12.900 MW	85 %
- Tuulivoiman tasaus	1.650 MW	11 %
- Huippuvoimalat	550 MW	4 %

Yhteensä	15.100 MW	100 %
- Varavoimalat	2.500 MW	17 %

Yhteensä	17.600 MW	117 %
 Puuttuva teho $1650+550+2500 = 4700$ MW		

Velvoitteiden jako tuottajille

Tuulivoimantuottajat (17 TWh) 1640 MW

Ydinvoimantuottajat (34 TWh) 1410 MW

Yhteensä (51 TWh) 3050 MW

Muut tuottajat (37 TWh) $4700 - 3050 = 1650$ MW

- Vesivoimalat $16 \text{ TWh} / 37 \text{ TWh} \times 1650 \text{ MW} = 710 \text{ MW}$

- Lämpövoimalat $21 \text{ TWh} / 37 \text{ TWh} \times 1650 \text{ MW} = 940 \text{ MW}$

- Yhteensä (37 TWh) 1650 MW

Yhteensä (88 TWh) 4700 MW

a) Kapasiteettimarkkinat

- **Kapasiteettimarkkinoilla myydään ja ostetaan seuraavien 15-20 talven teho**
- **Kapasiteettimarkkinat ovat toiminnassa**
 - **USA:ssa v. 2000**
 - **Venäjällä v. 2008**
 - **Britanniassa v. 2014 sopimukset 14 v**
 - **Ranskassa v. 2019 sopimukset 7 v**
 - **Italiassa v. 2020 sopimukset 15 v**

a) Kapasiteettimarkkinat

- **Lainsäädäntöä ei ole Suomessa**
- **EU (Saksa) ei pidä tarpeellisena vielä**
- **Lakien valmistelu vie kaksi vuotta**

b) Tehoreservien hankinta

- **Järjestetään huutokauppa tehoreserveistä**
 - **Ostetaan seuraavien 15-25 talven teho**
- **Lainsäädäntö olemassa v. 2007**

b) Tehoreservien hankinta

Vaaditaan, että

- **Laitokset hajasijoitetaan lämmityslaitosten ja teollisuuslaitosten tonteille (turvallisuus)**
- **Niiden on pystyttävä käynnistämään CHP-voimala, kun verkko on pimeänä**
- **Ne toimivat säätösähkömarkkinoilla, jossa vaaditaan 10 minuutin starttiaikaa**



6. SÄÄTÖSÄHKÖN TARVE

Olkiluoto 3 putoaminen

OLKOLUOTO 3 PUTOAA VERKOSTA – 1600 MW

- Kuormia kytkettävä irti heti **+300 MW**
- Tehosta tulee pyörivistä reserveistä **+ 1300 MW**
- Josta tulee Ruotsista **900-1000 MW**
- Ja Suomesta **400 – 500 MW**

NOPEA VARAVOIMA PALAUTTAA TUONNIN

- **15 min. Fingridin kaasuturpiinit 1300 MW**
- **Toinen ydinvoimala voi pudota verkosta 15 min jälkeen**

Säätösähkön tarve

SÄÄTÖSÄHKÖLLÄ PALAUTETAAN FINGRIDIN KAASUTURPIINIT POISKYTKETTYT KUORMAT

- pyörivät tai seisovat reservit +1600 MW
- Tehoa muutettava 10 minuutin sisällä

NOPEAT VOIMALAT (50 % / 50 % jako)

- Pyörivät reservit vesivoimalla + 800 MW
- Seisovat reservit dualfuel-moottoreilla + 800 MW

WÄRTSILÄN DUALFUEL-MOOTTORIT

- Starttiaika on alle 5 minuuttia
- Olisi parempi, jos ne olisivat nopeina reserveinä
- Fingridin kaasuturpiinit voisivat olla säätövoimana

Säätötehon osto

SÄÄTÖTEHO

- Järjestetään tarjouskilpailu useaksi talveksi
- Näin on tehty Norjassa vuodesta 2000 lähtien
- **RKOM**-kapasiteettimarkkinat

