

Kapasiteettiratkaisuiden arviointi sähkönriittävyyden varmistamiseksi Suomessa



Sisällys

Tiivistelmä	3
2. Analyysin perusteella Suomessa on kasvava tarve toimitusvarmalle ja joustavalle kapasiteetille	4
3. Suomen sähköjärjestelmän luotettavuuden ja tehon riittävyyden takaamiseksi tarvitaan uusia ratkaisuja	7
4. Vaihtoehdot, jotka kykenevät tuomaan uusia toimitusvarman kapasiteetin investointeja vastaisivat parhaiten Suomen sähkön riittävyyden haasteisiin	15
5. Soveltuvan ratkaisun käyttöönottoa tulisi edistää nopeasti	18
Liite 1 - Lisätiedot Fingridin ennusteesta ja sähkötehon riittävyysanalyysin metodologiasta	

AFRY MANAGEMENT CONSULTING

Kesäkuu 2023

Oliver Pearce, Director
oliver.pearce@afry.com

Matias Peltoniemi, Manager
matias.peltoniemi@afry.com

AFRY on Euroopan johtavia suunnittelu- ja konsultointiyhtiöitä, joka edistää muutosta kohti kestävämpää yhteiskuntaa. Olemme 19 000 omistautunutta rakennetun ympäristön, teollisuus- ja energia-alojen sekä digitalisaation asiantuntijaa, jotka kehittävät kestäviä ratkaisuja tuleville sukupolville ympäri maailman. AFRY Management Consulting tarjoaa huippuluokan konsultointi- ja neuvontapalveluita, jotka kattavat koko arvoketjun energia-, metsä- ja biopohjaisessa teollisuudessa. Energiatoimintomme on johtava strategisten, kaupallisten, sääntely- ja poliittisten neuvojen tarjoaja Euroopan energiamarkkinoille. Yli 250 asiantuntijasta koostuva energiatiimimme tarjoaa vertaansa vailla olevaa asiantuntemusta nopeasti muuttuvilla energiamarkkinoilla Euroopassa, Lähi-idässä, Aasiassa, Afrikassa ja Amerikassa.

Copyright ©2023 AFRY Management Consulting Oy

Kaikki oikeudet pidätetään

Vastuuvapauslauseke

Tämä raportti on tehty AFRY Management Consulting Oy:n (AFRY) toimesta Fingrid Oy:n käyttöön. Raportti on laadittu noudattaen AFRYn ja Asiakkaan välisen sopimuksen ehtoja. AFRYn tähän raporttiin liittyvä tai siihen perustuva vastuu määräytyy yksinomaan kyseisten sopimusehtojen mukaisesti. AFRYn näkemyksen mukaan tämän julkaisun sisältämät tiedot ovat paikkansapitäviä ja perusteltuja. Tästä huolimatta raporttia tulkitsevien tai käyttävien osapuolten tulee käyttää omaa harkintaansa sekä ammattitaitoaan julkaisun tietojen soveltamisessa. Tämä julkaisu sisältää osittain informaatiota, joka ei ole AFRYn hallittavissa. Näin ollen AFRY ei anna julkaisun perusteella tai siihen liittyen mitään vakuutusta, nimenomaista tai konkludenttista, eikä vastaa sen sisältämien tietojen ja arvioiden oikeellisuudesta. AFRY ei vastaa kolmansille osapuolille tämän julkaisun käyttämisen tai siihen luottamisen perustella aiheutuneesta haitasta taikka mistään välittömästä tai välillisestä vahingosta.

Tiivistelmä

AFRY Management Consulting on toteuttanut vuoden 2023 kevään aikana Fingridin toimeksiannosta tutkimuksen mahdollisista keinoista ja ratkaisuista, joilla voidaan tukea sähkön riittävyyttä Suomessa. Tutkimuksessa (i) arvioitiin tarvetta mekanismeille Fingridin oman sähköntuotannon ja kulutus ennusteen pohjalta; ja ii) esitettiin mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja sähkön riittävyyden tukemiseksi. Tutkimuksen ja ratkaisuvaihtoehtojen aikahorisonttina on vuosi 2030. Tämä raportti esittää yhteenvetona AFRYn selvityksestä. Kiitämme Fingridiä mahdollisuudesta tehdä työ ja hyvästä yhteistyöstä sekä Fingridiä että muita sidosryhmiä, jotka ovat tukeneet tätä työtä aktiivisen osallistumisen ja työpajojen kautta.

Suomen sähköntuotannon rakenne muuttuu huomattavasti seuraavien vuosien aikana. Investointiympäristö uusille vähähiilisille tuotantomuodoille, kuten tuulivoimalle, on Suomessa suosiollinen, mistä johtuen niiden tuotantokapasiteetti kasvaa merkittävästi. Päästöttömän tuotannon kasvu puolestaan sekä tukee teollisuuden investointeja päästöttömään sähkseen perustuviin ratkaisuihin olemassa olevissa prosesseissa että ajaa eteenpäin täysin uuden teollisuuden saapumista Suomeen. Tuuli- ja aurinkovoiman nopea kasvu tarkoittaa samalla, että yhä suurempi osa Suomen sähköntuotannosta tulee olemaan sääriippuvaista. Fingrid arvioi, että kuluvan vuosikymmenen loppuun mennessä tuulivoima kattaa Suomessa tuotetusta sähköstä noin puolet. Sähkön kysynnän odotetaan kasvavan huomattavasti vuosikymmenen jälkipuoliskolla johtuen eri sektoreiden sähköistymisestä hiilineutraalisuustavoitteiden saavuttamiseksi ja uuden teollisuuden kysynnästä.

Nopean kulutuksen ja uusiutuvan sähköntuotannon osuuden kasvun myötä Suomen sähköjärjestelmä tulee tarvitsemaan merkittävästi lisää joustoa, mukaan lukien kulutusjousto. Fingridin ennuste tulevaisuuden Suomen sähköjärjestelmästä ja sähkön riittävyydestä¹ tuo mukanaan mahdollisia haasteita varsinkin kylminä ja tuulettomina ajankohtina. Erityisen haastavia sähkön riittävyyden kannalta olisivat pidemmät jaksot (päivistä viikkoihin), jolloin tuulettomuus yhdistyy kylmään ilmaan ja/tai sähköntuotannon tai -tuonnin häiriöihin. Tarkasteluiden perusteella kulutusjouston oletettu merkittävä kasvu ei riitä välttämättä näissä tilanteissa kattamaan vajetta tuotannon ja kulutuksen välillä.

Suomi on osana Euroopan sähkön sisämarkkinoita tähän asti nojannut vahvasti pelkästään sähköenergiasta käytävään kauppaan perustuvaan markkinamalliin (energy only). Markkinamallin mukaisesti sähkön markkinahinnat ovat ohjanneet ja kannustaneet uusiin sähköntuotantoinvestointeihin ja vaikuttaneet sähkön kulutukseen ja kulutusjoustoihin. Sähkön toimitusvarmuutta ja riittävyyttä on tuettu Suomessa tehoreservijärjestelmällä (kohdennettu kapasiteettimekanismi). Myös sähkön tuonti on ollut merkittävässä roolissa toimitusvarmuuden varmistamisessa. Nykyinen markkinamalli ja siihen liittyvä naapurimaiden välinen resurssien jakaminen ovat olleet menestyksekkäitä sähköjärjestelmän tehokkaan toiminnan takaamisessa, toimitusvarmuuden turvaamisessa, hiilineutraalisuustavoitteiden tukemisessa sekä merkittävien kansantaloudellisten hyötyjen saavuttamisessa. Uuteen kapasiteettiin on myös tehty investointeja Suomessa ilman ylimääräisiä tukia, esimerkkeinä Olkiluoto 3 -ydinvoimala, viime vuosina merkittävästi kasvanut tuulivoima, sekä suuremman kokoluokan sähkövarastot ja muut investoinnit joustoon. On toki huomattava, että osa joustoinvestoinneista hyötyy reservimarkkinoiden kapasiteettimaksuista. Voidaan siis todeta, että nykyiset toimivaksi todetut ja marginaalihinnoitteluun perustuvat sähkön tukumarkkinat ovat taanneet tehokkaan sähkötoimituksen ja tukeneet investointipäätöksiä.

Tulevaisuudessa Suomen sähköjärjestelmässä voi kuitenkin ilmetä pidempiä ajanjaksoja, jolloin tehosta on vajetta (päivistä viikkoihin), kun korkea sähkön kulutus yhdistyy tyneen säähän ja/tai merkittävään häiriöön sähköjärjestelmässä. Tilanteeseen vastaaminen vaatii investointeja toimitusvarmaan ja joustavaan tuotantoon, kulutusjoustoihin tai varastoihin. Ratkaisujen tulisi tarjota joustoa järjestelmään pidempikestoisesti. Tällaisille investoinneille vaikuttaa nykyisessä sähkömarkkinamallissa olevan kuitenkin haasteellista löytää kannattavuutta. Sähkön riittävyyden varmistamiseksi tulevaisuudessa voi olla tarpeen tehdä toimenpiteitä, jotta tarvittavat investoinnit mahdollistuvat ja toteutuvat. Sähkön riittävyyttä tukevilla toimenpiteillä on kuitenkin kustannus yhteiskunnan kannalta ja sähkönkäyttäjille, joten mahdolliset muutokset tulee suunnitella huolellisesti. Suomi ei ole Euroopassa ainoa valtio, joka etsii ratkaisuja sähkön riittävyyden haasteisiin. Esimerkiksi Svenska Kraftnät julkaisi äskettäin raportin kapasiteettimekanismin tarpeellisuudesta Ruotsissa².

AFRY:n raportti esittelee viisi keskusteluun tuotavaa ratkaisuvaihtoehtoa, jotka voivat auttaa Suomen mahdollisen tulevan sähkön riittävyyshaasteiden ratkaisemisessa. Ratkaisuvaihtoehdot ovat yhdistelmä erilaisia toimenpiteitä ja muutoksia, joilla ongelmaa helpotetaan sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Ratkaisuvaihtoehdoista tuodaan raportissa esille sekä hyviä että huonoja puolia, tavoitteena aloittaa jatkokeskustelu mahdollisesta ratkaisusta Suomen sähkön riittävyyden haasteisiin.

1. Sähkötehon riittävyydellä viitataan riittävään määrään saatavilla olevaa sähköä, jolla voidaan vastata kunkin hetken sähkön kulutukseen. Käytännössä tällä tarkoitetaan, että sähköä on saatavilla riittävästi ja toimitusvarmasti kattamaan kotitalouksien, yritysten, teollisuuden, muiden sähkönkäyttäjien, laitteistojen ja järjestelmien sähkötarve ilman toimitushäiriöitä tai -keskeytyksiä.

2. Lisätietoja: Framtidens kapacitetsmekanism för att säkerställa resurstillräcklighet på elmarknaden

1 Analyysin perusteella Suomessa on kasvava tarve toimitusvarmalle ja joustavalle kapasiteetille

SÄHKÖN KULUTUKSEN JA UUSIUTUVAAN ENERGIAAN PERUSTUVAN SÄHKÖN TUOTANNON OLETETAAN KASVAVAN MERKITTÄVÄSTI VUOTEEN 2030 MENNESSÄ

Suomi on asettanut kunnianhimoisen tavoitteen olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteen saavuttaminen vaatii merkittäviä edistysaskelia nykyisen hiili-intensiivisen teollisuuden hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä ja sähköistymisen etenemistä varsinkin lämmityksen ja liikenteen osalta. Samaan aikaan energiasektorin murros luo mahdollisuuksia uudelle, uusiutuvaan sähköntuotantoon tukeutuvalle teollisuudelle, kuten vedyn tuotantolaitoksille, datakeskuksille ja sähkövarastoille, luoden taloudellista hyötyä yhteiskunnalle.

Kuvassa 1 on kuvattu Fingridin ennusteen mukainen merkittävä ja voimistuva kasvu Suomen sähkön kulutuksessa vuosikymmenen loppuun saakka. Suurin osa kasvusta perustuu kasvavaan sähkön kulutukseen olemassa olevaan ja uuteen teollisuuteen.

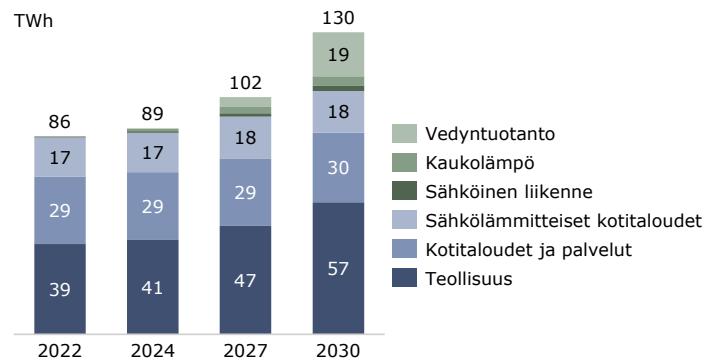
Kasvavaan sähkön tarpeeseen vastataan lähinnä uusiutuvan sähköntuotannon lisäyksellä Suomessa (kuva 2). Arvion mukaan tuulivoima yksinään tuottaa puolet sähköenergiasta vuonna 2030.

