

Sähkönjakeluverkon suurhäiriöt Suomessa
Major disturbances in Finnish electricity distribution networks
Otava Koski

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT
School of Energy Systems
Sähkötekniikka

Otava Koski
Sähköjako- ja suurhäiriöt Suomessa

2021

Kandidaatintyö.

30 s.

Tarkastaja: TkT Juha Haakana

Avainsanat: Suomen sähköjako- ja suurhäiriöt, sähkömarkkinalaki, myrskyt, vaikutukset

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan sähköjako- ja suurhäiriöitä Suomessa. Työssä tullaan kertomaan lyhyesti Suomen sähköjärjestelmästä ja mitä tarkoittaa suurhäiriö. Tämän jälkeen annetaan esimerkkejä myrskyistä, jotka ovat aiheuttaneet suurhäiriöitä Suomen historiassa. Erityisen merkittäviä ovat vuoden 2010 Asta, Veera, Lahja ja Sylvi -myrskyt ja vuoden 2011 Tapani ja Hannu-myrskyt, joiden jälkeen jouduttiin tekemään suuria muutoksia sähkömarkkinalakiin, millä pyrittiin parantamaan sähköjako- ja suurhäiriöiden toimintavarmuutta tulevaisuudessa.

Työssä selvitetään minkälaisia vaikutuksia suurhäiriöt aiheuttavat sähköjako- ja suurhäiriöiden ja yhteiskuntaan. Nämä vaikutukset jaetaan rahallisiin ja ajallisiin ryhmiin. Rahalliseen ryhmään luokitellaan sellaisia suurhäiriöiden vaikutuksia, joista aiheutuu taloudellisia kuluja kuten vakiokorvauksia tai sähköjako- ja suurhäiriöiden korjauskustannuksia. Ajalliseen ryhmään taas luokitellaan sellaiset suurhäiriöiden vaikutukset, joilla ei ole välitöntä vaikutusta tapahtuessaan, mutta joiden vaikutus kasvaa suurhäiriöiden pitkittyessä.

Työn lopussa kootaan vielä yhteen taulukkoon työssä käytyjen myrskyjen olennaiset tunnusluvut ja käydään lyhyesti läpi onko työssä esitettyjen myrskyjen jälkeen tehdyt toimenpiteet pienentäneet jo suurhäiriöiden vaikutuksia. Tämän lisäksi tutkitaan vähän missä vaiheessa tällä hetkellä Suomessa ollaan suurhäiriövapaan sähköjako- ja suurhäiriöiden kehityksessä.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT
School of Energy Systems
Electrical Engineering

Otava Koski

Major disturbances in Finnish electricity distribution networks

2021

Bachelor's Thesis.

30 p.

Examiner: professor Juha Haakana

Keywords: Finnish electricity distribution network, major disturbance, electricity market act, storms, effects

In this bachelor's thesis, the major disturbances of electricity distribution network in Finland will be examined. The thesis will briefly tell about the Finnish electricity system and what a major disturbance means. This will be followed by concrete examples of storms which have caused major disturbances in Finnish history. The storms like Asta, Veera, Lahja and Sylvi in 2010 and Tapani and Hannu in 2011 were particularly significant, after which major changes had to be made to the Electricity Market Act to improve the reliability of the electricity distribution network in the future.

The thesis investigates the effects of major disturbances to the electricity distribution network and society. These effects are divided into monetary and temporal groups. The monetary group includes the effects of major disruption that cause financial costs such as standard compensation or repair costs for the electricity distribution network. The temporal group on the other hand classifies the effects of a major disruption that worsen as the major disruption persists.

At the end of thesis, the essential indicators of the storms used in the work are summarized in one table and it is briefly reviewed whether the measures taken after the storms presented in the work have already reduced the effects of major disturbances. In addition to this, it is briefly examined at what stage Finland is currently in the development of a major disturbance-free electricity distribution network.

SISÄLLYSLUETTELO

Käytetyt merkinnät ja lyhenteet

1.	Johdanto.....	6
2.	Suomen sähköjärjestelmä	8
2.1	Kantaverkko.....	8
2.2	Alue- ja jakeluverkko	9
2.3	Sähkömarkkinalaki	10
3.	Suurhäiriötilanne	11
3.1	Suurhäiriöitä aiheuttaneet luonnonilmiöt Suomessa	13
3.1.1	Pyry ja Janika -myrskyt	13
3.1.2	Asta, Veera, Lahja ja Sylvi -myrskyt	14
3.1.3	Tapani ja Hannu -myrskyt	15
3.1.4	Reima, Eino, Oskari ja Seija -myrskyt	15
3.1.5	Valio-myrsky	16
3.1.6	Rauli-myrsky	16
3.1.7	Aapeli-myrsky	17
4.	Suurhäiriön vaikutukset.....	17
4.1	Rahalliset	18
4.1.1	Sähköverkon korjauskustannukset	18
4.1.2	Vakiokorvaukset.....	19
4.1.3	Metsätuhot	20
4.2	Ajalliset.....	21
4.2.1	Vesihuolto.....	21
4.2.2	Palvelut	22
4.2.3	Tieliikenne	22
4.2.4	Tele- ja tietoliikenneverkot.....	23
4.2.5	Terveystenhoito	23
4.2.6	Lämmitysjärjestelmät	24
5.	Johtopäätökset	25
6.	Yhteenveto.....	27
	Lähteet	28

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

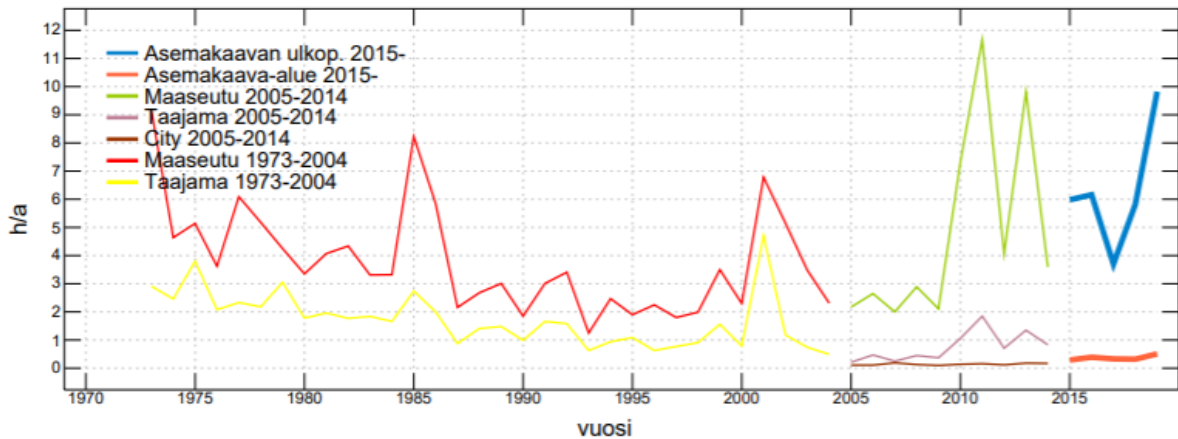
EU	Euroopan unioni
LUT	Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto
Sener ry	Sähköenergialiitto ry
TTY	Tampereen teknillinen yliopisto
VTT	Valtion teknillinen tutkimuslaitos

1. JOHDANTO

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on tehdä katsaus eri luonnonilmiöiden aiheuttamista sähköjakeluverkon suurhäiriöistä Suomessa. Työssä tutkitaan Suomeen osuneiden eri luonnonilmiöiden kuten, isojen myrskyjen ja lumikuormien, vaikutuksia. Työssä keskitytään pääasiassa sähköjakeluverkon suurhäiriöihin ja kuinka ne ovat vaikuttaneet yhteiskuntamme toimintaan, mutta tuodaan esille myös hieman muitakin sivuvaikutuksia, kuten puuston tuhoutumista. Tämän lisäksi työssä käydään läpi suurhäiriöiden korvauskäytäntöjä ja menneiden luonnonilmiöiden korvauksia.

