



**KORONAPANDEMIAN VAIKUTUKSET SÄHKÖNKYSYNTÄÄN EUROOPASSA
JA SUOMESSA**

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

2023

Teemu Hiltunen

Tarkastaja: TkT, Jouni Haapaniemi

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Sähkötekniikka

Teemu Hiltunen

KORONAPANDEMIAN VAIKUTUKSET SÄHKÖNKYSYNTÄÄN EUROOPASSA JA SUOMESSA

Kandidaatintyö

2023

37 sivua, 12 kuvaa ja 7 taulukkoa

Tarkastaja: TkT, Jouni Haapaniemi

Avainsanat: koronapandemia, COVID-19, sähkönkulutus, energian kysyntä, Eurooppa, Suomi, sähkömarkkinat, sähköntuotanto, sähkön hinta, etätyöskentely, kulutusprofiilit, sähkön joustovaihtoehdot

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan koronaviruspandemian (COVID-19) aiheuttamia muutoksia sähköenergian kysyntään Euroopassa sekä Suomessa. Työssä Euroopan tilannetta koronapandemian aikana tarkastellaan kirjallisuuskatsauksena. Suomen tilannetta tarkastellaan analysoimalla vapaasti saatavaa dataa kotitalouksien ja koko Suomen sähkönkulutuksesta vuorokausi-, viikko- ja vuositasolla.

Sähköenergian kysyntään vaikuttaa maiden koronapandemian torjuntatoimet. Maissa, joissa ryhdyttiin rajuihin torjuntatoimiin, kulutus laski enemmän verrattuna maihin, joissa oli verrattaen pienemmät torjuntatoimet. Sähkönkulutus siirtyi julkisista rakennuksista kotitalouksiin, sillä torjuntatoimien takia ihmiset käyttivät enemmän aikaa kotona. Joissakin maissa huippukulutuksen ajankohta sekä kulutusprofiili muuttui.

ABSTRACT

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT

LUT School of Energy Systems

Electrical Engineering

Teemu Hiltunen

THE EFFECTS OF THE CORONA PANDEMIC ON ELECTRICITY DEMAND IN EUROPE AND FINLAND

Bachelor's thesis

2023

37 pages, 12 figures and 7 tables

Examiner: Dr, Jouni Haapaniemi

Keywords: corona pandemic, COVID-19, electricity consumption, energy demand, Europe, Finland, electricity market, electricity production, electricity prices, remote working, consumption profiles, electricity flexibility options

This bachelor thesis examines the changes in electricity demand in Europe and Finland caused by the coronavirus pandemic (COVID-19). The situation in Europe during the corona pandemic is examined in the form of a literature review. The Finnish situation is examined by analyzing freely available data on electricity consumption of households and Finland on a daily, weekly and annual level.

The demand for electricity is affected by the countries' response to the interest rate pandemic. Countries that took drastic measures decreased consumption more than countries with less drastic measures. Electricity consumption shifted from public buildings to households as people spent more time at home due to the response. In some countries, peak consumption and the consumption profile changed.

LYHENTEET

COVID-19

Koronavirustauti

WHO

Maailman terveysjärjestö

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	ii
LYHENTEET	iv
1 Johdanto	4
2 Taustoitus	5
2.1 Sähköverkko	5
2.2 Sähköverkko Suomessa	6
2.3 Sähkönkulutuksen aamu- ja iltapiikit	6
2.4 Joustovaihtoehtojen merkitys COVID-19 pandemian aikana	6
2.4.1 Kysynnän ja tarjonnan jousto	7
2.4.2 Varastointi	7
2.4.3 Sähköverkkolaajennukset	8
3 Koronaviruspandemian vaikutus sähkön kysyntään Euroopassa	9
3.1 Rajoitustoimet	9
3.2 Muutokset sähkönkysynnässä	10
3.2.1 Sähkön hinta	11
3.2.2 Viikon kulutusprofiili	11
3.3 Päivän kulutusprofiili	13
3.3.1 Aamu- ja iltapiikki	13
3.3.2 Aamu- ja iltaramppi	13
4 Sähkön kysyntä Suomessa koronaviruspandemian aikana	15
4.1 Sähkönkulutus sektoreittain Suomessa	15
4.2 Tuotanto	16
4.3 Koronapandemian vaikutus kuntatasolla	17
4.3.1 Asuminen ja maatalous	18
4.3.2 Vapaa-ajan asunnot	21
4.3.3 Teollisuus	21
4.4 Aamu- ja iltapiikit	24
4.5 Sähkön hinta	26
4.6 Sähkön tuonti ja vienti	28
5 Pohdinta	30

6 Johtopäätökset

31

Lähteet

32

KUVALISTA

1	Viikon sähkönkysynnän muutos koronapandemian aikana sekä vuotta aiemmin vertailtavana viikkona	12
2	Sähkönkäyttö kategorioittain Suomessa	15
3	Sähkön kokonaistuotanto energialähteittäin Suomessa	16
4	Sähkön tuotannon osuuden muutos kokonaistuotannosta prosenttiyksikköinä Suomessa 2019–2020	17
5	Normitetun sähkönkulutuksen muutos kunnittain 2019–2020 kotitalous- ja maataloussektorilla.	19
6	Sähköenergian muutos vuonna 2019–2020, 10 suurimmalla vapaa-ajan asunto paikkakunnalla Suomessa	21
7	Sähkönkulutuksen muutos kunnittain 2019–2020 teollisuussektorilla.	22
8	Sähköenergian kulutus Suomessa 2019–2020 viikon 14 ajalta Maanantaista Perjantaihin	25
9	Sähkön hintakomponenttien osuudet kokonaishinnasta 2019–2020	27
10	Suomen sähkön tuonti ja vienti vuosina 2019 ja 2020	28
11	Sähkön tuonnin osuuden muutos kokonaistuonnista Suomessa tuontimaittain	28
12	Sähkön viennin osuuden muutos kokonaistuonnista Suomessa vientimaittain	29

TAULUKKOLISTA

1	Normitettu asumisen ja maatalouden sähkönkulutuksen lasku koronapandemia vuonna 2020	20
2	Normitettu asumisen ja maatalouden sähkönkulutuksen kasvu koronapandemia vuonna 2020	20
3	Suurin lasku teollisuuden sähköenergian kulutuksessa 2019–2020 kaupungeista, joiden kulutus yli 25 GWh vuodessa	23
4	Suurin nousu teollisuuden sähköenergian kulutuksessa 2019–2020 kaupungeista, joiden kulutus yli 25 GWh vuodessa	23
5	Suomen sähköenergian kokonaiskulutus viikolla 14, sekä maksimikulutuksen kellonaika	25
6	Suomen sähköenergian kokonaiskulutus viikolla 14, sekä minimikulutuksen kellonaika	26
7	Suomen sähköenergian hintakehitys 2019–2020	27

1 Johdanto

Koronavirustauti (COVID-19) vahvistettiin Maailman terveysjärjestön (WHO) toimesta laajalle levinneeksi pandemiaksi Euroopassa 13. maaliskuuta 2020. Vahvistettuja koronavirus-taudin aiheuttamia sairaustapahtumia oli jokaisessa Euroopan maassa 17. maaliskuuta mennessä vähintään yksi tapaus. Jokainen Euroopan maa valitsi oman lähestymistapansa koronapandemian leviämisen hillitsemiseksi. Useat maat asettivat hyvin voimakkaat rajoitukset ihmisten liikkumiseen kodin ulkopuolella, kun taas osassa Euroopan maissa ihmisten liikkumista rajoitettiin hyvin vähän. Rajoitustoimista aiheutui merkittäviä muutoksia ihmisten arkielämään etätöihin siirtymisen ja julkisten kokoontumisien kieltämisen seurauksesta. (Bahmanyar et al., 2020)

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan eri Euroopan maiden sähkönkäytöstä havaittavia ilmiöitä pandemian alkuvaiheilta, sekä verrataan edellisten vuosien sähkön käyttöprofiilien muutoksia pandemian rajoitustoimien seurauksina havaittuihin muutoksiin vuosi-, kuukausi-, viikko- ja päivätasolla. Löydettyjä havaintoja verrataan Suomesta kerättyyn dataan, joiden pohjalta yritetään löytää vastaavuuksia. Tilastoista voidaan todeta, että pandemia on vaikuttanut laskevasti sähkönkulutukseen teollisuussektorilla, kun taas nostavasti kotitaloussektorilla (Energiateollisuus, 2023b). Työ toteutetaan kirjallisuuskatsauksena sekä analysoimalla avoimesti saatavissa olevaa sähkönkulutuksen dataa. Työssä etsitään vastausta tutkimuskysymyksiin:

Miten koronapandemia vaikutti sähkönkysyntään Suomessa?

Minkälaisia havaintoja Suomen sähkönkysynnästä löytyy koronapandemian ajalla vuonna 2020?

Kuinka sähkön vienti ja tuonti muuttui Suomessa koronaviruspandemian aikana?

Kuinka sähköntuotannon muodot muuttuivat Suomessa koronaviruspandemian aikana?

2 Taustoitus

Sähkönkysyntä on keskeinen tekijä sähköverkkojen toimialalla, sillä kysynnän vaihtelut vaikuttavat suoraan sähköntuotantoon, -siirtoon ja -jakeluun. Väestönkasvu, teknologian lisääntyminen ja taloudellinen kasvu lisää sähköenergian kulutusta ja näin ollen myös tuo tarpeita sähköverkon kasvulle sekä kehittämiselle. Sähkönkysyntä vaihtelee alueittain ja maittain päivittäin vuodenajasta riippuen. Sähkönkulutus koostuu monen eri sektorin kuluttamasta sähköenergiasta. Osa kulutuksesta muuttuu esimerkiksi teollisuuden tarpeiden muuttuessa, kun taas osa on lämpötilariippuvaista kuormaa, joka muuttuu lämmittämisen tai viilentämisen tarpeen mukaan. Esimerkiksi Suomessa sähköenergian kulutus on suurempaa talvella, jolloin suurin osa sähköenergian kulutuksesta menee kiinteistöjen lämmittämiseen (Energiateollisuus, 2023b). Sähköverkon on säilytettävä jatkuvasti tasapaino tuotannon ja kysynnän välillä, sillä liian suuri tasapainon ero voi johtaa suuriin muutoksiin sähköverkossa.

2.1 Sähköverkko

Sähköverkon erilaiset mekanismit ylläpitävät verkon toimintaa, erityisesti tärkeää uusiutuvan sähköenergian osuuden lisääntyessä. Verkon taajuus (yksikkö hertsi Hz) toimii indikaattorina sähkön tuotannon ja kysynnän tasapainosta. Taajuus pyritään pitämään mahdollisimman lähellä 50,0 Hz. Taajuuden ollessa alle 50,0 Hz, sähkön kysyntä on enemmän kuin sähkön tuotanto. Näin ollen yli 50,0 Hz taajuus viittaa suurempaan tuotantoon, sekä matalampaan kulutukseen. Taajuudelle kriittinen piste on alle 49,8 Hz tai yli 50,2 Hz, jolloin verkossa alkaa tapahtua häiriöitä. (Halbrügge et al., 2021)

Verkon taajuus on kriittisin sähköverkkoon liitettyjen tahtigeneraattoreiden osalta, sillä ne ovat keskenään tahdissa. Kysynnän ja kulutetun tehon välisen eron kasvaminen liian suureksi voi johtaa pahimmassa tilanteessa koko maan sähköverkon kaatumiseen, jos riittävän nopeita oikeita taajuuden säätötoimia ei kyetä suorittamaan. Syy taajuuden romahtamiselle tapahtuu yleensä, kun verkossa on äkillinen muutostilanne, jossa ei voi kasvattaa tuotantoa tarpeeksi tai irtikytkeä kuormaa (Sihvonen, 2018).

