



MIKÄ MÄÄRÄÄ SÄHKÖN HINNAN SUOMESSA

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Energiatekniikan kandidaatintyö

2023

Viivi Westman

Tarkastajat: Tutkimusassistentti Kari Luostarinen

Professori Esa Vakkilainen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Energiatekniikka

Viivi Westman

Mikä määrää sähkön hinnan Suomessa

Energiatekniikan kandidaatintyö

2023

28 sivua ja 9 kuvaa

Tarkastajat: Tutkimusassistentti Kari Luostarinen ja Professori Esa Vakkilainen

Avainsanat: Sähkön hinta, sähkömarkkinat, sähköpörssi, Nord Pool, Suomen sähköjärjestelmä, sähkökulutus, energiakriisi

Sähkön hinnan määräytyminen on noussut ajankohtaiseksi aiheeksi vuoden 2022 energiakriisin myötä. Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selittää pörssisähkön hinnanmuodostuksen peruserä ja tarkastella Suomen sähkön hintaan nykyhetkellä vaikuttavia tekijöitä.

Työssä esitellään sähkön tukkumarkkinat, joilla pörssihinta muodostuu kysynnän ja tarjonnan perusteella. Kysynnän ja tarjonnan suuruuteen vaikuttavat muun muassa sää, kellonaika, viikompäivä ja vuodenaika. Kansainvälisessä sähkökaupassa kotimaan hintaan heijastuu yhä vahvemmin muiden maiden markkinatilanne.

Työssä tutkitaan ilmiöitä, jotka ovat viimeisen vuoden aikana huomionarvoisesti näkyneet Suomen sähkön hinnassa. Energiakriisissä korkeita hintoja aiheuttivat kaasun tarjonnan puute Euroopassa ja Ukrainan sota. Hintojen volatiliteettia kasvattaa tuulisähkön yleistymisen verkossa. Olkiluoto 3 -ydinvoimalaitosyksikön käyttöönotto laskee hintaa.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Energy Technology

Viivi Westman

What determines the price of electricity in Finland

Bachelor's thesis

2023

28 pages and 9 figures

Examiners: Research Assistant Kari Luostarinen and Professor Esa Vakkilainen

Keywords: Price of electricity, Electricity market, Power exchange, Nord Pool, Finnish electricity system, Electricity consumption, Energy crisis

During the energy crisis of 2022, the price of electricity has become a topical issue. The aim of this bachelor's thesis is to explain the basic principle of the price formation of stock exchange electricity and to examine the factors affecting the price of electricity in Finland.

The bachelor's thesis introduces the wholesale electricity market, where the exchange price is based on demand and supply. The magnitude of supply and demand is affected by, for example, weather, time of day, day of the week and season. Finland participates in international electricity trade, and the market situation of other countries is increasingly reflected in the domestic price.

The bachelor's thesis examines phenomena that have been noticeably reflected in the price of electricity in Finland during the past year. In the energy crisis, high prices were caused by the lack of gas supply in Europe and the war in Ukraine. The volatility of prices increases as the production of wind electricity becomes more common. The commissioning of the Olkiluoto 3 nuclear power plant unit lowers the price.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	5
2	Suomen sähköjärjestelmä osana kansainvälisiä sähkömarkkinoita.....	6
2.1	Pohjoismainen synkronisähköjärjestelmä	6
2.2	Itämeren ja Euroopan alueen sähkömarkkina	6
3	Sähkön hinnan määräytyminen	9
3.1	Sähkön tuotannon kustannukset.....	10
3.2	Marginaalikustannusjärjestelmä.....	11
3.3	Siirtoverkon kapasiteetin vaikutus sähkön hintaan	11
4	Sähkön hinnan vaihtelua aiheuttavia tekijöitä.....	13
4.1	Viikonpäivä ja vuorokaudenaika.....	13
4.2	Vuodenaika ja sää	13
4.2.1	Sateisuus ja vesivoima	14
5	Mikä sähkön hinnassa näkyy nyt.....	16
5.1	Uusiutuvan, vaihtelevan tuotannon yleistymisen	17
5.2	Ukrainan sota ja kaasun hinta	19
5.3	Ydinvoima ja Olkiluoto 3.....	20
5.3.1	Olkiluoto 3:n koekäyttöjakso.....	21
5.3.2	Tulevaisuus	22
6	Yhteenveto.....	23
	Lähteet	24

1 Johdanto

Sähkön hinta on ollut selkeässä nousussa vuodesta 2021, ja viimeistään Eurooppaa vuonna 2022 ravisuttanut energiakriisi ja sähkön hinnan ennätysellinen nousu tekivät sähköstä koko kansaa puhututtavan aiheen. Ukrainan sotaa seuranneet eurooppalaisten energiamarkkinoiden vaikeudet ovat näkyneet myös suomalaisten sähkölaskuissa. Vuoden 2022 jälkipuolelta lähtien Suomessa on varauduttu sähköpulaan ja sähkökatkoihin, ja valtio on kampanjoinut energian säästämisen puolesta ja myöntänyt tukia suurista sähkölaskuista kärsiville kotitalouksille.

Sähkön hinnan muodostuminen ja sähkömarkkinoiden toimintamekanismit ovat herättäneet laajaa kiinnostusta ja keskustelua. Energiakriisi on nostattanut ilmoille vaatimuksia puuttua poliittisesti sähkön hintaan. Se ei ole kuitenkaan perusteltua, sillä hinta ei ole viranomaisten säätämä.

Loppukäyttäjän sähköstä maksama hinta seuraa tukkumarkkinoiden marginaalikustannusjärjestelmässä määräytyvää, tunneittain vaihtelevaa pörssisähkön hintaa. Pörssisähkön hinnanvaihtelun taustalla on lukemattomia erilaisia syitä ja ilmiöitä, joiden vaikutussuhteet ovat monimutkaisia. Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selittää pörssisähkön hinnanmuodotuksen peruseriaate ja esitellä siihen vaikuttavia tekijöitä.

Aluksi tarkastellaan sähkömarkkinoiden rakennetta ja todetaan Suomen osallisuus kansainväliseen sähkökauppaan. Esitellään Nord Pool -sähköpörssi, joka toimii tämän kaupankäynnin alustana. Kuvailaan sähkön hinnan muodostuminen pörssissä ja osoitetaan, että hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan perusteella ja riippuu voimakkaasti muun muassa säästä ja tarkastelun ajankohdasta. Lopuksi tutkitaan ajankohtaisten energiasektoria koskevien ilmiöiden, kuten Ukrainan sodan ja Olkiluoto 3 -ydinvoimalayksikön käyttöönoton, näkymistä sähkön hinnassa.

2 Suomen sähköjärjestelmä osana kansainvälisiä sähkömarkkinoita

Maan sähkönsiirtojärjestelmän runkona toimii suurjännitteinen kantaverkko, jota ylläpitää ja valvoo valtio-omisteinen kantaverkkoyhtiö, Suomessa Fingrid Oyj. Kantaverkko liittää yhteen suuret voimalaitokset, sähköyhtiöiden paikalliset jakeluverkot sekä sähköä runsaasti kuluttavat teollisuuslaitokset koko maassa. Eri maiden kantaverkot kytkeytyvät toisiinsa mahdollistaen kansainvälisen sähkönsiirron ja sähkökaupan. (Fingrid 2023a.)