ENERGIAMURROS VAATII LISÄÄ JOUSTAVUUTTA SÄHKÖJÄRJESTELMÄLTÄ – TOIMITUSVARMAA JA JOUSTAVAA TUOTANTOKAPASITEETTIA, JOUSTAVAA KULUTUSTA TAI VARASTOJA

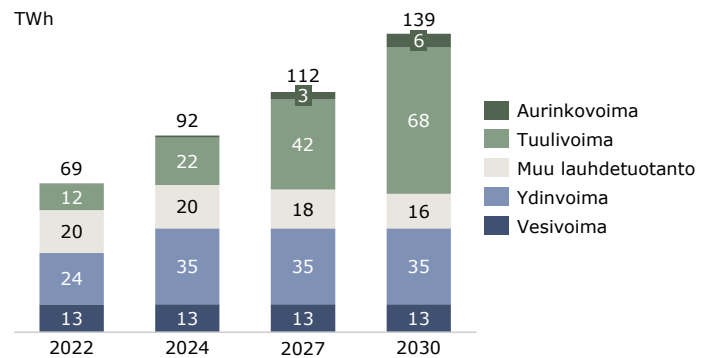
Sähkön pitkäaikainen varastointi suurissa määrin ei ole vielä taloudellisesti kannattavaa. Kulutuksen ja tuotannon tulee siksi olla aina tasapainossa sähköjärjestelmässä. Tasapainon ylläpitäminen vaatii sähköjärjestelmältä joko lisää toimitusvarmaa ja joustavaa sähköntuotantokapasiteettia tai lisääntyntä joustavuutta sähkön kuluttajilta. Lyhytkestoisten sähköpulatilanteiden ratkaisemiseksi joustot olemassa olevasta ja uudesta teollisuudesta ja kotitalouksista sekä sähkövarastot ovat avainroolissa. Fingridin ennusteen mukaan kulutusjouston määrä kasvaa huomattavasti nykytasosta. Koko Suomen sähköjärjestelmätason tarkastelun lisäksi on syytä huomioida, että uuden tuotannon ja kulutuksen sijainnilla on kasvava merkitys Suomen sähköjärjestelmässä, jotta merkittävilta sähköverkon pullonkauloilta ja toimitushäiriöiltä vältytään.

Tehovajeen odotusarvo (englanniksi Loss of Load Expected, LOLE) osoittaa keskimääräisen tuntien määrän, jolloin sähkön tuotannon voidaan olettaa olevan riittämätön kattamaan sähkön kulutus. Energiavirasto

KUVA 1: SUOMEN SÄHKÖN KULUTUKSEN KEHITYS VUOTEEN 2030 SAAKKA. Lähde: Fingrid⁵



KUVA 2: SUOMEN SÄHKÖNTUOTANNON KEHITYS VUOTEEN 2030 SAAKKA. Lähde: Fingrid⁶.



on asettanut resurssien riittävyttä mitattaessa tälle indikaattorille Suomessa arvon 2,1 tuntia vuodessa. Taulukot 1a ja 1b kuvaavat tämän indikaattorin avulla, että haasteita sähkön riittävydessä alkaa ilmetä Suomessa vuosikymmenen loppupuolella. Fingridin ennusteen mukaan LOLE-arvot nousevat lähelle Energiaviraston asettamaa rajaa vuonna 2030, mikä osoittaa, että sähkön riittävyys alkaa olemaan haasteellisempaa jopa ilman merkittäviä häiriötekijöitä sähköntuotannossa (taulukko 1a). LOLE-arvo nousee asetetun rajan yläpuolelle, mikäli Suomen sähköjärjestelmässä on merkittäviä häiriöitä tuotantopuolella tai rajoitteita kulutusjoustopuolella. Haaste korostuu sellaisina säävuosina, jolloin on epäsuotuiset sääolosuhteet (kylmää ja tuuletonta, taulukko 1b). Liite 1 sisältää lisätietoja Fingridin ennusteesta.

3 Lisätietoja AFRY:n raportissa "Hiilineutraalisuustavoitteen vaikutukset"

4 Fingridin ennuste on skenaario seuraavalle kymmenelle vuodelle Fingridin näkemyksen mukaisesta Suomen sähköjärjestelmästä. Sitä käytetään verkkojärjestelmän kehitykseen. Liitteessä 1 lisätietoja.

5 Vedyntuotanto = Vihreän vedyn tuotantolaitosten elektrolyysit, Kaukolämpö = Lämpöpumput ja sähkökattilat yhdistettynä kaukolämpöverkkoon. Lähde: Fingridin ennuste Q2/2022

6 Muu lauhdetuotanto = Hiili, maakaasu ja turve. Lähde: Fingridin ennuste Q2/2022. Ennusteet on päivitetty Q4/2022, mutta tämä tutkielma on tehty Q2/2022 arvoilla

7 Lisätietoja: Resource adequacy assessment until 2033

TAULUKKO 1. TEHOVAJEEN ODOTUSARVOT ERI SÄHKÖJÄRJESTELMÄN TILANTEISSA FINGRIDIN ENNUSTEEN MUKAISESTI.

Lähde: Fingrid⁸

1a. Suomen sähköjärjestelmän tehovajeen odotusarvo keskimääräisissä sääolosuhteissa (tuntia/vuosi)

Tarkasteltu tilanne	2024	2027	2030
Fingridin ennuste	0,2	0	1,9
Olkiluoto 3 ei käytössä	4,4	9	29
Ei tuontia Keski-Ruotsista	3,5	4,2	20
Rajoitettu jousto: Kotitaloudet	0,2	0,5	4
Rajoitettu jousto: Teollisuus	0,2	0	2,2
Rajoitettu jousto: Teollisuus + vedyntuotanto	0,2	0	62
Rajoitettu jousto: Teollisuus + kaukolämpö	0,2	4	35

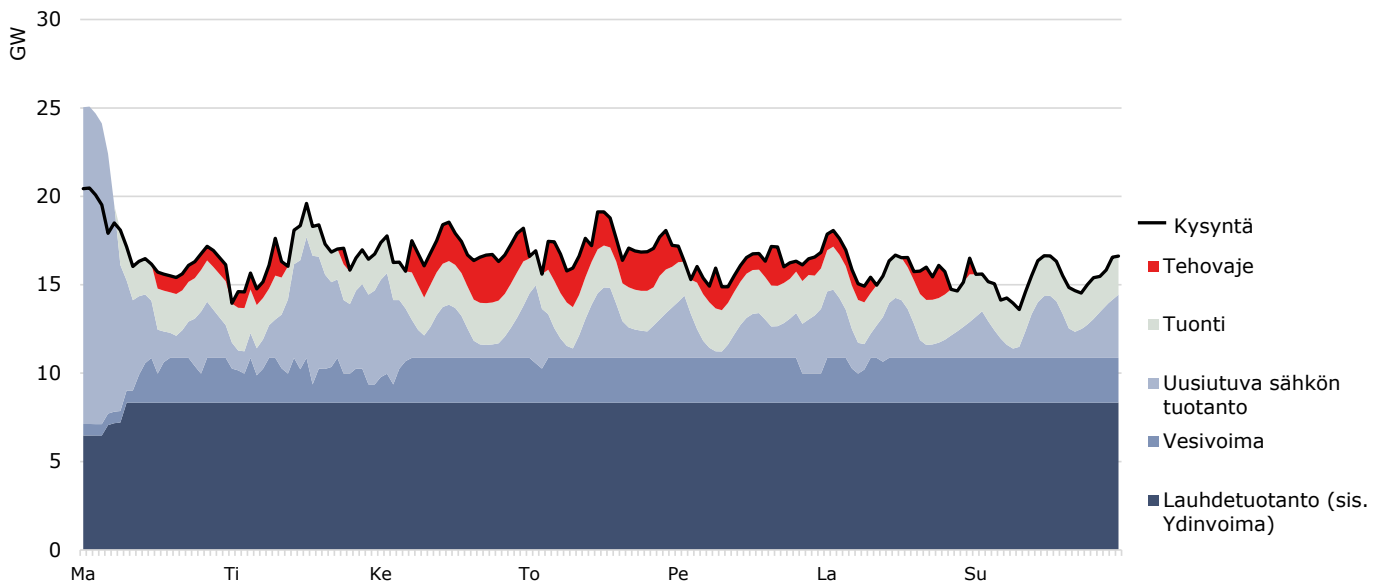
■ ≤2h/v
■ >2h/v nouseva skaala

1b. Suomen sähköjärjestelmän tehovajeen odotusarvo kolmena haastavana historiasävyvuotena (tuntia/vuosi)

Tarkasteltu tilanne	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Fingridin ennuste	2	0	0	0	0	6	19
Olkiluoto 3 ei käytössä	29	24	17	39	63	144	149
Ei tuontia Keski-Ruotsista	21	21	0	21	30	68	117
Rajoitettu jousto: Kotitaloudet	2	0	0	1	9	21	27
Rajoitettu jousto: Teollisuus	2	0	0	0	0	11	21
Rajoitettu jousto: Teollisuus + vedyntuotanto	2	0	0	0	5	17	171
Rajoitettu jousto: Teollisuus + kaukolämpö	2	11	0	21	44	122	168

KUVA 3. SUOMEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄN TILA ESIMERKKIVIIKKONA VUONNA 2030, JOLLOIN VÄHÄINEN TUULIVOIMAN TUOTANTO JA HÄIRIÖ SUOMEN JA KESKI-RUOTSIN VÄLISESSÄ RAJASIIRTOYHTEYDESSÄ.

Lähde: Fingrid



Kuva 3 esittää käytännön esimerkin Fingridin ennusteen mahdollisesta haastavasta säävuodesta vuonna 2030: kylmänä talviviikkona yhdistyy korkea kulutus, tyyni sää sekä rajasiirtokapasiteetin häiriötilanne. Tilanteessa tarvitaan joustavuutta useille peräkkäisille päiville. Huolimatta merkittävästä määrästä kulutusjoustoja, sähkö tuotanto ei kykene kaikkina hetkinä vastaamaan joustamattomaan sähkön kulutukseen, mikä johtaa sähköntoimituskatkoihin.

Esimerkki havainnollistaa, että tilanne voi kestää päivistä viikkoihin, luoden tarpeen toimitusvarmalle ja joustavalle tuotantokapasiteetille, joka voi tarvittaessa tukea sähköjärjestelmää. Tällainen suhteellisen harvinainen, mutta haasteellinen säätapahtuma yhdistettynä vaikeasti ennustettavaan häiriöön sähköjärjestelmässä, on investointien kannalta haasteellinen yhtälö ja vaikeuttaa Suomen sähkön riittävyyden varmistamista nykyisellä markkinamallilla.

⁸ Taustaoletuksia selvennetty lisää liitteessä 1

TYÖ JA ELINKEINOMINISTERIÖ

- Vastuussa Suomen sähkön riittävyydestä
- Vastaa lainsäädännöstä koskien energiemarkkinoita ja kansallista toimitusvarmuutta
- Vastaa EU lainsäädännön täytäntöönpanosta kansallisella tasolla
- Vastuussa kansalaisille kommunikoinnista sähköpulan tilanteissa

ENERGIAVIRASTO

- Arvioi kansallista sähköriittävyyttä vuosittain
- Määrittelee kapasiteettivaatimukset tehoeserville ja kilpailuttaa vaadittavan kapasiteetin
- Hyväksyy tehoeservien käyttö säännöt
- Valvoo kapasiteettimekanismien lainvoimaisuutta

HUOLTOVARMUUSKESKUS

- Vastuussa valmiussuunnitelmasta koskien hätä- ja häiriötiloja
- Hallinnoi energian toimitusta kriisitilanteissa

FINGRID

- Operoi kantaverkkoa ja ylläpitää reaaliaikaista tehotasapainoa
- Vastaa tehoeservijärjestelmän operoinnista ja mahdollisista aktivoinneista tarvittaessa
- Kerää rahoituksen tehoeservijärjestelmälle
- Kommunikoi kohonneesta sähköpulan riskistä ja tilanteen kehittymisestä
- Leikkaa sähkön kulutusta viimeisenä toimenpiteenä sähköjärjestelmän toimivuuden takaamiseksi

UUSIA TYÖKALUJA TARVITAAN RIITTÄVÄN SÄHKÖNTUOTANNON TAKAAMISEKSI HÄIRIÖTILANTEISSA

Työ- ja elinkeinoministeriö on päävastuussa sähkön riittävyyden takaamisesta Suomessa. Tästä syystä sähkömarkkinamallia ja siihen liittyviä mahdollisia työkaluja ohjataan poliittiselta tasolta. Energiavirastolla, Huoltovarmuuskeskuksella ja Fingridillä on lisäksi omat roolinsa ministeriön ohjeistuksen mukaisesti (kuva 4). Käytännön tasolla operationaaliset vastuut ja tehtävät on edelleen hajautettu kuluttajille, tuottajille ja muille tahoille, kuten esimerkiksi jakeluverkonhaltijoille, jotka ovat vastuussa mahdollisista sähkön kulutuksen rajoitustoimenpiteistä.