Taajuuden lisäksi sähköverkon jännite muuttuu ja se pyritään pitämään mahdollisimman lähellä 230V. Jännite muuttuu verkossa tapahtuvien jännitteen alenemien seurauksesta. Alenemiin vaikuttaa muun muassa kuormituksen suuruus ja sähkön siirtoteiden mitoitus. Sähkölaitteiden toimintaan vaikuttaa sähköverkon jännitteen taso ja sen vaihtelu, jonka takia sähköverkot täytyy suunnitella niin ettei varsinkaan jännitteenalenema ole liian suurta missään pisteessä. Asiakkaiden jännitetaso pyritään pitämään lähellä vaihejännitteen nimellisarvoa

230V. Jännitetason vaihtelun suositukset on jaettu standardiin, normaaliin ja korkeaan laatuun. Standardi laadussa 100 % ajasta tehollisarvojen täytyy pysyä 10 minuutin keskiarvolla 195,5–253 V. Liiallinen tehollisarvojen vaihtelu aiheuttaa kiinteistöihin kytkettyihin sähkölaitteisiin erilaisia toimintahäiriöitä. (Kinnunen, 2018)

2.2 Sähköverkko Suomessa

Suomessa sähköverkon taajuutta ja jännitettä kontrolloivat kantaverkkoyhtiö Fingrid sekä paikalliset sähköjakeluverkot. Fingridin tehtävä on huolehtia, että kulutus ja tuotanto ovat jatkuvasti tasapainossa ja huolehtia Suomen sähkön saanti ympäri vuorokauden jokaisena päivänä. Fingridin tehtävä ei ole tuottaa sähköä, muutoin kuin häiriötilanteissa varavoimallaisiin. Fingridin kantaverkkoon on liittynyt suuret sähköntuottajat sekä -kuluttajat. Kantaverkkotoiminta on monopolitoimintaa, sillä ei ole järkevää rakentaa usean eri yhtiön toimesta koko Suomen laajuista kantaverkkoa. Paikalliset sähköverkot ja sähkönsiirtoyhtiöt siirtävät sähkön kuluttajalle omalla alueellaan ja mahdollistavat uusiutuvan energian kuten aurinkovoimaloiden ja tuulivoimaloiden integroinnin sähköverkkoon. Suurjänniteverkko vastaa pitkän matkan sähkönsiirrosta, kun taas paikalliset verkot takaavat sähkönjakelun lähellä kuluttajia ja yrityksiä. Näiden verkkojen yhdistelmä varmistaa tehokkaan sähkönsiirron koko maan alueella. Taajuutta sekä jännitettä pystytään hallitsemaan erinäisillä joustovaihtoehdoilla. Esimerkiksi reservimarkkinoilla saadaan korjattua erilaisia muutoksia ennustetun ja toteutuneen sähköenergian kulutuksen välillä.

2.3 Sähkönkulutuksen aamu- ja iltapiikit

Sähkönkulutusta voidaan analysoida tarkastelemalla aamu ja iltapiikkejä sekä niiden ajankohtia. Piikit voivat vaihdella eri alueilla ja eri vuodenaikoina, mutta yleensä ne liittyvät ihmisten päivittäisten rutiinien suorittamiseen. Isoimmat piikit syntyvät päivittäin aamulla sekä illalla. Aamupiikki syntyy aamutoimien tekemisestä, jolloin sähköä kuluu esimerkiksi valaistukseen, kodinkoneiden käyttämiseen, lämmitykseen ja suihkussa käymiseen. Iltaisin kotiin töistä palattua sähköenergiaa kuluu esimerkiksi ruuanlaittoon ja viihde-elektroniikkaan, kuten televisiot ja tietokoneet. Piikit voivat vaihdella alueittain vuodenaajoista ja sähkönkäytön tottumuksista riippuen. Sähköntoimittajat seuraavat sähkönkäytön tottumuksia, sillä sähkönkäyttö pitää ennustaa seuraavalle päivälle. Siksi on tärkeää tietää, kuinka kulutus käyttäytyy.

2.4 Joustovaihtoehtojen merkitys COVID-19 pandemian aikana

Koronapandemian aikaiset muutokset ihmisten käyttäytymisessä aiheuttivat pääosin muutoksia sähkön kulutuksessa, tuotannossa, päiväkohtaisissa hinnoissa ja sähkön tuonnissa sekä viennissä. Tässä luvussa tarkastellaan Euroopan maiden erilaisia toimenpiteitä reservimark-

kinoilla koronapandemian aikana, jotka auttavat pitämään sähköverkon taajuuden ja jännitteen mahdollisimman stabiilina.

2.4.1 Kysynnän ja tarjonnan jousto

Kysynnän joustolla tarkoitetaan mahdollisuutta mukauttaa sähkönkulutusta erityisen tapahtuman vuoksi. Riippuen teollisuudesta, tuotanto ei aina ole lähellekään täydellä tuotantokapasiteetilla. Pandemian seurauksesta jotkin lääkkeitä tai lääkinnällisiä laitteita valmistavat yritykset ovat nostaneet tuotantokapasiteettiaan. Näissä tapauksissa teollisuuden kysynnän joustavuus on laskenut tai noussut. (Halbrügge et al., 2021)

Saksan sähkökysynnän huomattava lasku tarkasteltavan koronapandemian aikana selittyy pandemian aiheuttamasta shokista, ei niinkään nousseen kysynnän jouston osuudella. Saksan sähkökuorman profiilin tarkastelussa ja vertailussa edeltäviin vuosiin ei havaita selkeitä poikkeamia kysynnän puolella. Keskipäivän maksimipiikki ilmenee pandemian aikana noin varttitunnin myöhemmin, verrattuna aikaisempaan vuoteen. Maksimipiikin ajankohdan siirtyminen myöhempään voidaan selittää esimerkiksi etätöihin siirtymisellä. Lisäksi negatiivisten sähkönhintojen tunnit ovat lisääntyneet, joka voi selittää kysynnän puolen jouston rajoituneen näiltä osin. Tätä voidaan selittää sillä, että pandemian aikana yrityksiä täytyi keskittyä enemmän kiireellisimpiin aiheisiin, kuin kysyntäpuolen joustoon. (Halbrügge et al., 2021)

Tarjontapuolen jousto tarkoittaa, että sähkömarkkinoilla tapahtuvaan kysynnän kasvuun tai laskuun reagoidaan sähköntuotannossa verkon tasapainon varmistamiseksi. Koronaviruspandemian aikana sähkönkysyntä laski sekä uusiutuvien sähkön tuotantomuotojen osuus suureni hyvien keliolosuhteiden takia. Nämä tarjoavat vain vähän joustavuutta samalla kun tavanomaiset voimalaitokset tuottivat vähemmän sähköä tai jopa ei ollenkaan, joka aiheutti vähentyvää tarjontapuolen joustoa. (Halbrügge et al., 2021)

Saksassa kaasun hinnan lasku johti kaasuturbiinivoimaloiden marginaalihinnan laskuun, näin ollen tarjoaa hyvää joustavuutta tarjonnan puolelle, jonka vuoksi koronaviruspandemian aikana kaasuturbiineita käytettiin sähkön tuotantoon enemmän. Kaasuturbiinivoimaloilla saatiin uusiutuvien energiantuotantomuotojen aiheuttamaa joustamattomuutta kompensoitua, ottamalla kaasuturbiinit käyttöön näinä aikoina. Hiilivoimaloiden tuotanto taas pieneni, jolloin kaasuturbiinivoimaloista tuli suurempi yleissähkön tuottaja, jolloin hiilivoimalat siirtyivät joustavan sähköenergian tarjoajiksi. (Halbrügge et al., 2021)

2.4.2 Varastointi

Monin eri tavoin voidaan varastoida sähköenergiaa, joilla saadaan joustoa sähköverkkoon väliaikaisesti huipputuntien ajaksi tai kun muu tuotanto on pudonnut verrattuna kulutukseen.

Sähköenergiaa voidaan varastoida akkuihin myöhempää käyttöä varten. Pumppuvoimalaitoksilla energiantuotanto perustuu yleensä veden mekaanisen voiman muuntamiseen sähköenergiaksi, pumpaamalla vesi ylös altaisiin ja laskemalla vesi turbiinien läpi sähköenergiaa tarvittaessa. Itsenäisesti toimivan pumppuvoimalaitoksen energiantuotanto on aina negatiivista, sillä käyttöön kuluu enemmän energiaa kuin mitä sillä saadaan tuottoa (Ramula, 2021).

Saksassa pumppuvoimalaitoksilla tuotetun sähköenergian osuus kasvoi hieman koronaviruspandemian aikana, kuitenkin hinta pysyi pandemian ajan stabiilina. Hinnan stabiilisuus saattaa johtua Saksassa olevasta suuresta määrästä akkuvarastoja. Näin ollen tasesähkön tarjonta pysyi riittävänä, vaikka tavanomaisia voimalaitoksia ei olisi ollutkaan. (Halbrügge et al., 2021)

2.4.3 Sähköverkkolaajennukset

Sähköverkko voi tarjota myös maantieteellistä joustavuutta kattaakseen paikallisen sähkönkulutuksen hajautetulla sähköntuotannolla maiden tai alueiden välillä. Koronapandemian seurauksesta sähköenergian pienempi kysyntä johti siihen, että sähköverkolla siirrettiin vähemmän kuormaa. Siksi on tärkeää sähköverkkojen kytkennät eri maiden välillä. Saksassa sähköntuonti naapurimaista kasvoi koronapandemian aikana. (Halbrügge et al., 2021)

3 Koronaviruspandemian vaikutus sähkön kysyntään Euroopassa

Tässä luvussa tarkastellaan koronapandemian aikaisia muutoksia sähkönkysyntään Euroopassa, jotta Suomesta löytyneitä havaintoja voidaan myöhemmin verrata muun Euroopan muutoksiin. Sähkönkulutus yhteiskunnassa voidaan jakaa eri sektoreille, kuten kotitalouksille, maataloudelle, teollisuudelle, toimistoille, kaupoille ja julkiselle sektorille. Sähkönkäytön jakautuminen eri sektoreilla vaihtelee maittain.

Suomessa vuonna 2021 sähköenergian loppukäyttö jakautui seuraavasti. Kotitaloussektori käytti sähköenergiaa pääosin lämmittämiseen, veden lämmittämiseen, kotitalouslaitteisiin ja saunojen lämmittämiseen (Motiva, 2021a), jolloin kulutus voi vaihdella vuorokaudenajan, viikonpäivän sekä vuodenajan mukaan. Teollisuussektori jakaantui pääosin metsä-, metalli-, kemian-, ja elintarviketeollisuuden sektoreille (Motiva, 2021c), jolloin kulutus voi vaihdella käyttöasteen, prosessien optimoinnin sekä energiatehokkuustoimien mukaan. Palvelusektori pitää sisällään julkiset palvelut, yksityisen palvelusektorin, liikekiinteistöt, varastot, toimistot sekä opetusalan kiinteistökannan (Motiva, 2021b), jolloin kulutus voi vaihdella esimerkiksi käyttöasteen ja lämmitystarpeen mukaan. Yleensä viikonloppuisin toimistojen kulutus on alhaisempaa.

Maailman laajuudelle levinnyt koronavirustauti pakotti maita erilaisiin toimiin vuonna 2020. Jokaisen maan hallitus linjasi omat rajoitustoimet, joihin kuuluivat muun muassa ihmisten liikkumisen rajoittaminen, yleisötilaisuuksien rajoittaminen ja etätyösuositukset. Näillä toimilla yritettiin välttää terveydenhuoltojärjestelmän liian suuri kuormittuminen, tehohoitoon otettujen koronatapausten kasvun vuoksi. (Bahmanyar et al., 2020) Tässä kappaleessa käsitellään syitä sähkön kysynnän muutoksiin Euroopan maissa sekä muutoksien havaitsemista analysoidun datan perusteella. Pandemia ei rajautunut ainoastaan Euroopan alueelle vaan ulottui koko maapallon alueelle, mutta tässä työssä keskityttiin erityisesti Euroopan maiden sähkönkäytön tutkintaan.