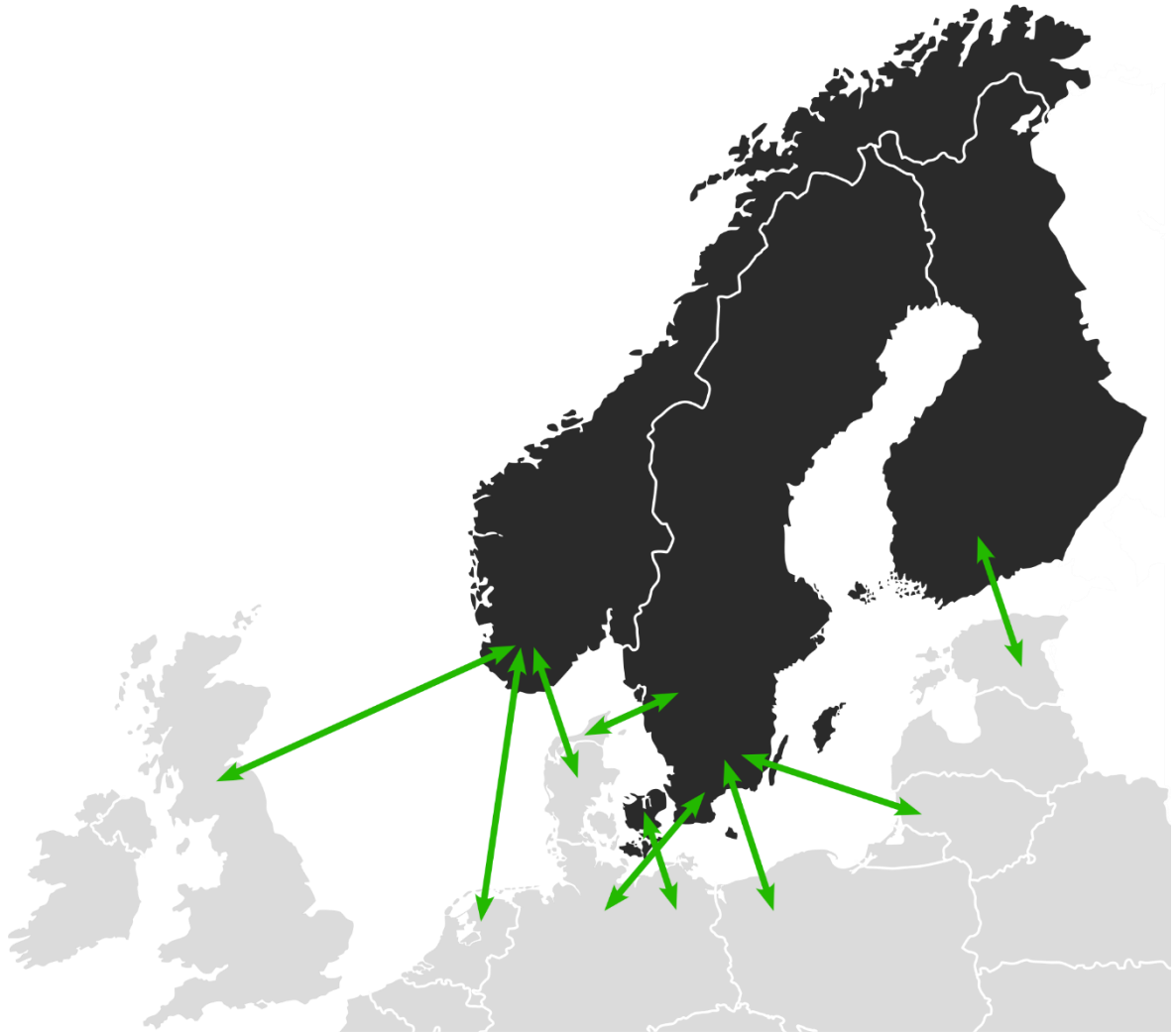
Suomen kantaverkossa on rajasiirtoyhteydet Ruotsiin, Norjaan, Viroon ja Venäjälle. Sähkönsiirto Suomen ja Venäjän välillä on lopetettu Ukrainan sodan takia toukokuusta 2022 alkaen (Fingrid 2023b), mutta muita rajasiirtoyhteyksiä pitkin sähköä virtaa Suomeen tai Suomesta naapurimaihin markkinatilanteen mukaan. Rajasiirtoyhteydet liittävät Suomen osaksi yhteispohjoismaista sähköjärjestelmää, joka taas on yhteydessä muualle Eurooppaan. Suomessa maksettavaa sähkön hintaa määrittää siis paitsi kotimainen kysyntä ja tarjonta, myös markkinoiden tila muualla Pohjoismaissa ja Euroopassa.

2.1 Pohjoismainen synkronisähköjärjestelmä

Suomen, Ruotsin, Norjan ja Itä-Tanskan kantaverkot kytkeytyvät toisiinsa vaihtosähköyhteyksin, muodostaen yhtenäisen pohjoismaisen synkronisähköjärjestelmän (Fingrid 2023b). Maat on jaettu järjestelmässä fysikaalisen sähkönsiirtokapasiteetin perusteella tarjousalueiksi, joista kullakin on oma sähkön tukkuhinta (Fingrid 2023c). Pohjoismaista tukkusähkökauppaa käydään Nord Pool -sähköpörssissä, jonka pääkonttori sijaitsee Osllossa.

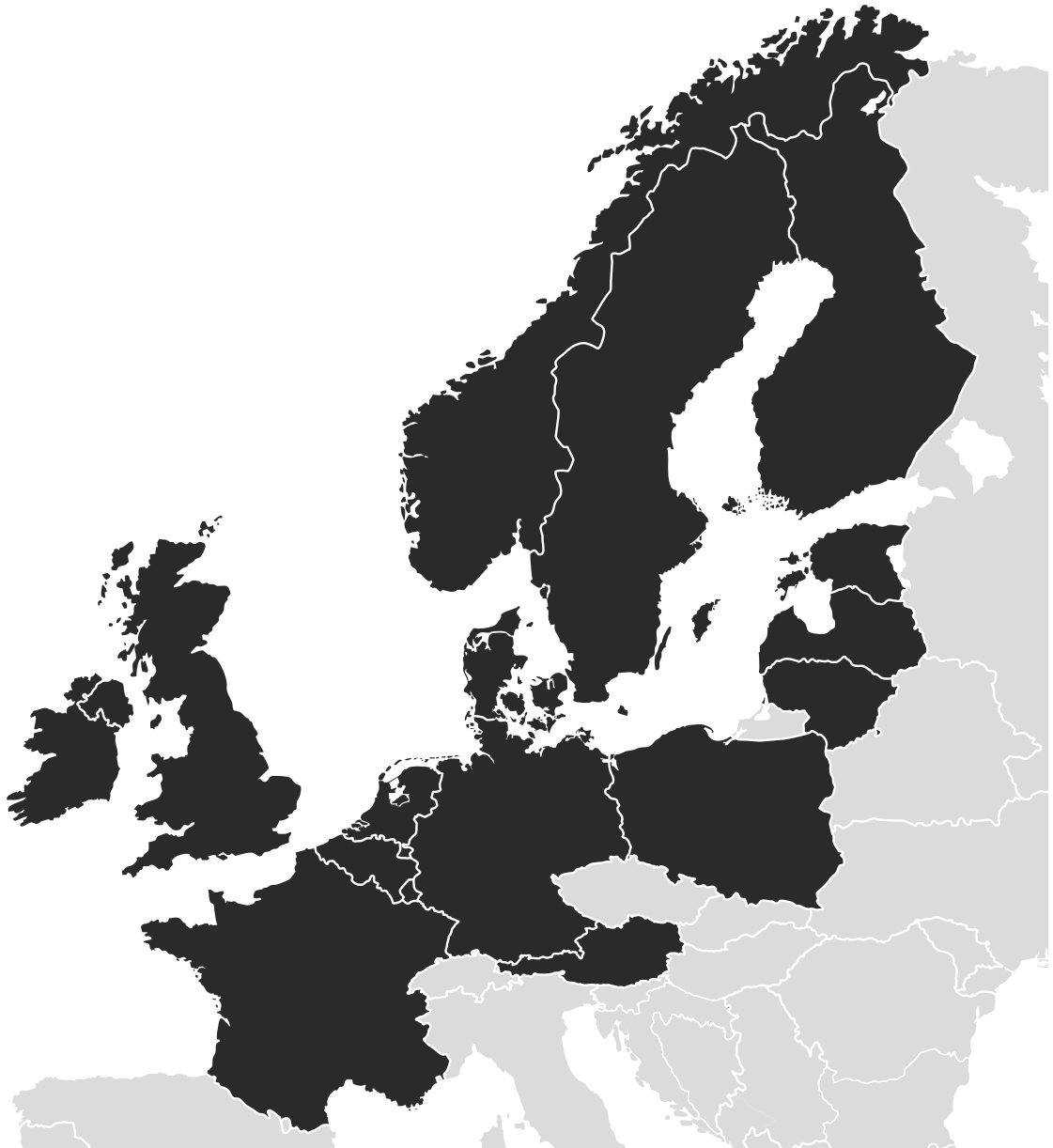
2.2 Itämeren ja Euroopan alueen sähkömarkkina

Pohjoismainen synkroniverkko kytkeytyy Euroopan sähköverkkoihin useiden tasasähköyhteyksien kautta: Norjasta on liittynyt Iso-Britanniaan ja Hollantiin, Ruotsista Saksaan, Puolaan ja Liettuaan, Itä-Tanskasta Saksaan ja Suomesta Viroon. Lisäksi sähköä virtaa Keski-Eurooppaan Länsi-Tanskan eli Jyllannin kautta, joka liittyy tasasähköyhteyksin Itä-Tanskaan, Ruotsiin ja Norjaan. (Statnett 2023.)



Kuva 1. Tasasähköliitynnät Pohjoismaiden synkroniverkosta muualle Eurooppaan

Tasasähköliityntöjen ansiosta Baltia ja Keski-Eurooppa ovat vahvasti yhdistyneet pohjoismaisiin sähkömarkkinoihin. Pohjoismaisten markkinoiden sijaan voidaankin jo puhua Itämeren sähkömarkkinoista. Markkinat ovat edelleen laajentumassa yleiseurooppalaisiksi ja ovat jo pitkälti EU-direktiivien sääntelemät (Energiateollisuus ry 2023). Nord Pool -tukku-sähköpörssi on laajentanut markkina-alueitaan Pohjolasta muualle Eurooppaan ja operoi tällä hetkellä myös Baltian maissa, Saksassa, Hollannissa, Puolassa, Belgiassa, Ranskassa, Itävallassa, Luxemburgissa, Iso-Britanniassa ja Irlannissa (Nord Pool 2021, 18).