Sähköjakeluverkko on erityisen tärkeä osa nyky-yhteiskuntaamme, koska suurin osa nyky-yhteiskuntamme toiminnoista on riippuvaisia sähköstä. Tämän takia on erityisen tärkeää, että sähköjakeluverkossa ei tapahtuisi pitkiä tai edes lyhyitä sähkökatkoksia, sillä niillä on aina negatiivisia vaikutuksia yhteiskunnalle (taloudelliset menetykset, lämmönjakelun ongelmat yms). Kaikkia sähkökatkoksia ei voida kuitenkaan välttää, mutta suurin osa sähkökatkoksista johtuvat yleensä erilaisista luonnonilmiöistä, esimerkiksi myrskyistä, runsaista lumisateista tai salamaniskuista. Esimerkiksi Energiateollisuuden tekemän keskeytystilaston mukaan vuonna 2019 tuulet, myrskyt, lumi- ja jääkuormat, ukkonen ja muut sääilmiöt aiheuttivat melkein 78% koko vuoden keskeytysajasta (Energiateollisuus 2020). Pitkittynyttä ja laajaa sähkökatkosta voidaan myös kutsua suurhäiriöksi.

Seuraavalla sivulla olevasta kuvasta 1.1 käy hyvin ilmi Suomessa vuosina 1973-2019 asiakkaalle aiheutuneet keskimääräiset vikakeskeytysajat. Tässä työssä tullaan kuitenkin keskittymään kuvan huippukohtiin. Kuvan huippukohtien vikakeskeytysajat ovat sen verran pitkiä, että voidaan todeta, että huippukohtien vuosina on täytynyt tapahtua jonkinlainen suurempi sähkökatkos. Kuvasta voidaan myös havaita, että vuoden 2010 jälkeen asiakkaan kokemat vikakeskeytysajat ovat kasvaneet suuresti Suomessa.

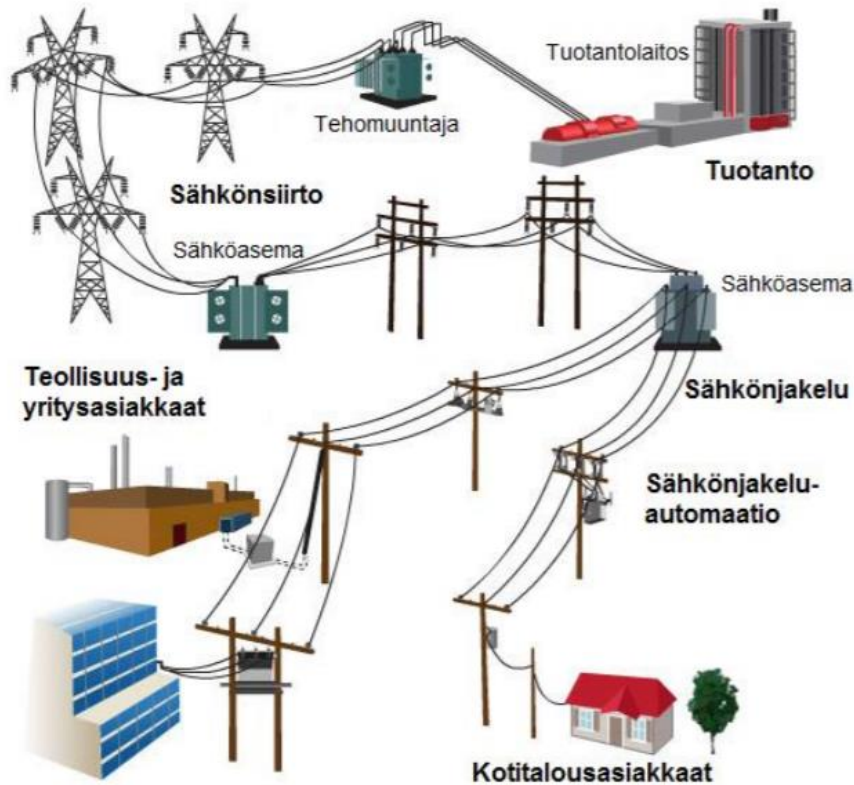


Kuva 1.1 Asiakkaan keskimääräinen vikakeskeytysaika vuosina 1973-2019. Tilastointitapa on vaihtunut vuosina 2005-2015 ja 2015-, mikä täytyy ottaa huomioon kuvaajien vertailussa (Energiateollisuus 2020).

Luvussa 2. selitetään Suomen sähköjärjestelmän rakennetta yleisesti ja avataan sen eri osia. Luvussa 3. avataan suurhäiriötilanne käsitettä ja käydään läpi mitkä myrskyt ja muut luonnonilmiöt ovat aiheuttaneet suurhäiriöitä Suomessa ja minkälaisia vaikutuksia näillä on ollut yhteiskunnallisesti. Luvussa 4. tutkitaan minkälaisia vaikutuksia suurhäiriöt aiheuttavat sähköjakeluverkkoon ja yhteiskunnalle. Lisäksi samalla käydään läpi minkälaisia korvauksia ja kustannuksia myrskyistä on syntynyt. Luvussa 5. kootaan vielä työssä käsiteltyjen myrskyjen oleellisimmat luvut yhteen ja tutkitaan onko myrskyjen vaikutukset muuttuneet ollenkaan. Lopuksi yhteenveto-osiossa kerätään yhteen työn keskeisimmät asiat ja havainnot.

2. SUOMEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄ

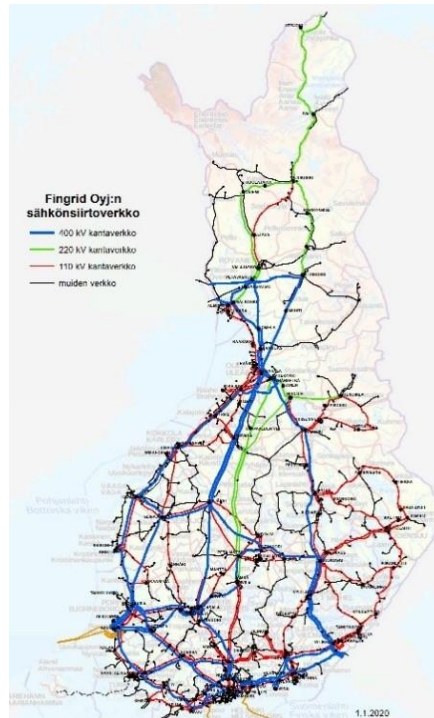
Suomen sähköjärjestelmä koostuu voimalaitoksista, kantaverkosta, suurjännitteisistä jakeluverkoista, jakeluverkoista sekä sähkön kuluttajista (Fingrid Oyj). Alhaalla esitetty kuva 2. havainnollistaa Suomen sähköjärjestelmän rakennetta.



