Euroopassa käytössä olevat kapasiteettimekanismit ja niiden soveltuvuus Suomeen

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT School of Energy Systems

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2025

Jere Saviranta

Tarkastaja 1: Prof. Samuli Honkapuro

Tarkastaja 2: Nuorempi tutkija Jasmin Salmi

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Sähkötekniikka

Jere Saviranta

Euroopassa käytössä olevat kapasiteettimekanismit ja niiden soveltuvuus Suomeen

Diplomityö

2025

46 sivua, 13 kuvaa, 2 taulukkoa ja 0 liitettä

Tarkastajat: Professori Samuli Honkapuro ja Nuorempi tutkija Jasmin Salmi

Avainsanat: sähkön hinta, volatiliteetti, kapasiteettimekanismi, sähkömarkkinat, toimitusvarmuus

Euroopan sähkömarkkinoiden toimintaympäristö on muuttunut nopeasti energiasiirtymän ja sääriippuvaisen tuotannon lisääntymisen myötä. Sähkön hintavaihtelut eli volatiliteetti on kasvanut useissa maissa, mikä on lisännyt kiinnostusta toimitusvarmuutta tukevia kapasiteettimekanismeja kohtaan. Suomessa sähkömarkkinat toimivat edelleen *energy-only* -mallin mukaisesti, jota täydentävät reservimarkkinat ja tehoreservi.

Tämän työn tavoitteena oli tutkia sähkön hinnan volatiliteetin kehitystä Euroopan eri maissa sekä arvioida kapasiteettimekanismien vaikutuksia sähkön tukkumarkkinoiden hintavaihteluihin. Analyysi toteutettiin vertailemalla kahdeksan maan tukkumarkkinadatoja vuosilta 2018–2025. Tulosten perusteella suurinta volatiliteettia havaittiin Irlannissa ja Iso-Britanniassa, joissa sääriippuvaisen tuulivoiman osuus ja kaasutuotannon merkitys ovat korkeita. Suomessa hinnanvaihtelut ovat kasvaneet, mutta kapasiteetin riittävyys on pysynyt hyvällä tasolla.

Tulokset antavat viitteitä, että kapasiteettimekanismien vaikutukset sähkön hintojen tasoittumiseen ovat vähäiset, ja markkinahintojen vaihtelut määräytyvät pääosin tuotantorakenteen, sääolosuhteiden ja siirtoyhteyksien mukaan.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Electrical Engineering

Jere Saviranta

Capacity Remuneration Mechanisms in Europe and Their Applicability to Finland

Master's thesis

Year of completion of the thesis

46 pages, 13 figures, 2 tables and 0 appendices

Examiners: Professor Samuli Honkapuro and Junior researcher Jasmin Salmi

Keywords: electricity price, volatility, capacity remuneration mechanism, electricity market, security of supply

The European electricity market has undergone major changes due to the energy transition and the increasing share of weather-dependent renewable generation. Electricity price volatility has intensified in several countries, prompting interest in capacity remuneration mechanisms designed to ensure system adequacy. In Finland, the electricity market still operates under the energy-only model complemented by reserve markets and a limited strategic reserve.

The purpose of this thesis is to examine the development of electricity price volatility in selected European countries and to evaluate the impact of capacity remuneration mechanisms on wholesale market price fluctuations. The analysis compares market data from eight countries for the period 2018–2025. The results show that volatility was highest in Ireland and the United Kingdom, where the reliance on wind power and gas generation is significant. In Finland, price fluctuations have increased but capacity adequacy has remained stable.

The findings suggest that capacity remuneration mechanisms have only a limited impact on reducing wholesale price volatility. Price dynamics are primarily influenced by production mix, weather conditions and interconnection capacity.

KIITOKSET/ ACKNOWLEDGEMENTS

Haluan kiittää diplomityön ohjaajia arvokkaasta tuesta ja ohjauksesta diplomityön aikana. Kiitän myös perheenjäseniä ja ystäviä kannustuksesta opintojen aikana.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Kiitokset

1 Johdanto ... 6
1.1 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset ... 6
1.2 Työn rakenne ... 7
2 Sähkömarkkinat Suomessa ... 9
2.1 Vuorokausimarkkinat (day-ahead) ... 10
2.2 Päivänsisäiset markkinat (intra-day) ... 11
2.3 Johdannaismarkkinat ... 12
2.4 Säätösähkömarkkinat ja reservimarkkinat ... 12
2.4.1 Reservituotteet ... 13
3 Kapasiteettimekanismi ... 15
3.1 Kapasiteettimekanismeja ... 15
3.2 Kapasiteettimarkkina ... 17
3.2.1 Kohdistetut ja markkinanlaajuiset ratkaisut ... 17
4 Sähkön hinnan volatiliteetti ... 20
5 Haasteet Suomen sähkömarkkinoilla ... 22
5.1.1 Sähkön hintavaihtelut ... 23
5.1.2 Sähkönkulutuksen kasvu ... 25
6 Eräiden maiden kapasiteettimekanismien analysointi ... 27
6.1 Sähkönhintojen volatiliteettien kehitys tarkastelussa mukana olleissa maissa ... 29
6.2 Kapasiteettimekanismin yhtäläisyys volatiliteettiin ... 35
6.3 Kapasiteettimekanismin käyttöaste Irlannissa ja Iso-Britanniassa ... 36
7 Kapasiteettimekanismin soveltuvuus ja tarve Suomeen ... 37
8 Johtopäätökset ... 39
Lähteet ... 41

1 Johdanto

Euroopan sähkömarkkinat ovat viime vuosina kokeneet merkittäviä muutoksia uusiutuvan energian tuotannon kasvun seurauksena. Sähkön hinnan volatiliteetillä tarkoitetaan tässä diplomityössä sähkön hintavaihtelua, jota voidaan mitata keskihajonnalla. Keskihajonta on sopiva mittari markkinoiden riskitasolle ja dynaamisuudelle. Keskihajonta kuvaa hintojen prosentuaalista poikkeamaa keskiarvosta (ACER, 2024).

Erityisesti sähkön hintavaihtelut on ollut monissa Euroopan unionin maissa korkealla tasolla. Volatiliteettiä on lisännyt uusiutuvien, sääriippuvaisten tuotantomuotojen käyttöönotto sähkömarkkinoilla. Sähkönhinta nousee, kun sähköntuotanto laskee ja sähkönhinta laskee tuotannon kasvaessa. Tuuliolosuhteet vaikuttavat paljon sähkönhintaan, mikäli tuulivoimaa on paljon käytössä. Suomessa volatiliteetti on ollut Euroopan unionin suurinta vuosina 2022–2024, mikä on aiheuttanut keskustelua sähkömarkkinoiden toimivuudesta. (Energiavirasto, 2025)

Sähköjärjestelmän toimitusvarmuuden takaaminen on keskeinen osa sähkömarkkinoiden toimintaa, jotta tehotasapaino säilyy kulutuksen ja tuotannon välillä. Tarkastelussa mukana olleista maista Iso-Britanniassa sekä Irlannissa on otettu käyttöön kapasiteettimekanismeja, joilla pyritään varmistamaan riittävä sähköntuotantokapasiteetti myös niukkuustilanteissa. Suomessa ei ole käytössä Iso-Britannian sekä Irlannin kaltaisia laajoja kapasiteettimekanismeja, vaan nykyinen sähkömarkkina perustuu energy-only -markkinamalliin sekä sitä täydentävään tehoreservijärjestelmään. (TEM, 2023)

1.1 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän diplomityön tavoitteena on selvittää Euroopan unionissa käytössä olevien kapasiteettimekanismien soveltuvuutta Suomen sähkömarkkinoille. Aihealueesta löytyy tutkimusta erityisesti Iso-Britannian sekä Irlannin näkökulmasta lähteistä (United kingdom government, 2024) ja (SEM-O, 2018) Kapasiteettimekanismien soveltuvuutta Suomen sähköjärjestelmään voidaan arvioida eri tutkimuskysymyksillä. Tämän diplomityön tutkimuskysymykset ovat:

1. Millaisia kapasiteettimekanismeja Euroopassa on käytössä ja miten eroavat toisistaan?

2. Onko kapasiteettimekanismeilla vaikutusta sähkön tukkumarkkinahinnan vaihteluihin?

3. Paljonko sähkön hinnan vaihteluihin vaikuttaa uusiutuvan tuotannon lisääntyminen?

1.2 Työn rakenne

Tämä diplomityö jakautuu kahdeksaan päälukuun. Ensimmäisessä luvussa esitellään työn taustaa, tavoitteet ja tutkimuskysymykset.

Toisessa luvussa käsitellään Suomen sähkömarkkinoiden rakennetta ja toimintaa. Luvussa esitellään sähkömarkkinoiden keskeiset osa-alueet, kuten vuorokausi-, päivänsisäiset-, johdannais- ja reservimarkkinat, sekä näiden merkitys sähkönhinnan muodostumisessa.

Kolmannessa luvussa keskitytään kapasiteettimekanismin teoriaan ja erilaisiin kapasiteettimekanismien malleihin. Luvussa esitellään markkinanlaajuiset ja kohdennetut ratkaisut sekä vertaillaan niiden vaikutuksia energy-only-markkinoihin ja sähköjärjestelmän toimitusvarmuuteen.

Neljännessä luvussa tarkastellaan sähkön hinnan volatiliteettia ja sen laskentamenetelmiä. Luvussa kuvataan, miten volatiliteetti määritetään tilastollisesti ja miten sen avulla voidaan arvioida hintavaihteluiden voimakkuutta eri maissa.

Viidennessä luvussa käsitellään Suomen sähkömarkkinoiden keskeisiä haasteita, kuten sähkön hintavaihteluita ja kulutuksen kasvua. Luvussa tuodaan esiin kulutuksen sähköistymisen, tuulivoiman lisääntymisen ja siirtoyhteyksien pullonkaulojen vaikutuksia sähköjärjestelmän toimintaan.

Kuudennessa luvussa analysoidaan kahdeksan Euroopan maan (Tanska, Suomi, Kreikka, Liettua, Espanja, Ruotsi, Irlanti ja Iso-Britannia) tukkumarkkinadataa ja tutkitaan kapasiteettimekanismien yhteyttä sähkön hinnan volatiliteettiin. Luvussa vertaillaan maiden keskihintojen ja volatiliteettien kehitystä sekä arvioidaan tuuli- ja kaasutuotannon, sääolosuhteiden ja markkinarakenteen vaikutuksia.

Seitsemännessä luvussa tarkastellaan kapasiteettimekanismin soveltuvuutta Suomen sähkömarkkinoille. Luvussa pohditaan TEM:n ja Energiaviraston raporttien perusteella, millaisia

kapasiteettimekanismin muotoja Suomessa voitaisiin harkita ja miksi laajamittaista mekanismia ei toistaiseksi pidetä tarpeellisena.

Viimeinen, kahdeksas luku esittää tutkimuksen johtopäätökset. Siinä kootaan yhteen työn keskeiset havainnot, arvioidaan tutkimustulosten merkitystä Suomen sähkömarkkinoiden kehityksen kannalta ja esitetään jatkotutkimusaiheita.

2 Sähkömarkkinat Suomessa

Suomeen sähkömarkkinat tulivat sähkömarkkinalain muutosten jälkeen syksyllä 1998, jolloin kilpailutus avautui kaikille sähkön käyttäjille ja loi mahdollisuuden valita sähkönmyyjänsä. (TEM, 2025). Vihreän siirtymän tavoitteet ovat lisänneet uusiutuvien sähköntuotantomuotojen suosiota sähköntuottajien keskuudessa. Vihreän siirtymän tavoitteet vaikuttavat koko sähkömarkkinoiden toimintaan. Suomi tavoittelee hiilineutraalisuutta 2035 mennessä. Fossiilisia polttoaineita käyttävän sähköntuotannon päästöoikeuksien hinnan nousu on pakottanut niiden tuotantoa vain huippukulutusten aikaan käytettäviksi sekä varavoimaksi. Tulevaisuudessa hiilineutraalisuustavoitteiden mukaisesti fossiilisista polttoaineista pyritään kokonaan eroon, joten on hyödynnettävä muita keinoja varavoimaksi sekä huippukulutuksen kattamiseen. (Honkapuro et al., 2020)

Sähkömarkkinat koostuvat markkinapaikoista, joilla sähkönkuluttajat, sähköntuottajat sekä sähköverkkoyhtiöt toimivat. Monopoliasemassa markkinapaikoilla toimivat ainoastaan sähköverkot, sillä rinnakkaisten sähköverkkojen rakentaminen ei ole kustannustehokasta. Sähköntuotanto sekä myynti kuuluvat kilpailtuun liiketoimintaan. Sähkömarkkinat mahdollistaa yhteiskunnan sähkön saatavuuden kustannustehokkaasti sekä ylläpitää tehotasapainoa sähköjärjestelmässä. Sähköjärjestelmän tehotasapainosta vastaa kantaverkkoyhtiö Fingrid. Kantaverkkoyhtiö toimii reservi- ja säätösähkömarkkinoilla, jotta sähkön tuotanto ja kulutus pysyvät tasapainossa. (Fingrid, 2025) Suomen sähkömarkkinoiden rakennetta on havainnollistettu kuvassa 1.