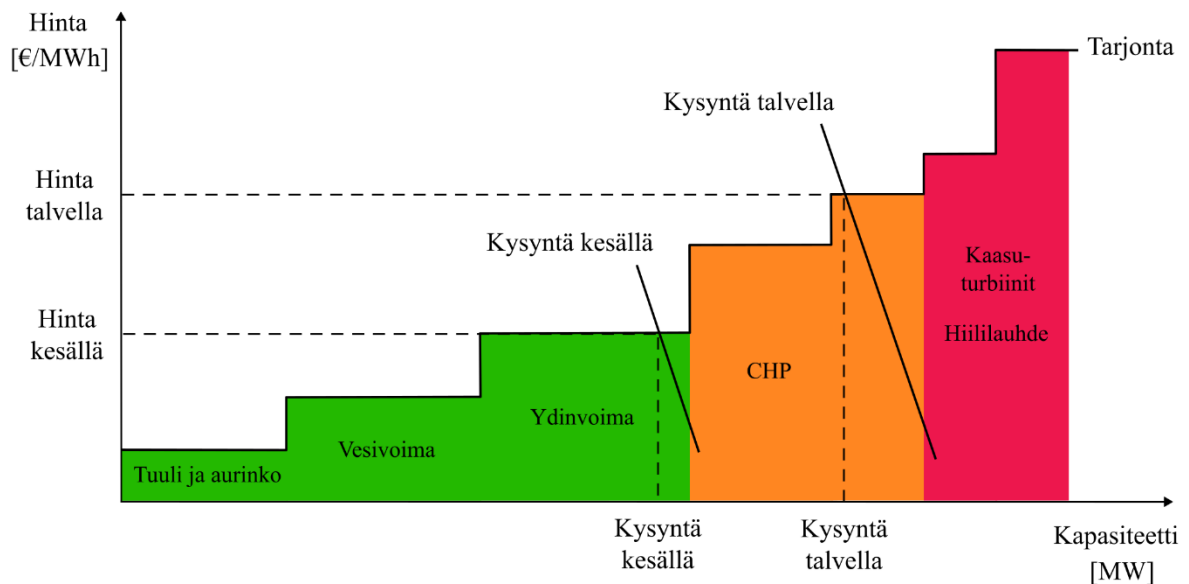
Kuva 2. Maat, joissa Nord Pool hallinnoi sähköpörssiä (Nord Pool 2021, 18, muokattu)

Euroopan unionin tavoitteena on rakentaa yhtenäinen eurooppalainen sähkösisämarkkina. Markkinoiden yhdistäminen edistäisi kilpailua, kasvattaisi sähköjärjestelmien toimintavarmuutta ja laskisi sähkön hintoja kuluttajille. (Ringler, Keles, Fichtner 2017; Fingrid 2018.) Tätä positiivista kehitystä hidastavat muun muassa fyysisten siirtoverkkojen riittämättömyys ja tilanpuute niiden rakentamiseksi Keski-Euroopassa (Partanen et al. 2020, 20).

3 Sähkön hinnan määräytyminen

Sähkön hinta ei ole viranomaisten säätämä, vaan perustuu Nord Pool -sähköpörssin spot-hintoihin. Nord Pool on kauppapaikka, jossa jakeluyhtiöt ostavat sähköä tuotantoyhtiöiltä toimittaakseen sen kuluttaja-asiakkaille, joiden kanssa niillä on sähkösopeimus. Spot-hinta, jolla sähköyhtiö ostaa sähköä tuottajalta, ohjaa hinnoittelua, jolla sähkö myydään edelleen kuluttajalle. (Vattenfall 2022, 3.)

Joka iltapäivä Nord Pool Spot-kaupassa määritetään sähkön spot-hinta seuraavan päivän jokaiselle tunnille. Aamupäivällä sähköyhtiöt jättävät pörssiin ostotarjoukset sähkömäärästä, jotka ne ovat valmiita ostamaan kullakin hintavälillä. Samoin tuotantoyhtiöt jättävät pörssiin tarjoukset sähkömäärästä, jotka ne ovat valmiita myymään kullakin hintavälillä. Kunkin tunnin osto- ja myyntitarjoukset kootaan kysyntä- ja tarjontakäyriksi (kuva 3), joiden leikkauspisteessä luetaan sähkön tukkuhinta.



Kuva 3. Sähkön tukkumarkkinahinnan muodostuminen (Partanen et al. 2020, 8, muokattu)

Kysyntäkäyrä kuvaa ostajien halukkuutta maksaa sähköstä ja tarjontakäyrä kunkin tuottajan rajahintaa. Tavallisesti tuotantoyhtiön myyntitarjous pohjautuu sen käyttämän sähköntuotantotavan muuttuviin kustannuksiin. (Lassila 2022a.)

3.1 Sähkön tuotannon kustannukset

Yleisiä sähköenergian tuotantotapoja ovat vesi-, tuuli-, aurinko- ja ydinvoima sekä biomasan, jätteiden, turpeen, kivihiilen, öljyn tai maakaasun polttaminen voimalaitoksissa (Energiateollisuus ry 2022, 9). Näillä eri sähköntuotantomuodoilla on keskenään erilaiset tuotantokustannukset, jotka koostuvat muun muassa investointi- ja lupakustannuksista, polttoainekuluista, voimalaitosten käyttö- ja kunnossapitokuluista, voimalaitoksiin kohdistuvista veroista ja hiilidioksidin päästöoikeusmaksuista.

Tuotantokustannukset määrittävät tavan, jolla tiettyä sähköntuotantomuotoa käytetään. Jos voimalaitoksen investointi- ja perustamiskustannukset ovat suuret, mutta varsinaisesta tuotannosta aiheutuvat kulut ja muuttuvat tuotantokustannukset ovat edulliset, laitosta kannattaa ajaa niin paljon kuin mahdollista (Partanen et al. 2020, 7). Esimerkiksi vesi- ja tuulivoimaloiden investointikustannukset ovat suuret, mutta lopullinen tuotanto on edullista, koska polttoainekuluja tai hiilidioksidipäästöjä ei synny. Myös ydinvoimaloita kannattaa ajaa tasaisesti, koska niiden alasajo ja uudelleen käynnistäminen tulee kalliimmaksi kuin käynnissä pitäminen. (Lassila 2022a.) Tällaiset edulliset sähköntuotantomuodot muodostavat perusvoimakapasiteetin, joka tuottaa jatkuvasti suhteellisen ennustettavaa sähkömäärää. Perusvoima riittää vastaamaan matalaan kulutukseen esimerkiksi kesäisin, mutta kulutuksen kasvaessa joudutaan turvautumaan yhä kalliimpiin ja saastuttavampiin tuotantomuotoihin, kuten hiili- ja öljyvoimaan (Aalto et al. 2012, 111).

Eri maissa on erilaiset sähköntuotantorakenteet. Esimerkiksi hiililauhdevoiman tuotanto on Suomessa kallista, ja siihen turvaututaan vain huippukulutustilanteissa, mutta Saksassa se on perustuotantoa, johon nojaa jopa yli kolmasosa maan sähköntuotannosta (Aalto et al. 2012, 12; Destatis 2022).

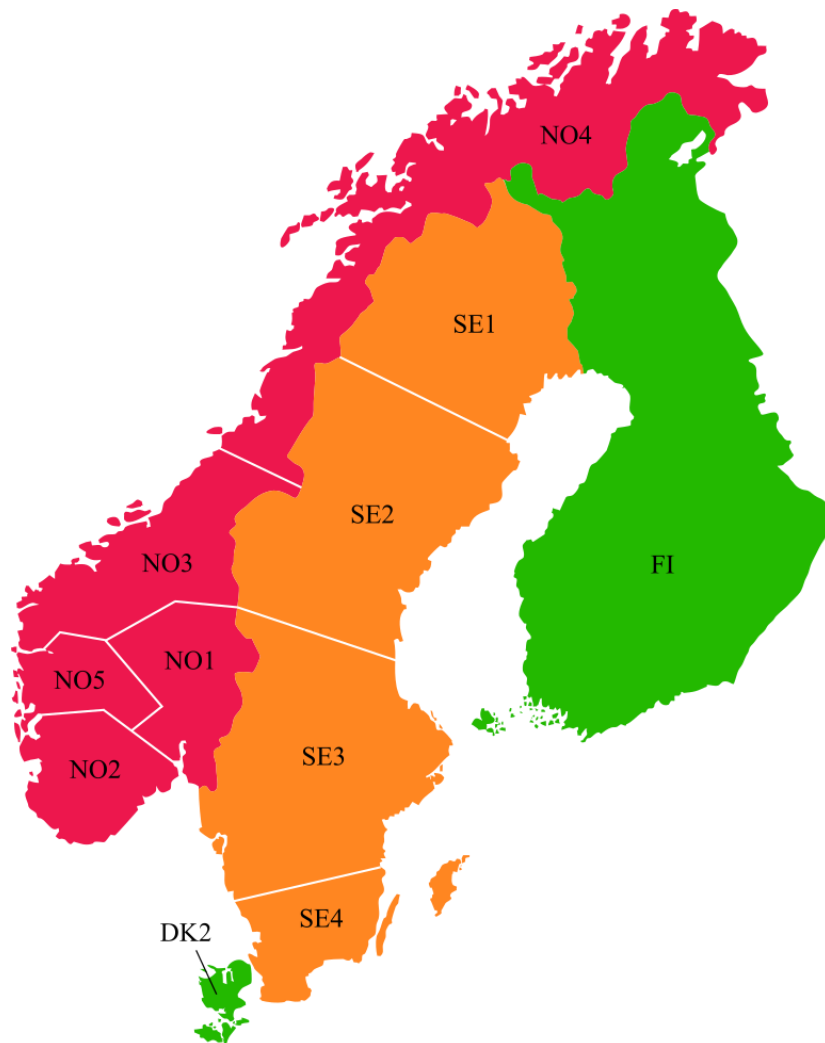
3.2 Marginaalikustannusjärjestelmä

Sähkömarkkinoilla kulutuksen ja tuotannon on oltava tasapainossa joka hetki. Koska sähkön kulutus vaihtelee, riittävän tuotannon saavuttamiseksi tarvitaan eri hetkinä eri määrä tuotantokapasiteettia. Kullakin hetkellä kallein käytettävä tuotantotapa määrittää sähkön hinnan tukkumarkkinoilla. Tätä kutsutaan marginaalikustannusjärjestelmäksi, koska kallein tuotantomenetelmä – marginaalituotantomenetelmä – määrittää sähkön hinnan. Kaikki tuottajat saavat ja kaikki kuluttajat maksavat sähköstä saman, kullakin hetkellä alhaisimman mahdollisen hinnan. (Partanen et al. 2020, 7; Lassila 2022a.)