3.1 Rajoitustoimet

Maat alkoivat rajoittamaan ihmisten liikkumista, jotta ihmiskontaktit minimoitaisiin. Euroopassa varmistettuja koronavirustartuntoja oli 6. kesäkuuta mennessä eniten Italiassa, Espanjassa ja Yhdistyneissä kuningaskunnissa. Belgiassa oli maan väestöön suhteutettuna eniten koronaviruksen aiheuttamia kuolemia Euroopassa. (Bahmanyar et al., 2020) Koronapandemian torjunta vaati poikkeuksellisia rajoitustoimenpiteitä maailmanlaajuisesti keväällä 2020.

Tässä kappaleessa tarkastelemme Espanjan, Italian, Yhdistyneen kuningaskunnan ja Belgian hallitusten julistamia hälytystiloja ja liikkumiskieltoja, joilla pyrittiin hillitsemään pandemian leviämistä ja suojelemaan kansalaisten terveyttä.

Espanjan hallitus julisti 14. maaliskuuta hälytystilan, jonka takia muiden kuin välttämättömien työntekijöiden pyydettiin pysymään kotona. Italia asetti laajan valtakunnallisen ulkonaliikkumiskiellon 9. maaliskuuta, jolloin ainoastaan yhteiskunnalle välttämättömien työtehtävien työntekijät sekä terveysongelmista kärsivät saivat poistua kotoaan. Liikkumiskiellon aikana vain välttämättömät kaupat ja yritykset saivat pitää ovensa auki. Yhdistyneet kuningaskunnat julistivat valtakunnallisen liikkumiskiellon 23. maaliskuuta, jolloin muiden kuin välttämättömien työntekijöiden (palomies, poliisi ja sähkönjakelun henkilöstö) täytyi jäädä kotiin sekä asukkaiden oli sallittua poistua kotoa vain käydessään kaupassa tai terveysyistä. Liikkumiskiellon aikana sai käydä vain kerran päivässä urheilemassa ulkona. Belgian hallitus päätti maaliskuussa ensiksi sulkea koulut ja kahvilat sekä kieltää yleiset kokoontumiset. Viikko rajoitustoimenpiteiden jälkeen Belgiassa kiellettiin tarpeeton matkustus ja kokoontumiset, vain välttämättömät kaupat saivat olla auki. (Bahmanyar et al., 2020)

Toisin kuin yllä mainituissa maissa, Ruotsissa ja Alankomaissa otettiin käyttöön mahdollisimman vähäiset toimenpiteet koronan leviämisen estämiseksi. Maissa kaikki suurimmat yleisötapahtumat ja kokoontumiset kiellettiin sekä koulut ja päiväkodit suljettiin. Työskenteleä kotoa käsin suositeltiin, mikäli se oli mahdollista. Ruotsi ei määrännyt liikkumiskieltoja lainkaan, ainoastaan suositus eristää itsensä muista, mikäli ilmenee koronavirustautiin viittaavia oireita (kuten hengenahdistus, yskä, kuume tms.) tai mikäli henkilö on yli 70 vuotta vanha. (Bahmanyar et al., 2020)

3.2 Muutokset sähkönkysynnässä

Pandemiavuonna huhtikuussa 2020 Euroopan maiden kulutus oli yhteensä 181 TWh, verrattuna edeltävän vuoden vastaavaan ajankohtaan kulutus oli 207 TWh. Euroopassa sähkönkulutus laski noin 26 TWh, joka on noin -12,6 % verrattuna edelliseen vuoteen. Italiassa koronapandemia laski maan sähkönkysyntää eniten Euroopassa. Kulutus laski huhtikuussa 2020 -20,9 % verrattuna huhtikuuhun 2019. Suuret kysynnän laskut maissa, joissa on yli 5 TWh kuukausikulutus tapahtui Ranskassa (-18,9 %), Espanjassa (-16,9 %), Yhdistyneissä kuningaskunnissa (-15,2 %), Belgiassa (-13,3 %) ja Alankomaissa (-12,0 %). Tätä voidaan selittää teollisuuden energiankulutuksen pienenemisellä, liikkumisrajoitusten ja tehtaiden sulkemisella. (Bompard et al., 2021)

Pientä laskua tai jopa nousua havaittiin samana ajankohtana maissa, joissa ei otettu käyttöön yhtä rajuja rajoituksia sekä tehtaiden tuotanto pidettiin normaalina. Tällaisia maita olivat muun muassa pohjoismaat, Norja (+5,3 %), Ruotsi (-0,3 %) Suomi (-0,9 %) ja Sveitsi (+0,3

%). Verrattuna niukempien rajoitteiden asettamiin Euroopan ulkopuolisiin maihin Amerikkaan tai Kanadaan samana ajankohtana sähköenergian kysyntä laski -4% ja -10% välillä. (Bompard et al., 2021)

Ensimmäinen koronaviruspandemian aiheuttama aalto johti uusiutuvan sähköenergian osuuden kasvuun lukuisissa Euroopan maissa. Saksassa uusiutuvan sähköenergian osuus kasvoi kahdeksan prosenttia vuoden 2020 ensimmäisellä puolikkaalla verrattuna vuoden takaiseen vastaavaan aikajaksoon. (Halbrügge et al., 2021)

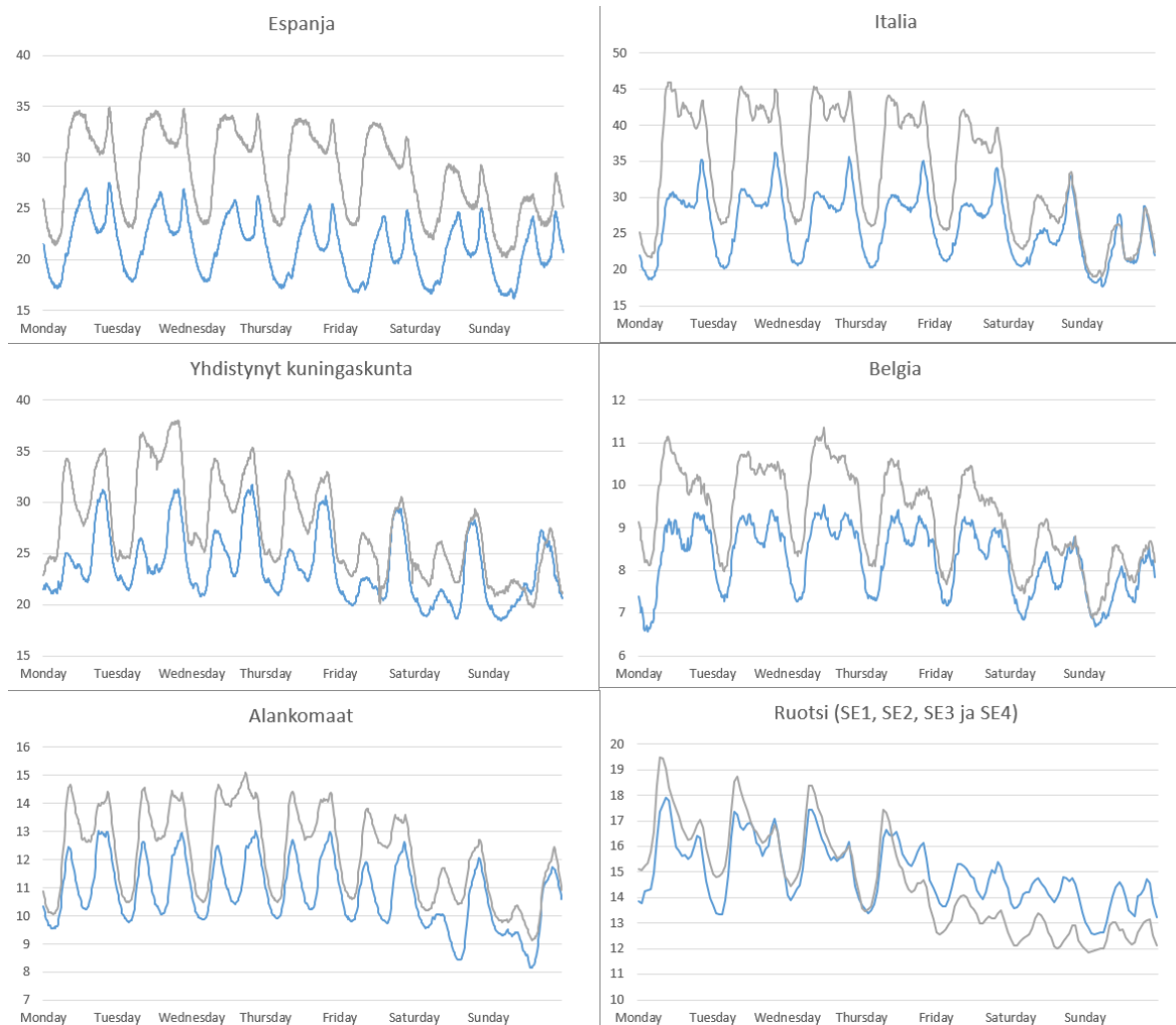
Koronapandemian seurauksista havaitaan voimakkaita muutoksia ihmisten sähkökäytössä, koronapandemian torjuntatoimien seurauksena. Koska koronaviruspandemian torjuntatoimet ovat jokaisessa maassa erilaiset, niin havaitaan sähkökäytössä maakohtaisia eroja. Kotitalouksilla sähkökäyttö on kasvanut liikkumisrajoitteiden sekä etätöihin siirtymisen seurauksesta, mutta kuitenkin julkisten rakennuksien ja teollisuuden sähkön kysyntä laskenut suhteessa enemmän, joten havaitaan Euroopan laajuudella selkeää kysynnän laskua.

3.2.1 Sähkön hinta

Kysynnän laskun takia sähkön hinnassa havaitaan muutoksia. Sähkön hinnat laskivat Euroopassa rajusti koronavuoden 2020 ensimmäisen puolen vuoden aikana, verrattuna edellisiin vuosiin (Bompard et al., 2021). Merkittävä sähkökysynnän vähentyminen on suoraan johtanut sähkönhintojen laskuun. Merkittävin sähkön hintojen lasku tapahtui Norjassa (-89%). Norjan sähköenergian tuotannosta 88% on tuotettu vesivoimaa käyttäen. Norjassa on 1 681 vesivoimalaitosta, jotka tuottavat normaalivuotena 136,4 TWh (Norwegian ministry of energy, 2023).

3.2.2 Viikon kulutusprofiili

Analysoimalla kulutetun sähköenergian kulutusprofiilia, voidaan verrata normaalivuoden ja heti koronapandemian alkamisen jälkeisiä kulutuksia toisiinsa. Kuva 1 havainnollistaa sähkökysynnän muutosta heti koronapandemian virallisen julistamisen jälkeen huhtikuun toisella viikolla vuonna 2020. Tätä verrataan viikkoon vuonna 2019, jolloin lämpötilaolosuhteiltaan viikot vastaavat lähes toisiaan. Kuitenkin on olemassa muitakin tekijöitä, minkä takia tulokset eivät ole täydelliset (Bahmanyar et al., 2020).



Kuva 1: Viikon sähkönkysynnän muutos koronapandemian aikana sekä vuotta aiemmin vertailtavana viikkona. Harmaa viiva kuvaa ajanjaksoa ennen koronaa (15.4.2019-21.4.2019) ja sininen viiva koronapandemian aikaista viikkoa (6.4.2020-12.4.2020). Espanja (RED ELECTRICA DE ESPAÑA, 2023), Italia (Terna S.p.A., 2023), Yhdistynyt kuningaskunta (Gridwatch, 2023), Belgia (Elia Group, 2023), Alankomaat ja Ruotsi (European Network of Transmission System Operators, 2023).