Kuva 1 Sähkömarkkinoiden rakenne Suomessa (Fingrid, 2025a)

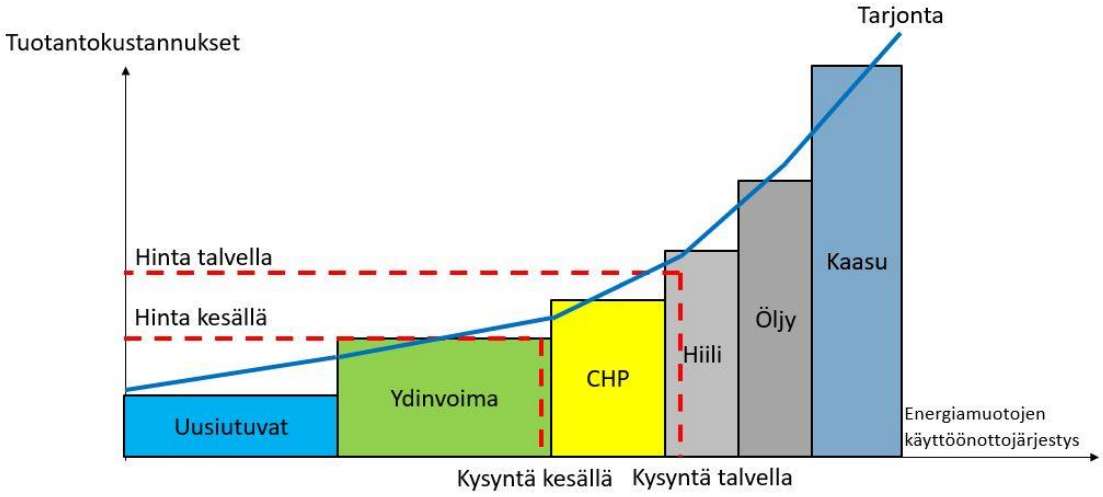
Sähkökauppa muodostuu tukku- ja vähittäismarkkinoista. Tukkusähkömarkkinoilla eli yhteiseurooppalaisilla vuorokausimarkkinoilla sekä päivänsisäisillä markkinoilla on tarkoituksena tarjota kustannustehokasta sähköä markkinoille osallistuville alueille. Vuorokausimarkkinoilla muodostuvasta sähkön hinnasta puhutaan yleensä pörssisähkönä. Tukkumarkkinoilla markkinapaikkoina toimivat vuorokausimarkkinat, päivänsisäiset markkinat, johdannaismarkkinat, säätösähkömarkkinat ja reservimarkkinat. (Fingrid, 2025)

Vähittäismarkkinoilla sähkön myyjät ostavat sähköä tukkumarkkinoilta sekä voivat myydä myös tuottamaansa sähköä sopimusasiakkaille. Yleensä vähittäismarkkinoilla sähköä myydään pienkuluttajille ja kotitalouksille.

2.1 Vuorokausimarkkinat (day-ahead)

Vuorokausimarkkinoilla sähköstä käydään kauppaa seuraavan päivän jokaiselle varttitunnille. Tuotantoa ja kulutusta arvioidaan ennen tarjousten jättämistä kaupankäyntialustoille. Markkinatoimijat jättävät tarjoukset sähkön ostosta ja myynnistä klo 13.00 mennessä, minkä jälkeen sähköpörssin kaupankäyntialustoilla, kuten Nord Pool ja EPEX Spot, lasketaan hinnat osto- ja myyntitarjousten sekä siirtokapasiteettien perusteella. Siirtokapasiteetin riittäessä alueilla on sama hinta, mutta siirtorajoitusten vuoksi voi syntyä pullonkauloja, jotka eriyttävät aluehintoja. Suomi toimii sähkömarkkinoilla omana tarjousalueenaan. (Fingrid, 2025c)

Sähkön vuorokausimarkkinoilla hinnan muodostustumista on havainnollistettu kuvassa 3. Kuvasta löytyy myös eri energiamuotojen käyttöönottojärjestys kulutuksen kasvaessa. Suomessa ei ole ollut hiilivoimaa käytössä enää 2025 kevään jälkeen (Valtioneuvosto, 2025). Tavoitteena oli hiilivoiman lopettaminen viimeistään vuonna 2029, mutta tavoitteeseen päästiin jo neljä vuotta etuajassa (Valtioneuvosto, 2025).



Kuva 2 Sähkön markkinahinnan muodostuminen vuorokausimarkkinoilla (spot-hinta, muokattu ajojärjestystä) (Vattenfall, 2025)

Markkinahinnan muodostumiseen vaikuttaa tarjonta- ja kysyntäkäyrät, joiden leikkauspisteessä muodostuu vuorokausimarkkinoiden spot-hinta sähkölle. Talvi- ja kesäajan kysyntä on havainnollistettu kuvassa 2, josta nähdään hinnan vaihtelu pystyakselilla eri vuodenaikoina. Kuvan 2 käyrästä nähdään myös fossiilisilla polttoaineilla tuotetun sähkönhinnan nousevan jyrkästi, ja tällaisia tilanteita muodostuu kulutushuippujen aikaan. Suomessa erityisesti pakkasjaksoilla sähkön spot-hinta kohoaa, kun pakkasen kiristyessä lämmitystarve ja sitä myötä sähkönkulutus kasvaa ja tuulettomuuden takia sähköntuotanto vähenee.

2.2 Päivänsisäiset markkinat (intra-day)

Päivänsisäisillä markkinoilla pystytään korjaamaan tuotanto- ja kulutussuunnitelmia ennen sähkön käyttöhetkeä. On mahdollista, että sähkön toimitushetkeä ennen tapahtuu yllättävä muutos sähkön tarpeessa. Muutoksia sähkön kulutukseen ja tuotantoon voivat aiheuttaa esimerkiksi sähkönsiirron ja jakelun ongelmat, sääolosuhteet, laiterikot voimalaitoksilla ja ennustevirheet esimerkiksi tuulivoiman tuotannossa. Tällaisen tilanteen tasapainottamiseen

tarvitaan markkina, joka toimii tuntitasolla jatkuvan kaupankäynnin periaatteilla. Päivänsisäiset markkinat aukeavat vuorokausimarkkinoiden jälkeen, ja markkinat sulkeutuvat 0 minuuttia ennen toimitustuntia. Sulkeutumisajat vaihtelevat raja-alueittain: esimerkiksi Ruotsin rajalla sulkeutumisaika on 60 minuuttia ja Viron 30 minuuttia. Päivänsisäisillä markkinoilla kaupankäyntialustoina toimivat Nord Pool sekä EPEX Spot. (Fingrid, 2025d)

2.3 Johdannaismarkkinat

Sähkön johdannaismarkkinoilla käydään kauppaa futuureilla ja optioilla. Futuurit sekä optiot ovat kehitetty riskinhallintaan sähkön hinnan vaihteluilta sähkön myyjille, tuottajille ja suurille sähkönkäyttäjille. Johdannaismarkkina mahdollistaa sähkön tuottajalle esimerkiksi riittävän suojautumisen matalilta hinnoilta. Sähkön myyjät pystyvät suojautumaan myös vastaavasti liian korkeilta hinnoilta. Sähkön vähittäismyynnissä kiinteähintaiset sopimukset voivat altistaa myyjät hintariskille, jos sähkön markkinahinta nousee merkittävästi sopimuskauden aikana. Tällöin sähkönmyyjä joutuu ostamaan sähköä markkinoilta korkeampaan hintaan kuin millä se myy sähköä asiakkailleen, mikä voi heikentää kannattavuutta. Tämän vuoksi vähittäismyyjät käyttävät johdannaismarkkinoilla tarjolla olevia futuureja ja optioita suojautuakseen sähkön hinnan vaihteluilta ja varmistaakseen kustannusten ennakoitavuuden. Tämä mahdollistaa eri sähkömarkkinoilla toimivien yritysten taloudellisen jatkuvuuden ja vakauden. (Fingrid, 2025b)

2.4 Säätösähkömarkkinat ja reservimarkkinat

Säätösähkömarkkinat (mFRR, manual Frequency Restoration Reserves) ovat Fingridin ja muiden pohjoismaisten kantaverkkoyhtiöiden ylläpitämät markkinat, joilla varmistetaan sähkön tuotannon ja kulutuksen tasapaino aktivoimalla säätösähkötarjouksia tarpeen mukaan. Tasevastuussa oleva Fingrid joutuu huolehtimaan riittävästä kapasiteetista ja on velvollinen varmistamaan, että riittävä määrä säätökykyistä kapasiteettia löytyy tilanteen vaatiessa tehotasapainon ylläpitämiseksi. Säätötarjouksia voi jättää 45 minuuttia ennen käyttötuntia.

Lisäksi Fingrid ylläpitää reservimarkkinoita eri taajuus- ja säätöreserveille (FFR, FCR-N, FCR-D, aFRR, mFRR-kapasiteetti) sekä täyttää häiriöreservivelvoitteensa omilla

varavoimalaitoksilla ja pitkillä käyttöoikeussopimuksilla hankituilla varavoimalaitoksilla. Tehoreservijärjestelmä turvaa sähköjärjestelmän toimintavarmuuden tilanteissa, joissa markkinaehtoinen sähköntuotanto ei riitä kattamaan kulutuksen ja tuotannon tasapainoa. Järjestelmä otetaan käyttöön vain poikkeuksellisissa tilanteissa, ja sen avulla varmistetaan riittävä kapasiteetti sähköjärjestelmän tehotasapainon ylläpitämiseksi. (Fingrid, 2025e)

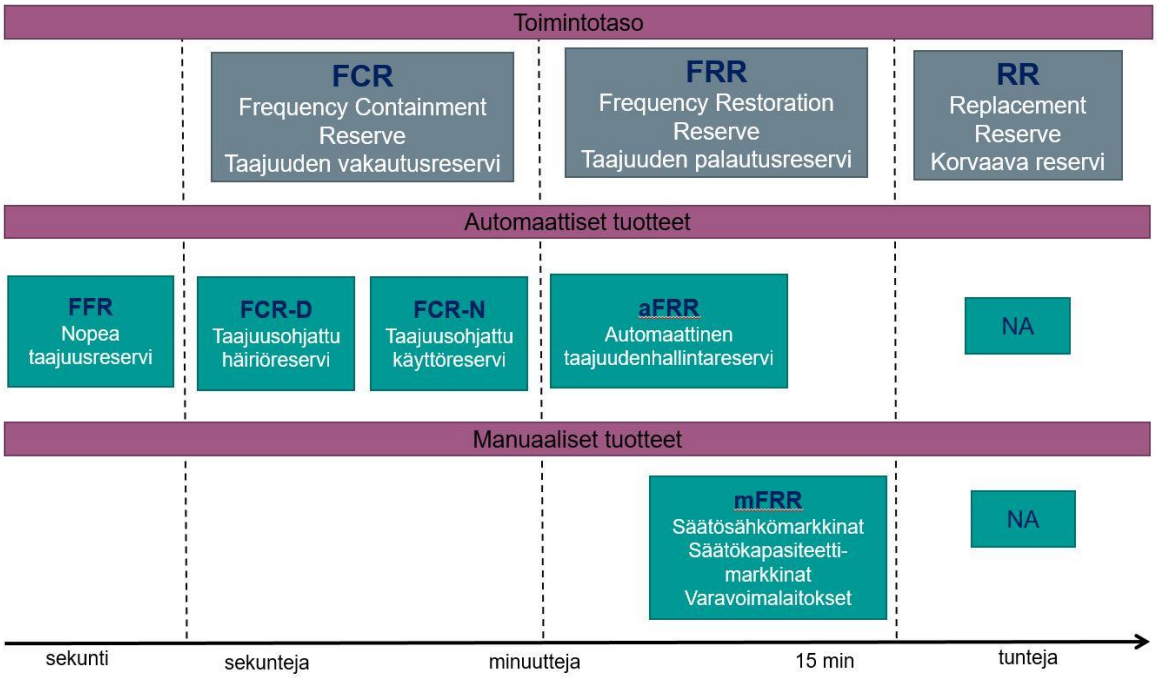
2.4.1 Reservituotteet

Reservimarkkinoilla on käytössä erilaisia tuotteita, joista muodostuvat eri ryhmät käyttötarkoituksen mukaan. Reservituotteet jaetaan kolmeen eri kategoriaan. Ensimmäisessä kategoriassa on taajuuden vakautusreservit, jotka ovat jatkuvassa käytössä. Kuvassa 3 on esitetty taajuuden vakautukseen käytössä olevat reservituotteet, kuten FFR, FCR-D ja FCR-N.

Toisessa kategoriassa ovat taajuuden palautusreservit, jotka palauttavat taajuuden (49,9–50,1 Hz) normaalille vaihteluvälille. Taajuuden palautusreservit vapauttavat taajuuden vakautusreservit takaisin käyttöön. Kuvasta 3 löytyy samalla taajuuden palautusreservituotteet, kuten aFRR sekä mFFR, joka kuuluu samaan toimintotasoon manuaalisesti aktivoitavana.

Kolmanteen kategoriaan kuuluvat korvaavat reservit, joita ei pohjoismaissa käytetä. Korvaavilla reserveillä voidaan palauttaa vikatilanteiden jälkeen taajuuden palautusreservit valmiuteen, jos uusia vikoja ilmenee taajuuden palautuksen jälkeen.

Reservien käyttöönottoa on havainnollistettu kuvassa 3, jossa vaaka-akselilla näkyy aktivointiaika eri reservituotteilla.