SÄÄTÖTEHON KÄYTTÖ

- Tarpeen mukaan tunneittain kuten nytkin



7. SÄHKÖNUOTANNON KUSTANNUKSET

Tasausvoiman kustannukset

INVESTOINNIT

Moottorivoimaa $1750 \text{ MW} \times 600 \text{ €/kW} = 1050 \text{ M€}$

VUOSIKUSTANNUKSET

Pääomakustannukset $5 \% 25 \text{ v} = 7,1 \% = 75 \text{ M€/a}$

Polttoaine $110 \text{ GWh} \times 50 \text{ €/0,45} = 12 \text{ M€/a}$

CO₂ $0,11 \text{ TWh} \times 0,60 \text{ kg/kWh} \times 80 \text{ €/t} = 5 \text{ M€/a}$

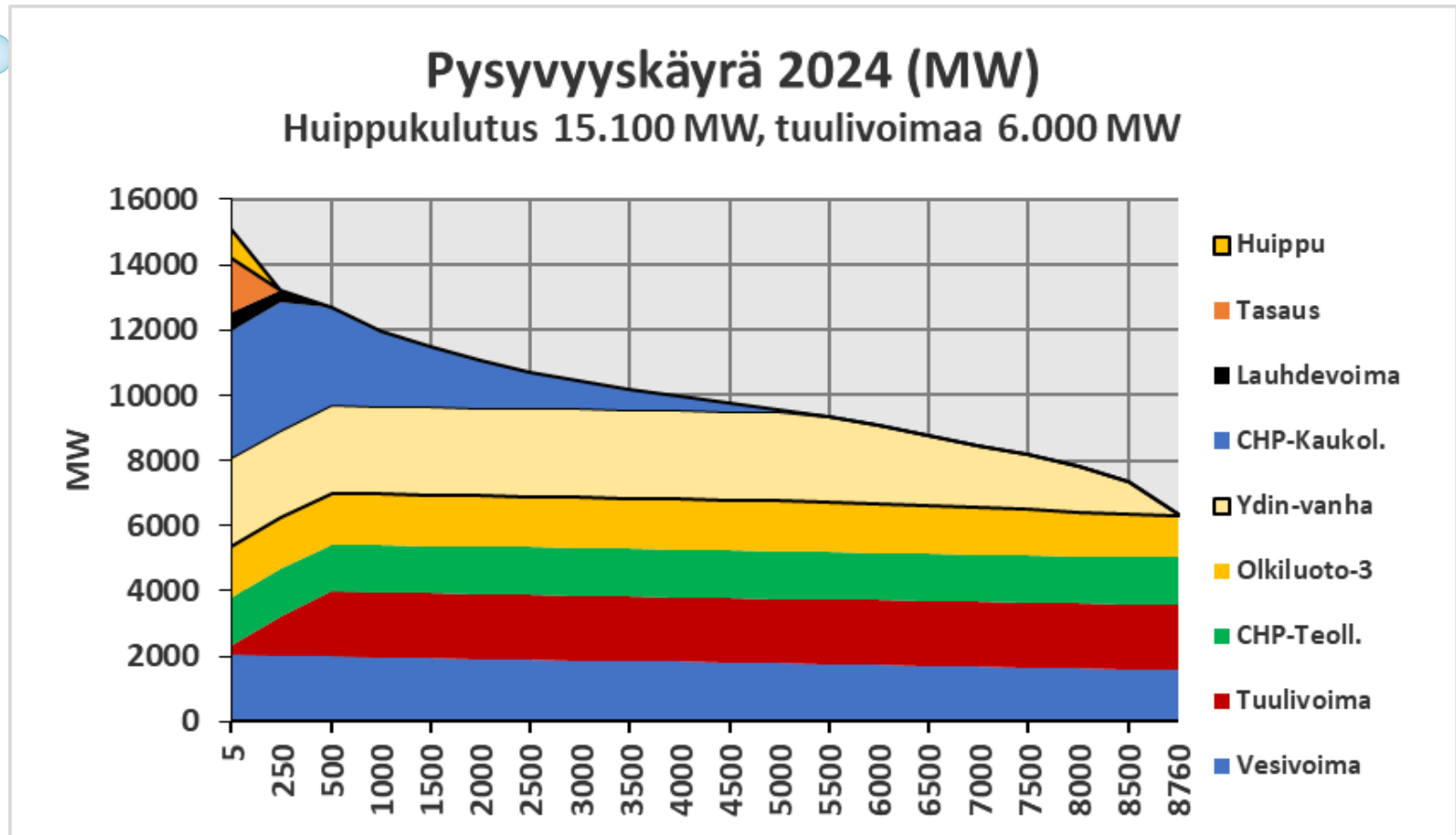
Käyttökust. $0,11 \text{ TWh} \times 20 \text{ €/MWh} = 2 \text{ M€/a}$