Kuvasta 1 havaitaan selkeää kokonaiskulutuksen laskua koko viikon ajalta kaikissa maissa lukuun ottamatta Ruotsia, mikä selittyy Ruotsin vähäisemmällä torjuntakeinoilla. Kysynnän laskutrendiä (Espanja, Italia, YK ja Belgia) selittää suoraan ihmisten liikkumisen rajoittaminen, julkisten rakennuksien sulkeminen sekä yritysten sulkeminen. Ruotsin osalta huomataan maanantaista torstaihin pientä kysynnän laskua koronan seurauksesta, mutta aamupiikin samanlaisena pysyminen molempina vuosina viittaa aamutoimien pysyvän ennallaan. Torstain keskipäivästä sunnuntai-iltaan saakka Ruotsissa nähdään koronan aikana kysynnän selkeä kasvu. Espanjassa viikonlopun kulutus eroaa vertailtavien viikkojen väliltä hieman enem-

män, mitä selittää esimerkiksi espanjalaisten tehtaiden käynnissä oleminen viikonlopun aikana (Bahmanyar et al., 2020).

3.3 Päivän kulutusprofiili

Tarkastelemalla sähkönkulutuksen profiilia päiväkohtaisesti, voidaan havaita kulutusprofiilissa arvaamattomia muotoja koronapandemian aiheuttamia seurauksia ihmisten tekemisissä päivä-, viikonloppu- ja pyhäpäivätasolla. Määrittämällä hyödylliset parametrit laajaan sähkökuorman muotoanalyysiin maksimi-, minimi- ja keskiarvon perusteella voidaan tutkia kuorituksen käyttäytymistä tarkemmin. Nämä arvot vaihtelevat erilaisina työ- ja vapaapäivien välillä. Tyypillisesti kuorituskäyrässä on kaksi huippupiikkiä, aamupiikki ja iltapiikki, joista tyypillisesti työpäivinä aamupiikki on korkeampi, kun taas vapaapäivinä iltapiikki on korkeampi. (Bompard et al., 2021)

3.3.1 Aamu- ja iltapiikki

Vertailemalla arkipäivien ja viikonloppujen sähkönkäyttöprofiilia huhtikuussa 2019 ja huhtikuussa 2020 havaitaan muutoksia. Euroopan maissa, joissa otettiin käyttöön liikkumisrajoituksia, havaitaan vuonna 2020 aamu- ja iltapiikin aikavälin kasvua verrattuna vuoteen 2019. Arkipäivien huippukulutuksen piikin ajankohta siirtyi aamupäivästä iltapäivään Italiassa, Alankomaissa, Sloveniassa, Luxemburgissa ja Yhdistyneissä kuningaskunnissa. Huippukulutuksen ajankohta siirtyi aamusta lounasaikaan Ranskassa, Itävallassa, Belgiassa, Bosnia ja Hertsegovinassa, Tšekin tasavallassa, Slovakiassa, Liettuassa ja Kreikassa. (Bompard et al., 2021)

Arkipäivien sähkön huippukulutus laski yli 15 % Luxemburgissa (–24 %), Italiassa (–18 %), Ranskassa (–17 %), Espanjassa (–15 %), Belgiassa (–15 %) sekä Bosnia ja Hertsegovinassa (–15 %) (European Network of Transmission System Operators, 2023). Maat, jotka eivät ottaneet käyttöön rajuja rajoitustoimia tai maan rajojen sulkutoimenpiteitä, havaitaan maksimiinkin kasvaneen hieman. Näitä maita ovat Sveitsi (+2 %), Montenegro (+3 %) sekä Norja (+1 %).

3.3.2 Aamu- ja iltaramppi

Tarkastelemalla ramppien jyrkkyyttä koronapandemiavuonna sekä viitevuonna, voidaan havaita eroja. Aamu- ja iltaramppi on loivempi vuonna 2020 verrattuna vuoteen 2019. Suurin muutos arkipäivän aamurampissa oli Italiassa (–45 %) ja Ranskassa (–48 %). Tätä voi selittää kulutuksen siirtyminen suuremmalle ajanjaksolle älykkäiden työskentelytapojen takia, muun muassa etätöihin siirtyminen.

Vuoden 2020 viikonloppujen aikana kulutuskäyrästä voidaan havaita matalampia rampeja verrattuna vuoteen 2019. Joissakin Euroopan maissa havaittiin sähkön kysynnän laskua, vaikka rampit pysyvät ennallaan tai rampit muistuttavat toisiaan selvästi. Rampeja voidaan arvioida Bompardin mukaan yhtälöllä 3.1 sekä yhtälöllä 3.2.

Aamuramppi (Bompard et al., 2021)

$$AR = \frac{A_{PI} - A_{PO}}{TA_{PI} - TA_{PO}} \quad (3.1)$$

jossa

A_{PI} maksimipiikin teho

A_{PO} pohjateho

TA_{PI} maksimipiikin aika

TA_{PO} pohjatehon aika

Iltaramppi (Bompard et al., 2021)

$$IR = \frac{I_{PI} - I_{PO}}{TI_{PI} - TI_{PO}} \quad (3.2)$$

jossa

I_{PI} maksimipiikin teho

I_{PO} pohjateho

TI_{PI} maksimipiikin aika

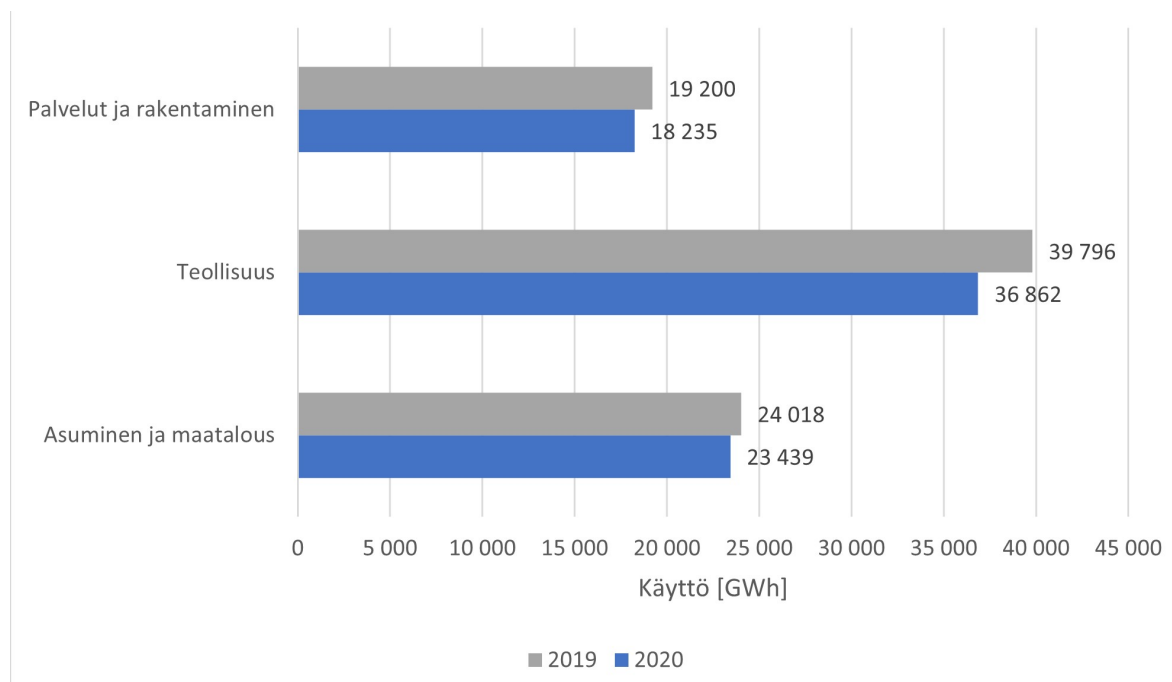
TI_{PO} pohjatehon aika

4 Sähkön kysyntä Suomessa koronaviruspandemian aikana

Koronapandemia sekä sen aiheuttamat rajoitustoimet vaikuttivat sähkönkulutukseen myös Suomessa. Tässä luvussa tarkastellaan sähkön kulutuksen muutosta sektoreittain sekä kuinka koronapandemia on vaikuttanut sähkön kysynnän aamu- sekä iltapiikkiin ja verrataan saatuja tuloksia Euroopan maista löydettyihin havaintoihin. Analysointiin käytetään Suomen sähköenergian käytöstä löytyvää avointa dataa (Energiateollisuus, 2023b).

4.1 Sähkönkulutus sektoreittain Suomessa

Energiateollisuuden avoimesta datasta kerätyn datan pohjalta havaitaan sähkönkulutuksen olevan 81 TWh vuonna 2020, kun vuonna 2019 kulutus oli 86 TWh. Kokonaiskulutus laski noin kuusi prosenttia. Alla olevassa kuvassa 2 on esitetty Suomen sähkökäyttö kategorioit- tain, josta havaitaan sähköenergian kulutuksen lasku vuonna 2020 jokaisessa kategoriassa. Suurin lasku on tapahtunut teollisuuden energiankäytössä. Sähköenergian kulutuksen laskua voidaan selittää vuoden 2020 verrattain leudommalla säällä, jolloin kiinteistöjen lämmityk- seen käytetty sähköenergia laski, verrattain vuoteen 2019. Jos ulkolämpötila olisi pysynyt samana molempina vuosina, olisi koronapandemian aiheuttama sähköenergian kulutuksen lasku tai nousu kotitalouksissa paremmin havaittavissa.

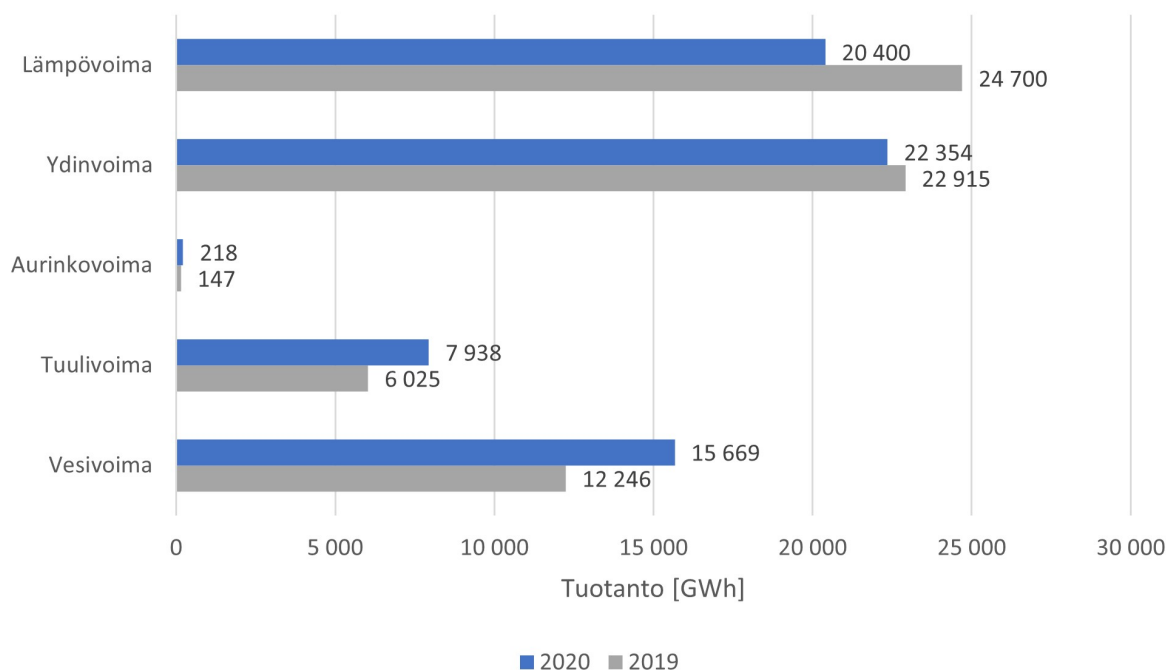


Kuva 2: Sähkökäyttö kategorioittain Suomessa. (Energiateollisuus, 2023b)