Kuva 3 Pohjoismaissa käytössä olevat reservit. (Fingrid, 2025f)

Suomessa käytössä olevia reservejä ovat taajuudenvakautusreservi sekä taajuudenpalautus-reservi. Nämä Suomessa olevat reservit toimivat enintään 15 minuutin aktivointiajalla, joten reservituotteilla voidaan hyvinkin vastata tehotasapainon horjumiseen.

3 Kapasiteettimekanismi

Suomen sähkömarkkinoilla on menossa muutoksen aikakausi, kun uusiutuvaa energian tuotantoa tulee lisää Suomen sähkömarkkinoille. Sääriippuvaisen energiantuotannon lisääntyminen lisää tilanteita, joissa tuotannon ja kulutuksen tasapaino voi kiristyä. Kapasiteettimekanismia voidaan hyödyntää tilanteissa, joissa sähkön kapasiteetista voi muodostua vajetta. Suomessa on tällä hetkellä käytössä tehoreservijärjestelmä, joka on yksittäinen kapasiteettimekanismin alalaji.

Sähkövoimajärjestelmän keskeinen reunaehto on kulutuksen ja tuotannon tasapaino. Tuotannon ja kulutuksen tasapainon täytyy toteutua joka hetkellä sekä pitkän aikavälin kapasiteetin riittävyys täytyy myös varmistaa. (Honkapuro et al., 2020)

Kapasiteettimekanismeilla tarkoitetaan menettelyä, joissa voimalaitoksia, sähkövarastoja sekä kulutusjoustoja voidaan käyttää tarvittaessa tasapainottamaan sähköjärjestelmää. Kapasiteettimekanismeilla tarjotaan maksuja voimalaitosten käytöstä niiden omistajille erilaisilla hinnoittelumenetelmillä. Kapasiteettimekanismeista voimalaitoksille tulevat tuotot tulevat yleensä sähkömarkkinoilta saatavan tuoton lisäksi. Kapasiteettimekanismien kustannusrakenne on suunniteltu siten, että niiden vaikutus sähkömarkkinoihin olisi mahdollisimman pieni. Sähkön tuotannossa kapasiteettimekanismeja sisältävät järjestelmät toimivat rinnakkain sähkömarkkinoilla toimivan tuotannon kanssa. Kapasiteettimekanismien ei haluttaisi sekoittavan sähkömarkkinoilla käytössä olevaa energy-only- markkinaa. Sähkömarkkinoilla on tärkeää, että kapasiteettimekanismeja käytettäisiin vain tarvittaessa ja riittävyysongelmaan vastaavana. (European Commission, 2025)

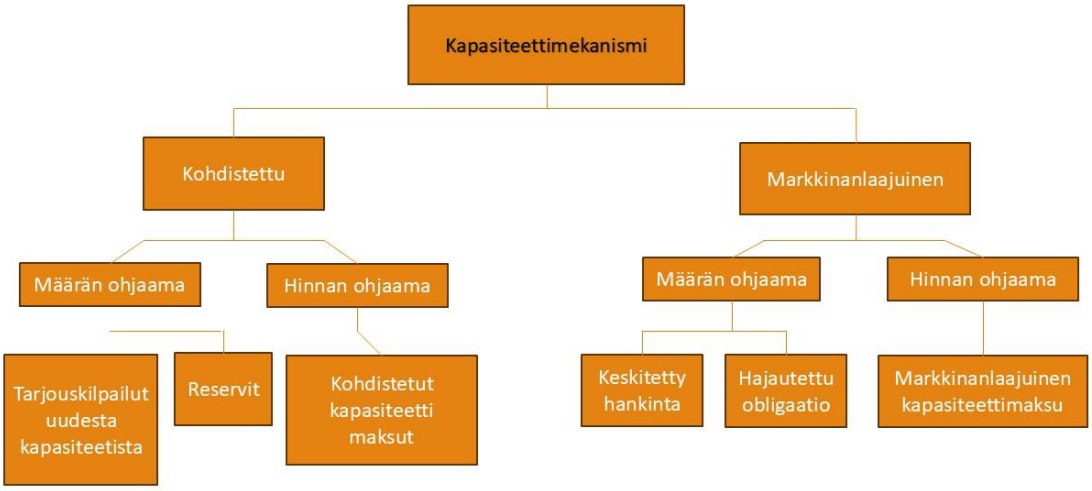
3.1 Kapasiteettimekanismeja

Kapasiteettimekanismit on jaoteltu kohdistettuihin ja markkinanlaajuisiin ratkaisuihin. Kohdistetuissa ratkaisuissa voimalaitoksista vain osa saa kapasiteettimaksun, jolla hankitaan vain sähkönriittävyyteen vaadittava määrä kapasiteetista. Markkinanlaajuisessa kapasiteettimekanismissa kaikki tarvittavat markkinatoimijat voivat saada kapasiteettimaksun nykyisestä jo olemassa olevasta kapasiteetista, että uudesta kapasiteetista, jolla varmistetaan

sähkömarkkinoille riittävä kapasiteetti varalle. Kuvassa 4 on esitetty Euroopan unionin määritelmä kapasiteettimekanismista. (SK, 2025)

Markkinanlaajuinen kapasiteettimekanismi sekä kohdistettu voidaan jakaa edelleen määrän sekä hinnan ohjaamiin ratkaisuihin. Määrän ohjaamissa ratkaisuissa vaadittava kapasiteetti määritellään etukäteen, toisin kuin hintaan perustuvissa ratkaisuissa. Määrän ohjaamissa ratkaisuissa ennalta asetettu kapasiteetti hankitaan markkinaehtoisien prosessien avulla. Hinnan ohjaamissa kapasiteetti hankitaan asettamalla sopiva hintataso, joka mahdollistaa tarvittavan kapasiteetin investointien rahoituksen. (Euroopan komissio, 2016)

Euroopan unionissa voidaan tarvittaessa soveltaa markkinanlaajuista kapasiteettimekanismia, mikäli saadaan osoitettua, että energy-only-markkinalla sekä tehoreservijärjestelmällä ei voida saavuttaa riittävää kapasiteettia sähkömarkkinoille. (Energiateollisuus, 2024)



Kuva 4 Euroopan unionin taksonomia kapasiteettimekanismille (ACER, 2023)

3.2 Kapasiteettimarkkina

Kapasiteettimarkkina tarkoittaa markkinaa, jossa hankitaan kapasiteettia energiantuotantoon eri sähkömarkkinoiden toimijoilta. Kapasiteettimarkkinoilla hankitaan pelkkää kapasiteettia sähkön tuotannossa toisin kuin energiamarkkinoilla, jossa käydään kauppaa sähköenergialla. Markkinoita kapasiteettimarkkinoilla hoidetaan siten, että tarjouksia lähdetään hyväksymään halvimmasta alkaen, kunnes tarvittava kapasiteetti on saavutettu. Tarjouksen perusteella hyväksytyt toimijat saavat kapasiteettimaksun, joka myös velvoittaa toimijan sitä koskeviin vaatimuksiin. (Reiluaenergiaa, 2025)

3.2.1 Kohdistetut ja markkinanlaajuiset ratkaisut

Kohdistettuja sekä markkinanlaajuisia kapasiteettimekanismeja käytetään erilaisiin sähkönriittävyyden sekä hinnan vakauttamisen haasteisiin. Taulukossa 1 vertaillaan kohdistettujen ja markkinanlaajuisten vaihtoehtojen keskeisiä eroavaisuuksia sekä ominaisuuksia. Kohdistettujen sekä markkinanlaajuisten ratkaisujen vaikutukset energy-only-markkinaan vaihtelevat, ja kapasiteettimekanismin käyttöönottamisen aikataululla on merkitystä, sillä Euroopan komission hyväksymisprosessin käsittelyajat vaihtelevat ja kestävät useimmissa tapauksissa vuosia.

Taulukko 1 Kohdennettujen ja markkinanlaajuisten ratkaisujen ominaisuuksia (SK, 2025)

Ominaisuuksia	**Kohdennettu (strateginen reservi)**	**Markkinanlaajuinen ratkaisu**
Vaikutus energy-only markkinaan	**Vähäinen**: Joustavien resurssien kannattavuus (hintojen volatiliteetti) säilyy tai kasvaa	**Merkittävä**: Joustavien resurssien kannattavuus (hintavaihtelut) vähenee
Yhteys energiamarkkinoihin	**Heikko**: resurssien tehoton käyttö	**Vahva**: resurssien tehokas käyttö
Resurssien riittävyyden hallinta	Reaktiivinen: lyhyen aikavälin kapasiteettihuutokaupat, lyhyet toimitusajat	Proaktiivinen: pitkän aikavälin kapasiteettihuutokaupat, pitkät toimitusajat
EU-komission hyväksymisprosessi	**Nopea**	**Hidas**
Byrokratia markkinaoperaattoreille ja markkinatoimijoille	**Vähäinen**	**Merkittävä**
Hankintaprosessin monimutkaisuus	**Alhainen**	**Korkea**

Kapasiteettimekanismin vaikutuksista energy-only-markkinaan on pidetty merkittävänä asiana kapasiteettimekanismin käyttöönottamisen pohdinnassa. Energy-only-markkinoihin perustuvaa sähkömarkkinaa ei haluttaisi sekoittaa, sillä se mahdollistaa nykyisten resurssien käytön minimoiden päästöt sekä kustannukset. Markkinanlaajuiset ratkaisut tarjoavat hinta-vaihteluihin tasapainotusta taulukon 1 mukaan. Yhteys energiamarkkinoihin on eri ratkaisuilla vaihteleva. Tällä hetkellä Suomessakin käytössä oleva strateginen reservi on resurssien käytöltään vanhanaikainen, sillä se ei hyödynnä markkinaehtoisia resursseja tai joustokeinoja. (Reiluaenergiaa, 2025). Markkinanlaajuiset ratkaisut tarjoavat vahvaa resurssien käyttöä, missä sähköntuotantolaitoksia ja kapasiteettimekanismeja käytetään rinnakkain muun tuotannon kanssa.

Erilaisiin sähkön riittävyysongelmiin on tarpeellista tarkastella siihen tarkoitukseen sopivinta vaihtoehtoa. Riittävyysongelmat voidaan jaotella Euroopan Unionin komission loppuraportin tapaan neljään eri ryhmään, kuten taulukossa 2 on esitetty. (Euroopan komissio, 2016)

Taulukko 2 Kapasiteettimekanismien vastaavuus eri sähkönriittävyysongelmiin. (Euroopan komissio, 2016)

Riittävyysongelma	**Selitys**
Pitkän aikavälin riittävyyshuolet	Pitkän aikavälin investointien riittävyys
Tilapäiset riittävyyshuolet	Markkinauudistukset korjaavat riittävyysongelman ajan myötä, mutta lyhyellä aikavälillä riski kapasiteettivajeeseen.
Paikalliset riittävyyshuolet	Siirtokapasiteetin rajoitteet jäsenvaltion alueella.
Energiakuluttajien roolia koskevat huolet	Energian kuluttajien joustamattomuus ilman lisätukea.

Pitkän aikavälin riittävyyshuolilla tarkoitetaan sitä, että mikäli energy-only-markkina ei riitä takaamaan riittäviä pitkän aikavälin investointeja, tällöin voitaisiin mahdollisesti soveltaa määrään perustuvaa markkinanlaajuista kapasiteettimekanismia. Tällaisella menettelyllä voitaisiin saada epävarmoilta ajoilta tuloja sähköntuottajalle vakaasti. Luotettavuusehtoinen järjestelmä saattaisi olla paras ratkaisu pitkän aikavälin riittävyyshuoliin, jotta sähkön toimitusvarmuus taataan pitkälle tulevaisuuteen. (Euroopan komissio, 2016)

Tilapäisillä riittävyyshuolilla voidaan esimerkiksi tarkoittaa tilannetta siirtymävaiheessa ennen investointien toteutumista. Siirtymävaiheessa on mahdollisesti tarve kapasiteetille, sillä markkinoilta poistuvalle kapasiteetille tarvitaan mahdollisesti korvaavaa kapasiteettia, ennen kuin investoinnit alkavat vaikuttamaan kapasiteettiin. Tilapäisiin riittävyyshuoliin voidaan esimerkiksi hyödyntää strategista varastoa. Strategisia varastoja tulisi käyttää siten, että ne olisivat vain vuosittaisilla sopimuksilla ja siten eivät estäisi investointisignaaleja tulevaisuuteen. (Euroopan komissio, 2016)

Paikallisilla riittävyyshuolilla tarkoitetaan tilannetta, jossa kapasiteettia ei ole riittävästi saatavilla paikallisesti. Paikallisia riittävyyshuolia voidaan ratkaista yhdistämällä kapasiteetin puutetta omaava alue muihin alueisiin, joilla on kapasiteettia saatavilla. Mikäli kapasiteettia ei ole saatavilla edes yhdistämällä alueita, tällöin voi olla tarve kapasiteettimekanismille, esimerkiksi markkinanlaajuiselle ratkaisulle. Tällä markkinanlaajuisella ratkaisulla voidaan muokkaamalla saada siitä ratkaisu paikallisiin riittävyysongelmin. Kohdistetut ratkaisut voivat myös soveltua hyvin paikalliseen riittävyysongelmaan, sillä niiden kokoa voidaan sovittaa hyvin kapasiteetin tarpeeseen. (Euroopan komissio, 2016)