3.3 Siirtoverkon kapasiteetin vaikutus sähkön hintaan

Sähkön kulutus ja tuotanto vaihtelevat alueittain: jollakin alueella voi olla tehovaje samaan aikaan kun toisaalla on ylitarjontaa. Alueilla, joilla sähköstä on pulaa, tuottajat asettavat sähkölle korkeamman hinnan. Sähköä pyritään viemään ylijäämäisiltä alueilta alijäämäisille, mutta mikäli siirtoverkon kapasiteetti ei riitä tilanteen tasapainottamiseen, sähkölle muodostuu eri hinta eri alueilla. (Statnett 2023.)

Pohjoismaiden maantieteelliset alueet on jaettu sähkömarkkinoilla tarjousalueiksi niiden sähkönsiirto- ja tuotantokapasiteettien perusteella (kuva 4). Koko Suomi on samaa tarjousaluetta, koska kantaverkkomme siirtokyky on riittävä koko maassa, mutta esimerkiksi Norja ja Ruotsi on jaettu useiksi tarjousalueiksi. (Vattenfall 2022, 7.)



Kuva 4. Nord Pool -tarjousalueet Pohjoismaiden synkronisähköverkossa

Nord Pool -sähköpörssissä määritetään kullekin tarjousalueelle oma spot-hinta sekä tarjousalueista erillinen sähkökaupan vertailuhinta, systeemihinta. Kunkin tarjousalueen spot-hinta kertoo sähkön kysynnästä ja tarjonnasta sen alueella, kun taas systeemihinta ei ota huomioon sähkön kulutus- tai tuotantopaikkaa eikä siirtokapasiteetin rajoituksia. (Nord Pool 2023.)

Niin sanotuissa ”pullonkaulatilanteissa” sähkön hinta laskee ylitarjontaisilla tarjousalueilla ja kasvaa alitarjontaisilla tarjousalueilla systeemihintaan nähden. Tarjousalueiden välillä ei aina ole välttämättä hintaeroa. Mikäli siirtoverkko ei ole ruuhkautunut, hinta voi olla sama koko Pohjoismaissa ja vastata systeemihintaa. (Norwegian Ministry of Petroleum and Energy 2022.)

4 Sähkön hinnan vaihtelua aiheuttavia tekijöitä

Sähkön hinta nousee, kun kulutus kasvaa. Kulutus vaihtelee huomattavasti muun muassa vuodenajan, sään ja vuorokaudenajan mukaan. Suomen huippukulutustilanteissa kotimainen sähköntuotantokapasiteetti ei riitä vastaamaan kysyntään, vaan sähköä on tuotava muista Pohjoismaista (Cygnel 2022). Vuodenaika ja sää vaikuttavat tuontisähkön tarpeeseen myös eri tuotantomuotojen käytettävyyden kautta.

4.1 Viikonpäivä ja vuorokaudenaika

Vuorokaudenaika vaikuttaa sähkön kulutukseen ja hintaan merkittävästi: Päivisin, kun laitteet ovat päällä ja ihmiset liikkeellä, sähköä kuluu paljon enemmän kuin öisin. Kulutushuippujen aikaan sähkö on kalleimmillaan.

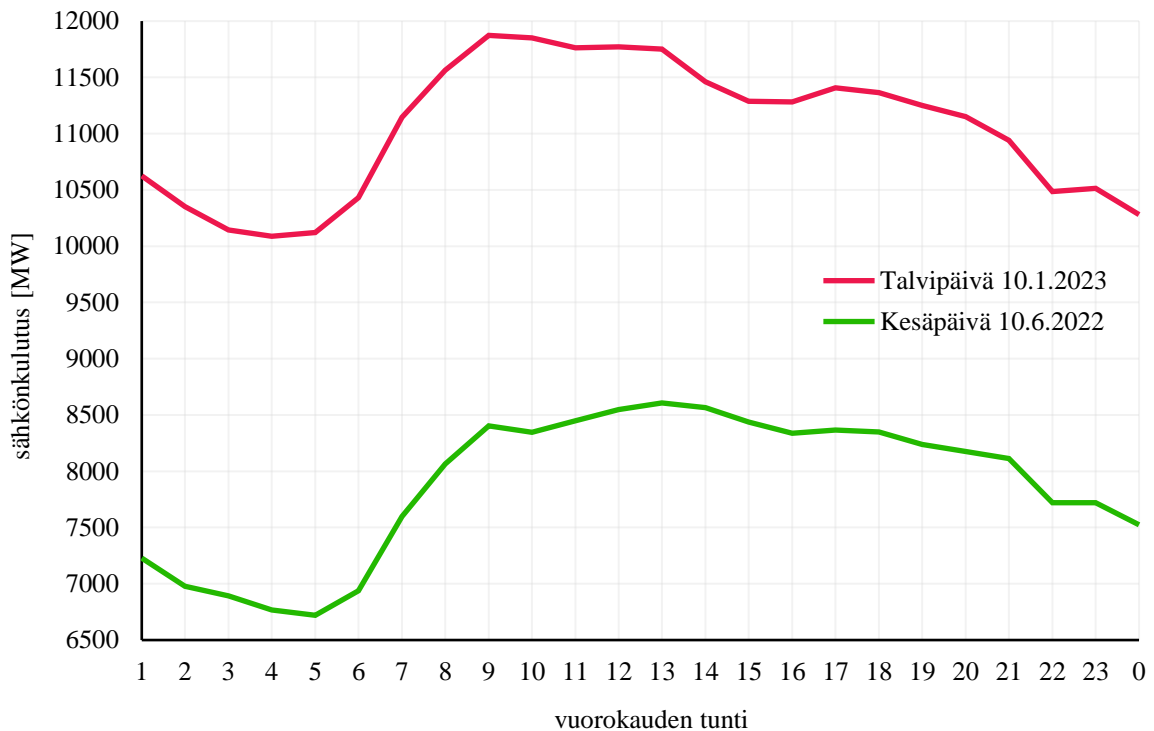
Arkipäivisin esiintyy kaksi sähkön kulutushuippua: Ensimmäinen ajoittuu aamuun kello 8–9, kun kodeissa herätään ja päiväkodit, koulut ja kaupat aukeavat ja teollisuus käynnistyy. Toinen ajoittuu iltaan klo 17–19, jolloin ihmiset palaavat töistä ja kouluista koteihin, ja valot, kodinkoneet ja viihde-elektroniikka laitetaan päälle. Tällöin sähkönkulutuspiikkiin osallistuvat kotitalouksien lisäksi myös esimerkiksi kaupat, harrastuspaikat ja monet yritykset, joille alkuiltä on ruuhka-aikaa. (Cygnel 2022.)

Viikonloppuna aamun kulutuspiikki on loivempi kuin arkena, koska ihmiset heräävät myöhemmin eikä teollisuus kuormita verkkoa yhtä paljon. Kulutus kasvaa iltaa kohden viikonloppunakin (Cygnel 2022). Arkisin yön ja päivän välinen kulutusero on noin 1500–3000 MW, kun taas viikonloppuisin se on noin 1000 MW (ÅF-Consult Oy 2019, 16).

4.2 Vuodenaika ja sää

Pohjoismaissa sää ja vuodenaika vaikuttavat sähkön kulutukseen huomattavasti. Pimeässä ja kylmässä talvessa tarvitaan valaistusta ja lämmitystä, minkä takia sähköä kuluu talvella jopa kaksi kertaa enemmän kuin kesällä (ÅF-Consult Oy 2019, 16). Ulkolämpötilan vaikutus on selkeä: talvisessa Suomessa pakkasasteiden lisääntyminen yhdellä tarkoittaa sähkön

kokonaiskulutuksen lisääntymistä likimain 150 MW:lla. Alhaisimmillaan Suomen sähkön kulutus on juhannuksena, jolloin sääolot ovat suotuisat ja osa teollisuudesta on pois käynnistä huoltoseisokkien takia. (Heima & Viita 2022.)



Kuva 5. Suomen tuntikohtainen kokonaiskulutus arkipäivänä kesällä ja talvella (Fingrid Avoin data)

Sää vaikuttaa paitsi sähkön tarpeeseen, myös tuotannon määrään. Tuulisella säällä saadaan tuulivoimaa, ja kirkkaina päivinä sähköä saadaan aurinkovoimaloista. Kun omaa tuotantoa on paljon, tuontisähkön tarve pienenee ja sähkön hinta laskee. Sateisuus vaikuttaa sähkömarkkinoihin vesivoimatuotannon kautta.

