

# Tehoreservin vaikutus sähkö- markkinaan – taustamuistio

ARVIO VAIKUTUKSISTA HEINÄ-ELOKUUSSA 2022 – 29.8.2022

MATTI LISKI, OSKARI NOKSO-KOIVISTO, IIVO VEHVILÄINEN / AALTO-YLIOPISTO

## A. Tausta ja yhteenveto

1. Venäjän hyökkäyksen seurauksena Eurooppaa ja Suomea koettelee poikkeuksellinen energiakriisi, jonka seurauksena sähkön markkinahinnat ja hintaodotukset ovat nousseet moninkertaisiksi suhteessa aiempaan. Sähköhintojen hillitsemisen ympärillä on käyty vilkasta yhteiskunnallista keskustelua. Yksi esitetty keino on ollut Suomen tehoreservijärjestelyn purkamisen ja kapasiteetin vapauttaminen sähkömarkkinalle.
2. Tämän muistion tavoitteena on yleisellä tasolla kuvata tehoreservin poistamisen markkina-vaikutuksia. Muistion on laatinut Aalto-yliopiston taloustieteen työryhmä, johon kuuluvat professori Matti Liski, Oskari Nokso-Koivisto ja Iivo Vehviläinen.
3. Tarkastelun lähtökohta:
  - a. Tehoreservi ei tuo lisää tarjontaa markkinalle, vaan sillä sidotaan tietty määrä nykyistä kapasiteettia markkinan ulkopuoliseen reserviin.
  - b. Vähentynyt tarjonta markkinalla nostaa sähkön hintaa.
4. Hintavaikutuksen suuruutta voidaan arvioida tarkastelemalla vaihtoehtoa: mikä olisi ollut hintataso, jos tehoreserviä vastaava määrä tarjontaa olisi ollut kaupallisesti käytettävissä.
  - a. Tarkastelu on tehty käyttäen laskennallista mallia.
  - b. Mallin perusteet on kehitetty Aalto-yliopiston sähkömarkkinatutkimuksen yhteydessä ja näitä on tähän mennessä käytetty kolmessa tutkimushankkeessa.

**Taulukko 1.** Laskennallinen arvio tehoreserviä vastaavan kapasiteetin vaikutuksesta Suomen sähkömarkkinalla heinä-elokuussa 2022.

Kuukausi	Hinta, toteuma €/MWh	Hinta, laskelma €/MWh	Erotus, €/MWh	Vaikutus, MEUR
Heinäkuu 2022	184.1	164.2	-19.9	-119.8
Elokuu 2022	250.1	233.8	-16.3	-89.9

*Selite.* Sähkön toteutunut markkinahinta Suomen hinta-alueella, mallilaskelman hinta, kun tarjontaan on lisätty 600 MW tyypillistä hiilivoimatuotantoa sekä toteuman ja mallilaskelman välinen erotus raportoituna kunkin kuukauden keskihintoina euroissa megawattituntia kohden. Lisäksi taulukossa raportoidaan vaikutus kulutetun sähkön markkina-arvoon Suomessa miljoonina euroina. Kaikki luvut tukkusähkömarkkinalta ilman arvonlisävero. Tarkastelun aikaväli 1.7.2022–28.8.2022.

5. **Tarkastelun tulokset:** Mikäli markkinalla olisi ollut kaupallisessa käytössä nyt suunniteltua tehoreserviä vastaava tyypillinen 600 MW:n hiilivoimala heinä-elokuussa 2022, olisi tällä ollut seuraavat vaikutukset, ks. Taulukko 1:
  - a. Sähkön markkinahinnan keskiarvo Suomen hinta-alueella on laskelmassa 18 €/MWh alempi kuin toteutunut 217 €/MWh. Päivittäisiin keskihintoihin alennus on 0–40%.
  - b. Suomessa kulutettiin ajanjaksolla yhteensä 11 TWh sähköä. Tämän sähkön arvo markkinahinnalla mitattuna oli 2,45 miljardia euroa. Lisätuotannon vaikutuksesta laskelmassa seuraa noin 210 miljoonan euron alennus kulutetun sähkön arvossa.
  - c. Tyypivoimalan ajamisesta saatu myyntikate olisi ollut noin 51 miljoonaa euroa.
  - d. Muiden suomalaisten sähköntuottajien sähkön markkinahinnalla lasketut menetykset alempien hintojen vuoksi olisivat olleet noin 154 miljoonaa euroa.
  - e. Sähkömarkkinaodotuksien perusteella hintavaikutukset voivat moninkertaisia tulevana talvena, jolle johdannaissopimusten hinnat olivat 26.8.2022 yli 500 €/MWh.