Energiankuluttajien rooliin liittyvät huolenaiheet liittyvät joustavaan sähkönkysyntään ja sen toteutumiseen. Mikäli sähkönkulutus pysyy joustamattomana, se voi nostaa sähkönkuluttajahintoja, sääriippuvaisemman tuotannon takia. Sähkönkulutuksen joustaminen on yksi kustannustehokkaimmista tavoista tasapainottaa sähkömarkkinoita. Markkinoiden laajuista menetelmää voidaan tällaisessa tapauksessa käyttää siten, että sen alla käytettäisiin kysynnänohjausta. (Euroopan komissio, 2016)

4 Sähkön hinnan volatiliteetti

Sähkönhinnan vaihtelut ovat olleen viimevuosina keskeisenä aiheena, erityisesti sähkönkuluttajien keskuudessa. Sähkönkuluttajat ovat alkaneet sopeutua hintojen vaihteluihin, sillä monenlaisia markkinaehtoisia järjestelmiä alkaa tulla markkinoille, sekä käyttöön, jotta hinnanvaihteluista voidaan ottaa taloudellista hyötyä irti. Esimerkiksi myös pienet sähkövarastot alkavat tulla pientaloasumisen saataville aurinkosähköjärjestelmien rinnalle taikka ilman aurinkosähköjärjestelmääkin markkinaehtoisesti toimivana. Markkinahintojen vaihtelulla on vaikutusta perinteiseen investointiympäristöön, sillä täytyy löytää taloudellisia sekä toimivia ratkaisuja perinteisten järjestelmien rinnalle. (AFRY, 2023)

Sähkön hinnan volatiliteetin määrittämisessä voidaan käyttää talouslaskennassa käytettäviä menetelmiä. Sähkön hinnan volatiliteetilla tarkoitetaan sähkön hinnan vaihtelun voimakkuutta tietyllä ajanjaksolla. Volatiliteetin laskennassa voidaan hyödyntää hajontaluvuista keskihajontaa, joka kuvaa esimerkiksi sähkön hintadatan hintojen asettumista aritmeettisen keskiarvon ympärille. Tällä menetelmällä voidaan selkeästi mallintaa sähkön hinnan vaihtelun voimakkuutta. Populaation keskihajonta lasketaan kaavalla (1) ja kaavalla (2) lasketaan otoskeskihajonta.

$$S_n = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \tag{1}$$

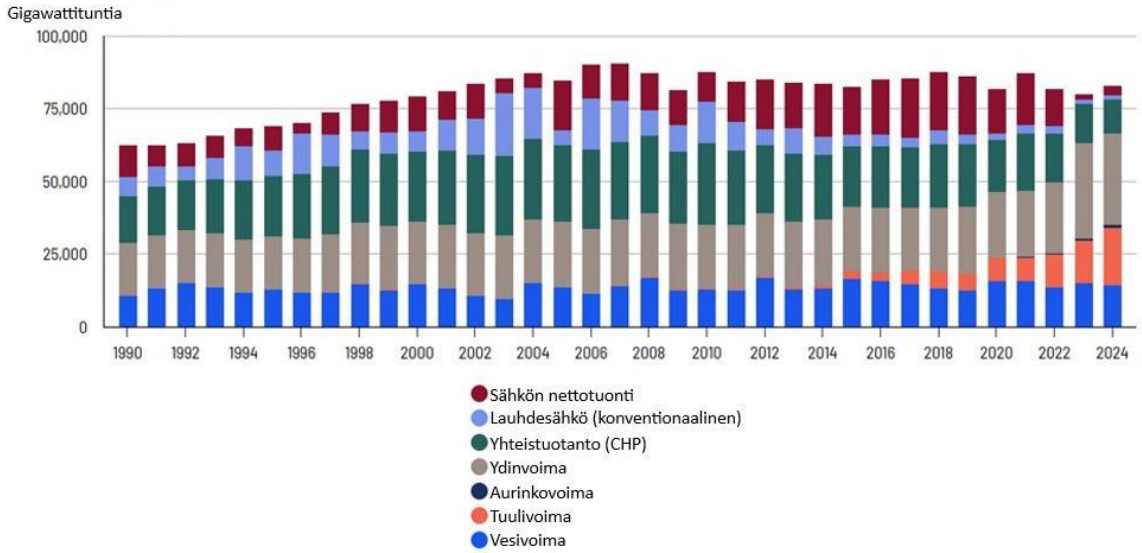
$$S_n = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \tag{2}$$

Keskihajonnan laskukaavoissa (1) ja (2) n tarkoittaa havaintojen lukumäärää, x_i i:nnen havaintoarvon arvoa sekä $\bar{x}$ tarkoittaa lukujen keskiarvoa. Näiden kahden eri keskihajonnan laskentakaavojen tuloksissa ei ole juurikaan eroa, jos laskettava aineisto on suuri. Esimerkiksi monen vuoden sähkön tuntidatan volatiliteetin laskennassa voidaan hyödyntää tarvittaessa kumpaakin laskukaavaa. (Helsingin yliopisto, 2025)

5 Haasteet Suomen sähkömarkkinoilla

Suomessa on meneillään isoja muutoksia sähköntuotannossa sekä sähkönkulutuksessa. Sähköntuotannon rakenne muuttuu vähähiilisemmäksi, mikä tuo uusia haasteita ratkaistavaksi sähkömarkkinoille. Haasteita aiheuttaa erityisesti sääriippuvainen sähköntuotanto sekä siirtoyhteyksien rajoitteet. Huomattavaa sähkönkulutuksen kasvua on ennustettu tuleville vuosille. Fingridin ennusteessa sähkönkulutuksen odotetaan lähes kaksinkertaistuvan 2035-luvulle mennessä, sillä yhteiskunnan monet toimialat sähköistyvät hiilineutraalisuustavoitteiden saavuttamiseksi (Fingrid, 2025g). Kasvua lisää ennen kaikkea sähköistyvä teollisuus, datakeskukset, vetytalous ja lämpöpumput. Sähköä on Suomessa kuitenkin toistaiseksi riittänyt myös poikkeavissa tilanteissa. Sähkön suuri hinnanvaihtelu on ollut sähkönkäyttäjien keskuudessa merkittävä puheenaihe viime aikoina, mikä on kyseenalaistanut nykyisen energy-only-markkinan toimivuutta.

Suomessa sääriippumattomaan varmaan kapasiteettiin investointi ei ole nykyisillä sähkömarkkinoilla riittävän kannattavaa, koska energy-only-markkina palkitsee tuottajia vain tuotetusta sähköenergiasta eikä valmiina olevasta kapasiteetista. Tämä heikentää kannustimia ylläpitää tai rakentaa kapasiteettia, jota tarvitaan vain lyhytaikaisissa huippukulutustilanteissa. Sähköntuotannon kapasiteettiin investoimisen tärkeys kasvaa tulevaisuudessa lisää, kun sähköntuotanto muuttuu sääriippuvaisemmaksi. Sähkön varastoiminen pitkäaikaisesti suurissa määrin ei ole toistaiseksi kannattavaa, joten sähkön tuotannon ja kulutuksen täytyisi pysyä tasapainossa. (AFRY, 2023) Kuvassa 5 on esitetty Suomen sähkönkulutusta tuotantomuodoittain.

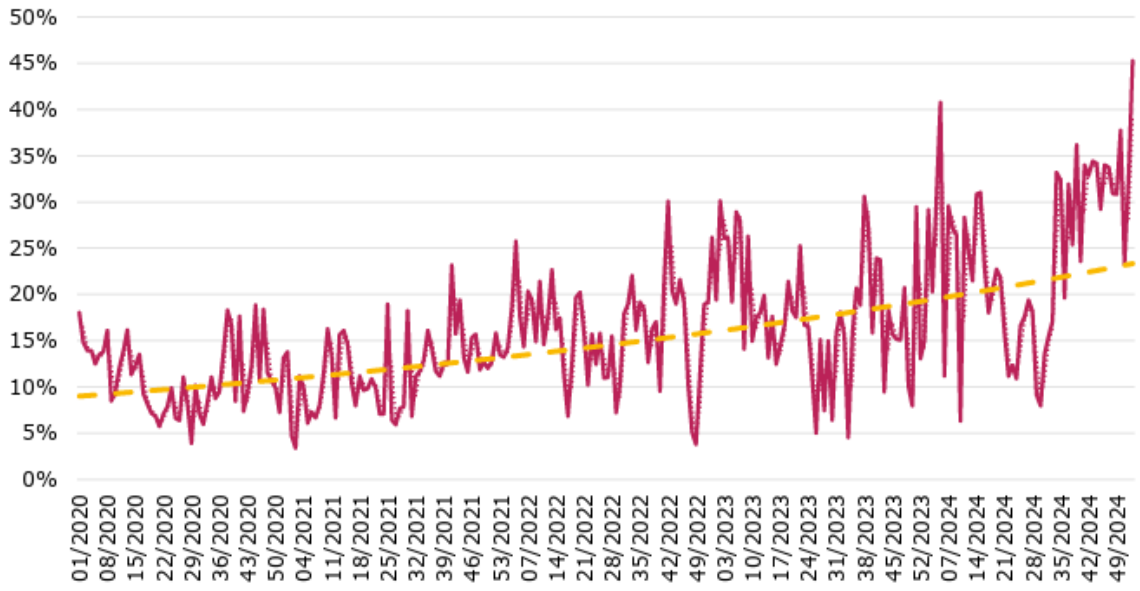


Kuva 5 Suomen sähkönkulutus tuotantomuodoittain 1990–2024. (stat, 2025)

Uusiutuvan tuulivoiman tuotannon osuuden kasvu näkyy kuvassa 5 erityisesti ajanjaksolla 2014–2024. Tuulivoiman osuus on korvannut tuontisähkön tarvetta sekä korvannut CHP-yhteistuotantolaitosten kapasiteettia.

5.1.1 Sähkön hintavaihtelut

Sähkön hintavaihtelut ovat olleet Suomessa Euroopan unionin suurimpia vuonna 2024 ja sähkön nolla ja negatiivisia tuntihintoja myös esiintynyt eniten. Sähkön tukkumarkkinoiden keskihinta on Suomessa lähestymässä energiakriisiä edeltävälle tasolle, mikä on laskenut kustannuksia kuluttajille. Edelleen kuitenkin hintojen volatiliteetti on suurta ja se johtuu ennen kaikkea sääriippuvaisen tuotannon, erityisesti tuulivoiman määrän kasvamisesta. Tuulivoiman nopea kasvu muuttaa sähkömarkkinoiden tilannetta siten, että ylituotantotunteja kertyy aiempaa useammin tuulisina hetkinä, jolloin sähkön hinta laskee lähelle nollaa tai jopa negatiiviseksi, mutta taas heikkotuulisina vuorokausina ja kylminä jaksoina tuotannon laskiessa myös sähkönhinta nousee nopeasti. Kuvassa 6 on havainnollistettu Suomen sähkön-tuotannosta tuulivoiman osuutta.



Kuva 6 Tuulivoiman osuus Suomen sähköntuotannosta (viikkokeskiarvo, %). (Energiavirasto, 2025)

Kuvasta 6 nähdään, että tuulivoiman osuus sähköntuotannossa kasvaa, kun keltainen trendiviiva on nouseva. Suomen sähköntuotannosta tuotettiin jo lähes 25 % tuulivoimalla vuonna 2024.

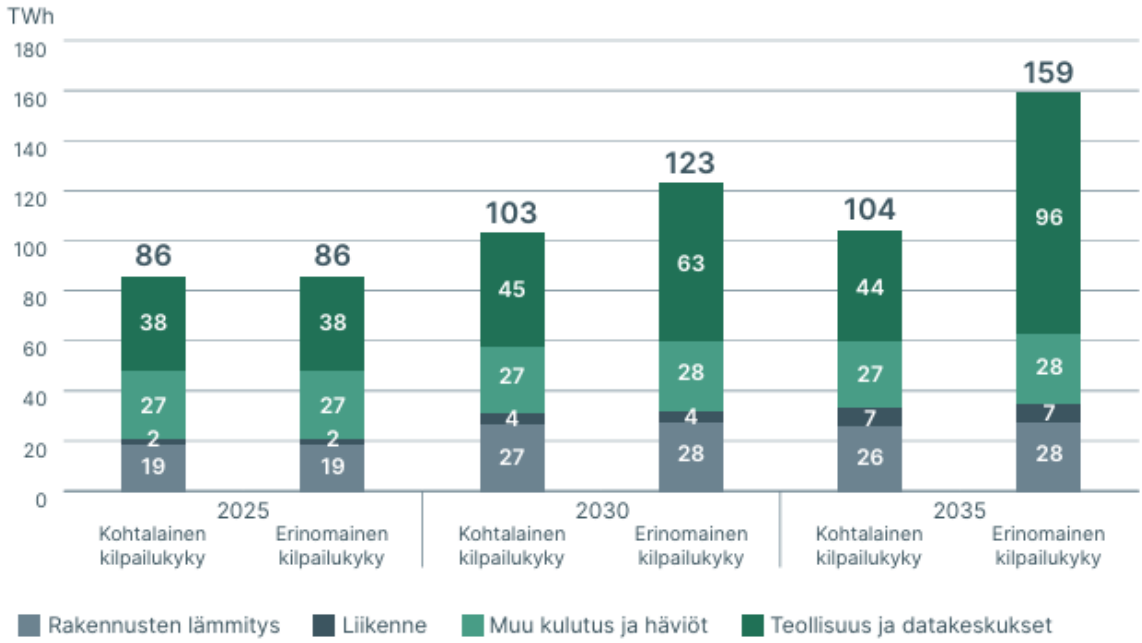
Suomessa havaittiin vuonna 2024 ennätysmäärä negatiivisia sähkön tuntihintoja. Vuosien 2022 ja 2023 välillä negatiivisten hintojen määrä 12-kertaistui EU:ssa, joka näkyi samalla myös Suomessa. Tämä kertoo pitkälti siitä, että sähköjärjestelmässä ei pystytä siirtämään riittävän hyvin ylituotantoa vientiin sekä kulutusalueille, mikä lisää hintojen vaihtelua. (ACER, 2024)