4.2.1 Sateisuus ja vesivoima

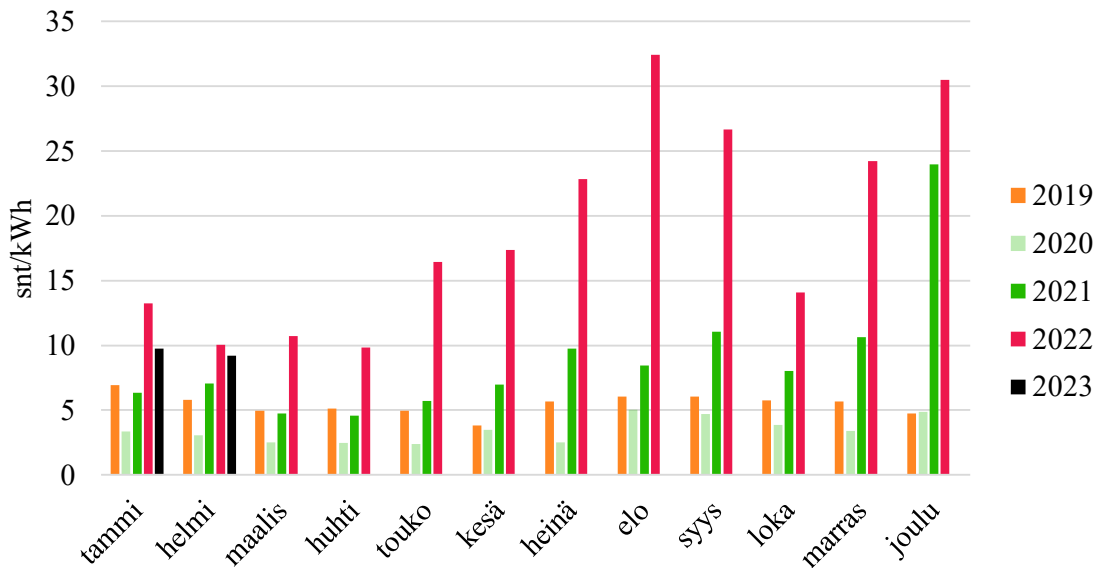
Pohjoismaissa vesivoimalla vastataan merkittävään osaan sähkön tarpeesta. Sekä hitaaseen että nopeaan tehonsäätöön pystyvällä vesivoimatuotannolla on hyvin tärkeä rooli pohjoismaisen sähköjärjestelmän tasapainottamisessa. Vastaavaa tuotannon joustavuutta tarjoavat ainoastaan fossiiliset polttoaineet (ÅF-Consult Oy 2019, 5). Jos sataa vähän, eikä

käytettävissä ole normaalia määrää vesivarantoja, vesivoimalla ei kyetä tuottamaan vuositasolla normaalia sähkömäärää.

Suomen vuotuisesta sähköntuotannosta 10–20 prosenttia on vesivoimaa. Suomen vuotuisesta sähkön tarpeesta 20–25 prosenttia katetaan sähkön tuonnilla eli pohjoismaisella säättö sähköllä, joka on tyypillisesti ruotsalaista ja norjalaista vesivoimaa. Kun edullisen vesivoiman puutetta joudutaan kompensoimaan muilla tuotantomuodoilla, sähkön hinta nousee. (ÅF-Consult Oy 2019, 11, 22.)

5 Mikä sähkön hinnassa näkyy nyt

Sähkön hinta lähti Suomessa ennennäkemättömän jyrkkään kasvuun vuoden 2021 lopulla (kuva 6). Vuoden 2022 aikana ja etenkin Venäjän Ukrainaan kohdistaman hyökkäyssodan puhjettua korkeat sähkön hinnat ja energian riittämättömyyden uhka kärjistyivät eurooppalaiseksi energiakriisiksi.



Kuva 6. Sähkön kuukauden spot-keskihinnat Suomessa, sis. arvonlisäveron (Nordic Green Energy 2023)

Venäjä hyökkäsi Ukrainaan helmikuussa 2022. Jo yli vuoden kestäneessä sodassa Venäjä on käyttänyt energiaa aseena EU:ta vastaan lopettamalla kaasun ja öljyn toimitukset. Seurauksena esimerkiksi Saksa, jonka energiantuotanto nojasi aiemmin pitkälti Venäjältä tuotuihin fossiilisiin polttoaineisiin, on kärsinyt energiapulasta. Sillä on ollut merkittävä vaikutus Euroopan sähkön hintoihin, koska Saksan sähkömarkkina on suuri – suurempi kuin Pohjoismaiden markkinat yhteensä.

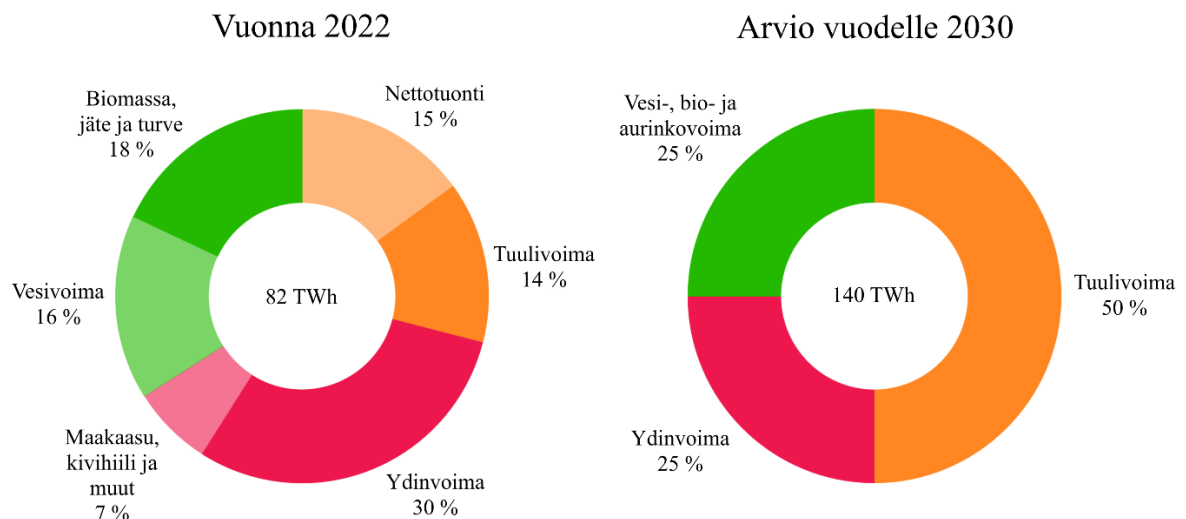
Myös Suomessa on kärsitty korkeista sähkön hinnoista ja jopa pelätty sähkön loppumista. Erityisesti talven 2022 kynnyksellä ihmisiä, yrityksiä ja organisaatioita kehoitettiin valtioveitosesti säästämään energiaa (Työ- ja elinkeinoministeriö). Toivottiin, että talvesta tulisi

tuulinen ja lauha, ja että Olkiluoto 3 -ydinreaktoriyksikkö laskisi käynnistyessään sähkön hintaa. Ylen 25. elokuuta 2022 julkaisemassa artikkelissa (Hukkanen & Eskonen 2022) määriteltiin kolme sähkötalouden riskitekijää: OL3:n käynnistymisen viivästyminen ja ruotsalaisen tuontisähkön ja kotimaisen tuulivoiman riittämättömyys talvella.

Kuten edellä todettiin, Suomen sähkön hinta määräytyy kansainvälisen markkinatilanteen eli kysynnän ja tarjonnan mukaan. Niiden takana vaikuttaa lukematon määrä erilaisia syitä ja ilmiöitä. Nykyhetkellä joukosta erottuvat kaasun, tuulivoiman ja ydinvoiman saatavuus. Niiden vaikutukset Suomen sähkön hintaan ovat selkeästi eristettävissä.

5.1 Uusiutuvan, vaihtelevan tuotannon yleistyminen

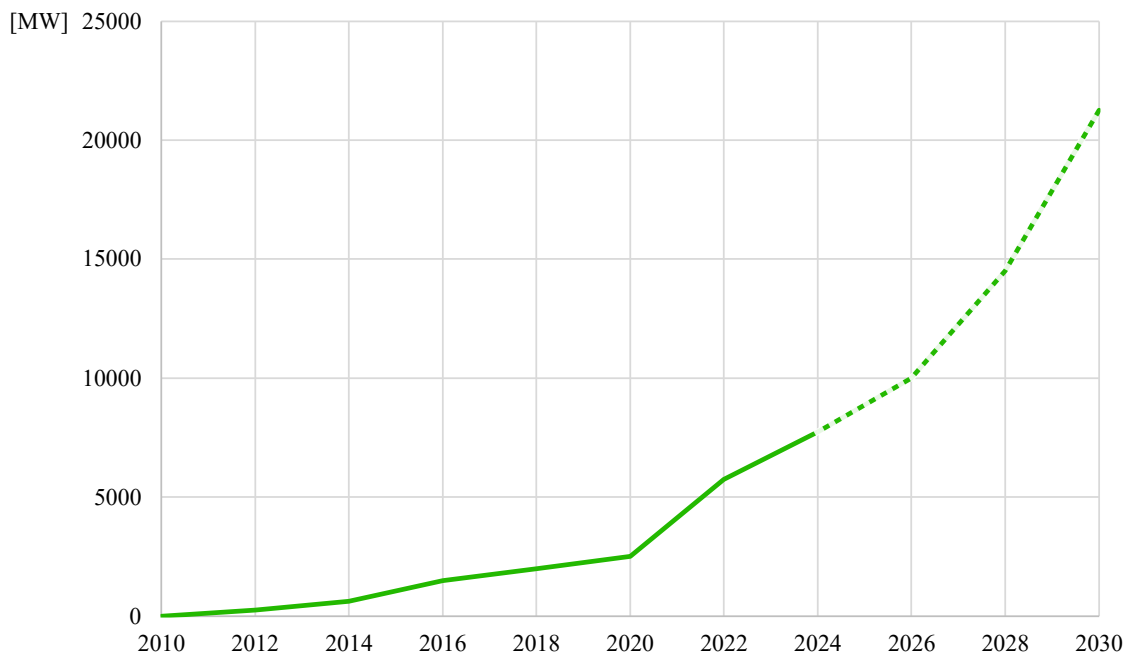
Suomalaisen maatuulivoiman rakentaminen on tällä hetkellä Euroopan edullisimpia ja nopeimpia tapoja kasvattaa energiantuotantoa, ja Suomen tuulivoimakapasiteetti onkin hyvin nopeassa kasvussa (kuva 8). Suomen tuulivoimakapasiteetin nimellisteho oli vuoden 2022 lopussa 5677 MW (Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023, 2) ja sen ennustetaan kasvavan jopa yli 10 000 MW:iin jo vuonna 2025. Kiinnostus myös aurinkovoimaa kohtaan on lisääntynyt. (Heikkilä 2022.)