6. Arvioon sisältyy merkittävää epävarmuutta käytössä oleviin lähtötietoihin ja markkinan mallintamiseen liittyen. Tutkimusryhmän käytössä olevat lähtötiedot ovat riittävät suuruusluokkien arvioimiseen, mutta sekä sähkön markkinapaikat että asiaa valvovat viranomaiset ovat kieltäytyneet parempaan tarkkuuteen vaadittavien lähtötietojen luovuttamisesta.
7. Keskeinen epävarmuus tuloksissa liittyy siirtoyhteyksien käsittelyyn. On mahdollista, että lisätuotannosta huolimatta Suomen hinta ei muutu, riippuen siitä miten aluehinta määräytyy Ruotsin tai Viron siirtoyhteyksien takana. Toisaalta on mahdollista, että olemme tilanteessa, jossa kaikki siirtoyhteydet on jo täysimääräisesti hyödynnetty ja sähkönhinta määräytyy puhtaasti kotimaisen huippukapasiteetin perusteella. Tällöin hintavaikutus voi olla suurempi.
8. Työryhmällä ei ole tiedossa vertailukohtaa, jota vasten laskentatuloksia voisi peilata. Julki-suudessa on esitetty väitteitä, joiden mukaan tehoreservin vapauttamisella markkinakäyttöön ei olisi juuri vaikutusta sähkön markkinahintaan. Tuloksemme ovat jyrkässä ristiriidassa tällaisten väitteiden kanssa.
9. Vaikka tehoreservillä mahdollisesti saatava hintavaikutus voi olla merkittävä, ei se tämänhetkisen tiedon valossa yksistään vaikuta riittävältä markkinatilanteen vakauttamiseksi. Tätä varten tarvitaan järeämpiä keinoja, kuten sähkön tukkumarkkinan hintakaton alentamista.