Kantaverkkoyhtiö Fingrid kehittää ratkaisuja pullonkauloihin sähkönsiirrossa, jotta tuulivoiman tuotantokapasiteetin sähkötehoa voitaisiin siirtää tehokkaammin pohjoisesta etelään ja vientiyhteyksien kautta Ruotsiin, Norjaan ja Viroon. Kantaverkon siirtokapasiteetin optimointi vähentää sähkönhintojen vaihtelua ja parantaa toimitusvarmuutta. Fingrid investoi merkittävästi sähkönsiirtoverkon kehittämiseen, jotta sähkömarkkinat toimisi halutulla tavalla. (Fingrid, 2023)

5.1.2 Sähkönkulutuksen kasvu

Sähkönkulutuksen kasvu lisää investointitarvetta sähkömarkkinoilla toimiville yrityksille, sillä kasvava kulutus edellyttää uusia tuotantolaitoksia, siirtoyhteyksiä sekä joustoratkaisuja sähköjärjestelmän tasapainon varmistamiseksi. Kasvun mukana sähkömarkkinoidenkin täytyy pysyä kehityksessä mukana ja se vaatii markkinaehtoisia ratkaisuita. Sähkömarkkinat vaativat investointeja erityisesti joustavaan sähköntuotantoon sekä joustavaan sähkönkulutukseen ja uutena asiana myös sähkövarastoihin. (Energiavirasto, 2025)

Suomessa sähkönkulutuksen kasvun on ennustettu nousevan lähivuosina. Kantaverkkoyhtiö Fingrid on arvioinut sähkönkulutuksen lähes tuplaantuvan vuoteen 2035 mennessä sekä toisessa skenaariossa sähkönkulutuksen arvioitiin kasvavan noin neljänneksen. Sähkönkulutusta lisäävät muun muassa teollisuuden ja kaukolämmön lämmöntuotannon siirtyminen perinteisistä polttotekniikoista sähköllä toimiviin ratkaisuihin. Lämmöntuotannossa aletaan hyödyntää enenevässä määrin sähkökattiloita. Vetytalouden ja datakeskusten sijoittuminen Suomeen lisää myös merkittävästi teollisen luokan sähkönkulutusta. Sähkön kulutuksen kasvua on arvioinut Fingrid kuvassa 7.



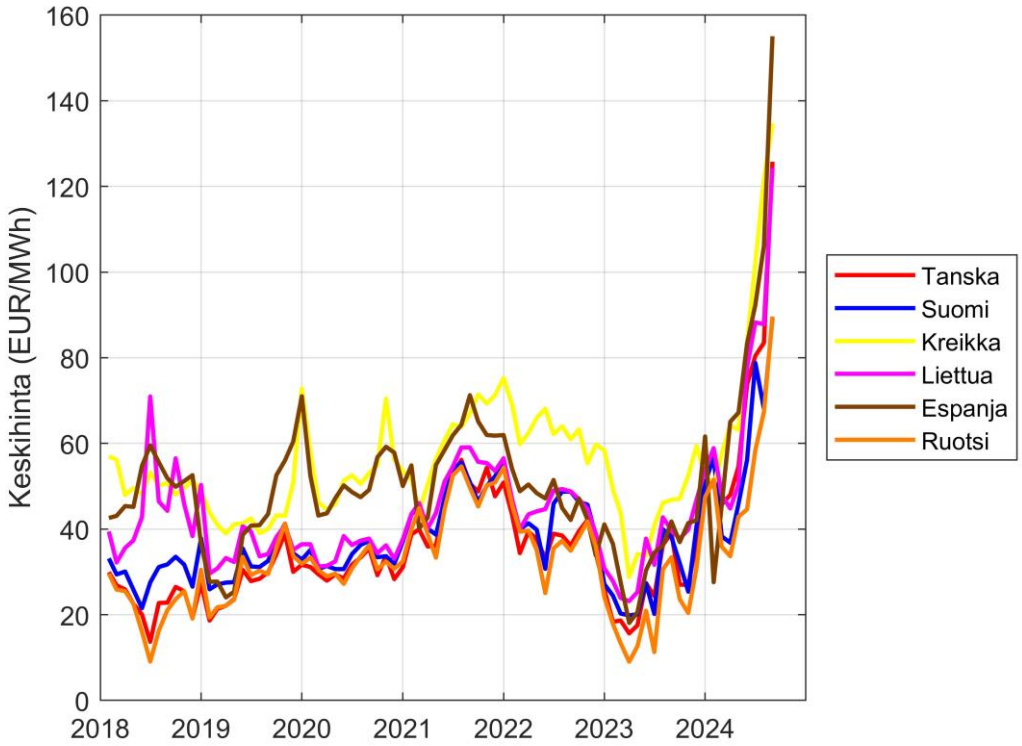
Kuva 7 Ennustettu sähkönkulutus Suomessa 2025–2035. *(Fingrid, 2025g)*

Fingridin uusimmassa ennusteessa käy ilmi juuri teollisen sähkönkulutuksen merkittävä kasvu seuraavan kymmenen vuoden aikana. Liikenteen sähköistyminen ei vaikuta merkittävästi sähköenergian vuosikulutuksen kasvuun Suomessa, sen noustessa nykyisestä 2 TWh tasosta 7 TWh tasoon. Liikenteen sähköistyminen vaikuttaa enemmän sähkötehontarpeeseen, sillä lataustehot ovat suuria. Ennusteissa voi olla paljon epävarmuustekijöitä, joilla voi olla vaikutusta sähköistymisen etenemiseen. Esimerkiksi Suomessa sähköintensiiviselle teollisuudelle pyritään luomaan kilpailukykyinen ympäristö, jonka toteutuminen vaikuttaa paljon sähkön kysyntään.

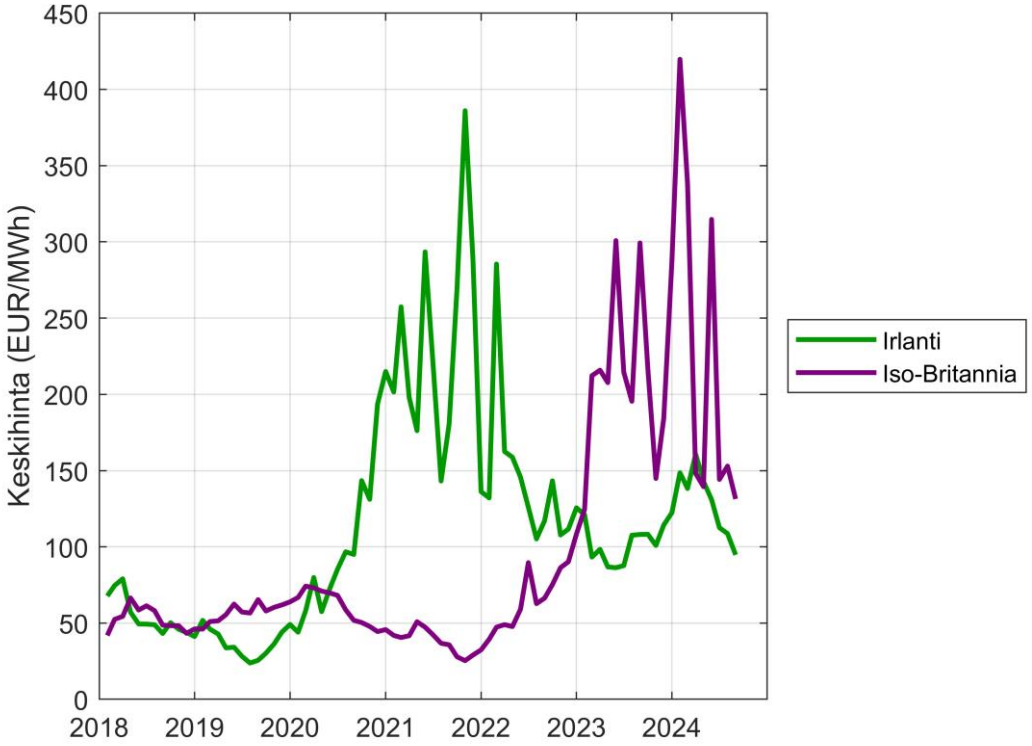
6 Eräiden maiden kapasiteettimekanismien analysointi

Tässä analyysissä käsitellään sähkön tukkumarkkinoiden dataa kahdeksalta valtiolta. Mukana tarkastelussa ovat Tanska, Suomi, Kreikka, Liettua, Espanja, Ruotsi, Irlanti sekä Iso-Britannia. Kuvissa 8, 9, 10, ja 11 Irlanti ja Iso-Britannia on erotettu muiden maiden joukosta eri kuvaajiin, sillä Irlannilla ja Iso-Britannialla on käytössä markkinanlaajuinen kapasiteettimekanismi. Muilla tarkastelussa olleilla mailla ei ole markkinanlaajuista kapasiteettimekanismia käytössä tarkastelujaksolla. Tarkastelussa yritetään löytää, onko kapasiteettimekanismin käyttöönottaneilla mailla ollut yhteyttä sähkönhinnan vaihtelun voimakkuuden vähenemiseen. Tarkastelussa hyödynnetään luvussa 4 esiteltyjä keskihajonnan laskentamenetelmiä. Samalla pyritään löytämään myös muita tekijöitä kohonneeseen sähkönhinnan volatiliteettiin edellisinä vuosina. Kuvasta 8 ja kuvasta 9 nähdään, että kuukausittaisissa keskihinnoissa

on ollut huomattavia eroavaisuuksia, etenkin kapasiteettimenkanismin käyttöönottaneilla mailla.



Kuva 8 Kuukausittaiset keskihinnat tarkastelussa mukana olleissa maissa 2018–2025. (EMBER, 2025)



Kuva 9 Kuukausittaiset keskihinnat tarkastelussa mukana olleissa maissa 2018–2025. (EMBER, 2025)

Keskihinnoissa on kapasiteettimekanismin käyttöönottaneilla mailla ollut huomattavan suuria keskihintoja verrattaessa maihin, joilla ei ole käytössä kapasiteettimekanismeja. Keskihintojen kehitys on ollut huomattavassa nousussa mailla, joilla ei ole kapasiteettimekanismeja. Kapasiteettimekanismin omaavilla mailla kehitys on 2024 lähtien lähtenyt laskemaan korkeista keskihinnoista.

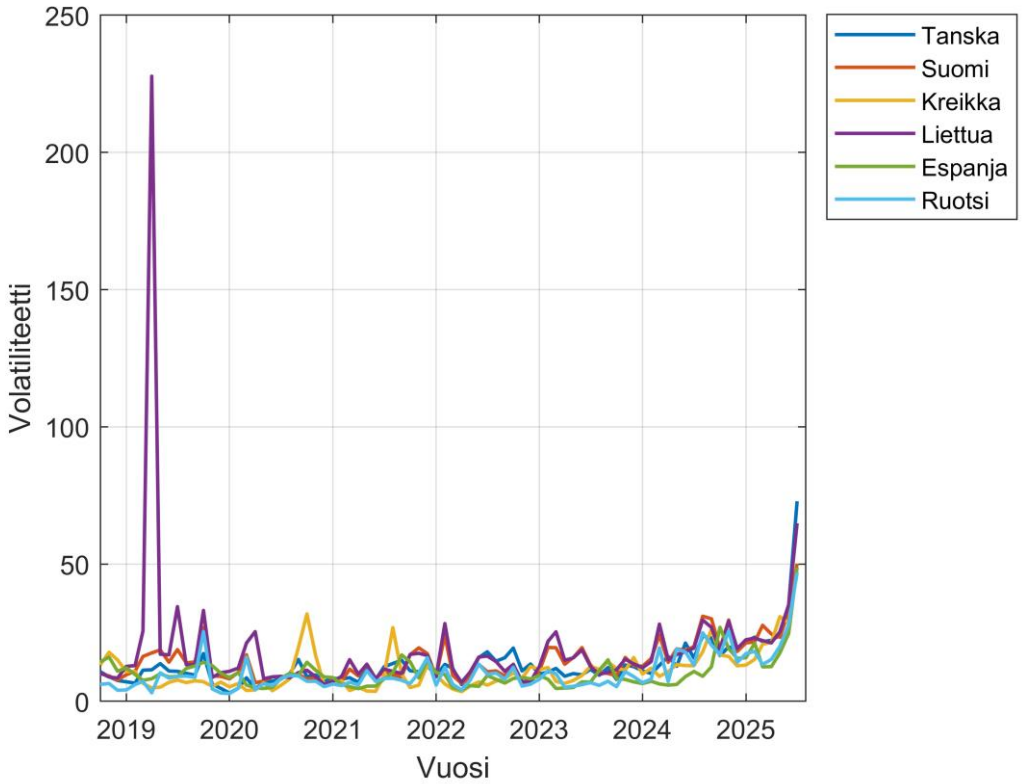
6.1 Sähkönhintojen volatiliteettien kehitys tarkastelussa mukana olleissa maissa