Kuva 7. Sähkön tuotanto ja tuonti vuonna 2022 vs. 2030 (Pantsu 2023)

Tämän positiivisen kehityksen kääntöpuolena on, että pörssisähkön hinnanvaihtelu jyrkkee. Aikoinaan fossiilisiin polttoaineisiin nojaava tuotanto, joka oli säästä riippumatonta ja nopeasti säädettävää, mahdollisti vakaan sähköntuotannon ja hintakehityksen. Nyt uusiutuvat tuotantotavat ovat lähes korvanneet fossiiliset tuotantotavat Pohjoismaissa, ja sähkön pörssihinnan rajusta heittelystä on tullut uusi normi.

Suuri ja nopeasti kasvava osuus sähköntuotannosta on tuulivoimaa, joka ei ole käytettävissä tyynellä säällä. Näin ollen tyynen sään automaattinen seuraus on korkea pörssisähkön hinta. Tuulinen tai tyyni sää osuu usein samaan aikaan kaikkialle Pohjolaan. Kun tuulivoimaa saadaan paljon sekä Suomessa, Ruotsissa, Norjassa että Tanskassa, on sähköä tarjolla niin paljon, että hinta voi painua todella alas. (Pantsu 2022) Pörssisähkön hinta kävi jopa negatiivisena 5. lokakuuta 2022, kun sähköntuotantoa oli tuulivoiman vaikutuksesta enemmän kuin kulutusta (Kukkonen 2022).



Kuva 8. Suomen tuulivoimaloiden kumulatiivinen kapasiteetti 2010-2030 (Pantsu 2023)

Nykyhetkellä tuulivoiman tarjonta on yksi ilmeisimmistä sähkön hintaan vaikuttavista tekijöistä. Aurinkovoiman osuus sähköntuotannosta on Pohjolassa vielä marginaalinen, mutta

mikäli ennusteet pitävät paikkansa ja aurinkovoima yleistyy tulevaisuudessa (Kosonen & Breyer 2023), on sen vaikutus hintaan vastaavanlainen kuin tuulivoimalla.

Vaihtelevan tuotannon lisääntyessä verkossa tarve esimerkiksi kysyntäjoustoon, verkon tahdistukseen ja jännitteen ja inertian ylläpitoon sekä sähkön varastointiin liittyvälle uudelle teknologialle kasvaa (Lassila 2022b). Vihreän siirtymän alkuvaiheessa voimakas hintavaihtelu ja tuulivoiman rooli ovat korostuneet, mutta uusiutuvien tuotantomuotojen kehittyessä ja skaalautuessa tilanne voi hiljalleen tasaantua (Helen 2022).

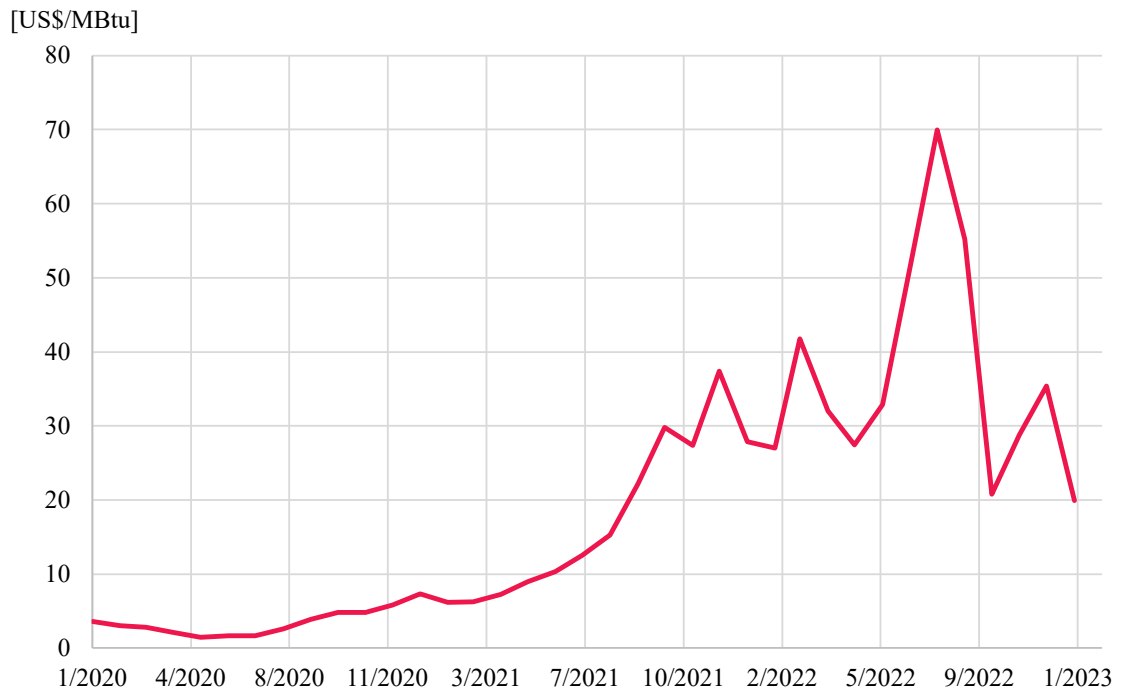
5.2 Ukrainan sota ja kaasun hinta

Ukrainan sodan seurauksena sähkön tuonti Venäjältä lopetettiin 14. toukokuuta 2022, mikä jätti noin 1300 MW:n eli yhden ydinvoimalan kapasiteetin suuruisen vajeen Suomen sähkötarjontaan. (Hukkanen & Eskonen 2022.) Venäjän sähkön tuonnin loppumista paljon suurempi vaikutus sähkön hintaan on kuitenkin ollut Euroopan maakaasumarkkinoiden kriisillä.

Maakaasun hinta oli Euroopassa jyrkässä nousussa jo ennen Ukrainan sotaa, vuoden 2021 lopusta lähtien (Ruusunen 2022). Hinnannousun taustalla oli tarjonnan puute, jolle oli useita syitä: eurooppalainen kaasun tuotanto ja kaasuvaramot olivat vähentyneet. Tuonnin osuus Euroopassa käytettävästä kaasusta oli vuonna 2021 jo lähes 90 prosenttia, josta 45 prosenttia tuli Venäjältä. Kylmä talvi koetteli Eurooppaa, jossa valtaosa kodeista ja liesistä lämmitetään kaasulla. Koronaepidemia viivästytti kaasusektorin huoltoja, ja koronan jälkeen kaasun kysyntä kasvoi. Hintaa kiritti myös tankkereilla kuljetettavan nesteytetyn maakaasun eli LNG:n hinnannousu, kun aasialaiset maksoivat LNG:stä eurooppalaisia enemmän. (Salomaa 2021.)

Venäjän hyökkäys Ukrainaan nosti kaasun hinnan ennennäkemättömän korkeaksi ja sai aikaan kaasu- ja energiakriisin: Osana sodanvastaisia toimia EU asetti talouspakotteita Venäjän kanssa käytävälle energiakaupalle, ja Venäjä rajoitti kaasun vientiä Eurooppaan. (Helsingin Sanomat 2022.) Erityisesti Saksa, joka on aiemmin ollut Venäjän kaasusta riippuvainen, kohtasi valtavia haasteita energian riittävydessä (MTV Uutiset 2022). Syyskuussa tuntemattomaksi jäänyt taho räjäytti Venäjältä Saksaan kaasua kuljettavat Nord Stream -putket käyttökelvottomiksi (Mykkänen 2022). Elokuussa 2022 maakaasufutuurin hinta oli korkeimmillaan: 320 €/MWh (Laitinen 2023a). Koska olennainen osa Euroopan energiasta

tuotetaan kaasulla, sähkön hinta seuraa tiiviisti kaasun hintaa. Kaasupulan takia sähkö oli ennätyskallista kaikkialla Euroopassa vuonna 2022 (Ruusunen 2022).



Kuva 9. Hollannin TTF-maakaasufutuurin hinta (Nasdaq Data Link 2023)

Vuoden 2023 alussa kaasun hinnaksi on tasaantunut noin 50 €/MWh ja pahin energiakriisi on alkanut hellittää, koska LNG:n tuonti Eurooppaan on kasvanut ja maakaasuvarastot on saatu täyteen Venäjän pakotteista huolimatta. Lisäksi kuluva talvi on ollut Euroopassa lauha, mikä on vähentänyt lämmityksen ja kaasun tarvetta. Pitkän aikavälin vertailussa tämänhetkinen kaasun hinta on kuitenkin edelleen korkea. (Laitinen 2023a.)

5.3 Ydinvoima ja Olkiluoto 3

Olkiluoto 3, Suomen viides ydinvoimalaitosyksikkö, on ollut rakenteilla vuodesta 2005 (STUK 2022). Valmistuttuaan OL3 tuottaa sähköä 1600 MW:n teholla, mikä tekee siitä Euroopan suurimman ja maailman kolmanneksi suurimman ydinvoimalaitoksen (TVO 2022a).