Kuva 2. Suomen sähköjärjestelmän rakenne (Bravo Projects)

2.1 Kantaverkko

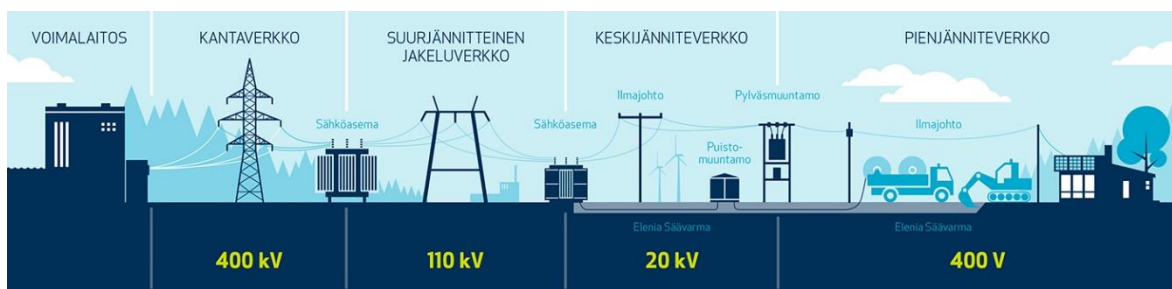
Kantaverkko on koko maan kattava sähkösiirron runkoverkko, johon voimalaitoksilta tuotettu sähkö siirretään ensin. Kantaverkko voidaan jakaa 400, 220 ja 110 kV jännitetasoihin. Kantaverkossa käytetään suuria jännitetasoja sähkön siirtämiseen pitkien siirtoyhteysien vuoksi ja sähkön siirtäminen suurilla jännitetasoilla mahdollistaa pienet energiahäviöt. Kantaverkon omistaa Fingrid Oyj. Fingrid vastaa kantaverkon valvonnasta, ylläpidosta, rakentamisesta ja kehittämisestä. Se valvoo myös sähkön vientiä ja tuontia Suomen naapurimaiden kanssa (Fingrid Oyj). Seuraavalla sivulla olevasta kuvasta 2.1 voidaan nähdä Fingridin kantaverkon eri jännitejohtojen verkko-osuudet Suomessa.



Kuva 2.1 Fingrid Oyj:n sähkösiirtoverkko 2020 (Fingrid Oyj 2020)

2.2 Alue- ja jakeluverkko

Kantaverkkoon kuuluu vain tärkeimmät 110 kilovoltin voimajohdot ja muut 110 kilovoltin johdot muodostavat sitten niin kutsutun alueverkon. Alueverkko on toisin sanoen kantaverkon ja jakeluverkon välimuoto. Jakeluverkot ovat verkkoyhtiöiden omistamia alle 110 kilovoltin sähköverkkoja, jotka voidaan jakaa keskijännite- ja pienjänniteverkkoihin. Alue- tai kantaverkon jännite 110 kV muunnetaan sähköasemien kautta 20 kilovolttiin, jotta se olisi sopiva keskijänniteverkkoon. Keskijänniteverkosta jännite alennetaan vielä 400 volttiin jakelumuuntamoiden kautta pienjänniteverkkoon sopivaksi. Pienjänniteverkko vastaa lopullisesta sähkön siirtämisestä pienkuluttajille (Stuk 2021). Kuva 2.2 havainnollistaa vielä sähköverkon rakennetta ja miten jännitetasot muuttuvat eri verkkotasoilla.



Kuva 2.2 Sähköverkon rakenne ja kuinka jännite muuttuu eri verkkotasoilla (Elenia 2017)

Suurin osa Suomen sähköverkon häiriöistä tapahtuu jakeluverkossa ja näin ollen jakeluverkon rakenteen ymmärtäminen on erittäin keskeisessä roolissa työn kannalta. Kaupungeissa ja taajamissa sähkönjakelu on aika luotettavaa, koska melkein kaikki jakeluverkot ovat jo nykyään maahan upotettuja kaapelivetoja. Maaseudulla vikoja taas on huomattavasti enemmän, koska siellä käytetään vielä suurimmaksi osaksi avojohtoja. Varsinkin metsien keskellä ja reunoilla sijaitsevat avojohdot ovat erityisen herkkiä erilaisille luonnonilmiöille, kuten lumikuormille ja myrskyille (Stuk 2021). Maaseudulla tapahtuvan sähkökatkoksen vaikutusalue on yleensä myös laajempi ja kesto pidempi kuin mitä se olisi kaupungeissa tai taajaamissa. Tämä johtuu siitä, että maaseudulla sähkönjakelu on rakennettu harvempaan ja vikaa ei voida eristää samalla tavalla kuin esimerkiksi kaupungeissa. Sen lisäksi viankorjausta hidastaa kyseisissä tilanteissa yleensä huonot kulkuyhteydet vikapaikalle ja vian paikantaminen suurelta alueelta.

2.3 Sähkömarkkinalaki

Sähkömarkkinalain tarkoituksena on varmistaa, että sähkömarkkinat toimivat riittävän tehokkaasti ja ympäristöystävällisesti, jotta pystytään turvaamaan kohtuuhintaisen ja riittävän hyvälaatuisen sähkön saanti asiakkaille. Sähkömarkkinalaissa todetaankin alussa, että sähköalan yritysten tehtävä on huolehtia asiakkaidensa sähkönhankintaan liittyvistä palveluista sekä edistää omaa sähkön tehokasta ja säästäväistä käyttöä (L. 588/2013). Sähkömarkkinalaki onkin muuttunut paljon aikojen kuluessa alkuperäisestä säädöksestä, joka otettiin käyttöön vuonna 1995. Muutoksia on täytynyt tehdä sähkömarkkinalakiin, jotta ollaan pystytty ohjaamaan sähköverkkoyhtiöitä pitämään sähkön toimitusvarmuus hyvällä tasolla ja kehittämään oman sähkönjakeluverkon toimintaa. Tämän lisäksi erilaiset Euroopan unionin tekemät linjaukset ovat aiheuttaneet usein muutoksia. Esimerkiksi sähkön sisämarkkinoita koskeva EU:n direktiivi säätelee hyvin keskeisesti myös Suomen sähkömarkkinalakia (Työ- ja elinkeinoministeriö).