Suomi osana Euroopan sähkön sisämarkkinoita on tähän asti nojannut vahvasti pelkästään energiakauppaan perustavaan markkinamalliin. Markkinamalli on ohjannut ja kannustanut uusia investointeja sähköntuotantoon ja -kulutukseen. Käytännössä sähkön markkinahinnat ovat siis ohjanneet investointeja. Sähkön toimitusvarmuutta ja riittävyyttä on tuettu tehoeservijärjestelmällä sekä merkittävällä määrällä sähköntuotia. Nämä järjestelyt

ovat olleet menestyksekkäitä hiilineutraalisuustavoitteiden tukemisessa ja taloudellisten hyötyjen tehokkaassa luomisessa.

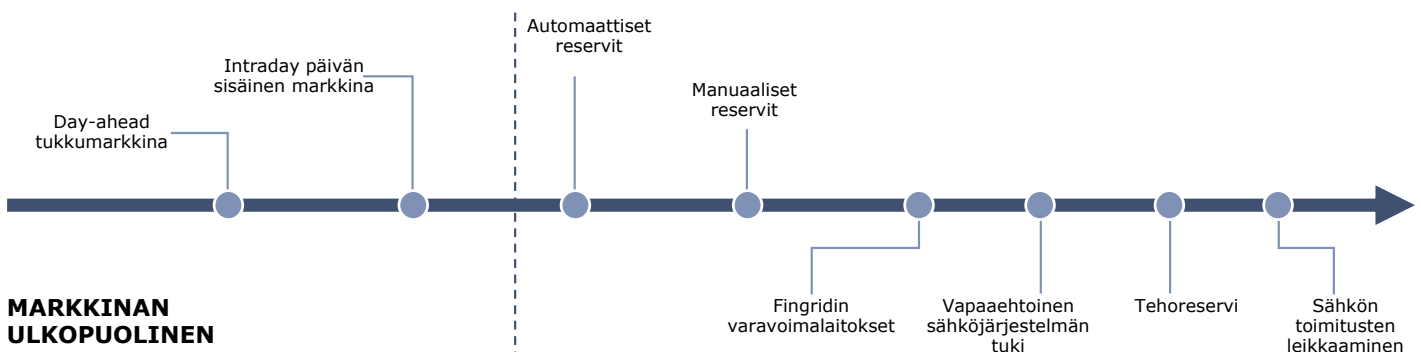
Viimeaikaiset tapahtumat, etenkin energiakriisi, ovat korostaneet energiaturvallisuuden tärkeyttä. Samalla tapahtumat ovat myös osoittaneet, että korkeat ja vaihtelevat sähkön hinnat aiheuttavat vastustusta sähkönkäyttäjissä ja yhteiskunnassa. Lisäksi nykyinen tehoeservijärjestelmä Suomen toimitusvarmuuden turvaverkkona on muuttunut haasteellisemmaksi, sillä se mitoitetaan keskiarvojen mukaisesti eikä näin vastaa kovinkaan hyvin harvinaisempiin, yllättävämpiin ja pidempikestoisiin tilanteisiin. Nykymuotoisenaan Suomen tehoeservijärjestelmästä on tullut verrattain kallis ja epätehokas.

Kuva 5 luo yleiskuvan tämänhetkisiin sähkön markkinapaikkoihin ja työkaluihin, joita Fingridillä on käytössä sähkön tuotannon ja kulutuksen tasapainottamiseen. Kiertävät sähkökatkot ovat viimeinen keino järjestelmän tasapainotukseksi.

KUVA 5. NYKYISIÄ TYÖKALUJA SÄHKÖN TUOTANNON JA KULUTUKSEN TASAPAINOTTAMISEKSI AIKAJANALLA

MARKKINAEHTOINEN

REAALIAIKAINEN OPEROINTI



2 Suomen sähköjärjestelmän luotettavuuden ja sähkön riittävyysongelmien tukemiseksi tarvitaan uusia ratkaisuja

Edellä kuvatun haasteen ratkaisemiseksi on tunnistettu viisi alustavasti toteuttamiskelpoiseksi ja nykyiseen sääntely-ympäristöön sopivaksi arvioitua ratkaisuvaihtoehtoa (kuva 7). Esitetyt ratkaisuvaihtoehdot pyrkivät vastaamaan monipuolisesti sellaisiin sähkön riittävyysongelmiin, jotka voivat kestää tunneista useisiin viikkoihin. Esitetyissä ratkaisuvaihtoehdoissa kulutusjousto ja sähkön tuotantokapasiteetti otetaan huomioon yhdenvertaisesti eli ratkaisuvaihtoehdot ovat teknologianeutraaleja. Huomioitavaa on, että kaikki esitetyt ratkaisuvaihtoehdot eivät suoraan ole Euroopan Unionin regulaatioympäristön kapasiteettimekanismeja (EU:n ehdotus uudesta kulutusjoustotuotteesta, rajatut verkonkäyttöoikeudet sekä suorat investointituet). Tässä työssä esiintuotujen ratkaisuvaihtoehtojen lisäksi on olemassa myös muita mahdollisia sähkön riittävyttä tukevia ratkaisumalleja (esimerkiksi kahdensuuntaiset hinnanosopimukset, pakolliset sähkövarastot vaihteleville sähköntuotantomuodoille tai hajautetut toimitusvarmuusoptiot), joita on harkittu, mutta ei tuotu jatkokeskusteluun johtuen niiden rajoittuneista mahdollisuuksista vastata tunnistettuun sähkön riittävyysongelmien haasteeseen, sääntelyteknisistä syistä tai vaaditusta toteutusaikataulusta.

ESITETYT RATKAISUVAIHTOEHDOT OTTAVAT HUOMIOON TIUKAN SÄÄNTELY-YMPÄRISTÖN JOKA LUO RAJOITTEITA MAHDOLLISILLE SÄHKÖN RIITTÄVYYTÄ TUKEVILLE RATKAISUILLE

Nykyisen Euroopan Unionin sääntelyn mukaisesti pelkkään energiakauppaan perustuvat markkinat ovat ensisijainen ratkaisu riittävän sähkön toimituksen varmistamiseksi. Nykyisen sääntelyn mukaisesti sähkön

riittävyysongelmat tulisi ensisijaisesti ratkaista sähkö- ja reservimarkkinamuutoksilla. Käytännössä sähkön riittävyysongelmat tulisi näin ollen ratkaista poistamalla mahdollisia vääristymiä regulaatioissa ja mahdollisia hintakattoja, rajasiirtokapasiteettien kasvattamisella, varmistamalla markkinaperusteinen reservituotteiden hankinta sekä poistamalla mahdollisia hintasääntelyjä.

EU säännösten mukaan erityistä kapasiteettimekanismia tulisi harkita vasta silloin, kun edellä mainitut mahdolliset vääristymät ovat korjattu. Kapasiteettimekanismi tulee suunnitella siten, että se ratkaisee vain erikseen määritetyn ongelman. Lisäksi mahdollinen mekanismi tulee mitoittaa todennetun riittävyysarvioinnin mukaisesti, ottaen huomioon Euroopan Unionin valtioneuvoston sääntely ja EU:n raamit kapasiteettimekanismeille (kuva 6). Yleisesti kapasiteettimekanismit vaativat Euroopan komission hyväksynnän. Komissiolla on mahdollisuus evätä mekanismi, mikäli se ei täytä edellä mainittuja vaatimuksia.

KUVA 6: EU:N RAAMIT KAPASITEETTMEKANISMEILLE
Lähde: AFRY:n tiivistelmä EU regulaatiosta 2019/943

KAPASITEETTIMALLIEN RAJOITUKSET

Tehoreservi ensimmäinen vaihtoehto	
a.	Vaatus selvitää ensiksi, voiko tehoreservijärjestelmä ratkaista sähkönriittävyysongelman
b.	Vain jos se ei ole mahdollista , voidaan muunlaisia ratkaisuja harkita
CO ₂ rajoitukset	
Uusi	Tuotantokapasiteetti joka on tullut käyttöön 2019 heinäkuun jälkeen ei tule aiheuttaa yli 550g CO₂ per kWh päästöjä fossiilisista polttoaineista.
Vanha	Heinäkuusta 2025 eteenpäin tuotantokapasiteetti joka oli käytössä ennen heinäkuuta 2019, ei saa osallistua mikäli aiheuttaa: <ul style="list-style-type: none">- Enemmän kuin 550g CO₂ per kWh, fossiilisista polttoaineista- Enemmän kuin 350kg CO₂ per asennettu kWe, fossiilisista polttoaineista

KAPASITEETTIMALLIEN PERUSOLETUKSET

Vaatuksia kapasiteettimekanismeille	Väliaikainen ratkaisu
	Ei saa aiheuttaa vääristymiä markkinoihin tai rajoittaa rajasiirtoja
	Ei saa ylittää määritetyn tehovajeen tarvetta
	Kapasiteetintarjoajien valinta tulee olla läpinäkyvää, syrjimätöntä ja kilpailullinen prosessi
	Kapasiteetintarjoajille tulee tarjota kannusteita olla käytettävissä järjestelmän sitä tarvittaessa
	Kapasiteettimaksut tulee määrittää kilpailullisesti
	Kapasiteetin kilpailutusprosessin tekniset vaatimukset tulee julkistaa etukäteen
	Kaikkien teknisesti kykenevien resurssintarjoajien tulee saada osallistua

RATKAISU 1

EU:n ESITYS: KULUTUSJOUSTON HUIPUNASAUSTUOTE

- Uusi markkinatuote lisäkulutusjouston kannustamiseksi
- Pyrkii helpottamaan/estämään sähköpulaa vähentämällä sähkön käyttöä kulutushuippuina

RATKAISU 2

RAJATUT VERKONKÄYTTÖOIKEUDET SÄHKÖPULATILANTEISSA

- Markkinaperusteinen ja vapaaehtoisuuteen perustuva työkalu Fingridille sähkön toimitusrajoitusten priorisoitiin järjestelmän häiriötilanteissa
- Pyrkii helpottamaan sähköriittävyysaasteita reaaliajassa leikkaamalla nopeasti ja keskitetysti kulutusta

RATKAISU 3

VÄLIAIKAINEN KANSALLINEN KRIISIRESERVI

- Kansallinen markkinoiden ulkopuolinen reservi, johon hankittaisiin tarvittava määrä toimitusvarmaa ja joustavaa kapasiteettia. Mahdollisuus jälleenmyydä laitteistoja myöhemmin, jos tilanne helpottuu
- Pyrkii luomaan nopeasti käyttöön otettavan väliaikaisen ratkaisun sähkönriittävyden turvaamiseksi määritellyissä poikkeusoloissa (lopullinen määritelmä vielä epäselvä), kunnes pitkäjänteisempi ratkaisu on paikallaan

RATKAISU 4

KOHDENNETUT RATKAISUT UUSIEN INVESTOINTIEN TUKEMISEKSI

- Kansallisen tukimekanismin perustaminen huutokauppaperusteisille kapasiteettikorvauksille, joilla pyritään kannustamaan uusia investointeja toimitusvarmaan ja joustavaan tuotantoon, kulutusjoustoon, tai nykyisten laitteistojen ja järjestelmien päivityksiin
- Pyrkii kasvattamaan tulevaisuuden sähköjärjestelmän toimitusvarmuutta ja joustavuutta

RATKAISU 5

MARKKINANLAAJUISET RATKAISUVAIHTOEHDOT

- Kapasiteettiratkaisu, joka pyrkii turvaamaan sähköriittävyyttä varmistamalla toimitusvarmaa kapasiteettia olemassa olevan ja uusien investointien sekoituksena
- Markkinalajuisen ratkaisuun voidaan hyödyntää toimitusvarmuusoptioita, joilla voidaan sekä kannustaa markkinaperusteisesti kapasiteettitarjoajia olemaan käytettävissä järjestelmän sitä vaatiessa, sekä suojaamaan sähkön kuluttajia hintapiikeiltä

AFRYn esittämät ratkaisuvaihtoehdot tukevat tulevaisuuden sähköjärjestelmän joustavuutta ja sähkön riittävyttä Suomessa.

EU:n ESITYS: KULUTUSJOUSTON HUIPUNTASAUSTRUOTE

EU:n esitys kulutusjouoston huipuntasaustuotteesta kulutshuippujen leikkaamiseksi: tavoitteena tuoda markkinoille sellaista kulutusjoustoja, joka tällä hetkellä ei toimi aktiivisesti tai markkinaperusteisesti

Euroopan Komissio järjesti alkuvuodesta 2023 yleisen kuulemisen tulevaisuuden sähkömarkkinamallista, joka johti Komission ehdotelmaan sähkömarkkinasäätelyn muutoksista. Sekä kuulemisessa että sääntelyehdotuksessa tuodaan esille uusi työkalu "huipuntasaustuote". Komission mukaan uusi työkalu voisi edesauttaa kulutuksen vähentämistä kulutshuippujen aikaan tai kulutuksen siirtoa pois näiltä ajoilta. Komission ehdotuksessa tuote olisi kantaverkkoyhtiön hankkima järjestelmäpalvelutuote.