Sähkön tukkumarkkinoiden tuntidataa hankittiin avoimesta kulutusdatasta, jota saatiin ember-energy.org verkkosivustolta. Kyseisellä verkkosivulla on saatavilla energiajärjestelmiin liittyvää dataa, joka on kaikille saatavilla. Datan käsittelyssä käytettiin työkaluina Excel- ja Matlab-laskentaohjelmistoa sekä Python-ohjelmointialustaa. Dataa käytettiin ajanjaksolta 2018–2025 koska tällä ajanjaksolla on tullut merkittävästi erilaisia muutoksia energiasektorilla sekä Irlanti ja Iso-Britannia ovat ottaneet käyttöön 2018 kapasiteettimekanismit. Irlanti sekä Iso-Britannia toimivat esimerkkeinä, sillä näillä mailla on käytössä

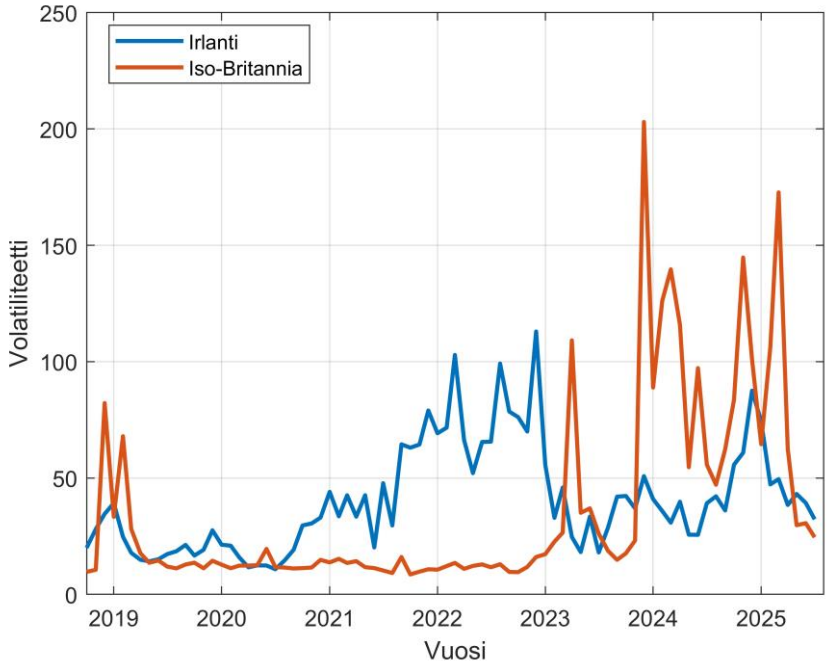
kapasiteettimekanismi. Irlanti otti luotettavuusoptio perusteisen kapasiteettimekanismin käyttöön toukokuussa 2018, jolloin oli ensimmäinen toimituskausi sekä ensimmäinen kapasiteettihuutokauppa järjestettiin joulukuussa 2017. (SEM-O, 2018) Iso-Britanniassa markkinanlaajuinen kapasiteettimekanismi otettiin käyttöön 2014, jolloin ensimmäinen kapasiteettihuutokauppa järjestettiin joulukuussa. Kapasiteettiä hankittiin tällöin toimitusvuosille 2018 ja 2019. (Nationalgrid, 2014) Muilla tarkastelussa mukana olleilla mailla on suunnitteilla kapasiteettimekanismien käyttöönottoja.

Tanskalla ei ole tällä hetkellä käytössä kapasiteettimekanismia, joten se toimii energy-only markkinoiden mukaan sekä erikseen on reservit mFFR sekä aFFR. (EU.DK, 2015) Suomella taas on käytössä strateginen reservi, jota pidetään yllä tarpeen mukaan ja kapasiteettia hankitaan tarvittaessa sähkön toimitusvarmuuden takaamiseksi. (Fingrid, 2025h) Kreikassa on käytössä väliaikaisratkaisuna TFRM joustokapasiteettikorvauksia sekä suunnitteilla on strateginen reservi. (EC.Europa, 2018) Liettuassa on tarkoitus ottaa käyttöön kapasiteettimekanismi 2025 jälkeen. (LRV.LT, 2019) Espanjassa on suunnittelussa luotettavuusoptio-tyyppisen kapasiteettimekanismin käyttöönotto 2025 aikana, mutta ei ole vielä aktiivisessa käytössä. (Mitego, 2024) Ruotsissa on käytössä strateginen reservi, kuten Suomessakin.

Volatiliteettien kuukausittaiset arvot laskettiin Matlab-laskentaohjelmiston STDEV.P populaation keskihajontaa käyttäen. Tuntidatasta muodostettiin kuukausittaiset volatiliteetit, sillä kuukausi on riittävän pituinen ajanjakso tässä tapauksessa havainnollistamaan sähkön hinnan volatiliteetin kehitystä. Kuukausi valittiin ajanjaksoksi volatiliteetille, sillä siinä näkyy riittävällä tasolla volatiliteetin kehityksen suunta. Kuvassa 10 ja kuvassa 11 on havainnollistettu kuukausittaisten volatiliteettien kehitystä.

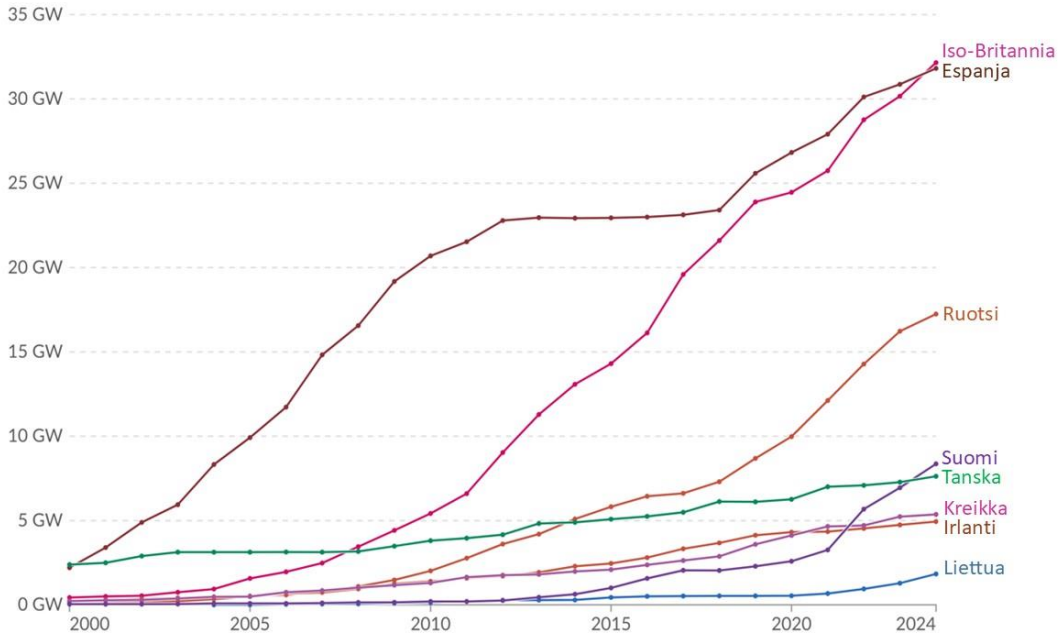


Kuva 10 Kuukausittaisten volatiliteettien kehitys tarkastelussa mukana olleissa maissa 2018–2025. (EMBER, 2025)



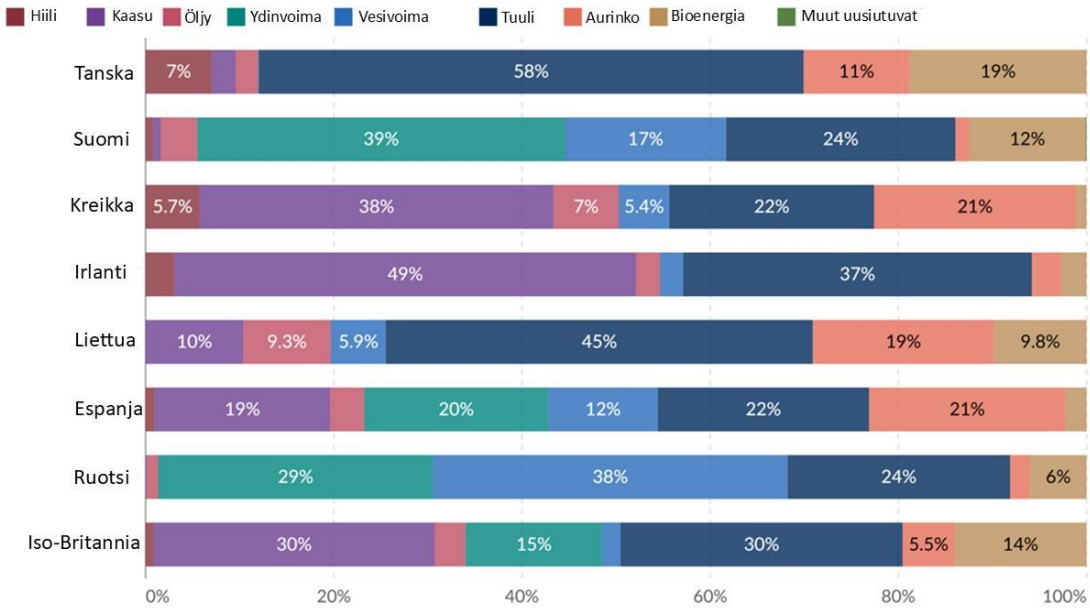
Kuva 11 Kuukausittaisten volatiliteettien kehitys tarkastelussa mukana olleissa maissa 2018–2025. (EMBER, 2025)

Volatiliteetin suuruus on ollut voimakkainta Irlannissa ja Iso-Britanniassa, joilla on kapasiteettimekanismit käytössä. Kuvassa 12 on esitetty tuulivoiman kumulatiivista asennettua kapasiteettia tarkastelussa mukana olleissa maissa. Kyseisessä kuvassa on otettu mukaan maatuulivoima sekä merituulivoima.



Kuva 12 Tuulivoiman kumulatiivinen asennetun kapasiteetin kehitys 2000–2024. (OWD, 2024)

Kuvasta 12 huomataan, että Espanjassa sekä Iso-Britanniassa on eniten asennettu tuulivoimakapasiteettia. Irlannissa volatiliteetti on suurta ja sähköntuotannosta suurin osa tuotetaan tuulivoimalla, kuten kuvasta 13 nähdään. Kuvassa 13 on havainnollistettu analyysin tarkastelussa olleiden maiden sähköntuotantoa tuotantomuodoittain vuonna 2024.



Kuva 13 sähkön tuotanto osuudet energiantuotantomuodoittain. (OWD, 2024)

Kuvassa 13 esitetään tarkastelussa käytettyjen maiden sähköntuotantomuotojen osuuksia prosentteina koko maiden energiantuotannosta. Erityisesti Irlannin sekä Iso-Britannian sähkön tuotannonrakenne kiinnostaa, sillä kyseisillä mailla on ollut viimevuosina suuri volatiliteetti sähkön hinnoissa. Irlannissa sähköntuotanto perustuu suurimmilta osin kaasuun sekä tuulivoimaan. Irlannin suurta volatiliteettiä voidaan perustella sillä, että tuulisina päivinä sähkönhinta laskee tuulivoiman takia syrjäyttäen kaasunkäyttöä sähkön tuotannossa ja tuulituotannon vähentyessä kaasu tulee enemmän käyttöön nostaen sähkön tukkumarkkinahintaa kalliimpana tuotantomuotona (Queen's University Belfast, 2017). Iso-Britannian tilanne vaikuttaa osittain samanlaiselta, sillä kaasun osuus on iso osa sähköntuotannosta sekä tuulituotannon osuus on yhtä suuri kuin kaasun osuus sähköntuotannosta. Ydinvoimaa Britanniassa on käytössä 15 %, jota taas Irlannissa ei ole ollenkaan käytössä.

Sääolosuhteilla on vaikutusta merkittävästi volatiliteettiin ja erityisesti tuuliolosuhteet vaikuttavat sähkönhintaan, sillä tuulivoimaa on käytössä kasvavissa määrin tarkasteltavissa maissa. Irlannissa ja Iso-Britanniassa kylmät ja vähätuuliset ajanjaksot talvella lisäävät sähkönhinnan vaihtelua. Sähkönhinnan vaihtelu tässä tapauksessa lisääntyy juuri kaasun käytön lisääntymisestä korvattaessa tuulivoiman tehon laskua. Suomessa ja Ruotsissa vesivoima sekä laajat siirtoyhteydet tasaavat sähkönhinnanvaihtelua. Tuulivoiman tilanne vaikuttaa selvästi myös Pohjoismaissa sähkönhinnan vaihteluun sekä vesivoiman kausittaiset vaihtelut veden pinnan tasoissa. Etelä-Euroopan maissa taas hellejaksot sekä aurinkotuotannon

vaihtelu aiheuttaa sähkönhintaan vaihtelua. Erityisesti tarkastelussa olleilla Espanjalla ja Kreikalla tuotetaan tuulivoimaa hiukan yli 20 prosentin verran sähkönkulutuksesta sekä aurinkovoimaa lähes saman verran. Liettua sekä Tanska ovat hyvin kytkeytyneitä muihin maihin siirtoyhteyksillä ja vaikka kyseisillä mailla on suhteellisesti eniten tuulivoimaa käytössä sähkönkulutuksesta, niin siirtoyhteydet muiden maiden kesken tasoittavat siitä huolimatta hinnan vaihtelua huomattavasti. Suuresta tuulivoiman osuudesta huolimatta näissä kahdessa edellä mainitussa maassa sähkönhinnan vaihteluissa on päästy samalle tasolle sähkön tukkumarkkinoiden kuukausittaisissa hinnanvaihteluissa, kuin muissa maissa, joissa ei myöskään ole käytössä laajoja kapasiteettimekanismeja.