Pitkään kestäneessä OL3-projektissa saavutettiin monta virstanpylvästä vuonna 2022, mukaan lukien täyden tehon tuottaminen valtakunnan sähköverkkoon ensimmäistä kertaa (TVO

2022b). Viimeisen vuoden ajan laitos on ollut vuoroin koekäytössä ja huollettavana ja tuottanut sähköä vaihtelevasti. Käynnissä ollessaan OL3 on kasvattanut Suomen sähköntuotantoa merkittävästi, mutta se ei ole aina heijastunut sähkön hintaan. Tavallisesti kotimaisen tuotannon lisääntyminen laskee sähkön hintaa.

5.3.1 Olkiluoto 3:n koekäyttöjakso

Vuoden 2021 lopussa käynnistetty OL3 kytkettiin valtakunnanverkkoon ensimmäisen kerran 12. maaliskuuta 2022 klo 12. Tällä koekäyttöjakson alkuhetkellä laitoksen sähköteho oli 103 MW. Vaikka Suomen sähkön spot-hinta laski kyseisellä hetkellä noin 5 €/MWh (Fingrid 2023e), ei hinnanmuutos ole selkeästi OL3:n tuotannon alkamisen seuraus.

Kuukausia kestäneeseen koekäyttöjaksoon sisältyi tuntien tai vuorokausien pituisia testejä, joissa OL3-laitosta ajettiin eri tehoilla. Ajoittain laitos myös kytkettiin irti valtakunnanverkosta. (TVO 2022c.) 30. syyskuuta 2022 klo 2 laitos saavutti ensimmäisen kerran täyden 1600 MW:n sähkötehon (TVO 2022b; Fingrid 2023e).

Suomessa sähkön aluehinta aaltoili syys-lokakuun vaihteessa noin 300 €/MWh suuruusluokassa (Fingrid 2023e), mikä on hieman edeltäviä kuukausia matalampi, mutta kuitenkin edellisvuoteen verrattuna kaksinkertainen hinta. OL3:n tehonkasvu ei näkynyt sähkön hinnan selkeänä laskuna. Yksi selitys löytyy säästä: Tuulivoiman osuus pohjoismaisessa sähköntuotannossa on suuri, ja tänä ajankohtana tuulivoimatuotannon niukkuus piti sähkön hinnan korkeana. Tuulivoiman yhteenlaskettu nimellisteho Suomessa on noin 4400 MW, mutta esimerkiksi 30. syyskuuta tuulisähkön tuotantoa oli vain noin 30 MW (Pantsu 2022).

Toinen selitys on se, että Olkiluodon eli TVO:n tuottama sähkö myydään omakustannushintaan sen omistajille, joita ovat muun muassa energiayhtiöt Fortum ja Pohjolan Voima sekä teollisuusyhtiöt Kemira, UPM ja Stora Enso. Tämä niin sanotun mankala-periaatteen takia OL3:n tehonkasvu ei välttämättä välittömästi näy sähkön pörssihinnassa. (Pantsu 2022.)

18. lokakuuta 2022 TVO uutisoi OL3:n turbiinilaitoksen syöttövesipumpuista löytyneistä vaurioista (TVO 2022d). Vuodenvaihteessa ja alkuvuonna 2023 laitoksen koekäyttöjakso oli keskeytetty. Vaikka OL3 ei tuottanut sähköä, sähkön hinta oli tammi-helmikuussa vuodenaikaan nähden kohtuullinen (kuva 6), noin 9 snt/kWh eli 90 €/MWh (Laitinen 2023b). Tämä

oli muun muassa Euroopan kaasuvarastojen täyttymisen, lauhan sään ja runsaan tuulivoimatuotannon ansiota (Parviala 2023).

Vaikka OL3:n vaikutus hintoihin on ollut vaikea eristää, sähköyhtiö Väreän data-analytiikon Sami Kohvakan laskelmien mukaan voimalan käyminen täydellä teholla on laskenut pörssisähkön hintaa noin 5 snt/kWh. Jos tuotantoa olisi ollut alkuvuodesta, OL3 olisi siis puolittanut sähkön hinnan. OL3:n vaikutus hintaan on talvella vastannut ulkolämpötilan nousua yhdeksällä asteella. (Laitinen 2023b.)

5.3.2 Tulevaisuus

OL3:n säännöllisen tuotannon on ennustettu alkavan 17. huhtikuuta 2023 (TVO 2023). OL3 tuo pohjoismaiseen synkroniverkkoon lisää tasaista perusvoimaa. Se nostaa kynnystä turvautua kalliimpiin tuotantomuotoihin sähkönkulutuksen kasvaessa ja hillitsee hinnannousua (Fingrid 2023d). Lisäksi OL3 kasvattaa fossiilivapaan tuotannon osuuden Suomen sähkön tuotannosta yli 90 prosenttiin (TVO 2022a).

OL3:n tuotanto tulee vastaamaan noin 14 prosenttia Suomen sähkön kokonaiskulutuksesta ja vähentämään tuontisähkön tarvetta yli puolella (TVO 2022c). Tämä yhdistettynä Suomen tuulivoimakapasiteetin nopeaan kasvuun parantaa Suomen sähköomavaraisuutta ja kasvat-
taa vientiä erityisesti Viroon (Fingrid 2023d). Kaikki tämä vakauttaa sähkön hintoja pitkällä tähtäimellä ja ennaltaehkäisee sähkölähtökäisen tilanteen syntymistä. Ilman OL3:n tuotantoa sähkö olisi vielä kalliimpaa.

6 Yhteenveto

Loppukäyttäjälle näyttäytyvä sähkön hinta noudattelee sähköpörssin hintatrendejä. Tunnin välein vaihteleva sähkön pörssihinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan perusteella. Kumpankin vaikuttavat lukemattomat eri tekijät, kuten esimerkiksi sää, kellonaika, viikonpäivä ja vuodenaika.

Vuosina 2022 ja 2023 sähkömarkkinoiden toiminta ei ole näyttäytynyt entisenlaisena. Ennätykselliset hinnat ovat tehneet sähköstä kansallisen puheenaiheen. Ukrainan sota on pakottanut EU:n irtautumaan Venäjän fossiilisesta tuontinenergiasta, ja kaasupula ja energian hinnat ovat saaneet jäsenmaat etsimään uutterasti ratkaisuja energiakriisiin ja vihreän siirtymän ongelmiin.

Suomessa on panostettu päästöttömään sähköntuotantoon tuulivoiman ja ydinvoiman kautta. Nyt eletään Suomen sähköomavaraiseksi tulemisen kynnyksellä, ja pahimmasta energiakriisistä on todennäköisesti selvitty. Paluuta entisiin sähkömarkkinoihin ja maltilliseen, yhtä helposti ennustettavaan hintavaihteluun ei kuitenkaan ole.

Enää kotimaisen tuotannon äkillinen kasvu, kuten OL3:n käynnistyminen, ei välttämättä laske hintaa välittömästi, vaikka teoriassa pitäisi. Vaikutus saattaa jäädä pimentoon esimerkiksi tuulivoiman aiheuttaman volatilitiitin takia, mutta näkyy pidemmän aikavälin tarkasteluissa. Sähkömarkkinoiden laajentuessa yleiseurooppalaisiksi myös Keski-Euroopan markkinoiden heilahtelut heijastuvat yhä enemmän Suomen hintoihin.

Tuulisähkön lisääntyminen Pohjoismaissa aiheuttaa suurta hintavaihtelua, jollaiseen ei aiemmin ole totuttu. Hintapiikkien voidaan olettaa vain jyrkkenevän lähitulevaisuudessa, kunnes tilanne pitkässä juoksussa todennäköisesti tasaantuu.

Vuoden 2023 alussa sähkön hinta on palautunut Suomessa ja Euroopassa kohtuulliselle tasolle kaasun halpenemisen ja lauhan ja tuulisen kevättalven ansiosta. Huhtikuussa OL3:n odotetaan aloittavan säännöllinen sähköntuotanto 1600 MW:n täyстeholla, mikä osaltaan loiventaa hintapiikkejä ja laskee Suomen sähkön hintaa.

Lähteet

Aalto, A., Honkasalo, N., Järvinen, P., Jääskeläinen, J., Raiko, M. & Sarvaranta, A. 2012. Mistä lisäjoustoa sähköjärjestelmään? Loppuraportti. Espoo: Energiateollisuus ry, Fingrid Oyj, ÅF-Consult Ltd [Sähköinen julkaisu] Saatavissa: https://energia.fi/files/694/Mista_lisajoustoa_sahkojarjestelmaan_loppuraportti_28_11_2012.pdf

Cygnel, S. 2022. Näin vältät aamun ja alkuillan sähköruuhkan. Fingrid-lehti: Kantaverkko. Fingrid [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.fingridlehti.fi/nain-valtat-aamun-ja-alkuillan-sahkoruuhkan/>

Destatis, 2022. Electricity production in the 3rd quarter of 2022: coal-generated electricity up 13.3% on the same period a year earlier. Press release No. 518 of 7 December 2022 [Sähköinen julkaisu] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: https://www.destatis.de/EN/Press/2022/12/PE22_518_433.html

Energiateollisuus ry, 2022. Energiavuosi 2022 Sähkö [Sähköinen julkaisu] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: https://energia.fi/files/4428/Sahkovuosi_2022.pdf

Energiateollisuus ry, 2023. Sähkömarkkinat [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: https://energia.fi/energiapolitiikka/ajankohtaista_sahkomarkkinoista/sahkomarkkinoiden_toiminta