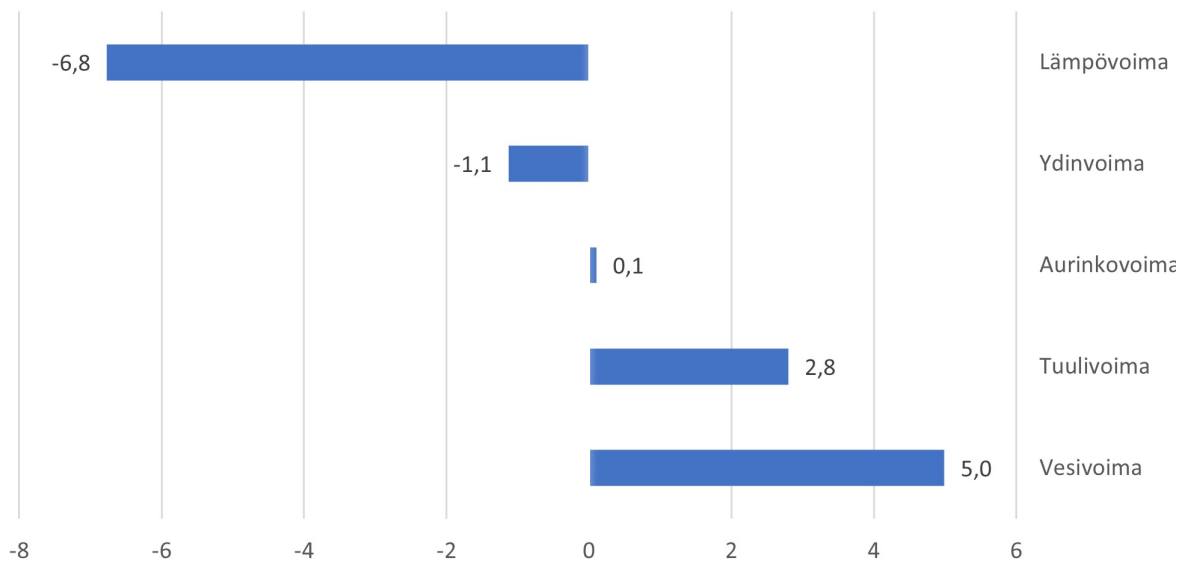
4.2 Tuotanto

Tarkastelemalla tuotannon osuuksien muutoksia kahden vuoden välillä, voidaan havaita muutoksia sähkön käytössä. Suomessa käytetty sähköenergia koostuu tuontisähköstä (28,1 prosenttia kokonaiskulutuksesta vuonna 2021) ja itse tuotetusta ydin-, vesi-, lämpö-, tuuli-, ja aurinkovoimasta (Energiateollisuus, 2023b). Alla olevasta kuvasta 3 voidaan havaita uusiutuvien energiantuotantomuotojen osuuden kasvaneen jopa kahdeksan prosenttia vuonna 2020, verrattuna edeltävään vuoteen. Osuuksien kasvua voidaan mahdollisesti selittää koronapandemian seurauksesta syntyneistä sähkön kulutuskäyttämisen nopeista muutoksista, jolloin vaaditaan suurempia joustokapasiteetteja tuotantoon. Sillä tuotanto ja kulutus täytyy olla sähköverkossa tasapainossa.

Vesivoima on merkittävässä asemassa päivittäisten huippukuormien hallinnassa sekä minuuttitasolla tapahtuvassa säätelyssä. Säättömahdollisuudet vesivoimaloilla vaihtelevat laitospohjaisesti (Energiateollisuus, 2023c). Uusiutumattomien sähkön tuotantomuotojen osuuksissa havaitaan hieman laskua, verrattuna vuoteen 2019. Lämpövoima pitää sisällään CHP-yhteistuotanto-, kaukolämpö-, teollisuus- ja erillistuotantovoimalaitoksilla tuottama sähköenergia, joiden osuuden laskua voidaan selittää vuoden leudommalla lämpötilalla vuonna 2020, verrattuna vuoteen 2019.



Kuva 3: Sähkön kokonaistuotanto energialähteittäin Suomessa. (Energiateollisuus, 2023b)



Kuva 4: Sähkön tuotannon osuuden muutos kokonaistuotannosta prosenttiyksikköinä Suomessa 2019–2020. (Energiateollisuus, 2023b)

4.3 Koronapandemian vaikutus kuntatasolla

Tarkastelemalla asumisen ja maatalouden sähkönkulutuksen muutosta kaupunkien välillä koronapandemian seurauksesta vuonna 2020, voidaan havaita suuriakin muutoksia sähkönkysynnässä. Tilastosta (Energiateollisuus, 2023b) saatava data ei erottele erikseen asumisen ja maatalouden sähkönkulutusta, joten maatalouden mahdollinen sähköenergian kysynnän kasvu tai lasku vääristää ja asumisen sähköenergian kulutuksen arviointia tässä kandidaatintutkielmassa.

Jotta Suomen jokaisen kaupungin kulutusta voidaan verrata keskenään, täytyy sääriippuvan lämmitysenergian kulutus normeerata. Tässä kandidaatintutkielmassa on lämmitysenergian kulutus jokaisessa kaupungissa normitettu Jyväskylään käyttäen kaavaa (kaava 4.1). Lämpötilariippuvaisen kuorman osuudeksi on oletettu 35 %, joka on normitettu. Käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia ei riipu ulkolämpötilasta, joten se erotetaan normitettavasta lämmitysenergiakulutuksesta (Motiva, 2023a).

Sähkönkulutuksen normitus (Motiva, 2023b)

$$Q_{norm} = k_2 \cdot \frac{S_{N\ vpkunta}}{S_{toteutunut\ vpkunta}} \cdot Q_{toteutunut} \quad (4.1)$$

jossa

k_2	Paikkakunta-kohtainen korjauskerroin Jyväskylään
$S_{N\ vpkunta}$	Normaalivuoden tai -kuukauden (1991–2020) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
$S_{toteutunut\ vpkunta}$	Toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla
$Q_{toteutunut}$	Rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia

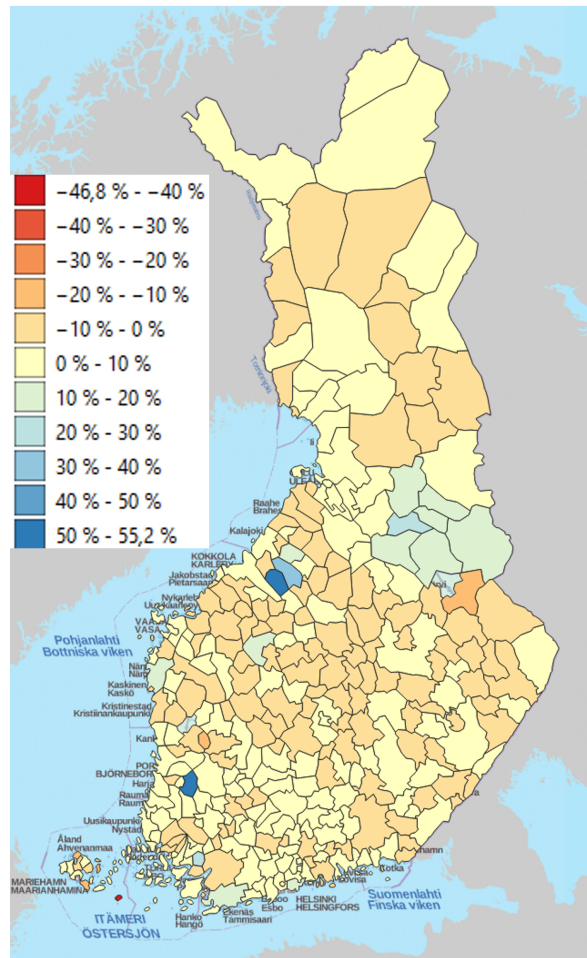
4.3.1 Asuminen ja maatalous

Koronapandemian rajoitustoimien seurauksesta ihmiset viettivät enemmän aikaa kotonaan kuin aiemmin. Monet ihmiset siirtyivät toimistoiltaan koteihinsa etätöihin ja näin käyttävät enemmän sähköä kodissa olevien elektroniikkalaitteiden takia. Erityisesti tämä havaitaan Helsingin kotitalouksien sähkönkulutuksen kasvuna (+15 %). Työskentelyn siirtyminen viereiseltä suuremmalta paikkakunnalta kotipaikkakunnalle etätöskentelyn takia voi vaikuttaa pienempien kaupunkien kulutukseen, kun työmatkaa viereiselle isommalle paikkakunnalle ei enää olekaan. Pandemian torjuntatoimet vaikuttivat monien yritysten toimintaan, sillä ne joutuivat rajoittamaan tuotantoaan kysynnän laskun tai rajoitustoimien seurauksesta. Alla oleva kuva 5 havainnollistaa normitettujen tulosten perusteella laskettujen asumisen ja maatalouden sähkönkulutuksen kasvua sekä laskua kunnittain vuosien 2019–2020 välillä.

Kuvasta 5 havaitaan positiiviset ja negatiiviset sähköenergian kulutuksen muutokset kotitalous- ja maataloussektorilla Suomessa. Kuvassa on verrattu vuoden 2020 sähköenergian kulutusta vuoteen 2019. Kuvasta nähdään pääosin -20 % –0 % muutokset koko Suomen alueella, lukuun ottamatta yksittäisiä kuntia. Joidenkin yksittäisten kuntien kohdalla sähköenergian kasvu on paikoitellen jopa 40 % –55,2 %, joka viittaisi maataloussektorin kulutuksen kasvuun.

Taulukoihin 1 ja 2 on esitetty lämpötilanormitetun sähköenergian kulutus kymmenessä kunnassa, joissa sähköenergian kulutuksen muutokset olivat suurimpia vuosina 2019–2020. Lisäksi taulukoissa on esitetty vuoden 2018 sekä 2021 kulutus, josta voidaan tarkastella tarkemmin koronapandemian aikaisen sähköenergian kulutuksen kasvun tai laskun pysyvyyttä. Esimerkiksi taulukosta 2 havaitaan Toholammin osalta vuoden 2020 kulutuksen kasvun palautuneen normaaliksi vuonna 2021, joten voidaan olettaa koronapandemian aiheuttaneen muutoksia sähkönkulutukseen. Sama huomataan taulukosta 1 sähkönkulutuksen laskun osal-

ta muun muassa Nurmeksessa ja Lemlandissa. Tarkempaa tarkastelua pystyy tehdä yksittäisistä kaupungeista selvittämällä kaupungissa tapahtuneet muutokset tarkemmin. Tarkempaa tarkastelua kaupungeittain ei tässä kandidaatintutkielmassa tutkita. Sähkönkulutuksen lämpötilariippuvaisen kuorman osuus on normitettu käyttäen yhtälöä 4.1.



Kuva 5: Normitetun sähkönkulutuksen muutos kunnittain 2019–2020 kotitalous- ja maataloussektorilla. Kuva piirretty Energiateollisuuden sähkönkulutusdatan perusteella (Energiateollisuus, 2023b).

Taulukko 1: Normitettu asumisen ja maatalouden sähkönkulutuksen lasku koronapandemia vuonna 2020. Data: (Energiateollisuus, 2023b) Kulutuksen muutos suhteutettuna asukasmäärään vuonna 2020 on merkitty 10 suurimman osalta tähdellä (*).