Viimeisin suurempi muutos sähkömarkkinalakiin on vuodelta 2013. Muutokseen vaikutti suuresti vuoden 2011 talvimyrskyt Tapani ja Hannu, joiden vaikutukset olivat sen verran mittavat Suomen sähkönjakeluverkkoon, että myrskyjen jälkeen työ- ja elinkeinoministeriö päätti tehdä muutoksia sähkömarkkinalakiin. Uuden sähkömarkkinalain seurauksena toteutettavat toimenpiteet vaikuttivat sähköverkkoyhtiöihin hyvin suuresti ja niillä pyrittiin

parantamaan sähkönjakeluverkon toimitusvarmuutta ja sähköverkkoyhtiöiden varautumista ongelmatilanteisiin tulevaisuudessa. Uuden lain mukaan jakeluverkko tulee suunnitella, rakentaa ja ylläpitää niin, että vikatilanteissa sähkönjakelu ei keskeytyisi asemakaava-alueilla yli kuudeksi tunniksi tai muilla alueilla yli 36 tunniksi. Nämä muutokset tullaan ottamaan käyttöön portaittain, niin että vaatimukset täyttyvät vuoden 2019 loppuun mennessä vähintään 50 % sähkönjakeluverkon kaikista käyttäjistä pois lukien vapaa-ajan asunnot, vuoden 2023 loppuun mennessä vähintään 75 % kaikista käyttäjistä pois lukien vapaa-ajan asunnot ja vuoden 2028 loppuun mennessä vaatimukset täyttyisi kaikkien asiakkaiden kohdalla (Finlex 2013). Sähköverkkoyhtiöt voivat kuitenkin hakea Energiavirastolta täytäntöönpanon pidennystä, jos näyttää siltä, että he tarvitsevat enemmän aikaa muutosten toteuttamiseen. Moni sähköverkkoyhtiö onkin saanut jo pidennystä vuoteen 2036 asti. Suurin osa pidennyksen saaneista sähköverkkoyhtiöistä toimivat haja-asutusalueilla, joille joudutaan tekemään isoja verkkorakenteen muutoksia, jotta toimitusvarmuusvaatimukset täyttyvät (Finlex 2020).

3. SUURHÄIRIÖTILANNE

Suurhäiriötilanteeksi voidaan kutsua sähköverkon laajamittaista ja vakavaa häiriötilannetta, jossa sähkönjakelu keskeytyy jonkinlaisen vian takia pitkäksi aikaa. Vian aiheuttajia voivat olla muun muassa poikkeukselliset sääolosuhteet, tekniset viat tai inhimilliset virheet. Suurhäiriötilanteelle tyypillistä on myös normaalia suurempien resurssien käyttö, jotta tilanne saaadaan normalisoitua. Suurhäiriötilanteelle ei ole minkäänlaista tiettyä määritelmää ja teoriassa jokainen verkkoyhtiö voisikin itse määritellä kriteerit milloin häiriötilanne luokitellaan suurhäiriötilanteeksi. Siitä huolimatta TTY:n ja LUT:n tutkijoiden tekemää suurhäiriön määritelmää raportissaan 'Sähköverkon kehittämisvelvoitteen arviointi käyttövarmuuden näkökulmasta' voidaan pitää yleisenä suurhäiriön määritelmänä Suomessa:

Suurhäiriö on tilanne, jossa yli 20 % jakeluverkkoyhtiön asiakkaista on ilman sähköä tai 110 kV:n johto tai 110/20 kV:n sähköasema tai päämuuntaja vikaantuu pitkäksi aikaa (useiksi tunneiksi). (Järventausta ym 2005)

Hyvin samanlaisen kuvan suurhäiriötilanteesta antaa Suomessa sovellettava verkostosuositus 'Sähköverkkoyhtiön toiminta suurhäiriöissä', jossa suurhäiriö määritellään sähkökatkona, joka on syntynyt luonnonilmiön vaikutuksesta:

*Ohjetta sovelletaan laajoissa useita johtolähtöjä tai yli 20 % asiakkaista koskevissa myrsky-
ukkos-, lumikuorma- yms. vastaavissa häiriöissä. (Sähköenergialiitto ry Sener 2002)*

Kauppa- ja teollisuusministeriön tilaamasta 'Sähkönjakeluverkkoon soveltuvat toimitusvarmuuskriteerit ja niiden raja-arvot sekä sähkönjakelun toimitusvarmuudelle asetettavien toiminnallisten tavoitteiden kustannusvaikutukset' selvityksessä suurhäiriö ollaan määritelty sen todennäköisyyden mukaan:

Suurhäiriö voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan niiden tuhojen ja esiintymistaajuuden mukaan. Luokan I suurhäiriö on tilanne, jossa keskeytys on kokonaisuudessaan noin 48h mittainen ja sen esiintymistaajuus on kerran viidessä vuodessa. Luokan II suurhäiriö taas esiintyy kerran 20 vuodessa ja aiheuttaa ainakin noin 120 mittaisen sähkökatkoksen. Luokan III suurhäiriö on vaikuttuksiltaan suurin ja sen tulee olla tuhoiltaan ainakin neljä kertaa luokan II tasoinen. Luokan III häiriön korjaustöiden on arvioitu kestävän vähintään 2 viikkoa ja tämän kokoluokan häiriön esiintymistaajuudeksi on arvioitu 100 vuotta. (Partanen ym 2006)

TTY:n sähköenergiatekniikan laitos ja VTT:n riskienhallintaan erikoitunut tutkimusryhmä on yhteisprojektissään 'Sähköhuollon suurhäiriöiden riskianalyysi- ja hallintamenetelmien kehittäminen' määritellyt taas suurhäiriön uudella tavalla, joka perustuu seurauksiin eikä verkkoon.

Sähköhuollon suurhäiriö on pitkäkestoinen ja/tai laaja sähkökatko, jonka seurauksena pelastuslaitoksen ja yhden tai useamman muun julkisen toimijan (kunta, poliisi jne.) on tarve ryhtyä jakeluverkonhaltijan lisäksi toimenpiteisiin vähentääkseen häiriöistä aiheutuvia vakavia henkilö- ja omaisuusvahinkoja. (Verho ym 2012)

Edellä esitetyistä suurhäiriötilanne määritelmistä huomataan hyvin selkeästi, että suurhäiriötilanteelle on paljon erilaisia määritelmiä ja riippuu hyvin paljon tutkimuksesta minkälaista määritelmää työssä ollaan käytetty. Tässä työssä suurhäiriötilannetta tullaan

tarkastelemaan laajamittaisena sähkökatkona, jonka on aiheuttanut jonkinlainen luonnonilmiö. Suurhäiriötilanteita, jotka ovat aiheutuneet jostain muusta syystä kuin luonnonilmiöistä ei tulla käsittelemään tässä työssä. Sen takia tässä työssä suurhäiriötilanteen määritelmäksi sopii hyvin Sener ry:n määritelmä.