6.2 Kapasiteettimekanismin yhtäläisyys volatiliteettiin

Kapasiteettimekanismin yhteyttä sähkön hintavaihteluiden vähenemiseen yritettiin löytää tarkastelussa olleilta mailta. Irlannin ja Iso-Britannian kapasiteettimekanismien vaikutusta erityisesti tutkittiin. Sähkön tukkumarkkinadatasta mallinnettiin kuvaajia, joissa havainnollistettiin sähkönhinnan kuukausittaisten volatiliteettien kehitystä sekä myös kuukausittaista keskihintaa. Kuten kuvasta 11 nähdään, volatiliteetti näyttää olevan suurinta kapasiteettimekanismin omaavilla mailla. Yhtäläisyyttä kapasiteettimekanismin vaikutuksesta sähkönhinnan tukkumarkkinoiden volatiliteettiin ei kuitenkaan pysty erottelemaan datasta. Tämä tukee hyvin raporteissa ilmi tulleita havaintoja kapasiteettimekanismin vaikutuksista. Uusiutuvan sähköntuotannon ja erityisesti tuulivoiman osuutta hinnanvaihteluiden lisääntymiseen voidaan pitää lisäävänä tekijänä, sekä myös sähköntuotannon eri tuotantomuotojen kustannusten vaikutusta eri sääolosuhteissa. Erityisesti tuulivoiman tuotannon laskiessa vaikuttaa se, millä tuotantomuodolla tuulivoiman tehovajetta korvataan sillä hetkellä. Irlannilla ja Iso-Britannialla tuulivoimatuotannon vähentyessä siirrytään korvaamaan vajetta maakaasulla, joka on kalleimpia sähköntuotantomuotoja.

Iso-Britannian kapasiteettimekanismista löytyy raportti ”Capacity Market – Ten-year review” (United kingdom government, 2024), jossa arvostellaan kapasiteettimekanismin soveltuvuutta. Erityisesti kiinnostavana tuloksena oli, että kapasiteettimekanismin ei koettu vaikuttavan sähkön tukkumarkkinahintojen volatiliteettiin. Hinnanvaihtelun kerrottiin tukkumarkkinoilla johtuvan edelleen sähköntuotantomuodon vaikutuksesta, päästöoikeushinnoista, kysynnän ja uusiutuvan sääriippuvaisemman tuotannon takia. Tarkastelussa olleen

Iso-Britannian kapasiteettimekanismi on tarkoitettu kapasiteetin turvaamiseksi niukkuustilanteissa ja estää mahdollisia niukkuuspiikkejä sähkön hinnassa. Kapasiteettimekanismi ei tasoita päivittäistä tukkumarkkinoiden sähkönhinnan vaihtelua Iso-Britanniassa. (United kingdom government, 2024)

Irlannissa kapasiteettimekanismin ei havaittu vaikuttavan sähkön tukkumarkkinoiden hinnan vaihteluihin, samoin kuin Iso-Britanniassa. Irlannin kapasiteettimekanismin vaikutuksista sähkön tukkumarkkinoiden hinnan normaaleihin päivittäisiin vaihteluihin ei löydetty raportissa ”Capacity Market-Final Capacity Auction Results Report” (SEM-O, 2018). Kyseisen kapasiteettimekanismin tavoitteena on myös Iso-Britannian tapaan kapasiteetin niukkuustilanteita varten suunniteltu kapasiteetin turvaaminen.

6.3 Kapasiteettimekanismin käyttöaste Irlannissa ja Iso-Britanniassa

Kapasiteettimekanismien käyttöasteen huomattiin olevan tarkastelujaksolla todella vähäisellä tasolla. Iso-Britanniassa kapasiteettimekanismin käyttö on jäänyt vähäiseksi, sillä yhtään aktivointia kapasiteettimekanismilla ei ole toteutunut vuosien 2018–2024 välillä. Varoitusluonteisia ilmoituksia on annettu, mutta kyseiset tapahtumat eivät ole johtaneet kapasiteettimekanismin aktivointiin. (United kingdom government, 2024) Irlannin kapasiteettimekanismin käyttöaste on jäänyt myös hyvin pieneksi, sillä uusimmassa sääntelyraportissa kapasiteettia on arvioitu käytettävän alle 2,5 prosenttia hankitusta kapasiteetista vuosina 2023 ja 2024. Irlannin kapasiteettimekanismin käytön ajankohdista ja määristä ei löydy tarkempaa tietoa julkisesti. Irlannissa sekä Iso-Britanniassa kapasiteettimekanismit ovat toimineet viimeisinä menetelminä kapasiteetin riittävyydelle. (SEM, 2025)

7 Kapasiteettimekanismin soveltuvuus ja tarve Suomeen

Kapasiteettimekanismin soveltuvuutta ja tarvetta Suomen sähkömarkkinoille on arvioitu monelta eri taholta. Tällä hetkellä Suomessa on käytössä tehoreservijärjestelmä, jolle hankitaan kapasiteettia tarvittaessa. Nykyiselle kaudelle 1.11.2025-31.10.2026 ei hankittu kapasiteettia, sillä sitä ei nähty tarpeelliseksi. Energiavirasto arvioi kahden vuoden välein tarpeen tehoreservin kapasiteetin hankinnalle. (Energiavirasto, 2025b)

Suomessa kapasiteettimekanismin käyttöönottoa ei pidetä perusteltuna, sillä suomalainen sähkömarkkina on yhteydessä pohjoismaisiin sähkömarkkinoihin. Pohjoismaisissa sähkömarkkinoissa on runsaasti käytössä olevaa ydin- ja vesivoimakapasiteettia sekä toimivaksi todettu tehoreservijärjestelmä poikkeuksellisia niukkuustilanteita varten sähkömarkkinoilla. Kustannusvertailua olisi hyödynnettävä myös nykyisen tehoreservijärjestelmän ja kapasiteettimekanismien kannattavuuden arvioinnissa, mikäli haluttaisiin tehdä taloudellista vertailua. (TEM, 2023)

Irlannin ja Iso-Britannian kapasiteettimekanismin kaltaiset ratkaisut eivät vaikuttaneet sähkön tukkumarkkinoiden päivittäisiin sähkönhinnan vaihteluihin. Irlannin ja Iso-Britannian kapasiteetin toimitusvarmuuteen tähtääviä ratkaisuja voitaisiin silti hyvin hyödyntää, mikäli kapasiteettista voisi tulla tulevaisuudessa pula. Irlannin ja Iso-Britannian kohdalla näyttää vaikutukset energy-only-markkinoihin olevan todella vähäiset, kuten kappaleessa 6.2 todettiin. Täysin suoraa seurausta kapasiteettimekanismin vaikutuksista sähkön tukkumarkkinahintoihin ei löydetty analyysissa.

Energiaviraston arviot kapasiteettimekanismin tarpeesta Suomen sähkömarkkinassa vaikuttavat siltä, että lähivuosina ei ole mahdollisesti tarvetta markkinanlaajuiselle kapasiteettimekanismille.

Energiavirasto arvioi, että Suomessa ei ole pulaa sähkötehon riittävyydelle kaudelle 2026. Sähkötehon riittävyyttä oli arvioitu keskimääräisenä säävuonna sekä siirtoyhteyksien ja voimalaitoksien toimiessa keskimääräisellä tasolla. Uudella Aurora Line- rajasiirtoyhteydellä Pohjois-Ruotsin ja Suomen välillä todettiin olevan riittävyyshaasteisiin positiivinen vaikutus. Kyseinen rajasiirtoyhteys valmistuu 2025 aikana. (Energiavirasto, 2025)

Työ- ja elinkeinoministeriön mukaan kapasiteettimekanismin tulisi olla viimeinen ja kallein tapa järjestää kapasiteetin riittävyys. EU-säännökset tekevät kapasiteettimekanismin käyttöönotosta hitaasti käyttöönotettavia sekä niiden täytyisi olla väliaikaisia ratkaisuja. Kapasiteettimekanismin täytyisi täyttää myös päästörajat, jotta fossiilisia ratkaisuja ei tulisi lisää sähkömarkkinoille. Suomen nähdään parhaiten tällä hetkellä hyötyvän markkinaehtoisista joustoratkaisuista, reservimarkkinoiden kehittämisestä ja investoinneista sähköverkkoihin. Laajalle kapasiteettimekanismille ei nähdä tarvetta. (TEM, 2023)

Energiaviraston mediainfossa ”Sähkömarkkinat nyt – katsaus vuoteen 2024” 16.1. 2025 tarkasteltiin Suomen sähkömarkkinoiden tilannetta ja todettiin nykyisen sähkömarkkinamallin toimivan riittävän hyvin ja mahdollisille muutoksille ei nähdä tarvetta. Nykyisen markkinamallin nähdään tähtäävän riittävän tehokkaaseen resurssien käyttöön. Kapasiteettimekanismien ja muiden tukimekanismien käyttöä tulisi ottaa viimeisenä ratkaisuna käyttöön, mikäli ei päästä nykyisellä energy-only-markkinalla ja reservimarkkinoilla haluttuun tilanteeseen. (Energiavirasto, 2025)

Suomen sähkömarkkinoiden kehityksen nähdään vielä toimivan halutulla tavalla energy-only-markkinalla. Tehoreservijärjestelmä sekä reservimarkkinat täydentävät tällä hetkellä riittävästi markkinaa. Kapasiteettimekanismi lisäisi hallinnollista kuormaa sekä mahdollisesti nostaa hintoja kuluttajille, sillä kuluttajat lopulta maksavat kapasiteettimekanismin toiminnan. (TEM, 2023) Tulevaisuudessa kapasiteetin turvaaminen tullaan hoitamaan Suomessa siirtoverkkojen vahvistamisilla sekä markkinaehtoisilla joustoratkaisuilla. (Energiavirasto, 2025)

Suomen sähkömarkkinoiden haasteisiin, kuten korkeaan tukkumarkkinoiden sähkönhinnan volatiliteettiin kapasiteettimekanismista ei todennäköisesti saataisi merkittävää hyötyä, sillä Irlannilla ja Iso-Britannialla ei huomattu vaikutusta tukkumarkkinoiden volatiliteettiin, sillä syynä on todennäköisesti maakaasun käytön aiheuttama hintaa nostava vaikutus. Tällä hetkellä Suomen energy-only-markkinan ja tehoreservijärjestelmän nähdään Työ-ja elinkeinoministeriön, sekä Energiaviraston mukaan riittävän hyvin nykyisessä tilanteessa myös kapasiteetin osalta. Kapasiteettimekanismi nostaisi sähkönkuluttajille koituvia kustannuksia, ja ei vaikuttaisi merkittävästi sähköntoimitusvarmuuteen, joka on jo valmiiksi hyvällä tasolla nykyisillä markkinamekanismeilla.

8 Johtopäätökset

Tässä diplomityössä oli tavoitteena selvittää Euroopan unionin jäsenmaissa käytössä olevien kapasiteettimekanismien soveltuvuutta Suomen sähkömarkkinoille sekä arvioida niiden vaikutusta sähkön tukkumarkkinahintojen volatiliteettiin. Tarkastelussa hyödynnettiin kahdeksan tarkastelussa mukana olleen maan sähkön tukkumarkkinoiden tuntidataa sekä erilaisista lähteistä löydettyjä selvityksiä.

Tutkimuksen perusteella kapasiteettimekanismit eroavat toisistaan merkittävästi rakenteensa puolesta. Kohdennetuissa ratkaisuissa, kuten strategisessa reservissä, hankitaan vain sähköjärjestelmän riittävyyden kannalta välttämätön kapasiteetti, kun taas markkinalaajuisissa ratkaisuissa (esimerkiksi Iso-Britannian kapasiteettimarkkina) tuetaan kaikkia kapasiteetin tarjoajia markkinaehtoisesti. Lisäksi kapasiteettimekanismit voidaan jakaa määrään ja hintaan perustuviin malleihin, joista ensimmäinen asettaa kapasiteettitason etukäteen ja jälkimmäinen määrittää hinnan markkinaehtoisesti kysynnän ja tarjonnan perusteella.

Tutkimustulosten perusteella ei löytynyt selkeää näyttöä siitä, että kapasiteettimekanismit olisivat vähentäneet sähkön tukkumarkkinahinnan vaihtelua. Tarkastelussa mukana olleista maista Irlannissa ja Iso-Britanniassa sähkön hinnan volatiliteetti oli selvästi korkeampaa kuin muissa maissa, vaikka niissä on käytössä kapasiteettimekanismi. Kapasiteettimekanismien käyttöasteet jäivät tarkastelujaksolla todella vähäisiksi. Vähäisen käyttöasteen takia voidaan päätellä, että kapasiteettimekanismia on käytetty oikeaan tarkoitukseen eli kapasiteetin turvaamiseen. Volatiliteettia lisäsivät ennen kaikkea sääriippuvainen tuuli- ja aurinkotuotanto sekä maakaasun käyttö marginaalituotantomuotona. Näiden tekijöiden yhteisvaikutus näkyi erityisesti niukkuus- ja ylituotantotilanteissa, jolloin hinnat vaihtelivat voimakkaasti.