Tämänkaltaisen tuotteen toteutukseen liittyy merkittäviä epävarmuustekijöitä. Nykyisessä sähkömarkkinamallissa, sekä käytännön tasolla Suomessa, kulutusjoustoja ilmenee laajasti jo markkinaperusteisesti sähkön tukkuhintojen ohjaamana. Tästä syystä taloudellisesti kannattavan ja järjestelmää tehostavan tuotteen kehittäminen kulutusjouston ympärille on haasteellista ja voi aiheuttaa tehotonta kulutusjouston siirtoa markkinapaikalta toiselle tai tarpeettomia kapasiteettimaksuja.

Fingridin ennuste Suomen tulevaisuuden sähköjärjestelmästä olettaa korkeaa markkinaperusteista kasvua kulutusjoustopuolella, nykyisestä 800 MW:sta peräti 7300 MW:iin vuoteen 2030 mennessä. Lisääntyvästä kulutusjoustopuolesta huolimatta arvioidaan sähkön riittävydessä voivan esiintyä haasteita, varsinkin häiriötilanteissa tai pitkäkestoisissa haastavissa sääolosuhteissa. Esitetyn kaltainen kulutusjoustopuote voisi kannustaa ja tukea sellaisen lisäkulutusjoustopuotteen tuomista markkinoille, joka ei tällä hetkellä toimi markkinasignaalien ohjaamana (esim. kiinteähintaisilla sopimuksilla olevaa

kulutusta, kulutusjoustoja, jolla on rajoittunut pääsy markkinoille esim. pienen koon vuoksi, tai muuta vastaavaa epäaktiivista joustokykyistä kulutusta). Tukeminen tapahtuisi tässä tapauksessa kapasiteettimaksujen tarjoamisella järjestelmään hyväksytyille kulutusjoustopuotteen tarjoajille.

Mikäli tämänkaltaisen kulutusjoustopuotteen otettaisiin käyttöön, se tulisi suunnitella huolellisesti, jotta ei päädyttäisi epätehokkaasti siirtämään kulutusjoustoja markkinapaikalta toiselle. AFRYn näkemyksen mukaan tehokkaampi tapa ohjata kulutusjoustopuotteen käyttäytymistä ja aktivointia voitaisiin toteuttaa seuraavien muutoksien esitettyyn malliin:

- Kulutusjoustopuotteen kapasiteettia hankitaan huutokauppaperusteisesti, taaten hyväksytyille tarjoajille kapasiteettikorvausta luotettavan joustopuotteen tarjoamisesta järjestelmän sitä vaatiessa.
- Ensisijaisesti kulutusjoustopuotteen tulisi osallistua sähkön tukkumarkkinoille ja reagoida sähkön hintasignaaleihin. Mikäli sopimuksenalainen kulutusjousto ei kuitenkaan aktivoituisi tukkumarkkinoilla, olisi Fingridillä oikeus pyytää kulutusjoustopuotteen aktivointia lähellä sähkön toimitushetkeä, mikäli järjestelmä sitä vaatisi.
- Mikäli sopimuksen alaisista kulutusjoustopuotteen aktivointia Fingridin pyynnöstä, sille ei maksettaisi erillistä energiakorvausta aktivoinnista. Kapasiteettikorvaukset maksettaisiin kaikissa tapauksissa.
- Ylläkuvatusta johtuen sopimuksen alaisella kulutusjoustopuotella olisi kannuste osallistua sähkön tukkumarkkinoille ja seurata hintasignaaleja saadakseen korvausta aktivoinnista (vähennyksiä sähkön hankintakustannuksissa).
- Kulutusjoustopuotteen tulisi mitata vertailukohtametodologialla (baseline menetelmä), jolla voidaan verrata kulutuksen vähennystä oletettuun kulutuksen määrään ja näin validoida ja määrittää aktivointi.

EU:N ESITYS KULUTUSJOUSTON HUIPUNTASAUSTRUOTTEESTA: KANNUSTE KULUTUSJOUSTON OSALLISTAMISELLE JA TOIMITUSVARMUUDEN PARANTAMISELLE



9. Lopullinen muotoilu ja voimaantulo epävarma. Lisätietoja: Asetusten sekä direktiivien muuttamisesta unionin sähkömarkkinoiden rakenteen parantamiseksi

RAJATUT VERKONKÄYTTÖOIKEUDET SÄHKÖPULATILANTEISSA

Rajattu verkkokäyttöoikeus sähköpulatilanteissa: markkina- ja vapaaehtoinen työkalu sähkön toimitusrajoitteiden priorisointiin reaaliajassa sähkövajeen kontrolloimiseksi

Suomen sähköverkon kantaverkkosopimukset ovat tällä hetkellä yleisesti joustamattomia, lukuun ottamatta järjestelmäturvallisuuteen liittyviä tilanteita. Näin ollen verkkokäyttäjät voivat yleisesti ottaen käydä kauppaa, tuottaa sähköä ja kuluttaa sähköä omien valintojen mukaan. Tämän seurauksena markkinat eivät suoraan ohjaa mahdollisten sähkön toimitusrajoitteiden priorisointia reaaliajassa. On syytä kuitenkin nostaa kaksi tärkeää huomiota nykytilanteesta:

1. Suomessa on jo merkittävä määrä kulutusjoustoja, joka toimii markkinaperusteisesti olemassa olevilla markkinapaikoilla.
2. Nykyiset verkkokäyttöoikeudet (kantaverkkosopimukset) ovat osittain joustavia tilanteissa, joissa sähköverkon operationaalinen turvallisuus vaatii sähkön toimitusrajoituksia.

Rajatut verkkokäyttöoikeudet antaisivat sähkön käyttäjille mahdollisuuden tarjota reaaliaikaista joustavuutta kompensatiota, esimerkiksi edullisempaa siirtotariffia, vastaan. Lopullisessa mallissa tulisi harkita, onko tämänkaltaista joustomahdollisuutta kannattavaa rajata vain kantaverkkoon kytketyille kulutuspisteille. On oletettavaa, että sähkönjakeluverkkoon liittyneet kuluttajat, kuten kotitaloudet, tarvitsevat rajattoman verkkokäyttöoikeuden, sillä mahdollinen priorisointu sähkön toimituksen leikkaus vaatii kuluttajalta hyvää ymmärrystä järjestelmän tilasta ja toimituksen leikkauksen vaikutuksista kulutuskohteelle. Tästä huolimatta vapaaehtoista joustavuutta myös jakeluverkon käyttöoikeuksissa esimerkiksi aggregoinnin kautta tulisi harkita. Järjestely vaatisi kantaverkko- ja jakeluverkkoyhtiöiden yhteistyötä.

Huomionarvioista on, että tämänkaltaisen järjestely voi johtaa korkeisiin ylläpitokustannuksiin sekä mahdollisesti kohonneisiin rajoittamattomien oikeuksien kustannuksiin. Kustannusten epätasainen jako voi aiheutua, jos suuri määrä verkkokäyttöoikeuksista siirtyisi rajattuihin ja joustaviin sopimuksiin, mikäli toimitusleikkauksien riski koetaan pienenä.

RAJATUT VERKONKÄYTTÖOIKEUDET SÄHKÖPULATILANTEISSA: TYÖKALU SÄHKÖN TOIMITUSRAJOITTEIDEN PRIORISOINTIIN REAALIAJASSA



Väliaikainen kriisireservi: nopeasti käyttöön otettava järjestelmä, jolla taataan sähkön riittävyys ennen pidempiaikaisen ratkaisun voimaantuloa

NYKYINEN TEHOESERVIJÄRJESTELMÄ TIENSÄ PÄÄSSÄ?

Sähkön riittävyyden takaamiseksi Suomi on tähän asti tukeutunut tehoeservijärjestelmän toimitusvarmuuden ylläpitämiseksi tilanteissa, joissa markkinaehtoinen sähkön hankinta ei vastaisi sähkön kulutusta. Tehoreservin koko on vaihdellut 300 MW ja 600 MW välillä. Vuosina 2023–2024 tehoeservin määrä on 0 MW. Järjestelmään hyväksytyt reservit eivät ole voineet osallistua sähkön tukkumarkkinoille. Tämä periaate voi johtaa tilanteisiin, jossa markkinahinnat kohoavat vähentyneen tarjonnan myötä, jos kapasiteettia siirtyy tukkumarkkinoilta reserviin. Tehoreservien tulee kyetä tuottamaan sähköä 200 tunnin ajan tehoeservikauden aikana. Tehoreservijärjestelmä pyrkii lähtökohtaisesti varmistamaan toimitusvarmuutta haastavissa tilanteissa olemassa olevan tuotantokapasiteetin tai kulutusjouoston avulla, eikä niinkään tue uusia investointeja. Tässä raportissa esitetyn ongelman näkökulmasta tehoeservit eivät näin ollen ratkaise Suomen sähköjärjestelmän tulevaisuuden haasteita.

Vuonna 2019 Euroopan Unionin sääntely-ympäristössä tapahtuneiden muutosten vuoksi Suomen tehoeservijärjestelmästä on tullut vaikeammin operoitava ja kustannustehottomampi yhteiskunnan kannalta. Sääntelymuutosten jälkeen tehoeservin aktivoinnin tulee tapahtua viimeisenä keinona tukkumarkkinoiden ja säätösähkömarkkinoiden jälkeen, lopullisen aktivointipäätöksen tapahtuessa tällöin hyvin lähellä toimitushetkeä. Lisäksi on määrätty, että tehoeservien aktivointi tulee myydä tasesähkönä ja hinnoitella sähköpulan aiheuttaman haitan arvolla (8000 €/MWh) tai päivänsisäisten markkinoiden (Intraday) teknisellä hintakatolla (9999 €/MWh). Käytännössä tällöin tehoeservien aktivointi tulisi maksamaan enemmän kuin arvioitu haittakustannus sähkön toimituskeskeytyksestä. Uudistuneen hinnoittelun myötä yhteys markkinaan ja todellisiin kustannuksiin on huomattavasti heikentynyt.

Vaikka nykyinen tehoeservijärjestelmän on operationaalisesti haasteellinen ja hinnoittelultaan epäedullinen yhteiskunnalle, ei vaikuta realistiselta olettaa, että sääntelyssä voitaisiin palata

vuotta 2019 edeltävään malliin. Myös sääntelyn edelleen kehittäminen on haasteellista Euroopan Unionin asettamien tiukkojen raamien vuoksi. Tästä syystä vaikuttaa vahvasti siltä, että nykymuotoinen järjestelmä on tullut tiensä päähän.

KANSALLINEN KRIISIRESERVI VÄLIAIKAISRATKAISUKSI?

Yhtenä vaihtoehtona nopeammin käyttöön otettavaksi väliaikaisratkaisuksi on tunnistettu mahdollisuus kehittää kriisireservijärjestelmä nykyisen tehoeservijärjestelmän tilalle. Kriisireservi toimisi väliaikaisena ratkaisuna ennen pidempiaikaisen ratkaisun voimaantuloa. Tämänkaltaisen reservin tarkoitus olisi:

- Hankkia tarvittava määrä toimitusvarmaa ja joustavaa sähköntuotantokapasiteettia vastaamaan välittömiin sähkön riittävyysongelmiin, sisältäen mahdollisuuden myöhemmin myydä pois hankittuja yksiköjä, kun välitön tarve poistuu.
- Varmistaa tarvittavilla hankintapäätöksillä osiltaan nykyisen toimitusvarman ja joustavan tuotannon ja kulutusjouoston pysyminen operointikykyisenä.

Kriisireserviin hankitut sähköntuotantoyksiköt eivät voisi osallistua sähkön tukkumarkkinoille, kuten eivät voi osallistua nykyisetkään tehoeservijärjestelmän alaiset laitokset. Kriisireservin hankintapäätösten tulisi kuitenkin olla kilpailullisia ja läpinäkyviä, pääasiallisesti kohdistuen nopeasti käyttövalmiisiin ratkaisuihin. Sähköntuotantoyksiköt hankittaisiin suoraan kansallisen kriisireservin omistukseen ja näin ollen kriisireservien käyttöönotto ja muu operointi olisi erotettu täysin vapaista markkinoista, luoden vapautta ja joustavuutta reservijärjestelmän operointiin. Tämänkaltaisen operointimallin takia kriisireservien ylläpito ja käyttö olisi omakustanteista osana kriisireservin kokonaiskustannusta. Tällöin myöskään erillistä aktivoinnin markkinahintaa ei muodostuisi.

Kriisireservin käyttöön aktivointi tapahtuisi valtion ohjauksella vain poikkeustilanteissa, joissa Suomen oma sähköntuotanto ei riittäisi kattamaan kulutusta. Tällaisten poikkeustilanteiden lopullinen määräytyminen tulee tarkentaa ja selkeyttää, sillä aktivointiin oikeuttavan poikkeustilanteen määrittely vaikuttaa suoraan reservin operointikykyyn käytännöllisyyteen ja ratkaisun toteutuskelpoisuuteen. Tehoreservien tapaan kriisireservejä tulisi käyttää vasta markkinaperusteisten toimenpiteiden jälkeen. Järjestelmän rahoitus tapahtuisi kokonaisuudessa valtioneuvostojärjestelmien kautta, sillä reservit eivät voisi hankkia tuloja sähkön tukkumarkkinoilta.