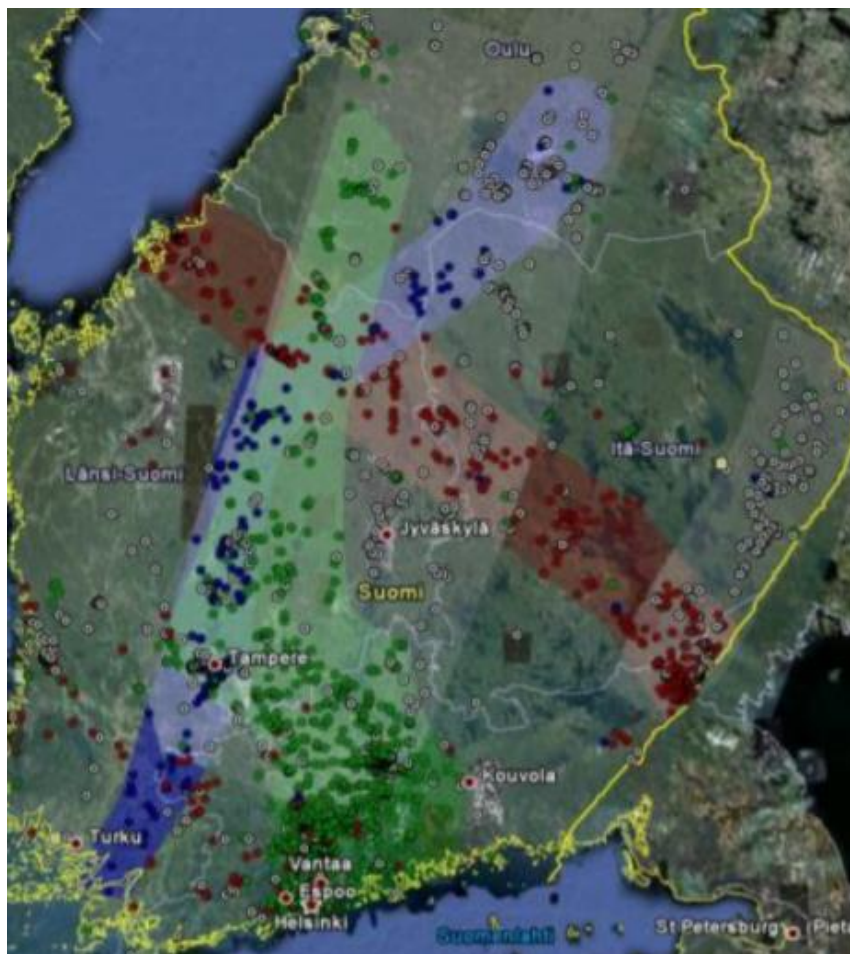
3.1 Suurhäiriöitä aiheuttaneet luonnonilmiöt Suomessa

3.1.1 Pyry ja Janika -myrskyt

Marraskuussa vuonna 2001 Suomeen saapui kaksi voimakasta syysmyrskyä: Pyry ja Janika. Pyry-myrsky teki tuhojaan lähinnä Pohjanmaalla, kun taas Janika-myrsky riehui paljon laajemmin. Janika-myrsky vaikutti lähinnä Pirkanmaalla, Hämeessä, Itä-Hämeessä ja Uudellamaalla mutta myös Varsinais-Suomessa, Satakunnassa ja Pohjanmaalla tuuli rajusti myrskyn takia. Myrskyjen aikaan merialueilla mitattiin suurimmillaan keskituulen nopeuksiksi 30 m/s, kun taas sisämaassa jäätiin vain 16-18 m/s tasolle. Sisämaan tuulinopeuksien perusteella Pyryä ja Janikaa ei pitäisi luokitella myrskyinä, mutta Pyyryn ja Janikan yksittäisten puuskien nopeudet olivat harvinaisen suuria (30-50 m/s) ja tuhon laajuus sitä luokkaa, että niitä voidaan kutsua myrskyiksi. Pyry ja Janika aiheuttivat paljon sähkökatkoksia, joista pisimmät kestivät jopa 5 vuorokautta (Ihalainen ym 2003). Nämä sähkökatkokset koskettivat myöskin yhteensä yli 860 000 asiakasta ja prosentuaalisesti katsottuna sähkönjakeluverkkojen asiakkaista 38,7 % Pyyryssä ja 36 % Janikassa koki sähkökatkoja (Verho ym 2012). Myrskyt aiheuttivat myös laajoja metsätuhoja vaurioittaen 7,3 miljoonaa kuutiometriä puustoa. Myrskyjen voimakkuudesta kertoo se, että sähköjohtojen päälle kaatui myrskyjen aikana noin 90 000 puuta, minkä takia verkkoyhtiöt joutuivat rakentamaan johtoja aivan uudelleen lähes 140 kilometrin verran (Laitinen ym 2009).

3.1.2 Asta, Veera, Lahja ja Sylvi -myrskyt

Kesällä 2010 Suomeen osui kymmenen päivän sisään neljä eri myrskyä, jotka aiheuttivat tuhoa ympäri Suomen. Asta-myrsky riehui ensimmäisenä Suomessa 29.–30.7, jonka jälkeen Veera-myrsky saapui Suomeen 4.8. Lahja-myrsky osui Suomeen kolmanneksi 7.8 ja heti seuraavana päivänä 8.8 Sylvi-myrsky. Myrskyt aiheuttivat sähkökatkoksia jopa 481 000 asiakkaalle ja joillakin alueilla oltiin ilman sähköä yli kuukauden ajan. Suurin osa sähkökatkoista saatiin korjattua suhteellisen nopeasti, mutta jotkut asiakkaat olivat ilman sähköä jopa yli 1000 tuntia (Energiamarkkinavirasto 2011). Myrskyt kaatoivat kaikkiaan 8,1 miljoonaa kuutiometriä puustoa, joka oli melkein 14 % Suomen vuotuisista hakkuista (Luonnonvarakeskus 2021). Viankorjausta ja raivausta haittasi suuresti myrskyjen osuminen lyhyen ajanjakson sisään ja myrskyjen saapuminen eri ilmansuunnista, jonka takia tuhoja oli eri puolilla maata. Myrskyt osuivat myös osin samoille alueille aiheuttaen näin ollen tuhoja useampaan kertaan (Energiamarkkinavirasto 2011). Alhaalla olevasta kuvasta 3.1 voi hahmottaa paremmin myrskyjen kulkureitit ja vaikutusalueet.



Kuva 3.1 Vuoden 2010 myrskyjen kulkureitit ja vaikutusalueet. Asta merkitty punaisella, Veera valkoisella, Lahja sinisellä ja Sylvi vihreällä (Energiamarkkinavirasto 2011)

3.1.3 Tapani ja Hannu -myrskyt

Joulukuussa vuonna 2011 Suomeen osui kahden päivän sisään 26.–27.12 Tapani ja Hannu -myrskyt, joita voidaan pitää siihen mennessä tuhoisimpina myrskyinä Suomen sähköjakeluverkon kannalta. Myrskyjen muut tuhot olivat hyvin samankaltaisia kuin aiemmissakin myrskyissä, mutta niiden yhteiskunnalliset vaikutukset olivat huomattavasti suuremmat kuin mitä oltiin aiemmin koettu. Tämä johtuu siitä, että Tapani ja Hannu osuivat talvelle, jolloin talven kylmyys lisäsi vielä entisestään muita haittavaikutuksia. Suurimmat vauriot olivat Fortumin sähköverkoissa Etelä-, Länsi- ja Lounais-Suomessa, mutta myrskyt vaikuttivat kokonaisuudessaan yli 570 000 sähköverkkoyhtiöiden asiakkaaseen. Pisimmillään asiakkaat olivat noin 14 vuorokautta ilman sähköjä. Laajojen ja pitkien sähkökatkokkien lisäksi myrskyt kaatoivat puita yli 3,5 miljoonaa kuutiometriä (Strandén ym 2014). Viankorjausta ja raivausta haittasi myrskyjen osuminen peräkkäisille päiville ja sen hetkinen vuodenaika, minkä takia sähköjakeluverkon katkot olivat joissakin tapauksissa erittäin pitkiä.