Suomessa sähkönhinnan volatiliteetti on ollut viime vuosina Euroopan unionin korkeimpia, mutta nykyinen sähköjärjestelmä on silti osoittanut toimivuutensa. Tehoreservijärjestelmä ja reservimarkkinat ovat varmistaneet toimitusvarmuuden myös poikkeuksellisissa olosuhteissa sähkömarkkinoiden pysyessä samalla kilpailukykyisinä. Työ- ja elinkeinoministeriön sekä Energiaviraston arvioiden mukaan markkinanlaajuisen kapasiteettimekanismin käyttöönottoa ei pidetä perusteltuna Suomen sähkömarkkinoiden rakenteessa. Suomen

sähköjärjestelmä on vahvasti liittynyt pohjoismaiseen sähkömarkkinaan, ja ydin- sekä vesivoiman ansiosta peruskapasiteettia on runsaasti.

Kapasiteettimekanismin käyttöönotto voisi lisätä sähkön hintaa kuluttajille sekä kasvattaa hallinnollista kuormaa ilman, että toimitusvarmuus paranisi merkittävästi. Euroopan unionin sääntely edellyttää lisäksi, että kapasiteettimekanismit ovat väliaikaisia, kilpailuneutraaleja ja päästörajoihin sidottuja, mikä rajoittaa niiden soveltuvuutta fossiilisen kapasiteetin varaan. Näiden tekijöiden perusteella Suomen sähkömarkkinoilla on tarkoituksenmukaisempaa keskittyä markkinaehtoisten joustojen kehittämiseen, siirtoverkkojen vahvistamiseen ja kysyntäjouston lisäämiseen kuin laajan kapasiteettimekanismin käyttöönottoon.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että Suomen sähkömarkkinat toimivat edelleen energy-only-mallilla, jota täydentävät tehoreservijärjestelmä ja reservimarkkinat. Näiden mekanismien avulla on pystytty varmistamaan sähköjärjestelmän riittävyys ja toimitusvarmuus ilman merkittäviä markkinahäiriöitä. Kapasiteettimekanismille ei nykytilanteessa ole tarvetta, mutta sen tarvetta voidaan arvioida uudelleen, mikäli sähkönkulutus kasvaa huomattavasti ennakoitua nopeammin tai siirtoverkkoinvestoinnit viivästyvät.

Tämän tutkimuksen tulokset tukevat Työ- ja elinkeinoministeriön ja Energiaviraston näkemyksiä siitä, että Suomen sähkömarkkinoiden kehittämisen painopisteen tulisi olla joustojen, varastoinnin ja siirtokapasiteetin parantamisessa. Mikäli kapasiteettia tarvitaan jatkossa lisää, rajatun strategisen reservin laajentaminen olisi todennäköisesti tarkoituksenmukaisempi ratkaisu ennen laajamittaisen kapasiteettimekanismin käyttöönottoa.

Tutkimuksen rajoitteena oli, että sähkönhinnan volatiliteettia tarkasteltiin kuukausitasolla. Tämä soveltuu hyvin hintavaihtelun yleisen kehityssuunnan arviointiin, mutta ei täysin kuvaa lyhytaikaisia tunti- tai päivätason vaihteluita, joissa hintapiikit usein syntyvät. Lisäksi eri maiden sähkömarkkinoiden rakenteelliset erot, kuten siirtoyhteydet, tuotantorakenne ja sääolosuhteet, vaikeuttavat suoraa vertailua ja voivat selittää osan havaituista eroista volatiliteetissa.

Jatkotutkimuksessa olisi tarpeellista tarkastella sähkön hintavaihteluiden syntymekanismeja syvällisemmin, jotta voitaisiin esimerkiksi tehdä tarkempaa laskennallista analyysia sähkönhinnan volatiliteetin aiheuttajista. Kapasiteettimekanismien kustannuksia olisi hyvä vertailla muihin kapasiteettia turvaaviin ratkaisuihin, jotta voitaisiin tarkemmin arvioida kustannustehokkuutta.

Lähteet

Acer. 2023. Resource adequacy framework and capacity mechanisms. Viitattu 3.4.2025. Saatavissa:

https://www.energy-community.org/dam/jcr:0d0e3fb7-4e57-4bd4-9bfa-832ab57105eb/TAIEX_WS_Mr_Vasilis_PAPANDREOU_Resource%20adequacy%20framework%20and%20Capacity%20Mechanisms.pdf

Acer. 2024. Market monitoring report. Viitattu 4.4.2025. Saatavissa:

https://www.ceer.eu/publication/acer-ceer-2024-market-monitoring-report-energy-retail-and-consumer-protection/

AFRY. 2023. Kapasiteettiratkaisuiden arviointi sähkönriittävyyden varmistamiseksi Suomessa. Viitattu 13.3.2025. Saatavissa:

https://www.fingrid.fi/contentassets/847fad4023ae42b2add99fffd0e81bab/kapasiteettiratkaisujen-arvinointi-sahkonriittavyyden-varmistamiseksi-suomessa.pdf

EC.Europa. 2018. Commission approves six electricity capacity mechanisms. Viitattu 5.3.2025. Saatavissa:

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/memo_18_681

EMBER. 2025. European wholesale electricity price data. Viitattu 20.5.2025. Saatavissa:

https://ember-energy.org/data/european-wholesale-electricity-price-data/

Energiateollisuus. 2024. Energiateollisuus ry:n kantapaperi keskusteluun kapasiteettimekanismeista. Viitattu 4.6.2025. Saatavissa:

https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/08/ET-kantapaperi-kapasiteettimekanismit-20240524.pdf

Energiavirasto. 2025. Sähkömarkkinat nyt – katsaus vuoteen 2024. Viitattu 10.10.2025. Saatavissa:

https://energiavirasto.fi/documents/11120570/231687587/Energiavirasto%2Bmediainfo%2B16012025.pdf/f708c2d0-354f-6328-b770-6e75ae715431/Energiavirasto%2Bmediainfo%2B16012025.pdf

Energiavirasto. 2025b. Tehoreservi kapasiteetti kaudelle 1.11.2025 – 31.10.2026. Viitattu 7.10.2025. Saatavilla:

https://energiavirasto.fi/-/energiavirasto-ei-hanki-tehoreservikapasiteettia-kaudelle-1.11.2025-31.10.2026

EU.DK. 2015. Danish response to the sector inquiry into capacity mechanisms. Viitattu 19.9.2025. Saatavilla:

https://www.eu.dk/samling/20151/almdel/EUU/bilag/754/1650569.pdf

European Commission. 2025. Capacity mechanisms. Viitattu 15.7.2025. Saatavilla: https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/capacity-mechanisms_en

Fingrid. 2025g. Sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät Q3 2025. Viitattu 16.7.2025. Saatavilla:

https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/sahkon-tuotannon-ja-kulutuksen-kehitysnakymat/

Fingrid. 2025b. Johdannaismarkkinat. Viitattu 20.4.2025. Saatavilla:

https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyys/johdanto-sahkomarkkinoihin/#sahkon-johdannaismarkkinat

Fingrid. 2025c. Vuorokausimarkkinat. Viitattu 19.4.2025. Saatavilla:

https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyys/johdanto-sahkomarkkinoihin/#vuorokausimarkkinat

Fingrid. 2025d. Päivänsisäisetmarkkinat. Viitattu 18.4.2025. Saatavilla:

https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyys/johdanto-sahkomarkkinoihin/#paivansisaiset-markkinat

Fingrid. 2025f. Reservi- ja säätösähkömarkkinat. Viitattu 18.4.2025. Saatavilla: https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/reservit-ja-saatosahko/#reservilajit

Fingrid. 2023. Fingrid lehti, puhdas sähköjärjestelmä. Viitattu 14.10.2025. Saatavilla: https://www.fingridlehti.fi/puhdas-sahkojarjestelma-vaatii-koko-pohjoismaat-kattavaa-ja-tehokkaampaa-siirtokapasiteettien-laskentaa/

Fingrid. 2025h. Peak load capacity. Viitattu 19.9.2025. Saatavilla:

https://www.fingrid.fi/en/grid/peak-load-capacity/

Fingrid. 2025. Yleistietoa sähkömarkkinoista. Viitattu 20.6.2025. Saatavilla:

https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/yleistietoa-sahkomarkkinoista/?tag=3462&page-Size=5&page=1&language=fi

Fingrid. 2025a. Markkinapaikat kaavio. Viitattu 17.6.2025. Saatavilla:

https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyys/johdanto-sahkomarkki-noihin/

Fingrid. 2025e. Säätösähkö- ja reservimarkkinat. Viitattu 17.6.2025. Saatavilla:

https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyys/johdanto-sahkomarkki-noihin/#saatosahko--ja-reservimarkkinat-

United Kingdom government. 2024. Capacity Market: 10-year review (2019 to 2024).

Viitattu 17.9.2025. Saatavilla:

https://www.gov.uk/government/publications/capacity-market-10-year-review-2019-to-2024

Helsingin yliopisto. 2025. Hajontaluvut. Viitattu 12.8.2025. Saatavilla:

https://www.mv.helsinki.fi/home/mmattila/fsd/hajontaluvut.htm#_Kalvot

Honkapuro, S., Sihvonen, V., Partanen, J., Harsia, P., Kallioharju, K., Kortetmäki, A., Järventausta, P., Repo, S., Remes, L., Ketomäki, J. (2020). Jousto 2035 visio – Energiajärjestelmän jouston tarpeet ja toteutuspotentiaali 2035. LUT Scientific and Expertise Publications - Tutkimusraportit – Research Reports, vol. 115. Viitattu 13.4.2025. Saatavilla:

https://lutpub.lut.fi/handle/10024/161812

Euroopan komissio. 2016. Euroopan komissio, loppuraportti 2016 ”Kapasiteettimekanismeja koskevan toimialakunnan loppuraportti” Viitattu. 14.9.2025. Saatavilla:

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52016DC0752

LRV.LT. 2019. Legal regulation of the capacity mechanism. Viitattu 10.9.2025. Saatavilla:

https://enmin.lrv.lt/en/sectoral-policy/electricity-sector-1/capacity-mechanism/legal-regulation-of-the-capacity-mechanism/

Mitego. 2024. Kuuleminen ja yleisölle tiedottaminen Espanjan niemimaan sähköjärjestelmän kapasiteettimarkkinoiden luomista koskevasta asetusluonnoksesta. Viitattu 19.9.2025. Saatavilla:

https://www.miteco.gob.es/es/energia/participacion/2024/detalle-participacion-publica-k-721.html

Nationalgrid. 2014. Provisional auction results. Viitattu 9.9.2025. Saatavilla:

https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7dd9bde5274a5eb14e7913/Provisional_Results_Report-Ammendment.pdf

OWD. 2024. Electricity mix. Viitattu. 5.9.2025. Saatavilla:

https://ourworldindata.org/electricity-mix

Queen's University Belfast. 2017. The effect of wind generation on wholesale electricity prices in Ireland. Viitattu 5.9.2025. Saatavilla:

/https:/pureadmin.qub.ac.uk/ws/portalfiles/portal/148589488/r_kernan_WIW.pdf

Reilua energiaa. 2025. Karkaavatko sähkömarkkinalla sukset-onko Suomi Irlannin tiellä? Viitattu 15.6.2025. Saatavilla:

https://reiluaenergiaa.fi/syvalla/karkaavatko-sahkomarkkinalla-sukset-onko-suomi-irlannin-tiella/

SEAI.IE. 2025. National energy balance. Viitattu 15.5.2025. Saatavilla: https://www.seai.ie/data-and-insights/seai-statistics/key-publications/national-energy-balance

SEM-O. 2018. Final capacity auction results. Viitattu 15.9.2025. Saatavilla: /https://www.sem-o.com/sites/semo/files/documents/general-publications/Capacity-Market-Final-Capacity-Auction-Results-Report_FCAR1819T-1.pdf

SEM. 2025. Single Electricity Market. Viitattu 12.11.2025. Saatavilla:

https://www.semcommittee.com/files/semcommittee/2025-08/010825%20-%20T-4%202029.30%20Parameters%20Decision%20Paper.pdf

SK. 2025. A future capacity mechanism to ensure resource adequacy in the electricity market. Viitattu 15.9.2025. Saatavilla:

https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2023/a-future-capacity-mechanism-to-ensure-resource-adequacy-in-the-electricity-market.pdf

Stat. 2025. Energy supply and consumption. Viitattu 15.10.2025. Saatavilla: https://stat.fi/en/statistics/ehk

TEM. 2023. Kapasiteettimekanismit. Viitattu 18.8.2025. Saatavilla:

https://tem.fi/documents/1410877/163667670/Kapasiteettimekanismit_TEM+30052023.pdf

TEM. 2025. Sähkömarkkinat. Viitattu 15.3.2025. Saatavilla:

https://tem.fi/sahkomarkkinat

Valtioneuvosto. 2025. Kivihiilen energiakäyttö Suomessa päättyy kevään aikana. Viitattu 15.10.2025. Saatavilla:

https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/kivihiilen-energiakaytto-suomessa-paattyy-kevaan-aikana

Vattenfall. 2025. Sähkön hinta ja hiilijalanjälki kulkevat käsi kädessä. Viitattu 13.6.2025. Saatavilla:

https://www.vattenfall.fi/vastuullisuus/fossiilivapaa-elama-artikkelit/sahkon-hinta-ja-hiili-jalanjalki/