Vuosikustannukset $= 94 \text{ M€/a}$

Lisäys sähkön hintaan

$94 \text{ M€} / 88 \text{ TWh} = 1,1 \text{ €/MWh}$

Tuotantomäärät *



*Laskettu ohjelman Capacity Planning Program (Kirjasta: "Planning of Optimal Power Systems"). Kuvassa x-akseli = vuoden tuntimäärä

Sähköntuotannon kustannukset 2024

Kustannukset 2024	Huipun aikana MW	Tuotanto vuodessa TWh	Osuus %	Hinta €/MWh	Kustannus vuodessa M€	Osuus €/MWh
Vesivoima	2040	16,0	18 %	30	481	5,4
Tuulivoima	300	17,2	19 %	40	688	7,8
CHP-Teollisuus	1455	12,9	15 %	40	516	5,8
Olkiluoto 3	1600	13,3	15 %	50	664	7,5
Vanha ydinvoima	2716	20,8	24 %	30	623	7,1
CHP-Kaukolämpö	4000	7,8	9 %	60	468	5,3
Erillistuotanto	560	0,14	0,16 %	197	28	0,3
Tasausvoima	1750	0,11	0,13 %	834	94	1,1
Huippuvoima	679	0,06	0,07 %	834	51	0,6
Yhteensä	15100	88,3			3612	40,9
Varavoimaa	2114				150	1,7
Säätövoima	800				34	0,4
Yhteensä	18814	88,3	100 %	43,4	3796	43,0
Puuttuvat	5343	0,17	0,20 %		329	3,7

Yhteenveto

- I. Voimalaitoskapasiteetista on noin 4700 MW
vajaus
 - Tuottajat tulee velvoittaa rakentamaan
puuttuva kapasiteetti (aiheuttamisperiaate)
 - Tulee siirtyä kapasiteettimarkkinoihin kuten
USA:ssa ja Britannissa
tai
 - Tehoa ostetaan 15 vuoden sopimuksella
nykyisen tehoreservilain perusteella

Yhteenveto

2. Säättösähköä tarvitaan noin 1600 MW

- Pitää pystyä kattamaan Olkiluoto 3:n aiheuttama 1600 MW tehovaje
- Säättösähkötehon hankinnasta tarjouskilpailu tehoreservilain puitteissa
- Säättösähkön käyttö samoin kuin nytkin

Yhteenveto

3. Lainsäädäntöä pitää muuttaa

- Pyydetään arvio kapasiteetin tarpeesta (VTT)
- Tehoreservilailla hankitaan ensin puuttuvat tasaus- ja huippuvoiman 2400 MW
- Kapasiteettimarkkinat laitetaan valmisteluun.



Lähteenä kirja ”Kilpailu energiasta ja energiakriisit”

Kirjoittaja Asko Vuorinen

Kirja julkaistu marraskuussa 2022

Voi ladata netistä ilmaiseksi

www.ekoenergo.fi



Kiitokset mielenkiinnosta

www.ekoenergo.fi