3.1.4 Reima, Eino, Oskari ja Seija -myrskyt

Neljä suurta myrskyä riehui toistensa perään Suomessa loppuvuonna 2013 aiheuttaen paljon tuhoa. Reima-myrsky saapui Suomeen ensimmäisenä marraskuun alussa 5.11, jonka jälkeen Eino-myrsky koetteli Suomea seuraavaksi 17.11. Joulukuun alussa 1.12 oli Oskari-myrskyn vuoro riehua Suomessa ja viimeiseksi Suomeen saapui Seija-myrsky 13.12. Nämä myrskyt olivat monella tapaa hyvin samanlaisia kuin joulun 2011 Tapani ja Hannu -myrskyt, mutta niiden kokonaisvaikutukset jäivät kuitenkin Tapani ja Hannu -myrskyjä vähäisemmiksi. Myrskyjen vaikutukset sähköjakeluverkkoon olivat kuitenkin laajat ja pahimmillaan ilman sähköä olikin yli 400 000 asiakasta. Suurin osa näistä sähkökatkoista johtui siitä, että kova tuuli oli kaatanut puita suoraan ilmassa kulkevien sähköjohdinten päälle. Lauha ja sateinen loppusyksy oli tehnyt maasta pehmeän ja otollisen juurikin puiden kaatumiselle. Vian korjauksessa ei ollut kuitenkaan suurempia ongelmia ja suurin osa vioista saatiinkin korjattua hyvin 12 tunnissa (Energiateollisuus 2014). Myrskyt kaatoivat yhteensä yli 3 miljoonaa kuutiometriä puustoa ja suurin osa kaatuneista puista oli pieniä puuryhmiä, joten laajamittaisilta saman alueen metsätuhoilta vältyttiin (Viiri ym 2019).

3.1.5 Valio-myrsky

Valio-myrsky saapui Suomeen perjantaina 2.10 vuonna 2015. Myrskyn vaikutusalue oli varsin laaja ulottuen koko Keski-Suomen ja idän alueelle, mutta voimakkaimmin se riehui Pohjanmaalla ja Itä-Suomessa. Valio-myrskyn tuulenopeudet olivat pääosin 18-22 m/s, mutta voimakkain maa-alueella mitattu puuska ylsi 26,4 m/s. Merialueilla yllettiin toisaalta jo myrskylukemiin voimakkaimman puuskan ollessa 31,1 m/s. Myrskyn kovat tuulet aiheuttivat vahinkoa koko keskisen Suomen alueelle kaataen pääasiassa yksittäisiä puita ja muutaman kymmenen puun ryhmiä. Jotkut näistä puista kaatui avojohtojen päälle aiheuttaen sähkökatkoja (Ilmatieteenlaitos 2015). Sähkökatkoista kärsittiin etenkin Keski-Suomessa ja Savossa ja ilman sähköä oli pahimmillaan noin 230 000 asiakasta. Valio-myrskyyn oltiin kuitenkin varauduttu hyvin ja suurin osa sähköistä saatiinkin palautettua asiakkaille suhteellisen nopeasti, mutta jotkut sähkökatkokset kestivät pisimmillään 3 vuorokautta (Energiateollisuus 2015). Laaja-alaisilta yhtenäisiltä metsätuhoilta vältyttiin ja vahingoittuneen puuston määrän arvioitiin olevan 0,5-1,5 miljoonaa kuutiometriä (Metsäkeskus 2015). Suurten tuulivahinkojen määrä johtuu siitä, että Valio-myrsky oli varsin pitkäkestoinen ja myrskyvahinkoja ehti syntyä suuri määrä yli 12 tunnin aikana.

3.1.6 Rauli-myrsky

Rauli-myrsky saapui Suomeen lauantaina 27. elokuuta vuonna 2016 aiheuttaen laajoja sähkökatkoja. Tuhoisimmin Rauli-myrsky iski Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalle ja Keski-Suomeen. Laajojen vahinkojen määrään vaikutti voimakkaiden tuulten laaja esiintymisalue aina Pohjanmaalta Etelä-Karjalaan. Maa-alueiden tuulimaksimit vahinkoalueilla olivat 21-22 m/s, mutta muutamilla maa-asemilla mitattiin jopa 24-25 m/s tuulinopeuksia. Tuulten perusteella arvioituna Rauli ei ollut kuitenkaan mitenkään hirveän erikoinen myrsky, koska vastaavia tuulten nopeuksia mitataan melkein joka vuosi. Tilanteesta erikoisen tekee myrskyn ajankohta ja Rauli olikin kesämyrskyksi harvinaisen voimakas. Esimerkiksi samanaikaisesti ilman sähköä oli noin 200 000 asiakasta, joka on samansuuruinen määrä kuin Eino- ja Seija-myrskyissä (Ilmastokatsaus 2016). Pisimmillään asiakkaat joutuivat odottamaan noin 2 vuorokautta, että sähköt saatiin palautettua. Vaikka Rauli aiheuttikin monia sähkökatkoja niin suurilta metsätuhoilta vältyttiin, kun Rauli kaatoi vain pääsääntöisesti yksittäisiä puita ja puuryhmiä. Vahingoittuneen puuston määrän arvioitiinkin olevan vain 60 000 – 150 000 kuutiometriä koko Suomessa (Metsäkeskus 2016).

3.1.7 Aapeli-myrsky

Vuosi 2019 alkoi heti suurella myrskyllä, kun Aapeli osui Suomeen 2.1 vastaisena yönä. Myrsky raivosi ankarimmin Pohjanmaalla ja Ahvenanmaalla, jossa se laittoi uusiksi merialueiden tuuli-, aallokko- ja vedenkorkeusennätykset. Uudeksi keskituuliennätykseksi Suomen merialueilla mitattiin 32,5 m/s (entinen keskituuliennätys oli 31 m/s). Uudeksi keskimääräisen aallonkorkeusennätykseksi saatiin 7,9 metriä, kun aikaisempi ennätys oli ollut 6,5 metriä. Merivesi laski myös myrskyn seurauksena erittäin matalalle ja matalan veden ennätysarvoja mitattiinkin Vaasassa (-103 cm), Porissa (.85 cm) ja Raumalla (-79 cm), kun aikaisemmat ennätykset olivat vuosilta 1929 ja 1934. Tilannetta ei ollut myöskään parantanut se, että ennen myrskyä Suomen keski- ja itäosiin oli satanut märkää lunta noin 10 – 25 cm. Tämä taas aiheutti useita sähkökatkoja, kun puut taipuivat sähkölinjoille. Sähköttömiä talouksia oli koko Suomessa myrskyn ja lumikuormien takia runsaat 190 000 (Tollman ym 2019). Sähköt saatiin palautettua kuitenkin varsin nopeasti 2 vuorokaudessa. Pahiten Aapeli-myrskystä kärsi Vaasan Sähköverkko, jolle Aapeli oli pahin myrsky niiden historiassa. Suurimmat metsätuhot Aapeli-myrsky aiheutti myös Pohjanmaalla, kun taas muualle Suomeen ei aiheutunut mittavia metsätuhoja. Myrskytuulet kaatoivat kuitenkin yksittäisiä puita ja puuryhmiä ympäri Suomen ja vahingoittuneiden puiden kokonaisarvo oli arviolta noin 3,5 miljoonaa ja muun vahingon määrä melkein miljoona euroa (Metsäkeskus 2019)