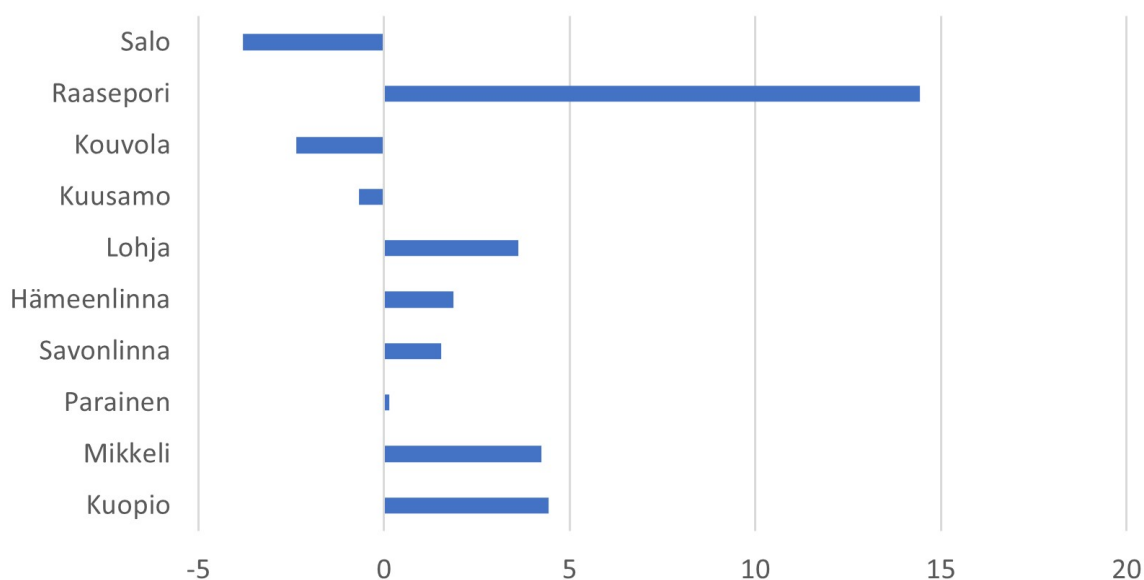
Kaupunki	Väkiluku vuonna 2020	Vuosi 2018 (GWh)	Vuosi 2019 (GWh)	Vuosi 2020 (GWh)	Vuosi 2021 (GWh)	Muutos 2020–2019 (%)
Kökar*	225	2,3	2,3	1,2	2,3	–46,8
Geta*	511	5,6	5,7	4,9	5,6	–15,1
Vårdö*	460	5,7	5,8	4,9	5,6	–15,0
Nurmes*	9 501	46,3	46,0	39,9	51,7	–13,3
Lemland*	2 114	13,5	13,8	12,2	13,4	–11,5
Jämijärvi*	1 707	13,5	13,6	12,1	13,2	–11,0
Konnevesi	2 593	15,3	15,3	13,8	15,8	–9,6
Ikaalinen*	6 866	51,6	52,1	47,1	52,5	–9,6
Sund*	1 007	7,9	8,0	7,3	8,9	–9,0
Luhanka*	699	8,3	8,3	7,6	8,0	–8,6

Taulukko 2: Normitettu asumisen ja maatalouden sähkönkulutuksen kasvu koronapandemia vuonna 2020. Data: (Energiateollisuus, 2023b) Kulutuksen muutos suhteutettuna asukasmäärään vuonna 2020 on merkitty 10 suurimman osalta tähdellä (*).

Kaupunki	Väkiluku vuonna 2020	Vuosi 2018 (GWh)	Vuosi 2019 (GWh)	Vuosi 2020 (GWh)	Vuosi 2021 (GWh)	Muutos 2020–2019 (%)
Kokemäki*	7 013	40,4	39,7	61,6	60,1	55,2
Toholampi*	2 966	19,0	17,1	26,2	18,5	53,2
Sievi*	4 834	25,1	21,1	29,3	26,3	38,9
Paimio*	10 922	53,7	52,3	67,8	85,6	29,7
Paltamo*	3 235	19,6	18,5	22,4	23,9	21,0
Alajärvi	9 419	47,6	41,7	49,8	48,3	19,5
Ristijärvi*	1 235	7,8	6,8	8,1	8,5	19,3
Närpiö*	9 558	544,0	540,9	637,5	600,8	17,8
Puolanka*	2 491	17,5	16,4	19,1	20,8	16,7
Ylivieska	15 304	62,9	61,0	70,4	67,1	15,3
Helsinki	656 920	1 670,7	1 578,5	1 815,9	1 687,2	15,0

4.3.2 Vapaa-ajan asunnot

Koronapandemian aikana ihmisillä oli enemmän mahdollisuutta olla vapaa-ajan asunnoilla, sillä etätyöt mahdollistivat töiden tekemisen muualla kuin toimistolla. 2015 tehdyn kyselytutkimuksen mukaan, Suomessa vapaa-ajan asunnoista 91 prosentilla oli käytössä sähköt, joista 77 prosentilla on verkkoliittymä (Kurki, 2020). Tarkastelemalla kymmenen suurimman vapaa-ajan asunto paikkakunnan sähkönkulutuksen muutosta vuosina 2020 ja 2019, voidaan havaita muun muassa ihmisten etätöihin siirtymisen seurauksesta johtuvaa vapaa-ajan asuntojen suurempaa sähkönkäyttöä. Alla olevasta kuvasta 6 nähdään suurimpien vapaa-ajan asunto kaupunkien sähkönkulutuksen muutos. Kuvassa esitetty sähkönkulutuksen lämpötilariippuvainen kuorman osuus on normitettu yhtälöllä 4.1.



Kuva 6: Sähköenergian muutos vuonna 2019–2020, 10 suurimmalla vapaa-ajan asunto paikkakunnalla Suomessa (Energiateollisuus, 2023b)

4.3.3 Teollisuus

Teollisuus kuluttaa suuren osan Suomen sähköenergian osuudesta. Tarkastelemalla teollisuuden sähköenergian kulutuksen muutoksia kunnittain saadaan katsaus koronapandemian vaikutuksista teollisuuteen. Teollisuuden sähkönkulutuksen analysoinnissa käytettävää dataa ei ole lämpötilakorjattu normittamalla. Alla kuva 7 havainnollistaa sähköenergian kulutuksen muutosta kunnittain. Alla oleviin taulukkoihin 3 ja 4 on listattu kymmenen kaupunkia, joissa on suurin teollisuuden käyttämän sähköenergian muutoksen kasvu. Listauksesta on jätetty pois kaupungit, joiden teollisuuden sähkön käyttö on alle 25 GWh.

Taulukko 3: Suurin lasku teollisuuden sähköenergian kulutuksessa 2019–2020 kaupungeista, joiden kulutus yli 25 GWh vuodessa. Data: (Energiateollisuus, 2023b)

	Sähköenergian kulutus 2019 (GWh)	Sähköenergian kulutus 2020 (GWh)	Muutos 2019–2020 (GWh)	Muutos 2019–2020 (%)
Kokemäki	27	5	–22	–81,5
Loviisa	42	22	–20	–47,6
Kitee	37	22	–15	–40,5
Mustasaari	27	19	–8	–29,6
Ylivieska	37	27	–10	–27,0
Rauma	2 258	1 737	–521	–23,1
Outokumpu	110	85	–25	–22,7
Jämsä	2 439	1 889	–550	–22,6
Lohja	949	736	–213	–22,4
Pyhäjärvi	63	50	–13	–20,6

Taulukko 4: Suurin nousu teollisuuden sähköenergian kulutuksessa 2019–2020 kaupungeista, joiden kulutus yli 25 GWh vuodessa. Data: (Energiateollisuus, 2023b)

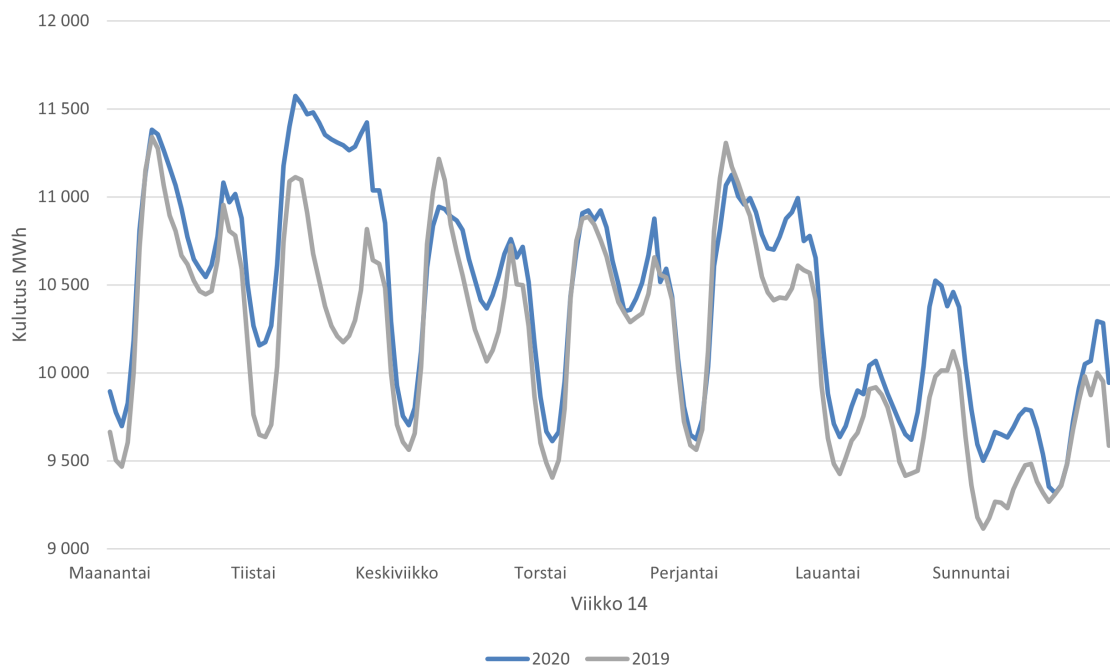
	Sähköenergian kulutus 2019 (GWh)	Sähköenergian kulutus 2020 (GWh)	Muutos 2019–2020 (GWh)	Muutos 2019–2020 (%)
Keminmaa	76	103	27	35,5
Sodankylä	348	429	81	23,3
Suonenjoki	32	36	4	12,5
Nakkila	35	39	4	11,4
Kalajoki	30	33	3	10,0
Sotkamo	90	99	9	10,0
Kittilä	227	249	22	9,7
Hanko	146	159	13	8,9
Naantali	165	176	11	6,7
Harjavalta	628	664	36	5,7

Kuvasta 7 nähdään koko Suomen alueella teollisuuden sähköenergian kulutuksen pudonneen -40 %–0 % suuressa osassa maata. Kulutus ei juurikaan muuttunut pienimpien kuntien alueilla. Taulukosta 3 havaitaan suurimmat muutokset vuonna 2020, verrattuna vuoteen 2019 Kokemäellä (-81,5 %), Loviisassa (-47,6 %) ja Kiteellä (-40,5 %). Näin suuria vaihteluita ei voida selittää pelkästään normaaleina vaihteluin, vaan mahdollisesti koronan torjuntatoimet tai suurien tehtaiden sulkeminen ovat pienentäneet teollisuuden energiantarvetta näissä kaupungeissa. Merkittävimmät sähköenergian kasvun muutokset ovat tapahtuneet Keminmaalla (35,5 %), Sodankylässä (23,3 %) sekä Suonenjoella (12,5 %). Kokonaisuudessaan teollisuuden sähköenergian käyttö on laskenut vuonna 2020 verrattuna edeltävään noin kahdeksan prosenttia, joten suurta romahdusta teollisuuden energiankäytössä ei tapahtunut koronapandemian seurauksesta. Suuret muutokset voivat johtua muistakin kuin koronapandemian aiheuttamista kertaluontoisista tekijöistä esimerkiksi tehtaiden tai kauppojen sulkeminen tai niiden tuotannon vähentäminen. Osa voi olla normaalia teollisuuden kysynnän laskua sekä nousua vuosien välillä.