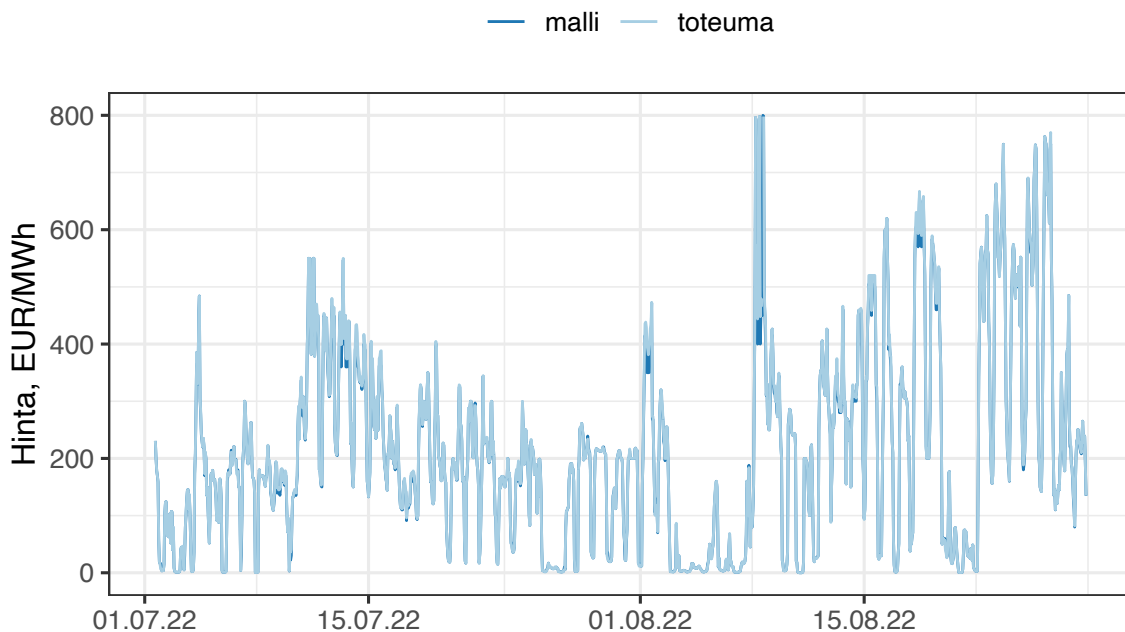
## B. Tehoreservistä

10. Seuraavassa on kuvattu markkinavaikutusten arvioinnissa oleelliset taustatiedot tehoreservistä. Tiedot perustuvat Energiaviraston ja valtioneuvoston kanslian julkaisemiin tietoihin.
11. Tehoreserviä on perusteltu sähköjärjestelmän toimintavarmuuden turvaamisella. Valtio on hankkinut tehoreserviin tuotantolaitoksia ja kysyntäjoustoa 2–3 vuoden jaksoiksi kerrallaan. Tehoreservin kokonaiskapasiteetti ajalla 1.7.2020–30.6.2022 oli 611 MW ja kustannukset koko ajanjaksolle noin 21,2 miljoonaa euroa.
12. Tehoreservin hankinnasta päättää Energiavirasto. Tehoreservin määrä mitoitetaan siten, että laskennallisesti saavutetaan valtioneuvoston päätöksen mukainen toimitusvarmuuden tavoitetaso.
13. Toimitusvarmuuden taso arvioidaan tilastollisin menetelmin. Lähtökohtana on nykyinen tuotantokapasiteetti ja arvio kysynnästä. Mahdollisia tulevia kehityskulkuja arvioidaan tekemällä oletuksia mm. laitoksien vikaantumista (esim. isot ydinvoimayksiköt) ja säätilasta (mm. kysyntä, tuulivoima, vesivoima). Tilastollinen arvio tuottaa arvion lisäkapasiteetista, joka tarvitaan toimitusvarmuuden tavoitetasoon pääsemiseksi.
14. Tulevalle tehoreservikaudelle 1.11.2022–31.10.2023 asetettu toimitusvarmuuden tavoitetaso on tehovajeen odotusarvolla mitattuna ollut 2,1 tuntia ja Energiavirasto on määrittänyt, että tämän tason turvaamiseksi tarvitaan 600 MW lisää reservikapasiteettia.
15. Tehoreservilaitokset eivät voi osallistua markkinoille tehoreservikauden aikana. Sitoutuminen tehoreserviin poistaa kapasiteetin markkinan käytöstä.
16. Tehoreservin hankinnassa ei edellytetä, että tarjouskilpailuun voisi osallistua vain uusi kapasiteetti. Esimerkiksi edellisellä kaudella tehoreservin kokonaiskapasiteetti oli 611 MW ja se koostui kolmesta vanhasta tuotantolaitoksesta. Tällaisessa menettelyssä tehoreservi ei siis vaikuta käytössä olevan kapasiteetin kokonaismäärään vaan ainoastaan siihen mikä osuus kapasiteetista on markkinan käytettävissä ja mikä markkinan ulkopuolella.
17. Tehoreservissä olevien laitoksien käyttöön ottamisesta päättää kantaverkkoyhtiö Fingrid, mikäli se arvioi markkinaehtoisien kapasiteetin ja muiden reservien olevan riittämättömiä vastaamaan kysyntään. Tehoreservin kapasiteetti ei tule käyttöön sähkön spot-markkinalle, vaan kapasiteetti otetaan käyttöön vain päivän sisäiselle markkinalle. Tehoreservissä olevalla kapasiteetilla ei ole suoraa vaikutusta sähkön spot-markkinahintaan.

18. Edellisen tehoreservikauden päätyttyä laitokset voivat vapaasti palata markkinoille. Normaalioloissa tämän aiheuttamat dynaamiset vaikutukset kokonaiskapasiteettiin markkinalla olisi mielenkiintoinen tutkimuskysymys. Nykyisillä ja ennakoituilla markkinahinnoilla tehoreservissä edeltävällä kaudella olleella kapasiteetilla näyttäisi kuitenkin olevan selkeät edellytykset kaupalliseen käyttöön reservin ulkopuolella. Tyypillisellä kustannustasolla laskelman hiilivoimalan kiinteiden kustannukset olisivat vuodessa 18,6 miljoonaa euroa (31000 €/MW, lähde: Danish Energy Agency).