KANSALLINEN KRIISIRESERVI: VÄLIAIKAINEN RATKAISU TEHONRIITTÄVYYDEN TURVAAMISEKSI KAIKKEIN HAASTAVIMMISSA TILANTEISSA



KUVAUS

- Reservikapasiteettia sähkötoimituksen turvaamiseksi poikkeustilanteissa (määrittelemätön)
- Nykymuotoisen tehoeservijärjestelmän lakkautus ja siirtyminen markkinan ulkopuoliseen erikseen määritetyn tahon hallinnoimaan kriisireserviin, johon toimitusvarmaa ja joustavaa kapasiteettia hankittaisiin suoraan omistukseen
- Mahdollisuus myydä uusia hankittuja laitteistoja myöhemmin ajassa, mikäli tarve poistuu



TOTEUTUS

- Kriisireservi voisi hyödyntää joiltain osin nykyisiä prosesseja esim. tehoeservin tarpeen määritystä ja kapasiteetin kilpailutusprosessia. Pääpaino mitoituksessa kuitenkin enemmän ääritilanteissa.
- Kokonaan markkinan ulkopuolinen järjestelmä, jossa erikseen määritetty taho omistaisi tarvittavan määrän toimitusvarmaa ja joustavaa kapasiteettia toimitusvarmuuden turvaamiseen, kansallisen itsemääräämisoikeuden puitteissa



HYÖDYT

- Varmistaa riittävän sähköntuotannon myös pidempikestoissa häiriötilanteissa
- Lisää toimitusvarmaa ja joustavaa tuotantoa Suomeen tukemaan kulutusjoustoja
- Uusien laitteistojen mahdollinen jälleenmyyntiarvo voidaan ottaa huomioon kustannushyötyarviossa



HUOMIOT

- Määrittelemätön lakiteknenen tuki, määrittelemättömät roolit sekä poikkeustilanteen määrittely
- Markkinan ulkopuolinen järjestelmä voidaan nähdä syrjivänä ja epätehokkaana
- Järjestelmä voi olla kallis ja kustannuksia saattaa olla haastava perustella, mikäli hankinnassa painotetaan harvinaisempia ääritapauksia ja hankittujen reservien aktivoinnit harvinaisia

KOHDENNETUT RATKAISUT UUSIEN INVESTOINTIEN TUKEMISEKSI

Kohdennetut ratkaisut uusien investointien tukemiseksi: teknologianeutraali malli, joka kannustaa uusia investointeja toimitusvarmaan ja joustavaan kapasiteettiin

Fingridin ennuste tulevaisuuden Suomen sähköjärjestelmästä osoittaa puutteita toimitusvarmasta ja joustavasta tuotantokapasiteetista. Ensimmäisen kappaleen mukaisesti tämänkaltaisen kapasiteetin hankkiminen täysin markkinaperusteisesti voi olla haastavaa nykyisessä ja tulevaisuuden toimintaympäristössä. Tästä johtuen kilpailulliset kohdennetut järjestelmät on nostettu ratkaisuehdotuslistalle.

Euroopan Unionin sääntely-ympäristö luo kuitenkin kohdennetuille järjestelmille haasteita ja epävarmuustekijöitä. EU:n ohjeistukset osana valtioneuvoston sisällävät erikseen osion sähkötoimitusvarmuuteen liittyvistä valtiontuista. Kuva 8 nostaa esille tästä ohjeistuksesta kolme avainkohtaa, jotka voivat asettaa rajoitteita kohdennetuille ratkaisuille.

Euroopan Unionin komissio ehdotti maaliskuussa 2023 muutoksia sähkömarkkinasääntelyyn, jonka osana aukei mahdollisesti vaihtoehtoinen tie kohdennetulle tukijärjestelmälle. Ehdotuksessa nostetaan esille joustavuuden tukijärjestelmä (Flexibility Support Scheme). Tämä ehdotettu järjestelmä on suunniteltu uusien kohdennettujen joustavien investointien tukemiseksi. Tuen avulla voitaisiin myöntää kapasiteettimaksuja fossiilittomalle joustolle (kuten sähkövarastot, kulutusjousto tai joustava tuotanto).

SUORAT INVESTOINTITUET YKSINKERTAINEN TAPA TUKEA UUTTA VARMAA JA JOUSTAVAA KAPASITEETTIA SUOMEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄÄN?

Tämän työn sidosryhmäkeskusteluissa tuotiin esille myös vaihtoehtoinen ratkaisumalli suorista investointituista, joka nojasi Suomen sähkömarkkinalakiin. Ennen kesäkuuta 2023 sähkömarkkinalaki sisälsi valtioneuvostolle mahdollisuuden järjestää tarjouskilpailu sähkötoimitusvarmuuden turvaamiseksi. Tarjouskilpailulla hankittaisiin uutta sähköntuotantokapasiteettia tai kulutusjoustoja. Tarjouskilpailu olisi ollut mahdollista järjestää vain, jos suunnitteilla ja rakenteilla olevat voimalaitokset, rajayhteysjohdot sekä toteutettavat energiatehokkuutta edistävät kulutusjoustotoimet eivät olisi riittäviä täyttämään sähkötoimitusvarmuuden Suomessa. Mahdollisuus suoriin investointitukiin poistettiin kuitenkin EU-tason sähkömarkkinasäännöksistä vuonna 2019, ja vastaavat

muutokset tuotiin Suomen sähkömarkkinalakiin syksyllä 2022 poistaen myös Suomen lainsäädännöstä kyseisen investointitukia koskevan lauselman. Päivitetty sähkömarkkinalaki on ollut voimassa kesäkuusta 2023 eteenpäin.

Käytännössä kuvattu investointituki luokiteltaisiin EU:n valtiontukiohjeistuksen mukaisesti valtiontueksi, joka voitaisiin maksaa suoraan investointikohteille etupainotteisesti. Tällöin rahoituksen lähteestä tulisi käydä keskustelua, sillä todennäköisimmin se pitäisi sisällyttää valtionbudjettiin. Investointituet voivat määrittäytyä joko asennettujen kapasiteettimäärien mukaan, oletettujen energiamäärien mukaan tai näiden yhdistelmänä. Muitakin kelpoisuusvaatimuksia voidaan asettaa investointituille, kuten projektin kehitysvaihe, kapasiteetin tuotantovarmuus ja sijainti. Lopullista mallia rahoituksesta, tarjouskilpailun parametreista ja lakiteknisestä toteuttamiskelpoisuudesta tulisi edelleen tutkia tarkemmin.

KAPASITEETTITIKETIT UUSIEN TOIMITUSVARMUUTEEN SIDOTTUJEN INVESTOINTIEN TUKEMISEKSI?

Kapasiteettiticketit (Capacity Tickets) ovat työkalu, jolla luodaan tarvittava lisäkannuste uusille investoinneille, jotka eivät ole pelkkien tukku- ja reservimarkkinoilta saatavien tulojen varassa kannattavia. Ticketit koostuvat kiinteistä etukätein sovitusta pitkäkestoisista (esim. 5–10 vuotta) maksuista (€/MW). Kohdennettujen investointien käyttöönottoaika tulisi olla n. 2–4 vuoden päässä kilpailutuksesta, jotta ne vastaavat tehokkaasti sähkötoimitusvarmuuteen. Tämänkaltaisen työkalun etuna on kapasiteetin varmistaminen ajoissa ja näin ollen tulevaisuuden sähköjärjestelmän vakauden varmistaminen. Toisaalta heikkoutena voidaan nähdä mahdollinen epävarmuus hankittavan kapasiteetin määrästä ja joko liian vähäisen kapasiteetin määrä tai liian suuren kapasiteetin hankinta, mikä aiheuttaisi tarpeettoman suurien kustannuksia.

Kapasiteettitickettimallissa kilpailutuksen voittaneet tahot tekevät tulevaisuudessa käyttöön lupaamalleen kapasiteetille kapasiteettisopimuksen, joka takaa ennustettavan rahavirran kapasiteettimaksujen muodossa sovitulle ajanjaksolle. Kapasiteettikorvauksia vastaan sopimuksenhaltijat takaavat toimitusvarmuutensa järjestelmän sitä vaatiessa. Kapasiteettikorvauksista huolimatta sopimuksenhaltijat saavat osallistua vapaasti sähkötoimitusmarkkinoille ja reservimarkkinoille.

Käytännössä kapasiteettimaksut eivät vaikuta sähköntuottajan operointiin eivätkä näin ollen vääristä markkinaperusteista sähköjärjestelmän toimintaa. On kuitenkin huomioitava, että uudet tuetut investoinnit voivat epäsuorasti työntää olemassa olevia toimitusvarmoja

KUVA 8. VALTIONTUKIOHJEISTUKSEN AVAINKOHTIA ESITETYILLE RATKAISUILLE

PYKÄLÄ	OHJEISTUS	VAIKUTUS RATKAISUILLE
4.8.4.3 Tukikelpoisuus / 343	Tukitoimenpiteen olisi oltava avoin kaikille tuensaajille tai hankkeille, jotka teknisesti pystyvät edistämään toimitusvarmuutta koskevan tavoitteen saavuttamista tehokkaalla tavalla. Tähän sisältyy tuotanto, varastointi ja kysyntäjousto sekä näiden kapasiteettimuotojen pienten yksiköiden yhdistäminen suuremmiksi kokonaisuuksiksi.	Ohjaa ratkaisuvaihtoehtoja kohdennetuista ratkaisusta kohti markkinalaajuisia ratkaisuja
4.8.4.3 Tukikelpoisuus / 346	Jos se on teknisesti mahdollista, sähkötoimitusvarmuustoimenpiteiden on oltava avoimia toisessa jäsenvaltiossa sijaitsevien kapasiteetin tarjoajien suoralle rajat ylittävälle osallistumiselle.	Vaatii Suomen ulkopuolisen kapasiteetin hyväksymistä. Selvitettävä, onko mahdollista toteuttaa toimitusvarmuutta.
4.8.5 Kilpailuun ja kaupan kohdistuvien kohtuuttomien kielteisten vaikutusten välttäminen ja punninta / 365	...palkitsee osallistuvia resursseja ainoastaan niiden saatavuudesta ja varmistaa, että korvaus ei vaikuta kapasiteetin tarjoajan päätöksiin tuottaa tai olla tuottamatta...	Ohjaa ratkaisuvaihtoehtoja kohti toimitusvarmuusoptio-perusteisia ratkaisuja.

10. Finnish electricity market act 98.2013/588 Clause 63.

ja joustavia tuotantolaitoksia tai kulutusjoustoja pois markkinoilta, mikäli uusilla tuetuilla investoinneilla on matalammat sähkön tuotantokustannukset. Tällä voi puolestaan olla vaikutus sähkön tukkuhintaan sitä alentavasti. Myös sähköjärjestelmän kokonaistoimitusvarmuus ja joustavuus voivat muuttua. Markkinahintojen osalta tehokas markkinavalvonta on olennaista, jotta kapasiteettisopimuksen alaiset sähköntuottajat eivät tarpeettomasti liiallisella alihinnoittelulla vääristä markkinahintoja.

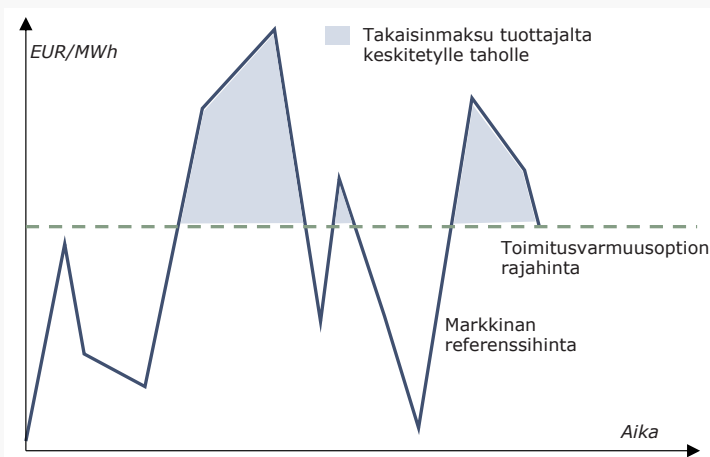
Kapasiteettitietoketijärjestelmän tulisi olla teknologianeutraali. Järjestelmän pyrkimyksenä olisi tukea investointeja, joilla on nopea käyttöönottoaika. Tällaisia investointeja voi löytyä sekä kulutusjoustoja että uuteen sähköntuotantokapasiteettiin liittyen (joko uusia tuotantolaitoksia tai olemassa olevien yksikköjen ja prosessien päivityksiä, joilla voidaan saavuttaa parempaa joustoa).