4.4 Aamu- ja iltapiikit

Tarkastelemalla aamu- ja iltapiikkejä voidaan tarkastella kuinka ihmiset käyttävät sähköä päivätasolla. Suomen sisällä suurin koronapandemian torjuntatoimi oli liikkumisrajoitukset Uudenmaan ja muun Suomen välillä 28.3.–15.3.2020. Uudenmaan rajalle asetettiin valvontapisteitä, josta sai kulkea läpi vain tavaraliikenne, viranomaisliikenne, työperäinen liikenne sekä painavalla henkilökohtaisella syyllä. Tänä aikana tarkastuspisteille tuli yhteensä 550 000 ajoneuvoa, joista alle yksi prosentti käännyttiin takaisin. Tänä aikana julkisen liikenteen matkustajamäärät olivat vähäisiä valvontapisteillä Uudenmaan rajalla. (Onnettomuustutkintakeskus, 2021)

Alla on esitetty yhden viikon sähköenergian kulutus viikolla 14 vuonna 2019 sekä heti koronapandemian jälkeiseltä viikolta kuvassa 8. Taulukossa 5 on esitetty viikon 14 huippukulutus ja sen kellonaika vuonna 2019 ja 2020. Vastaavasti sama toteutettu minimikulutuksen osalta taulukossa 6. Näistä voidaan analysoida, onko ihmisten aamu tai ilta käyttäytyminen tai sen ajankohta muuttunut.



Kuva 8: Sähköenergian kulutus Suomessa 2019–2020 viikon 14 ajalta Maanantaista Perjantaihin. Data: (Energiateollisuus, 2023a)

Taulukko 5: Suomen sähköenergian kokonaiskulutus viikolla 14, sekä maksimikulutuksen kellonaika. Data: (Energiateollisuus, 2023a)

	Kellonaika 2019	Kellonaika 2020	Kulutus 2019 (MWh)	Kulutus 2020 (MWh)
maanantai	8	8	11 339	11 380
tiistai	8	8	11 113	11 575
keskiviikko	8	8	11 216	10 943
torstai	9	9	10 886	10 923
perjantai	8	9	11 307	11 125
lauantai	22	19	10 124	10 525
sunnuntai	22	22	10 000	10 292

Taulukko 6: Suomen sähköenergian kokonaiskulutus viikolla 14, sekä minimikulutuksen kellonaika. Data: (Energiateollisuus, 2023a)

	Kellonaika 2019	Kellonaika 2020	Kulutus 2019 (MWh)	Kulutus 2020 (MWh)
maanantai	3	3	9 467	9 696
tiistai	3	2	9 634	10 156
keskiviikko	3	3	9 563	9 704
torstai	3	3	9 405	9 613
perjantai	3	3	9 564	9 623
lauantai	14	15	9 415	9 621
sunnuntai	3	15	9 115	9 316

Heti viikko Uudenmaan sulun jälkeen sähköenergian kulutuksesta kuvasta 8 havaitaan eroja viikonlopun sähkönkulutuksen maksimi- ja minimiarvoissa. Taulukosta 6 havaitaan, että minimi esiintyvät viikolla 14 vuonna 2019 klo 3, pois lukien lauantaita, jolloin minimi saavutettiin klo 14. Vuonna 2020 minimi arkipäivisin on pysynyt samana klo 3, mutta viikonloppuna minimi siirtynyt klo 15:sta lauantaina sekä sunnuntaina. Taulukosta 5 nähdään, että sähköenergian kulutuksen maksimit ajoittuvat molempina vuosina klo 8 ja klo 9 välille, mutta lauantain maksimi siirtynyt vuonna 2019 klo 22:sta klo 19.

Aamu- ja iltaramppien osalta ei havaita suuria muutoksia. Sähkönkäyttö viikonloppuna 2020 (la klo 00–su klo 23) on kasvanut 2,6 prosenttia verrattuna vuoteen 2019. Käytettyä dataa ei ole normitettu lämpötilan mukaan, joten kulutuksen suuruuden eroja ei pystytä tarkemmin analysoimaan. Valitulle viikolle ei ajoitu mitään pyhäpäiviä, jotka mahdollisesti voisivat vaikuttaa kulutuksen eroihin.

Yhteenvedona voidaan todeta, ettei tarkasteltavana viikkona ole havaittavissa huippu- tai minimikulutuksessa eroja. Vaatisi tarkempaa tarkastelua koko vuoden ajalta, ottaen huomioon päiväkohtaiset tapahtumat esimerkiksi pyhäpäivien ajoittuminen eri vuosien välillä. Tässä kandidaatintutkielmassa tarkempaa tarkastelua ei suoriteta maksimi- ja minimikulutuksen osalta.

4.5 Sähkön hinta

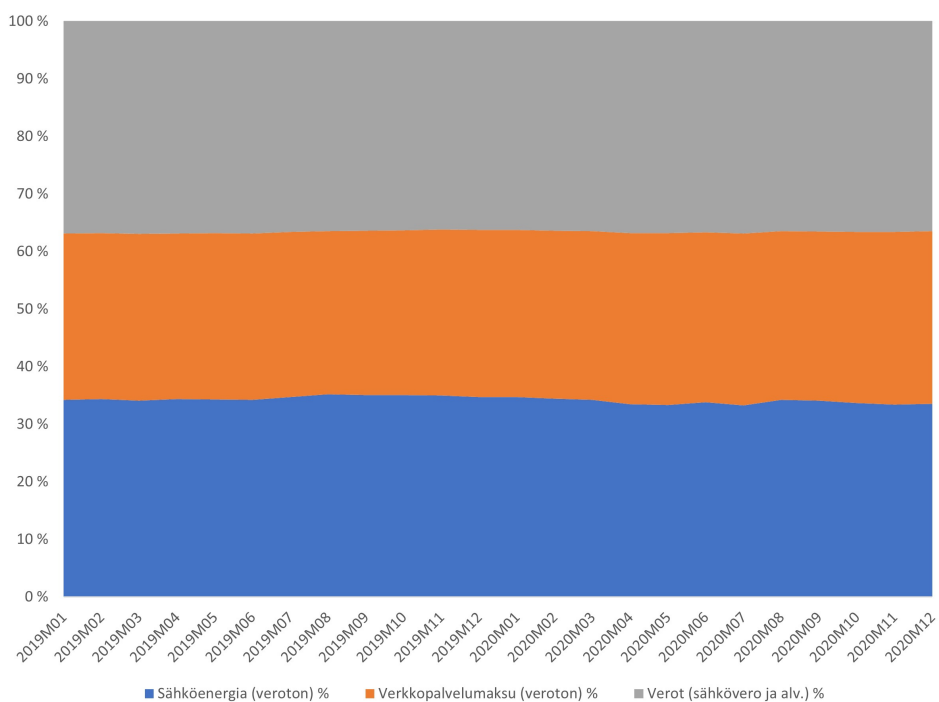
Kysynnän muuttuessa myös sähkön aluehinta muuttuu, sillä pienempi kysyntä pienentää hintaa. Alla olevassa taulukossa 7 on esitetty Suomen sähköenergian hintakehitys vuosina 2019–2020. Havaitaan selkeä, noin puolittunut sähkön hinta, sekä liikevaihto. Kokonaiskulutuksen

pysyessä lähes muuttumattomana. Sähköenergian hinnan negatiiviset hinnat ovat hävinneet kokonaan vuonna 2020.

Taulukko 7: Suomen sähköenergian hintakehitys 2019–2020. Data: (Bompard et al., 2021)

	2019	2020	Muutos
Liikevaihto (M€)	856,7	415,6	-51,50 %
Keskihinta (€/MWh)	40,4	19,9	-50,80 %
Kokonaiskulutus (TWh)	20,9	20,4	-2,50 %
Minimihinta (€/MWh)	-19,9	0,9	

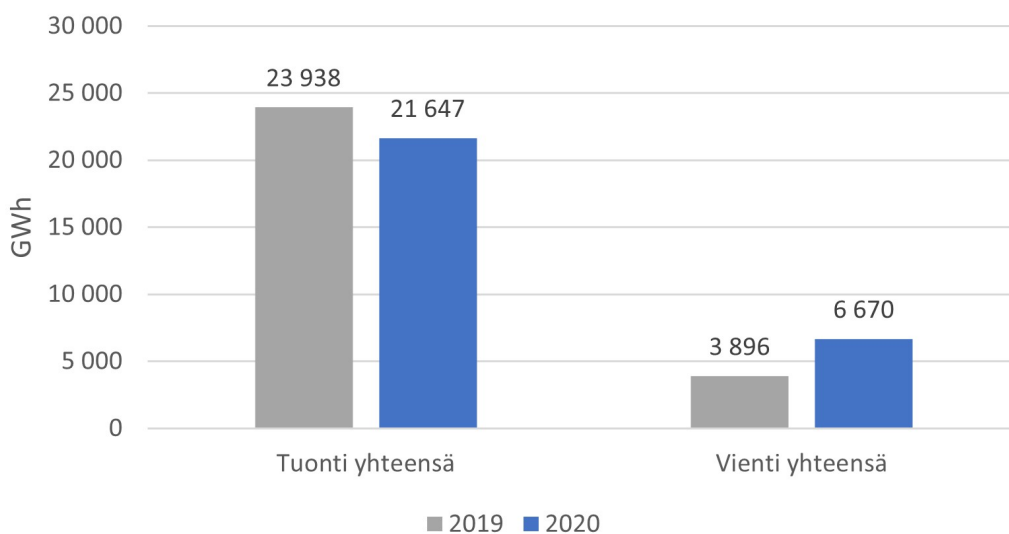
Alla olevasta kuvasta 9 nähdään verottoman sähköenergian, verottoman verkkopalvelumaksun (siirtomaksu) ja verojen osuus sähkön kokonaishinnasta vuosina 2019 ja 2020. Vuosien välillä ei ole havaittavissa suurempia muutoksia koronapandemian ensimmäisen aallon aikana.



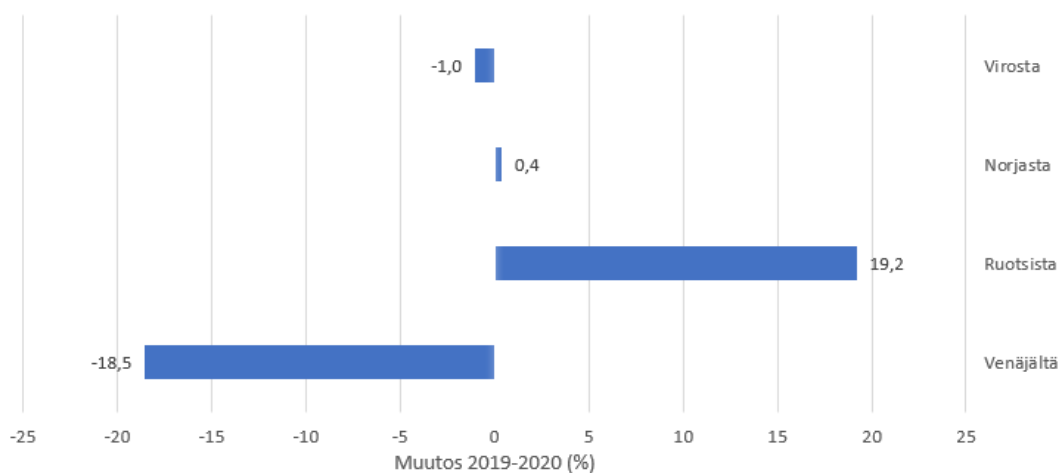
Kuva 9: Sähkön hintakomponenttien osuudet kokonaishinnasta 2019–2020. Data: (Tilastokeskus, 2023)

4.6 Sähkön tuonti ja vienti

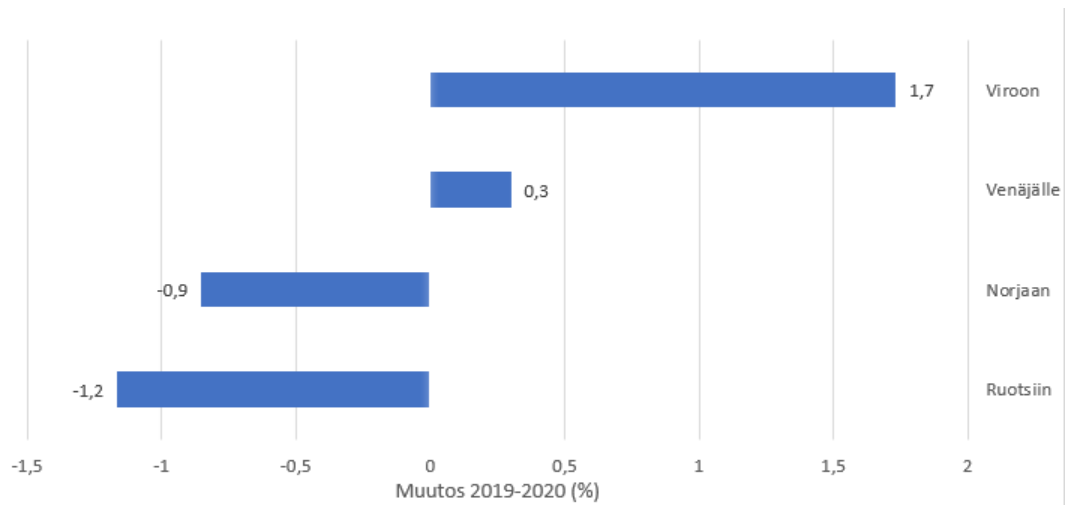
Sähköä tuodaan ja viedään Suomesta muihin pohjoismaihin, kuten Norjaan, Ruotsiin, Viroon ja Venäjälle (Energiateollisuus, 2023b). Alla kuvassa 10 on esitetty Suomen sähköenergian kokonaistuonti ja -vienti vuosina 2019 ja 2020. Tuonnin ja viennin osuudet on esitetty kuvissa 11 ja 12.