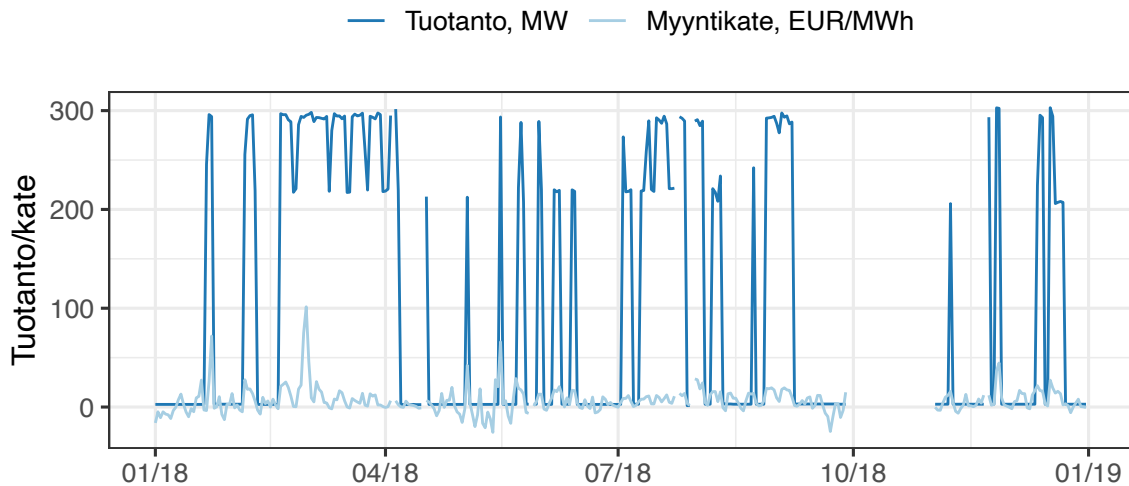
### C. Laskentaoletukset

19. Laskennassa tarkastellaan sähkön nk. spot-markkinaa, jossa käydään kauppaa tulevan päivän kullekin tunnille etukäteen. Markkinapaikat, kuten Nord Pool, keräävät osto- ja myyntitarjoukset kaikilta hinta-alueilta Euroopassa ja tarjoustiedot toimitetaan koko EU:n laajuisen markkinaselvitykseen. Markkinaselvityksen tuloksena saadaan markkinahinnat kullekin hinta-alueelle, tiedot läpimenneistä tarjouksista sekä tiedot sähkön siirrosta hinta-alueiden välillä.
20. Aalto-yliopistossa kehitetty laskentamenetelmä replikoi EU:n sähkömarkkinoilla markkinahintojen määrittämisessä käytössä olevan EUPHEMIA-algoritmin toimintaa mahdollisimman tarkasti.
- Valtaosa tarjouksista sähkön markkinapaikalle on nk. yksinkertaisia tarjouksia, joissa määritetään yhden tunnin hinta- ja määräparit. Näiden käsittely on suoraviivaisita.
  - Toimijat voivat jättää myös monimutkaisempia tarjouksia, kuten nk. blokki-tarjouksia, joilla voidaan määrittää tarjouksen läpimenoarajaksi joidenkin tuntien keskihinta. Lisäksi mm. siirtoyhteyksien käsittely edellyttää monimutkaisia rajoitteita, jotka tekevät markkinahintojen määrittämisestä laskennallisesti haastavan ongelman. EUPHEMIA-algoritmi ei aina toimikaan luotettavasti eikä koko EU-tason ratkaisua voidakaan täysin ulkopuolelta toistaa.
21. Tässä käytetty laskentamenetelmä käsittelee kaikkia tarjouksia yksinkertaisina tarjouksina ja rajoittuu Suomen hinta-alueen dataan. Siirtoyhteydet ja blokkitarjoukset on otettu huomioon siten, että toteutunut markkinatasapaino voidaan replikoida mahdollisimman tarkasti, ks. **Kuva 1**.