Kapasiteettitietoketijärjestelmässä voidaan myös ottaa käyttöön vähennyskertoimia, jotka heijastavat erilaisten voimalaitostyyppien tai kulutusjoustojen todennäköistä kykyä täyttää niiden toimitusvarmuusvaatimukset järjestelmän kulutushuipputilanteissa. Tyypillisesti vakaat ja joustavat sähköntuotantomuodot kuten kaasuturbiinit tai tahtimoottorit saavat suurimman arvon. Toisaalta toimitusvarmuudeltaan vähemmän ennakoitavat tuotantomuodot, kuten sään mukaan vaihtelevat uusiutuvat tuotantoteknologiat ja energiavarastot, saavat pienemmän kertoimen heijastaen niiden pienempää kyvykkyyttä taata järjestelmän toimintavarmuutta niukkuustilanteissa.

Vaihtoehtoinen totuttamistapa kapasiteettitietoketille on laajentaa kompensatiomalli toimitusvarmuusoptioksi (Reliability Option). Toimitusvarmuusoptioissa sopimuksen haltija saa edelleen kapasiteettikorvauksia, mutta on myös velvollinen maksamaan osan kapasiteettikorvauksistaan takaisin sopimuksen toiselle osapuolelle sähkön tukkuhinnan ollessa korkealla (yli sovitun/ kilpailutetun rajahinnan).

Toimitusvarmuusoptio on käytännössä yksisuuntainen hintaerosopimus (kuva 9). Sopimuksen mukaisesti kapasiteetin tarjoaja vastaanottaa kapasiteettikorvauksia, mutta vastavaroisesti luopuu tulovirroista korkeiden

KUVA 9. ESIMERKKI TOIMITUSVARMUUSOPTIOSTA



markkinahintojen aikana (markkinahinnan ylittäessä sovitun rajahinnan) seuraavien periaatteiden mukaan:

- Markkinahinta > rajahinta: kapasiteetin tarjoaja maksaa markkinahinnan ja rajahinnan erotuksen takaisin järjestelmästä vastaavalle taholle (hintaeromaksu); ja
- Markkinahinta < rajahinta: ei maksua kapasiteettitarjoajalta järjestelmästä vastaavalle taholle

Tämänkaltainen takaisinmaksuoptio kannustaa sähköntuottajia tuottamaan sähköjärjestelmässä korkean hinnan (usein myös järjestelmän stressitilanne) aikana. Toimitusvarmuusoptio luo myös loppukäyttäjille suojauksen korkeita sähkönhintoja vastaan olettaen, että takaisinmaksut kapasiteettikorvaukset ohjataan loppukäyttäjille. Toimitusvarmuusoptioiden etu pelkkiin kapasiteettikorvauksiin nähden on markkinaperusteinen kannuste toimitusvarmuudelle pelkän veloitteen (ja sakkouhkan) sijaan. Tämän vaihtoehtoisen toteuttamistavan riski on kuitenkin mahdollinen viivästys tarvittavien investointien toteutuksessa, koska optiojärjestelmä lisää varsinkin pienemmille toimijoille riskejä ja on toiminnallisesti monimutkaisempi.

KOHDENNETUT RATKAISUT UUSIEN INVESTOINTIEN TUKEMISEKSI: TEKNOLOGIANEUTRAALI MALLI KANNUSTEEKSI TOIMITUSVARMALLE JA JOUSTAVALLE KAPASITEETILLE

KUVAUS	TOTEUTUS	HYÖDYT	HUOMIOT
<ul style="list-style-type: none"> – Kohdennetut ratkaisut uusien investointien kannustamiseksi toimitusvarmaan ja joustavan kapasiteettiin joko suorina investointitukina tai kapasiteettitietoketillä – Kohdennettu toimitusvarmaan ja joustavaan kapasiteettiin, joka voi tarjota vastetta pidempikestoisiin sähköpöytätilanteisiin – Kapasiteettitietoketien omistajat ovat velvoitettuja tuottamaan järjestelmän sitä vaatiessa 	<ul style="list-style-type: none"> – Huutokauppa kapasiteettista ilmaistuna €/MW/vuosi, jossa valitut tarjoajat saavat useille vuosille kapasiteettikorvauksia tai etukäteiskorvauksen investointituen tapauksessa – Huutokauppa koskisi uutta kapasiteettia, joka kykenee olemaan tuotannossa nopeasti esim. 2-4 vuoden aikajänteellä – Tarjoavia teknologioita arvostettaisiin vähennyskertoimilla, jotka kuvaavat teknologian toimitusvarmuutta 	<ul style="list-style-type: none"> – Mahdollisuus kannustaa uusia investointeja (uusia laitteistoja tai olemassa olevien parannuksia) – Kapasiteettitietoketit tukisivat perinteisiä markkinaperusteisia tulonlähteitä markkinatilanteissa, jossa yleisesti sähkön hinnat ovat matalat ja korkeat sähkön hinnat eivät ole hyväksyttävää – Kohdennettu ratkaisu voi olla soveltuva EU:n joustavuuden tukijärjestelmäksi 	<ul style="list-style-type: none"> – EU:n valtiontukisäädökset rajoittavat kohdennettuja tukijärjestelmiä – Tuotteistamisaika voi olla haastava vaaditun regulaatioprosessin vuoksi – Mahdollinen epätasapaino markkinoilla tilanteissa, jossa osa kapasiteetista saa ylimääräisiä tukia – Mahdolliset vääristymät sähkömarkkinoihin, mikäli puutteellinen malli tai heikko sääntely ja valvonta

Markkinanlaajuinen kapasiteettiratkaisu: turvaa toimitusvarmuutta sekä olemassa olevan kapasiteetin että uusien investointien kautta

Markkinanlaajuisen kapasiteettiratkaisun tavoite on kohdentaa toimitusvarman kapasiteetin hankintaa siten, että tulevaisuuden sähköjärjestelmän sähkön saatavuus ja toimitusvarmuus voidaan varmentaa etukäteen. Tällaisessa järjestelmässä sekä nykyinen kapasiteetti että uudet investoinnit voivat kilpailla keskenään.

Markkinanlaajuisella ratkaisuvaihtoehdolla olisi mahdollista kannustaa investointeja uuteen toimitusvarmaan ja joustavaan sähköntuotantoon sekä kulutusjousto. On kuitenkin syytä huomioida, että markkinanlaajuinen järjestelmä ei välttämättä kykene kannustamaan tarpeeksi uusia investointeja Suomen haasteisiin nähden, sillä järjestelmän kautta tuetaan myös olemassa olevaa kapasiteettia. Käytännön esimerkkinä Iso-Britannian markkinanlaajuisessa kapasiteettimekanismissa vain 10 % toimitusvarmasta kapasiteetista hankittiin uusilta investoinneilta vuonna 2022¹¹.

Markkinanlaajuisen järjestelmän toteutukseen käytännössä on erilaisia vaihtoehtoja. AFRYn arvion mukaan markkinanlaajuisen mekanismin kompensatiomallin olisi suositeltavaa olla toimitusvarmuusoptiomuotoinen, jolloin sen avulla pystytään sekä kannustamaan uusia investointeja että varmistamaan markkinaehtoisella kannustimella olemassa olevan kapasiteetin toimintavarmuus järjestelmän sitä vaatiessa. Useat edellä kuvatussa kapasiteettitikkemallissa esitetyt tekniset toteutustavat, kuten mahdollinen vähennyskertoimien käyttö ja kapasiteettimaksujen kesto ja muoto, soveltuvat samanlaisina myös markkinanlaajuiselle kapasiteettiratkaisulle. Euroopan Unionin sääntely-ympäristössä markkinanlaajuisen mekanismin tulee ottaa huomioon myös Suomen rajojen ulkopuolella sijaitseva kapasiteetti, mutta sille voidaan harkita alhaisemman toimitusvarmuuden huomioivaa vähennyskerrointa. Toimitusvarmuusoptiot lisäävät jonkin verran sähkömarkkinan monimutkaisuutta sekä vaativat osaltaan uudenlaisen selvitysprosessin.

MARKKINANLAAJUINEN KAPASITEETTIRATKAISU: TURVAA TOIMITUSVARMUUTTA SEKÄ OLEMASSA OLEVAN KAPASITEETIN ETTÄ UUSIEN INVESTOINTIEN KAUTTA

 KUVAUS	 TOTEUTUS	 HYÖDYT	 HUOMIOT
<ul style="list-style-type: none"> – Pyrkii turvaamaan toimitusvarmaa kapasiteettia olemassa olevan kapasiteetin ja uusien investointien sekoituksena – Suositellaan toimitusvarmuusoptiota toteutustapana sisältäen: <ul style="list-style-type: none"> – Kapasiteettitikit taattuna ja vakaana tulovirtana toimitusvarmalle ja joustavalle tuotannolle – Rahallinen optio kannusteena toimitusvarmuudesta 	<ul style="list-style-type: none"> – Huutokauppa kapasiteettista ilmaista € /MW/vuosi missä valitut tarjoajat saavat useille vuosille kapasiteettikorvausta – Huutokauppa koskisi olemassa olevaa kapasiteettiä ja uutta kapasiteettia, joka kykenee olemaan tuotannossa nopeasti esim. 2-4 vuoden aikajänteellä – Tarjoavia teknologioita arvostettaisiin vähennyskerroimilla, jotka kuvaavat teknologian toimitusvarmuutta 	<ul style="list-style-type: none"> – Mahdollisuus kannustaa uusia investointeja (uusien laitteistojen tai olemassa olevien parannuksia) – Mahdollisuus varmistaa olemassa olevan kapasiteetin toimitusvarmuus ja markkinoilla pysyminen – EU:n valtioneuvoston mukainen (jo käytössä muissa EU maissa), vaatiin sähköriittävyys selvityksen joka puoltaa järjestelmän perustamista 	<ul style="list-style-type: none"> – Tuotteistamisaika haasteellinen pitkän sääntelyprosessin vuoksi – Suomen ulkopuolien osallistuminen sallittava EU regulaation mukaisesti, mahdollisuus käyttää vähennyskerroimia – Mahdollista, että tarvittavia uusia investointeja toimitusvarmaan ja joustavaan tuotantoon ei saavuteta – Mahdollisesti korkeat kustannukset ja ylihankinta

11. Lisätietoja: GB Final T-4 Auction Report 2022

3 Vaihtoehdot, jotka kykenevät tuomaan uusia toimitusvarman kapasiteetin investointeja, vastaisivat parhaiten Suomen sähkön riittävyysaasteisiin

Osana tätä selvitystä AFRY toteutti laadulliset arvioinnit esitetyistä ratkaisuvaihtoehdoista. Tarkastelun tulokset on tiivistetty kuvaan 11.

Kuva 10 listaa arvioinnin työkaluna käytetyn sidosryhmien kanssa sovitun kriteeristön ja lyhyet perustelut, miksi kyseiset kriteerit on valittu. Tämä kriteeristö luo kehyksen,

jolla voidaan yksinkertaistetusti arvioida ja vertailla listattuja ratkaisuvaihtoehtoja.

Viisi esitettyä ratkaisuvaihtoehtoa pyrkivät eri tavoin ratkaisemaan tulevaisuuden sähkön riittävyysaastetta.

KUVA 10. ARVIOINNISSA KÄYTETTY KRITEERISTÖ

<p>1 Ratkaisuehdotuksen kyky ratkaista esitetty sähkön riittävyysaaste</p> <p>Arvio siitä, kykeneekö ratkaisu vastaamaan sähkön riittävyysaasteisiin erityisesti päivistä viikkoihin kestävässä haastavissa sähkömarkkinatilanteissa</p>	<p>2 Sopivuus EU:n vaatimuksiin ja Suomen kansalliseen sääntely-ympäristöön</p> <p>Ratkaisuvaihtoehdon soveltuvuus kansalliseen ja EU:n (regulaatio ja valtiontukiohjeistukset) sääntely-ympäristöön. Myös soveltuvuus EU:n esitettyihin uusiin markkinamallin muutosehdotuksiin.</p>	<p>3 Vaikuttavuus: toteutusaikataulu</p> <p>Arvioidaan, kuinka nopeasti ratkaisuvaihto on mahdollista saada toimintaan ongelmiin vastaamiseksi. Kaksi näkökulmaa: itse ratkaisun viimeistely sekä sen toteutusaikataulu. Pyritään erittelemään mahdollisia väliaikaisratkaisuja.</p>	<p>4 Vaikuttavuus: kannattavuus tarvittaviin investointeihin</p> <p>Ratkaisuvaihtoehdon kyvykyys tuoda tarvittavia toimitusvarman ja joustavan kapasiteetin investointeja Suomen sähköjärjestelmään</p>
<p>5 Negatiivisten markkina vaikutusten välttäminen ja markkinalikviditeetti</p> <p>Arvioidaan, voidaanko hintavaikutuksia sähkömarkkinoille minimoida, välttää resurssien tarpeeton siirtely markkinapaikalta toiselle ja välttää tehoton kapasiteetin hankinta.</p>	<p>6 Sijainnin huomioon ottaminen</p> <p>Arvioidaan, voiko ratkaisu tehokkaasti ohjata uusien investointien sijaintia sähköjärjestelmässä, ottaen huomioon mahdollisesti verkon rajoitteet</p>	<p>7 Hiilineutraalisuustavoitteiden huomiointi</p> <p>Kykeneekö ratkaisuvaihtoehto tukemaan Suomen hiilineutraalisuustavoitteita vai joudutaanko vaihtoehdossa tukeutumaan esim. fossiiliin polttoaineisiin</p>	<p>8 Karkea kustannusarvio</p> <p>Karkean tason arvio kustannusvaikutuksista</p>

Arviointikriteeristö	EU:n esitys kulutusjouston huipputasaustuote	Rajatut verkonkäyttö-oikeudet	Väliaikainen kansallinen kriisireservi	Kohdennetut ratkaisut uusien investointien tukemiseksi	Markkina-laajuiset ratkaisuvaihtoehdot
Ratkaisuehdotuksen kyky ratkaista esitetty sähkön riittävyshaaste					
Sopivuus EU:n esitys ja Suomen kansalliseen sääntely-ympäristöön					
Vaikuttavuus: toteutusaikataulu					
Vaikuttavuus: kannustavuus tarvittaviin investointeihin					
Negatiivisten markkina-vaikutusten välttäminen ja markkinalikviditeetti					
Sijainnin huomioon ottaminen					
hiilineutraalisuustavoitteiden huomiointi					
Karkea kustannusarvio					

Arviointi osoittaa, että kapasiteettiticketti- ja toimitusvarmuusoptioperusteiset ratkaisut vaikuttavat olevan parhaiten Suomen tilanteeseen soveltuvia ratkaisuja. Kriisireservi puolestaan voisi toimia kohtuullisesti väliaikaisratkaisuna.