4. SUURHÄIRIÖN VAIKUTUKSET

Suurhäiriöiden aiheuttamat vahingot ovat yleensä sen verran laajoja kokonaisuuksia, että niistä aiheutuu vaikutuksia niin kuluttajille kuin sähköverkkoyhtiöillekin. Tässä työssä suurhäiriöiden vaikutukset ollaan jaettu kahteen eri ryhmään: rahallisiin ja ajallisiin vaikutuksiin. Rahallisilla vaikutuksilla tarkoitetaan tässä tapauksessa myrskyistä aiheutuneita korjauskustannuksia ja korvauksia, kun taas ajallisilla vaikutuksilla tarkoitetaan suurhäiriöiden pitkittyessä syntyneitä muita ongelmia, kuten viestintäverkkojen katkoksia ja vesihuollon ongelmia.

4.1 Rahalliset

4.1.1 Sähköverkon korjauskustannukset

Yksi merkittävä kuluerä sähköverkkoyhtiöille on sähköverkkojen korjauskustannukset, joita syntyy, kun myrskyjen kaatamat puut kaatuvat suoraan sähköjohtojen päälle, katkaisten ne ja aiheuttaen eri laajuisia sähkökatkoja. Korjauskustannusten suuruus riippu paljon kuinka laajalle alueelle myrsky osuu ja kuinka voimakas se on. Mitä voimakkaampi myrsky on kyseessä, sitä enemmän tuhoa se aiheuttaa. Sähköverkko voi joskus jopa vaurioitua niin pahasti, että sähköverkkoyhtiö joutuu rakentamaan sen käytännössä aivan uudestaan. Tällöin korjaus voi kestää jopa viikkoja ja aiheuttaa sähköverkkoyhtiölle suuria taloudellisia kustannuksia. Alla olevaan taulukkoon 1. on koottu myrskyistä aiheutuneita sähköverkon korjauskustannuksia.

Taulukko 1. Myrskyistä aiheutuneet korjauskustannukset sähköverkolle

Myrsky	Vuosi	Korjauskustannukset [€]
Pyry ja Janika	2001	11 milj.
Asta, Veera, Lahja ja Sylvi	2010	22 milj.
Tapani ja Hannu	2011	31 milj.
Eino, Oskari ja Seija	2013	24 milj.
Valio	2015	8 milj.
Rauli	2016	Tuntematon
Aapeli	2019	4 milj.

Taulukosta voidaan huomata, että sähköverkon korjauskustannukset ovat pienentyneet vuodesta 2011 lähtien vaikka myrskyt ovat olleet voimakkuuksiltaan hyvin samalaisia. Tämä johtuu siitä, että vuonna 2013 voimaan tullut sähkömarkkinalain muutos on aiheuttanut sähköverkkoyhtiöille muutospainetta kehittää sähköjakeluverkkoa parempaan toimitusvarmuuteen. Tästä johtuen sähköverkkoyhtiöt ovat lisänneet maakaapelointia, jonka käyttövarmuus on parempi kuin ilmajohtojen, koska se ei ole niin altis erilaisille luonnonilmiöille. Vaikka ilmajohtojen vaihtaminen maakaapeleihin on hyvin hidasta ja kallista toimintaa, niin maakaapelointi pienentää tulevaisuudessa sähköverkkoyhtiöiden kustannuksia, kun maksettavat vakiokorvaukset ja verkon kunnossapitokustannukset pienenevät.

4.1.2 Vakiokorvaukset

Vakiokorvauskäytäntö liitettiin sähkömarkkinalakiin vuonna 2003, koska muutama vuosi aiemmin Suomea oli koetellut Pyry ja Janika-myrskyt, jotka nostivat esiin Suomen sähköverkon ja yhteiskunnan haavoittuvuuden (Finlex 2002). Tällä uudella muutoksella pyrittiin parantamaan sähkön toimitusvarmuutta ja antamaan sähköverkkoyhtiöiden asiakkaille jonkinlainen korvauskäytäntö, jos sähkön laatu ei pysynyt tasaisena. Vakiokorvaus onkin nykyään yleisin korvausmenetelmä, kun sähköjakeluverkossa tapahtuu häiriöitä, jonka seurauksena sähköjakelu keskeytyy. Sitä voi saada, jos yhtäjaksoinen keskeytys sähköjakelussa on kestänyt vähintään 12 tuntia. Vakiokorvauksen suuruus riippuu kuluttajan vuotuisesta verkkopalvelumaksusta ja sähkökatkoksen pituudesta (L. 588/2013). Alla olevasta taulukosta 2. voidaan nähdä kuinka sähköjakelun keskeytysaika vaikuttaa korvausten määrään:

Taulukko 2. Vakiokorvauksen määrä keskeytysajan mukaan (L. 588/2013)

Korvaus vuotuisesta siirtopalvelumaksusta (%)	Keskeytysaika (h)
10 %	12 h – 24 h
25 %	24 h – 72 h
50 %	72 h – 120 h
100 %	120 h – 192 h
150 %	192 h – 288 h
200 %	288 h -

Suurin loppukäyttäjälle maksettava vakiokorvausten määrä on nykyään enintään 200 % vuotuisesta siirtopalvelumaksusta tai 2 000 euroa (L. 588/2013). Alhaalla olevasta taulukosta 3. voidaan nähdä, kuinka loppukäyttäjälle maksettavan vakiokorvauksen enimmäismäärä on muuttunut alkuperäisestä.

Taulukko 3. Asiakkaalle maksettava vakiokorvauksen enimmäismäärä ja milloin se on ollut käytössä

Päivämäärät	Enimmäismäärä (€)
-1.9.2013	700
1.9.2013-1.1.2016	1000
1.1.2016-31.12.2017	1500
1.1.2018-	2000

Seuraavalla sivulla olevaan taulukkoon 4. on koottu vielä kuinka paljon työssä käsitellyistä myrskyistä on maksettu vakiokorjauksia ja kuinka monta asiakasta niitä on saanut.