**Kuva 1** Sähkön Suomen aluehinnan toteuma 1.7.2022 – 28.8.2022 välisenä aikana verrattuna mallilaskelmaan.

22. Kontrafaktuaalin laskennassa lähdetään yllä kuvatusta replikoidusta markkinatasapainosta. Kullekin tunnille lisätään tuotantotarjous, jonka määrä on 600 MW ja hinta on määritetty laskennallisen hiilivoimalan tuotantokustannusten perusteella (nk. *short-run marginal cost*, *SRMC*).
23. Tuotantokustannus on määritetty kullekin päivälle erikseen käyttämällä hiilen lähimmän kuukauden johdannaistuotteen hintanoteerausta Rotterdamissa ja päästöoikeuden päivän hintaa EU:n päästökauppajärjestelmässä. Laitoksen hyötysuhteeksi on oletettu 43 % ja muiden operatiivisten muuttuvien kustannusten oletetaan olevan 2,9 euroa/MWh (lähde: Danish Energy Agency).
24. Laskennallisen laitoksen tuotantokustannuksia on verrattu Meri-Porin (TVO-osuuden) tuotantoon vuonna 2018 (lähde: ENTSO-E), ks. **Kuva 2**. Kuvassa esitetty myyntikate tarkoittaa toteutuneen sähkön markkinahinnan ja laskennallisen tuotantokustannuksen välistä erotusta. Kun laskennallinen kate on positiivinen, on myös Meri-Porin laitoksella tuotettu määrä ollut suurempi. On luonnollista, että laskettu kate on välillä positiivinen, vaikka laitos ei olekaan päätenyt markkinalle: toteutuneista hinnoista laskettu kate ei ota huomioon laitoksen vaikutusta markkinahintaan.
25. Mallilaskelmassa hiilivoimalaa voi mennä päälle ja pois yksittäisten tuntien ajaksi. Todellisuudessa tällainen ajopolitiikka ei olisi mahdollinen, koska laitoksen hallittu ylös- ja alasajo vie joitakin tunteja ja tämä tulee huomioida tarjouksia tehtäessä. Valtaosa (n. 98%) tuloksen hyödyistä tulee kuitenkin päiviltä, jolloin laitoksella on yli 10 käyttötuntia.



**Kuva 2** Laskennallisen hiilivoimalan oletuksien perusteella arvioitu myyntikate ja Meri-Porin toteutunut tuotanto vuonna 2018 (kuvaajan akseli kk/vv). Epäkäytettävyyksien ajat on poistettu kuvaajista.

26. Laskentatulosten perusteella naapurimaidemme markkinatilanne vaikuttaa merkittävästi laitoksen markkinavaikutukseen Suomen hinta-alueella. Esimerkiksi 27.8.2022 laitoksen käyttö ei laskelmassa vaikuta spot-hintaan lainkaan, vaikka laitosta ajetaan 14 tunnin aikana. Toisaalta 8.8.2022 laitoksen käyttö alentaa päivän keskihintaa 152 €/MWh eli 31%. Laskelmassa vaikutus päivittäiseen hintaan vaihtelee välillä 0-40%.
27. Siirtoyhteysien käsittelyyn jää väistämättä epävarmuutta, jolla voi olla merkitystä tuloksiin. Vertailukohtana aiemmassa selvityksessä, jossa käytössä on ollut regulaattoreiden valtuuttamana tarkempaa markkinadataa, on 1 % määrän muutoksella laskettu olevan 28 % hintavaikutus piikkihintapäivänä tammikuussa 2010 (lähde: Vehviläinen et al. 2010).

## D. Lähteet

Danish Energy Agency, *Technology Data*, June 2022.

Energiavirasto, *Tehoreservin määrä kaudelle 2022–2023*. Päätös 575/040501/2022.

Energiavirasto, tiedote, *Tehoreservi turvaa sähkön toimitusvarmuutta*, 11.8.2022.

ENTSO-E, *Transparency platform*, 2022.

*Laki sähköntuotannon- ja kulutuksen välistä tasapainoa varmistamistavasta tehoreservistä*, 2011/117.

Nemo Committee, *EUPHEMIA Public Description, Single Price Coupling Algorithm*, 12.10.2020.

Valtioneuvoston päätös sähkön toimitusvarmuuden tavoitetasoksi (luotettavuusstandardi). *Valtioneuvoston päätös TEM/2022/36*.

Vehviläinen, I., M. Bröckl, E. Virtanen, M. Kallio, Nordic electricity peak prices during the winter 2009–2010. *Raportti Pohjoismaiden energiaregulaattoreille*. Saatavilla: <http://iivovehvilainen.com/files/peakprices2010.pdf>.

Vehviläinen, I. Joint assessment of generation adequacy with intermittent renewables and hydro storage: A case study in Finland, *Electric Power Systems Research*, Vol. 199, Oct 2021