Fingrid, 2018. Eurooppalaiset sähkömarkkinat. Fingrid-lehti: Sähkömarkkinat [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.fingridlehti.fi/eurooppalaiset-sahkomarkkinat/>

Fingrid, 2023a. Tietoa Fingridistä [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/sivut/yhtio/esittely/>

Fingrid, 2023b. Pohjoismainen sähköjärjestelmä ja liittynät muihin järjestelmiin [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/pohjoismainen-sahkojarjestelma-ja-liitynnat-muihin-jarjestelmiin/>

Fingrid, 2023c. Yhtenäiset sähkömarkkinat [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyys/>

Fingrid, 2023d. Olkiluoto 3 ja sähkömarkkinat [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/olkiluoto-3-kantaverkkoon/olkiluoto-3-ja-sahkomarkkinat/>

Fingrid, 2023e. Sähköjärjestelmän tila [Verkkoaineisto] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkojarjestelman-tila/>

Fingrid Avoin data. Organisaatiot, Fingrid, Sähkönkulutus Suomessa [Verkkoaineisto] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://data.fingrid.fi/open-data-forms/search/fi/>

Heikkilä, M. 2022. Vaikeuksien keskellä katse sähköiseen tulevaisuuteen. Fingrid-lehti: Näkökulma. Fingrid [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.fingridlehti.fi/vaikeuksien-keskella-katse-sahkoiseen-tulevaisuuteen/>

Heima, T. & Viita, K. 2022. Näin paljon sähkön kulutus vaihtelee eri vuodenaikoina – talven kulutushuiput pahin ongelma sähkön riittävyydelle. Yle [Viitattu 29.3.2025] Saatavissa: <https://yle.fi/a/3-12635933>

Helen, 2022. Ajankohtaista elokuussa: mitä sähkömarkkinoilla tapahtuu? [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.helen.fi/uutiset/2022/ajankohtaista-elokuussa-mita-sahkomarkkinoilla-tapahtuu>

Helsingin Sanomat, 2022. Pääkirjoitus: Venäjän energia-ase kääntyi jo itseä kohti [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.hs.fi/paakirjoitukset/art-2000009072451.html>

Hukkanen, V. & Eskonen H. 2022. Olkiluodon, Ruotsin ja säiden armoilla – nämä kolme riskiä ratkaisevat, sammuvatko sähköt ensi talvena. Yle [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://yle.fi/a/3-12592155>

Kosonen, A. & Breyer, C. 2023. Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa. Lappeenranta–Lahden teknillinen yliopisto LUT [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.lut.fi/fi/artikkelit/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa>

Kukkonen, L. 2022. Pörssisähkön hinta keikahtaa kovien tuulten ansiosta jopa negatiiviseksi. Helsingin Sanomat [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.hs.fi/talous/art-2000009113062.html>

Laitinen, J. 2023a. Maakaasu on halventunut rajusti kesästä, ja se voi laskea sähkön hintaa. Helsingin Sanomat [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.hs.fi/talous/art-2000009400503.html>

Laitinen, J. 2023b. Sähköyhtiön laskelma: Olkiluoto 3 laskee sähkön hintaa noin 5 senttiä kilowattitunnilta. Helsingin Sanomat [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.hs.fi/talous/art-2000009457022.html>

Lassila, A. 2022a. Miksi sähköä ylipäättään pitää myydä pörssissä? Helsingin Sanomat [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.hs.fi/talous/art-2000009263435.html>

Lassila, A. 2022b. Tuulivoima voi olla riski-altis energia-muoto inertian puutteen takia: Tästä ilmiössä on kyse. Helsingin Sanomat [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.hs.fi/talous/art-2000009119371.html>

MTV Uutiset, 2022. Miten Saksa onnistui pääsemään eroon venäläisestä maakaasusta ennätysajassa? – "Länsimaiden byrokratian nopeusennätys" [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/miten-saksa-onnistui-paasemaan-eroon-venalaisesta-maakaasusta-ennatysajassa-lansimaiden-byrokratian-nopeusennatys/8579246#gs.veb0ip>

Mykkänen, P. 2022. Ruotsin viranomaiset: Nord Stream -putkien räjähdykset olivat ”törkeä sabotaasi”. Helsingin Sanomat [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.hs.fi/ulko-maat/art-2000009210474.html>

Nasdaq Data Link, 2023. Natural Gas; Netherlands TTF Natural Gas Forward Day Ahead; US\$ per Million Metric British Thermal Unit [Verkkoaineisto] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: https://data.nasdaq.com/data/ODA/PNGASEU_USD-natural-gas-netherlands-ttf-natural-gas-forward-day-ahead-us-per-million-metric-british-thermal-unit

Nordic Green Energy, 2023. Spot-hinta [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.nordicgreen.fi/asiakaspalvelu/spot-hinta/>

Nord Pool, 2021. Annual Review 2021: Markets in Transition. Saatavissa: <https://www.nordpoolgroup.com/4ac588/globalassets/download-center/annual-report/nord-pool-annual-review-2021.pdf>

Nord Pool, 2023. The power market: Bidding areas [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.nordpoolgroup.com/en/the-power-market/Bidding-areas/>

Norwegian Ministry of Petroleum and Energy, 2022. The power market [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://energifaktanorge.no/en/norsk-energiforsyning/kraftmarkedet/#main-content-start>

Pantsu, P. 2022. Sähkön hinta on taas huippulukemissa, vaikka Olkiluoto 3 pyörii ensimmäistä kertaa täydellä teholla – tästä syystä hinta ei laske. Yle [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://yle.fi/a/3-12645151>

Pantsu, P. 2023. Kallis sähkö jää kohta muistoihin: Suomeen iskee sähkötulva ja kiinteät hinnat painuvat 4–5 senttiin kilowattitunnilta – syynä tuulivoima. Yle [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://yle.fi/a/74-20012175>

Partanen, J., Annala, S., Lassila, J. & Honkapuro, S. 2020. Sähkömarkkinat – opetusmoniste. Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT, LUT School of Energy Systems, Sähkötekniikka

Parviala, A. 2023. Kauhujen talvi sähkömarkkinoilla hellittää: kaikki ratkaisevat tekijät painavat nyt hintoja alas. Yle [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://yle.fi/a/74-20016285>

Ringler, P., Keles, D. & Fichtner, W. 2017. How to benefit from a common European electricity market design. Energy Policy. Vol. 101, s. 629–643 Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.011>

Ruusunen, J. 2022. Energiasodan keskellä katse kohti tulevaisuuden sähköjärjestelmää. Fingrid-lehti: Näkökulma. Fingrid [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.fingrid-lehti.fi/energiasodan-keskella-katse-kohti-tulevaisuuden-sahkojarjestelmaa/>

Salomaa, P. 2021. Hintavaihteluja tarvitaan – poliittista puuttumista ei. Energia uutiset [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.energiauutiset.fi/kategoriat/markkinat/hintavaihteluja-tarvitaan-e2-80-94-poliittista-puuttumista-ei.html>

Statnett, 2023. Data from the power system [Verkkoaineisto] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.statnett.no/en/for-stakeholders-in-the-power-industry/data-from-the-power-system/>

STUK, 2022. Olkiluoto 3 [Sähköinen julkaisu] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.stuk.fi/aiheet/ydinlaitoshankkeet/olkiluoto-3>

Suomen Tuulivoimayhdistys ry, 2023. Tuulivoima Suomessa 2022 [Sähköinen julkaisu] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: https://tuulivoimayhdistys.fi/media/tuulivoima_vuositilastot_2022-1.pdf

TVO, 2022a. Olkiluoto 3 EPR -laitosyksikön sähköntuotanto on alkanut [Tiedote] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.tvo.fi/ajankohtaista/tiedotteetporssitiedotteet/2022/olkiluoto3epr-laitosyksikonsahkontuotantoonalkanut.html>

TVO, 2022b. Olkiluoto 3 ensimmäistä kertaa täydellä teholla [Tiedote] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.tvo.fi/ajankohtaista/tiedotteetporssitiedotteet/2022/olkiluoto3ensimmaistakertaataydellateholla.html>

TVO, 2022c. Olkiluoto 3 tuottaa jälleen sähköä Suomeen [Tiedote] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.tvo.fi/ajankohtaista/tiedotteetporssitiedotteet/2022/olkiluoto3tuottaajalleensahkoasuomeen.html>

TVO, 2022d. Olkiluoto 3 EPR:n turbiinilaitoksen syöttövesipumppujen sisäosissa on havaittu vaurioita [Tiedote] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.tvo.fi/ajankohtaista/tiedotteetporssitiedotteet/2022/olkiluoto3eprnturbiinilaitoksensyottovesipumppujensisaosissaonhavaittuvaurioita.html>

TVO, 2023. OL3-tuotanto koekäytön aikana [Verkkoaineisto] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://www.tvo.fi/tuotanto/laitosyksikot/ol3/ol3ennusteet.html>

Työ- ja elinkeinoministeriö. Ajankohtaista tietoa mahdollisesta sähköpulatilanteesta [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://tem.fi/tietoa-sahkopulasta>

Vattenfall, 2022. Sähkömarkkinat – Sähkön käyttäjän perusopas [Sähköinen julkaisu] [Viitattu 29.3.2023] Saatavissa: <https://energyplaza.vattenfall.fi/sahkomarkkinat-sahkon-kayttajan-perusopas>

ÅF-Consult Oy, 2019. Vesivoiman merkitys Suomen energiajärjestelmälle. Loppuraportti. Energiateollisuus ry [Sähköinen julkaisu] Saatavissa: https://energia.fi/files/3427/Vesivoimaselvitys_FINALrev1_20190206.pdf