Kuva 10: Suomen sähkön tuonti ja vienti vuosina 2019 ja 2020. Data: (Energiateollisuus, 2023b)



Kuva 11: Sähkön tuonnin osuuden muutos kokonaistuonnista Suomessa tuontimaittain. Data: (Energiateollisuus, 2023b)



Kuva 12: Sähkön viennin osuuden muutos kokonaistuonnista Suomessa vientimaittain. Data: (Energiateollisuus, 2023b)

Kuvasta 10 voidaan tulkita, että vuonna 2020 Suomessa sähkön kokonaistuonti on pienentynyt 10,6 prosenttia verrattuna edeltävään vuoteen. Kuva 11 havainnollistaa suurimmat muutokset tuonnin osuuksissa. Kokonaistuonnista Venäjän tuonti pieneni -18,5 prosenttia, vastavasti Ruotsista tuodun sähkön osuus kasvoi 19,2 prosenttia verrattuna vuoteen 2019. Sähköä tuotiin myös Virosta ja Norjasta, mutta näistä maista tuodussa sähköenergian osuudessa ei havaita selkeää muutosta. Vuonna 2020 Suomessa sähkön kokonaisviennin määrä suureni 41,6 prosenttia verrattuna edeltävään vuoteen. Kuvasta 12 nähdään Ruotsiin ja Norjaan viety sähkön määrän pienentyneen hieman, kun taas Viroon ja Venäjälle viety sähkön osuus kokonaisviennistä hieman kasvoi.

5 Pohdinta

Esitetyistä taulukoista ja kuvaajista ei välttämättä näy koronapandemian aiheuttamia muutoksia, sillä tuloksissa on erinäisiä epävarmuustekijöitä. Tässä kandidaatintutkielmassa tarkasteltiin vain muutoksia vuosien 2019 ja 2020 välillä. Yksittäisien vuosien vertailu aiheuttaa tuloksiin epävarmuuksia, sillä jokin muu tapahtuma esim. tehtaiden sulkeminen tai tuotannon lisääminen voi vaikuttaa suoraan tai välillisesti sähköenergian kysyntään. Sähkönkulutuksen siirtyminen vapaa-ajan asunnoille ei välttämättä ole pysyvää, vaan vaatisi tarkempaa tutkimusta, vaikuttiko koronapandemia pitemmällä aikavälillä vapaa-ajan asuntojen sähköenergian kulutukseen. Tilastoissa ei näy verkkoon kytkemättömien vapaa-ajan asuntojen sähkönkulutus, josta seuraa hieman epävarmuuksia mökkipaikkakuntien sähkönkulutukseen.

Kotitalous- ja maataloussektorin lämpötilakorjatun kuorman osuudeksi tässä kandidaatintutkielmassa koko Suomeen on oletettu 35 %, mikä ei välttämättä ole jokaisella paikkakunnalla sama. Tämä tuo epävarmuuksia lämpötilakorjaukseen. Maatilojen laajentuminen tai lämmitysmuotojen muuttuminen voi aiheuttaa tarkastavien kaupunkien välillä eroja. Datassa on luokiteltu erikseen kotitaloudet ja maatalous sekä teollisuus, muttei datasta käy ilmi luokitellaanko esimerkiksi laskettelukeskukset teollisuuteen. Tämä selittäisi teollisuuden sähköenergian kasvua kaupungeissa, joissa sijaitsee suuria laskettelukeskuksia. Tarkastelluista kaupungeista esimerkiksi Sodankylässä useiden kaivoksien tai Rauman telakan tuotantoprosesseja on saatettu joissain tilanteissa rajoittaa, lisätä tai jopa keskeyttää koronapandemian seurauksesta. Tämä voi heijastua suoraan sähkönkulutukseen laskevasti tai nostavasti. Venäjä on myynyt Suomeen tuontisähköä vain korkeilla sähkön tuntihinnoilla, mutta vuonna 2020 suhteessa halvemman sähkön takia tuonti väheni huomattavasti. Vastaavasti Ruotsin tuontisähkön osuus nousi, sillä kohonneiden vesivarantojen takia sähköä myytiin halvemmalla. Sähköenergian tuonnin siirtyminen Venäjältä Ruotsiin voi selittyä näillä syillä.

6 Johtopäätökset

Koronaviruspandemia on vaikuttanut voimakkaasti sähkön kysyntään Euroopassa sekä Suomessa. Pandemian alkuvaiheissa sähkönkulutus väheni merkittävästi, kun osa maista otti käyttöön tiukkoja rajoituksia ja yleisötapahtumia peruttiin. Pandemian vaikutukset sähkön kysyntään vaihtelivat Euroopan eri maissa, riippuen kunkin maan koronapandemian torjuntatoimista. Koronapandemian takia kysyntämallit muuttuivat, jossa asuntojen kulutus lisääntyi ja kaupallisen, sekä teollisen sähkön kysyntä väheni. Uusiutuvien sähkön tuotantomuotojen osuudet Suomessa kasvoivat yhteensä 7,9 % vuonna 2020, sekä lämpövoimalla ja ydinvoimalla tuotetun sähkön osuus laski yhtä paljon kuin uusiutuva nousi. Suomessa vuonna 2020 tuontisähkön osuus pienentyi 10,6 %, toisaalta vientisähkön osuus kasvoi 41,6 % verrattuna edeltävään vuoteen 2019. Kuntatasolla Suomessa havaittiin joissakin kunnissa suuria muutoksia sähköenergian kysynnässä. Sähkönkulutuksen maksimi- ja minimipiikit säilyivät tarkasteltavan ajanjakson aikana lähes samana, joten voidaan todeta, ettei koronapandemia muuttanut sähkönkulutuksen käyttötottumuksia. Koko Suomen laajuudella sähkönkulutus ei muuttunut merkittävästi koronapandemian seurauksesta verrattuna muuhun Eurooppaan, sillä radikaaleja rajoitustoimia ei otettu käyttöön.

Yhteenvedona voidaan todeta, että koronaviruspandemia on vaikuttanut sähköalan toimintaan Euroopassa sekä Suomessa. Pandemia on aiheuttanut tilapäistä kysynnän laskua, muuttanut kulutustottumuksia ja korostanut kestävien energiajärjestelmien merkitystä.

Lähteet

- Bahmanyar, Alireza, Abouzar Estebsari ja Damien Ernst (2020). ”The impact of different COVID-19 containment measures on electricity consumption in Europe”. *Energy Research and Social Science* 68, s. 101683. ISSN: 2214-6296. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101683>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629620302589>.
- Bompard, Ettore et al. (2021). ”The Immediate Impacts of COVID-19 on European Electricity Systems: A First Assessment and Lessons Learned”. *Energies* 14.1. ISSN: 1996-1073. DOI: 10.3390/en14010096. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/1/96>.
- Elia Group (2023). *Grid data-Load and load forecast*. <http://www.elia.be/en/grid-data/load-and-load-forecasts>. Viitattu: 20.6.2023.
- Energiateollisuus (2023a). *Sähkön tuntidata*. www.energia.fi/tilastot/sahkotilastot/sahkon_tuntidata. Viitattu: 5.7.2023.
- (2023b). *Sähköntuotanto ja -käyttö*. http://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/sahkontuotanto_ja_kaytto. Viitattu: 29.6.2023.
- (2023c). *Vesivoiman merkitys Suomen energiajärjestelmälle*. www.energia.fi/files/3426/Vesivoimaselvitys_esitys_FINAL_20190207.pdf. Viitattu: 29.6.2023.
- European Network of Transmission System Operators (2023). *ENTSO-E Transparency Platform*. <http://transparency.entsoe.eu>. Viitattu: 20.6.2023.
- Gridwatch (2023). *G.B. National Grid Status*. <http://www.gridwatch.templar.co.uk/>. Viitattu: 20.6.2023.
- Halbrügge, Stephanie et al. (2021). ”How did the German and other European electricity systems react to the COVID-19 pandemic?” *Applied Energy* 285, s. 116370. ISSN: 0306-2619. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116370>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261920317475>.
- Kinnunen, Antti (2018). ”Sähköverkon laadun ja kapasiteetin selvitys”. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu, Oulu. URL: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/146546/Kinnunen_Antti.pdf?sequence=1.
- Kurki, Antti (2020). ”Vapaa-ajan asuntojen sähkökulutuksen kehittyminen”. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Lappeenranta. URL: <http://lutpub.lut.fi/handle/10024/160997>.
- Motiva (2021a). *Energian loppukäyttö kotitalouksissa*. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/energian_loppukaytto/kotitaloudet. Viitattu: 10.8.2023.
- (2021b). *Energian loppukäyttö palveluissa*. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/energian_loppukaytto/palvelut. Viitattu: 10.8.2023.

- Motiva (2021c). *Energian loppukäyttö teollisuudessa*. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/energian_loppukaytto/teollisuus. Viitattu: 10.8.2023.
- (2023a). *Kulutuksen normitus*. http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energiankaytto/kulutuksen_normitus. Viitattu: 3.7.2023.
- (2023b). *Kulutuksen normitus auttaa kulutusseurannassa*. http://www.motiva.fi/files/20935/Motiva_Kulutuksennormitus_laskentakaavat-ja-ohjeet_01-2023.pdf. Viitattu: 3.7.2023.
- Norwegian ministry of energy (2023). *Energy facts Norway*. <http://www.energifaktanorge.no/en/norsk-energiforsyning/kraftproduksjon/>. Viitattu: 28.7.2023.
- Onnettomuustutkintakeskus (2021). *Koronaepidemian ensimmäinen vaihe Suomessa vuonna 2020*. <http://turvallisuustutkinta.fi/fi/index/tutkintaselostukset/poikkeuksellisettapahtumat.html#>. Viitattu: 5.7.2023.
- Ramula, Janina (2021). ”Pumppuvoimalaitos Suomeen”. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Lappeenranta. URL: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021083044592>.
- RED ELECTRICA DE ESPAÑA (2023). *Península-Seguimiento de la demanda de energía eléctrica*. <http://demanda.ree.es/visiona/peninsula/demanda/>. Viitattu: 20.6.2023.
- Sihvonen, Ville (2018). ”Laajat sähköjärjestelmähäiriöt maailmalla 2000-luvulla”. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Lappeenranta. URL: www.urn.fi/URN:NBN:fi-fe201801222185.
- Terna S.p.A. (2023). *Trend of the Italian electricity system's total demand*. <http://www.terna.it/en/electric-system/transparency-report/total-load>. Viitattu: 20.6.2023.
- Tilastokeskus (2023). *Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin*. http://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehi/statfin_ehi_pxt_13rb.px/. Viitattu: 4.7.2023.