- Euroopan Unionin komission ehdotus kulutusjoustotuotteesta sopii kohtuullisesti sähkön riittävyshaasteen ratkaisuksi. Se ei kuitenkaan kykene ratkaisemaan pidempikestoisia häiriöitä esimerkiksi päivistä viikkoihin. Lisäksi ratkaisun todellinen hyödyllisyys Suomessa on epävarmaa.
- Rajatut verkonkäyttöoikeudet ovat merkittävilta osin heikkoja käytetyn kriteeristön valossa, eikä vaihtoehto kulutusjousto painottuvana ratkaisuna kykene täysin vastaamaan ongelmaan.
- Väliaikainen kriisireservi vaikuttaa vastaavan kohtalaisesti Suomen sähkön riittävyshaasteeseen. Sillä on kuitenkin selviä heikkouksia kustannus/hyötysuhteessa. Se on markkinan ulkopuolinen järjestely, eikä se mahdollisesti täytä ilmastotavoitteita. Kriisireserveistä on myös yleisesti huomioitava, että ratkaisua on haastava arvioida tarkemmin, sillä poikkeusolosuhteet, jolloin kyseistä reserviä voitaisiin käyttää, ovat vielä määrittelemättömiä. Näiden epävarmuustekijöiden takia tämän vaihtoehdon käyttökelpoisuus vaatii tarkempaa jatkotutkimusta sen käyttökelpoisuudesta.
- Kohdennetut ratkaisut uusille investoinneille ovat yleisesti parhaiten linjassa valitun kriteeristön kanssa. Toteuttamisaika, regulaatioympäristö ja ulkomaalaisen kapasiteetin käsittely luovat kuitenkin epävarmuustekijöitä tässä mallissa.
- Markkinanlaajuiset ratkaisut vaikuttavat myös sopivan hyvin kriteeristön näkökulmasta. Järjestelmän kokonaiskustannukset ja kyky tuoda uusia investointeja markkinoille voi kuitenkin olla tämän ratkaisun haasteena.

Euroopan Unionin ja Suomen kansallinen sääntely-ympäristö rajoittavat huomattavasti mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja

- Euroopan Unionin ehdotus uudesta kulutusjoustotuotteesta on komission sähkömarkkinoiden rakenneuudistuksen

piirissä. Sen lopullinen muoto ja hyväksyntä on kuitenkin epävarmaa.

- Liityntäsopimusten muuttaminen ei kuulu valtiontukien piiriin, eikä sitä oletettavasti luettaisi kapasiteettimekanismiksi. Kantaverkkosopimusten uudelleenmuotoilu vaatisi kuitenkin kansallisesti tarkempaa lakitekniistä selvitystä.
- Väliaikaisen kriisireservin ratkaisu vaatii lakitekniistä selvitystä, jotta voidaan selkeyttää, onko tämänkaltaisen ratkaisu mahdollista luokitella EU:n jäsenvaltion itsenäiseen toimivaltaan kuuluvaksi ratkaisuksi.
- Kapasiteettiticketit ja toimitusvarmuusoptiot eivät ole uusia malleja EU:n sähkömarkkina-asetuksessa annetussa viitekehyksessä. Niiden käyttöönotto vaatii kuitenkin Euroopan Unionin hyväksynnän ja valtiontukiohjeistuksen mukaisen prosessin, jossa perusteet tarpeelle on oltava vahvat. Nykyisessä sääntely-ympäristössä kohdennetut mekanismit ovat vaikeammin hyväksyttävissä kuin markkinanlaajuiset mekanismit.
- Suomen sähkömarkkinalaki mahdollisti aiemmin suorat investointituet. Laki ei kuitenkaan ollut linjassa Euroopan sähkömarkkinasäädösten ja valtiontukisäädösten kanssa ja investointitukia koskeva pykälä poistettiin kesäkuussa 2023.
- Euroopan komission sähkömarkkinasäätelyn uudistuksissa esitetty jousto tukijärjestelmä voi avata mahdollisuuksia muillekin kohdennetuille ratkaisuille kuin tehoreservijärjestelmille.

Fingridin ennuste osoittaa, että Suomessa syntyy selkeä tarve uudelle toimitusvarmalle ja joustavalle kapasiteetille ja tarve kasvaa vuotta 2030 kohti mentäessä. Nopea tarve huomioiden ratkaisuvaihtoehtojen toteuttamisaika vaikuttaa haastavalta.

- EU:n ehdottaman kulutusjoustotuotteen oletettava toteutusaika on kohtalaisen lyhyt (muutama vuosi). Lyhyt toteutusaika voisi olla mahdollista selkeän sääntelyviitekehyksen vuoksi. Mahdolliset uudet kulutusjoustot voivat kuitenkin vaatia investointeja ja tarvittaville muutoksille toteutusaikaa.

- Väliaikaisen kansallisen kriisireservin toteuttamisajan voidaan olettaa olevan myös kohtalaisen lyhyt (muutama vuosi), sillä siihen voidaan soveltaa suurilta osin jo olemassa olevaa tehoreservin viitekehystä. Tarvittava lakitekniinen selvitys vaatii kuitenkin aikaa.
- Kapasiteettiticketti- tai toimitusvarmuusoptiojärjestelmät ovat haastavimpia toteutusajan suhteen, sillä hyväksyttämismalli, lopullinen toimintamalli ja prosessit, kilpailutuksen suunnittelu sekä lopullinen toteutus voi kestää jopa 5–9 vuotta. Sen lisäksi kilpailutuksella hankitun uuden kapasiteetin markkinoille tulo vaatii aikaa.

Fingridin ennusteen mukainen Suomen tulevaisuuden sähköjärjestelmä vaatii lisää toimitusvarmaa ja joustavaa kapasiteettia, vain osa ratkaisuvaihtoehdoista vastaa tähän haasteeseen.

- EU:n ehdotuksessa kulutusjoustotuotteelle on esitetty lyhyitä yhden päivän kestoisia sopimuksia, joiden kannustavuus uusiin investointeihin arvioidaan vähäiseksi.
- Rajattujen verkonkäyttöoikeuksien ei lähtökohtaisesti oleteta kannustavan uusiin investointeihin, mutta ne saattavat tarjota uusille kulutuskohteille pienen kannusteen joustavuuden huomioonottoon.
- Väliaikaista kansallista kriisireserviä ei ole suunniteltu lähtökohtaisesti uusien investointien tukemiseen, lukuun ottamatta uusia nopeasti käyttövalmiita tuotantoyksiköitä.
- Kohdennetut ratkaisut on lähtökohtaisesti tarkoitettu uusien investointien kannustamiseen takaamalla vakaan tulevaisuuden tulovirran olemassa olevien markkinoiden lisäksi.
- Markkinanlaajuiset ratkaisut pyrkivät turvaamaan sähköjärjestelmän toimitusvarmuuden tukemalla sekä olemassa olevaa kapasiteettia että uusia investointeja. Mekanismit siis tukevat uusia investointeja, mutta oletettavasti vähemmän kuin kohdennetut järjestelmät.

Uusien mekanismien vaikutusta olemassa olevien sähköntukku- ja reservimarkkinoiden likviditeettiin tulee tarkastella huolellisesti. Kapasiteettimekanismeilla voi olla mahdollisesti negatiivinen vaikutus energiamarkkinoihin. Toimitusvarmuusoptioissa vaikutus voisi olla lievempi.

- EU:n ehdottaman kulutusjoustotuotteen käyttöönotto saattaisi johtaa epätehokkaaseen likviditeetin siirtämiseen markkinapaikalta toiselle. Se saattaa myös johtaa epätehokkaaseen tukeen, jossa markkinaperusteisesti toimivaa kulutusjoustoja tuetaan järjestelmän kautta.
- Rajatut verkonkäyttöoikeudet voivat muuttaa nykyisen markkinamallin tasapainoa hajautetusta järjestelmästä keskitetyn järjestelmän suuntaan, sillä tämä ratkaisu lisäisi Fingridin ohjausvaikutusta ajojärjestyksestä sähkömarkkinoilla.
- Väliaikainen kansallinen kriisireservi sulkisi tuotantoyksiköitä sähkön tukku- ja reservimarkkinoiden ulkopuolelle. Tällä voi olla negatiivinen vaikutus sähkön hinnanmuodostukseen varsinkin korkeiden hintojen aikana.
- Kapasiteettikorvausten tai suorien investointitukien saajat voivat edelleen käydä vapaasti kauppaa sähkömarkkinoiden markkinapaikoilla, kunhan sovittu kapasiteetti on käytettävissä tarvittaessa. Tästä syystä niiden vaikutus markkinoiden likviditeettiin on positiivinen. Mahdollisen hintamanipulaation tehokas hillitseminen sääntelyn ja valvonnan avulla olisi tärkeää näissä malleissa. Kohdennetut tuet voivat aiheuttaa vääristymiä tilanteessa,

jossa osa sähköntuottajista saa ylimääräistä tukea. Tätä vaikutusta voidaan hillitä toimitusvarmuusoptioiden käytöllä.

- Markkinanlaajuiset kapasiteettijärjestelmät voivat myös aiheuttaa vääristymiä tilanteessa, jossa osa sähköntuottajista saa tukea. Tilanteessa, jossa kaikki tai useimmat tuottajat saavat lisätukia, on kilpailutilanne kuitenkin tasaisempi. Mahdollisen hintamanipulaation tehokas hillitseminen sääntelyn ja valvonnan avulla olisi tässäkin mallissa tärkeää. Toimitusvarmuusoptioiden käyttö markkinanlaajuisessa ratkaisussa kannustaisi kapasiteettitarjoajia olemaan käytettävissä järjestelmän stressitilanteissa.

Hyvin suunnitellut mekanismit voivat ohjata uuden sähköntuotannon ja kulutuskohteiden sijaintia ja tukea ilmastotavoitteita.

- Kaikki listatut ratkaisuvaihtoehdot voivat ohjata sähköntuotannon- ja kulutuksen aktiivintia tai rakentamista sijaintiperusteisesti.
- Myös ilmastotavoitteet voidaan ottaa kohtuullisen hyvin huomioon kaikissa ratkaisuvaihtoehdoissa. Esimerkiksi kilpailutukset voivat sisältää vaatimuksia hiilidioksidipäästöistä. Kriisireservi voi osoittautua haastavammaksi ilmastotavoitteiden näkökulmasta, mikäli hankintapäätös kohdistuu olemassa olevaan sähköntuotantoon. Todellinen päästövaikutus voi kuitenkin olla rajallinen, sillä oletetut reservin aktiivintiajat ovat lyhyitä.

Tarkasteltujen vaihtoehtojen kustannukset¹² vaihtelevat suuresti, markkinanlaajuisen ratkaisu vaikuttaa kalleimmalta. Vaihtoehtojen todelliset kustannukset ovat vahvasti sidoksissa lopulliseen malliin sekä hankittavan kapasiteetin määrään.

- EU:n kulutusjoustoehdotuksen karkea vuosikustannusarvio Suomessa on 10 MEUR. Arvio on vahvasti sidoksissa hankittavaan määrään ja katettavien tuntien määrään. Suomalaiselle sähkön loppukäyttäjälle tämä tarkoittaisi noin 0,1 €/MWh ylimääräistä kustannusta.
- Rajattujen verkonkäyttöoikeuksien kustannusarvio riippuu paljon kompensatiomallista. Käyttömaksujen alennukseen perustuvan mallin karkea vuosikustannusarvio on noin 10 MEUR.
- Kriisireservijärjestelmä olisi yleisesti parannus nykyiseen tehoreservijärjestelmään vain, mikäli reservien aktiivintihinnan sallittaisiin olla erimuotoinen kuin nykyisessä järjestelmässä. Tällä oletuksella kriisireservien karkea vuosikustannusarvio on 15–30 MEUR. Arvio perustuu nykyisen tehoreservijärjestelmän kustannukseen (n. 10 MEUR/vuosi) ja oletukseen hankittavasta kapasiteetista. Suomalaiselle loppukäyttäjälle tämä tarkoittaisi noin 0,15–0,3 €/MWh lisäkustannusta.
- Kohdennettujen ratkaisujen karkea vuosikustannusarvio on 50 MEUR, perustuen keskiarvoiseen uuden investoinnin hintaan. Suomalaiselle loppukäyttäjälle tämä tarkoittaisi noin 0,5 €/MWh lisäkustannusta.
- Markkinanlaajuisen kapasiteettimekanismin toimitusvarmuusoptioiden muodossa arvioidaan maksavan noin 500–1000 MEUR, huomioiden Suomen koko tuotantokapasiteetti (15GW). Lopullinen kustannus loppukäyttäjille voi alentua, mikäli takaisinmaksuja suoritetaan korkean hinnan ajoilta. Suomalaiselle loppukäyttäjälle tämä tarkoittaisi noin 5–10 €/MWh (tai 0,5–1 c/kWh) lisäkustannusta.

12. Arviot perustuvat 1000 MW hankittavaan kapasiteettiin. Markkinanlaajuisen ratkaisu on mitoitettu koko Suomen markkinakoolla 15 GW. Loppukäyttäjien kustannusarviot perustuvat vuoden 2027 ennustettuun kulutukseen, 102 TWh.

4 Soveltuvien ratkaisujen käyttöönottoa tulisi edistää nopeasti

Tässä raportissa on esitetty Fingridin ennusteeseen perustuva arvio Suomen sähköjärjestelmän kehityksestä. Tarkastelu osoittaa, että sähkön riittävydessä voi tulla haasteita erityisesti vaativissa sääolosuhteissa tai pidempiaikaisten häiriöiden tilanteessa. Nykyinen sähkömarkkinamalli ei riittävässä määrin välttämättä edistä tarvittavia investointeja joustavaan kapasiteettiin ja kulutusjoustoön markkinaperusteisesti. Näiden haasteiden ratkaisuksi raportissa esiteltiin viisi mahdollista ratkaisuehdotusta, joita arvioitiin valitun kriteeristön pohjalta. Arviointi tuo esiin ratkaisuvaihtoehtojen vahvuuksia, heikkouksia ja kykyä vastata tulevaisuuden sähkön riittävyden haasteisiin. Kapasiteettiratkaisuista keskusteltaessa on syytä korostaa, että nykyinen sähkömarkkinamalli tuottaa luotettavia hintasignaaleja, tehokkaan ja hajautetusti päätetyn sähköntuotannon ajojärjestyksen sekä tuo markkinoille läpinäkyvyyttä. Mikäli jokin kapasiteettiratkaisu otetaan käyttöön Suomessa, nykyisen toimivan markkinamallin pysyvyys tulee varmistaa.

JOHTOPÄÄTÖS 1: FINGRIDIN ARVIOT OSOITTAVAT HAASTEITA TULEVAISUUDEN SUOMEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄSSÄ SÄHKÖN RIITTÄVYYDEN OSALTA, MIKÄLI UUTTA TOIMITUSVARMAA JA JOUSTAVAA KAPASITEETIA EI SAADA JÄRJESTELMÄÄN

Fingridin ennuste Suomen tulevaisuuden sähköjärjestelmästä osoittaa, että Suomessa voi esiintyä haasteita sähkön riittävydessä haasteellisten sääolosuhteiden (päivistä viikkoihin kylmää ja tyyntä) ja/tai merkittävien järjestelmähäiriöiden (merkittäviä vikaantumisia tuotannossa tai rajasiirtoyhteyksissä) aikana. Lisäksi Fingridin ennuste osoittaa, että kulutusjoustoja tarvitaan merkittävä määrä myös sähköjärjestelmän normaalin toiminnan turvaamiseen. Tästä syystä on oleellista avata keskustelua kapasiteettiratkaisuista, jotka voisivat vastata sähkön riittävyden haasteisiin mentäessä kohti vuotta 2030.

Tulevaisuuden kehityksessä on epävarmuutta sähkön kulutuksen kasvun, markkinaperusteisten investointien toteutumisen ja muiden lähtöoletusten (kuten esimerkiksi lämpövoiman olemassaolo tulevaisuudessa) osalta. Tästä syystä mahdollisen ratkaisun tulee olla skaalautuva toteutuvan tehontarpeen mukaan.

JOHTOPÄÄTÖS 2: RATKAISUVAIHTOEHDOT, JOTKA PYSTYVÄT TUOMAAN UUTTA TOIMITUSVARMAA JA JOUSTAVAA KAPASITEETIA SUOMEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄÄN, VAIKUTTAVAT VASTAAVAN ONGELMAAN PARHAITEN

Fingridin analyysi osoittaa, että tulevaisuuden Suomen sähköjärjestelmä voi kohdata sähkön riittävyysongelmia pitkittyneiden kylmien ja tuulettomien jaksojen tai merkittävien sähköjärjestelmän häiriöiden aikana. Tämänkaltaiset olosuhteet vaativat sähköjärjestelmältä toimitusvarmaa ja joustavaa sähköntuotantoa, joka pystyy nopeasti ja tarpeeksi pitkään vastaamaan syntyneeseen tilapäiseen sähköpulatilanteeseen. Pidemmän valmiusajan vuoksi potentiaalisimmilta ratkaisuvaihtoehdoista vaikuttavat ne vaihtoehdot, jotka pystyvät tukemaan investointeja sähköntuotantoon tai pitkäkestoiseen energian varastointiin.

Kohdennetut ratkaisut investointien tukemiseksi sekä toimitusvarmuusoptiot (kohdennetut tai markkinanlaajuiset) vaikuttavat vastaavan sähkön riittävyysaasteisiin hyvin. Näiden ratkaisuvaihtoehtojen haasteena on kuitenkin vaadittava toteuttamisaika sekä järjestelmien kokonaiskustannukset.

Kriisireservit vaikuttavat vastaavan ongelmaan kohtalaisesti, sillä kansallisen kriisireservin kautta voitaisiin hankkia kohtalaisen nopeasti tarvittava määrä kapasiteettia toimitusvarmuuden takaamiseksi poikkeustilanteissa. Poikkeustilanteiden lopullinen määrittely voi kuitenkin vaikuttaa tämän ratkaisuvaihtoehdon käyttökelpoisuuteen ja



hyödyllisyyteen. Lisäksi haasteena voi olla reservin kustannustehokkuus, valmisteluun tarvittava aika huomioiden lakitekniset selvitykset sekä mahdolliset ongelmat hankinnan ja operoinnin läpinäkyvydessä.

EU:n ehdotus huipuntasauustuotteesta sekä rajatut verkkokäyttöoikeudet keskittyvät lähtökohtaisesti kulutusjousto. Kulutusjousto on arvokas työkalu tuntitason ja päivätason sähkön kysynnän ja tarjonnan tasapainotukseen, mutta pidempikestoisen tehovajeen korjaamisessa se ei välttämättä ole riittävä. Yleisesti kulutusjouston tulisi toimia omaehtoisesti ja markkinaehtoisesti, hintasignaaleja seuraten, eikä erillisten tuotteiden varassa.

JOHTOPÄÄTÖS 3: LUPAAVIMMAT RATKAISUVAIHTOEHDOT OVAT HAASTEELLISIA VAADITTAVAN TOTEUTTAMISAJAN NÄKÖKULMASTA. TÄSTÄ SYYSTÄ VÄLIAIKAISRATKAISUKSI VOIDAAN TARVITA RATKAISUJA, JOTKA EIVÄT OLE TÄYDELLISIÄ.

Esitetyt viisi ratkaisuvaihtoehtoa osoittavat, että toteuttamiskelpoisia ratkaisuvaihtoehtoja on olemassa. Toteuttamisaika, tarpeseen sopivuus ja arvioidut kokonaiskustannukset vaihtelevat eri ratkaisuvaihtoehtoissa. Mikäli nähdään, että haasteet sähkön riittävyydessä toteutuvat aiemmin kuin käyttökelpoisten ratkaisujen mahdollinen käyttöönotto, on harkittava väliaikaisia tukevia järjestelyjä. On kuitenkin syytä huomioida, että päällekkäiset järjestelmät voivat muodostua liian hintaviksi, jotta niiden käyttöönotto olisi perustelua.

Mahdollisen käyttöönotettavan ratkaisun tulisi olla yhteensopiva Suomen hiilineutraalisuustavoitteiden kanssa. Fingrid on sidosryhmäkeskusteluissa tuonut esille, että mikäli väliaikaisratkaisu on välttämätön, voidaan sen osalta hiilineutraalisuustavoitteista osittain ja väliaikaisesti joustaa. Esimerkiksi päästöjä aiheuttavien huippuvoimallaitoksien hyödyntämistä voidaan joutua harkitsemaan (oletetun vähäisen käyttöajan vuoksi myös päästöt olisivat pienet).

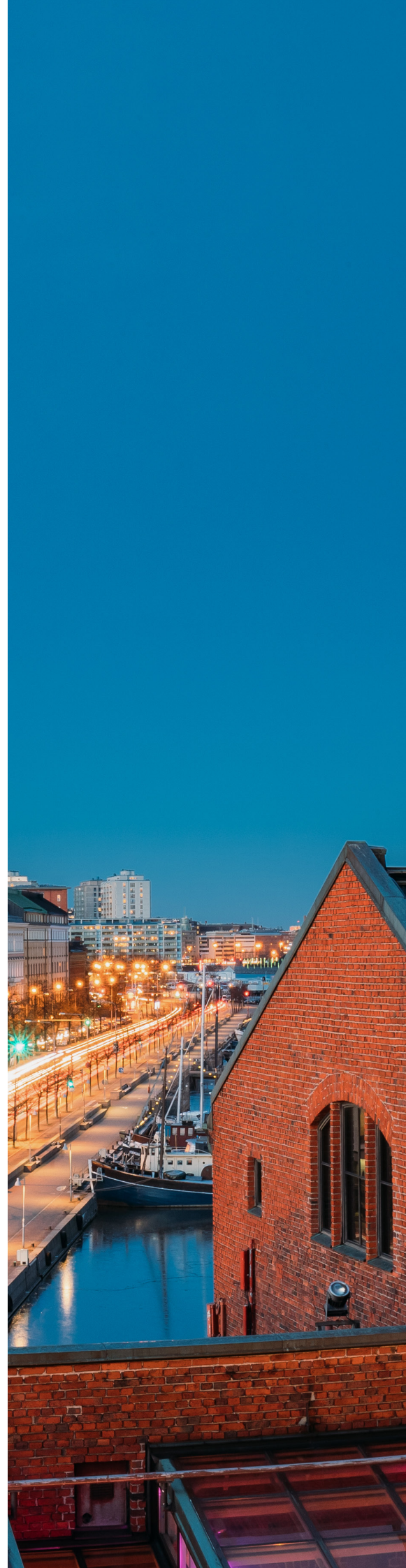
KUVA 12. EPÄVARMUUKSIEN TAKIA VALITUILTA RATKAISUILTA VAADITAAN JOUSTAVUUTTA



JOHTOPÄÄTÖS 4: MAHDOLLISET SÄHKÖN RIITTÄVYYDEN ONGELMAT ALKAVAT ILMETÄ JO KOHTI VUOTTA 2030 MENTÄESSÄ. TÄSTÄ SYYSTÄ KESKUSTELU MAHDOLLISISTA RATKAISUISTA ON KÄYNNISTETTÄVÄ VIIPYMÄTTÄ.

Lopuksi on syytä korostaa, että riippumatta valitusta ratkaisuvaihtoehtosta, toimivan kapasiteettiratkaisun yksityiskohtainen suunnittelu ja käyttöönotto vie huomattavasti aikaa, usein useita vuosia. Tästä syystä keskustelu ja mahdollisen ratkaisun yksityiskohtainen suunnittelu tulisi aloittaa Suomessa viipymättä.

Siirtymä hiilineutraalisuuteen on tuonut (ja tuo edelleen lisää) Suomen yhteiskunnalle ja kansantaloudelle nettohyötyjä. Lopullinen ratkaisu sähkön riittävyyden haasteisiin tulisi valita ja suunnitella huolella, jotta vältetään negatiivisilta vaikutuksilta siirtymään ja sen tuomiin hyötyihin.



AFRY tarjoaa suunnittelu-, konsultointi- ja digitaalisia palveluja, jotka vauhdittavat muutosta kohti kestävää yhteiskuntaa.

Olemme 19 000 omistautunutta teollisuus- ja energia-alojen sekä rakennetun ympäristön asiantuntijaa, joiden kehittämällä ratkaisulla luodaan vaikutusta tuleville sukupolville. Ympäri maailmaa toimivan AFRYn juuret ovat Pohjoismaissa, sen liikevaihto on 24 miljardia Ruotsin kruunua (noin 2,2 miljardia euroa), ja se on noteerattu Nasdaq Tukholman pörssissä.

Making Future



AFRY Management Consulting

oliver.pearce@afry.com

matias.peltoniemi@afry.com

afry.com