Taulukko 4. Sähköyhtiöiden maksamien vakiokorvausten määrä ja kuinka monelle asiakkaalle niitä on maksettu

Myrsky	Vuosi	Maksetut vakiokorvaukset [€]	Asiakkaiden määrä
Pyry ja Janika	2001	Tuntematon	Tuntematon
Asta, Veera, Lahja ja Sylvi	2010	10 milj.	110 000
Tapani ja Hannu	2011	30 milj.	120 000
Eino, Oskari ja Seija	2013	20 milj.	200 000
Valio	2015	9 milj.	Tuntematon
Rauli	2016	Tuntematon	Tuntematon
Aapeli	2019	4 milj.	400 000

4.1.3 Metsätuhot

Metsätuhot ovat hyvin yleisiä myrskyjen sivuvaikutuksia, koska suurhäiriöitä aiheuttavat myrskyt kaatavat usein paljon puita. Metsätuhotilastot antavatkin näin ollen hieman kuvaa kuinka voimakkaita myrskyt ovat olleet. Metsätuhoja aiheuttaa pääosin myrskyjen voimakkaat tuulet, jotka kaatavat puita helposti. Yksittäisten puiden kaatamiseksi riittää jo 15 m/s puhaltavat tuulet, mutta laajempien metsätuhojen aiheuttamiseen tarvitaan ainakin 20 m/s puhaltavia tuulia. Puiden kaatumiseen vaikuttaa tuulen nopeuden lisäksi myös suuresti mikä vuodenaika on myrskyjen aikana. Talvella esimerkiksi 20 m/s puhaltava tuulenpuuska voi kaataa lähinnä vain yksittäisiä puita, mutta kesällä vastaava tuuli riittää kaatamaan huomattavasti enemmän puita. Tämä johtuu siitä, että talvella maa on yleensä roudassa, kun taas kesällä maa voi olla vettä ja pehmeää, luoden otolliset olosuhteet puiden kaatumiselle (Ilmastonkatsaus 2016). Talvella puiden kaatumisia aiheuttaa tuulen lisäksi kuitenkin lumikuormat, jossa märkä lumi ja alijäähtynyt vesi jäätyvät puiden oksille. Nämä raskaat lumikuormat sitten kuormittavat entisestään puiden runkoja, minkä seurauksena ne yleensä katkeavat tai taipuvat. Alhaalla olevaan taulukkoon 5. ollaan koottu tiedot kuinka paljon tässä työssä käsitelty myrskyt tuhosivat puustoa ja mikä sen arvo oli:

Taulukko 5. Käsiteltyjen myrskyjen tuhoutuneen puuston määrä ja arvo

Myrsky	Vuosi	Tuhoutunut puusto [m^3]	Arvo [€]
Pyry ja Janika	2001	7,3 milj.	Tuntematon
Asta, Veera, Lahja ja Sylvi	2010	8,1 milj.	Tuntematon
Tapani ja Hannu	2011	3,5 milj.	25-30 milj.
Eino, Oskari ja Seija	2013	3,0 milj.	100 milj.
Valio	2015	0,5-1,5 milj.	20-50 milj.
Rauli	2016	60 000-150 000	3-5 milj.
Aapeli	2019	n. 100 000	3,5 milj.

Taulukosta voidaan nähdä selvästi, että metsätuhot ovat paljon laajempia silloin, kun useampia myrskyjä esiintyy lyhyen ajanväliin sisään. Tämä johtuu siitä, että myrskyt eivät osu täysin samoille alueille vaan niiden reitit eroavat ainakin vähän toisistaan. Hyvänä esimerkkinä voidaan pitää vuonna 2010 esiintyneitä Asta, Veera, Lahja ja Sylvi -myrskyä, jotka saapuivat Suomeen eri ilmansuunnista ja aiheuttivat näin ollen tuhoja hyvin laajalle alueelle.

4.2 Ajalliset

Kun nyky-yhteiskuntamme pyörii nykyään melkein täysin sähkön varassa, niin suurhäiriötilanteissa syntyvät tyypilliset sähkökatkokset aiheuttavat enemmän ongelmia mitä kauemmin sähköt ovat poikki. Jo varsin lyhyet sähkökatkot pysäyttävät veden jakelun, jäteveden poiston, kauppojen, pankkien ja bensiiniasemien toiminnan sekä osan liikenteestä. Pitkittyessään sähkökatkokset vaikuttavat huomattavasti laajemmin yhteiskuntamme eri osiin ja palveluihin. Pitkät sähkökatkokset vaikuttavatkin edellä esitettyjen vaikutusten lisäksi vielä julkisten ja yksityisten laitosten toimintaan, terveydenhuoltoon, rakennusten lämmitysjärjestelmiin ja tiedonvälitykseen (Laitinen ym 2009).

4.2.1 Vesihuolto

Koko Suomen vesihuolto on ajautunut siihen pisteeseen, että se on erittäin riippuvainen sähköstä. Esimerkiksi vedenjakelu perustuu vielä monella paikkakunnalla täysin sähköllä toimivaan pumppaukseen, joka loppuu heti sähkökatkon synnyttyä. Sähkökatkon aikana veden tulo ei kuitenkaan lopu välittömästi vaan vettä voi riittää parista tunnista jopa puoleen vuorokauteen riippuen täysin kulutuksesta. Tämä johtuu siitä, että vesitornista saadaan kyllä vettä ilman sähköäkin, mutta vesitornia ei voida täyttää, koska veden nostaminen torniin tapahtuu sähköpumpuilla. Vettä tulee myöskin saamaan vain ne kiinteistöt, jotka sijaitsevat vesitornin läheisyydessä, koska veden jakelu etäälle tarvitsee pumppaamista (Laitinen ym 2009). Monet vesilaitokset ovatkin hankkineet varavoimakoneita, joilla selvitään lähinnä vain paikallisista sähkökatkoista, mutta laajoista sähkökatkoksista selviämiseen varavoimakoneiden teho ei riitä. Jäteveden poisto toimii kokonaisuudessaan myöskin viemäripumpuilla, jotka tarvitsevat sähköä toimiakseen. Pumppujen pysähtyessä viemärit alkaisivat pikkuhiljaa tukkeutumaan ja jätevedet voisi pahimmassa tapauksessa tulvia ympäristöön (Turvallisuuskomitea 2015, 23-26).

4.2.2 Palvelut

Sähkökatkon aikana kaupat joutuvat yleensä sulkemaan ovensa varsin nopeasti, koska heillä ei ole riittävästi varavoimaa pitämään omia järjestelmiään toiminnassa pitkään. Sähköä tarvitaan kassajärjestelmiin, viivakoodien lukemiseen ja maksupäätelaitteisiin, joita ilman kaupan pyörittäminen ei onnistu sujuvasti. Erityisesti sähkökatko haittaa elintarvikekauppoja, joissa on paljon pakasteita ja muita kylmätuotteita. Sähkökatkon pitkittyessä suurimmaksi uhkaksi nousee juurikin näiden tuotteiden pilaantuminen. Elintarvikehuoneistoasetuksessa on säädetty varsin tarkasti, että mitkä ovat enimmäislämpötilat, esimerkiksi pakasteille, jotta niitä voidaan myydä. Kun elintarvikaupat menevät kiinni, ruoka-huollosta vastaa kunta. Kunnan voimavarat eivät kuitenkaan riitä huolehtimaan kaikista kunnan asukkaista ja tämän takia etusijalla on erityisryhmät, kuten terveyskeskusten vuodeosastojen potilaat, vanhainkotien ja palvelutalojen asukkaat (Turvallisuuskomitea 2015, 29-32).

4.2.3 Tieliikenne

Sähkökatko vaikuttaisi myös suuresti katu- ja maantieliikenteeseen Suomessa, koska se sammuttaisi liikenteenohjausjärjestelmät, liikennevalot ja katu- ja risteysvalot. Näiden sammuminen heikentäisi huomattavasti liikenneturvallisuutta ja lisäisi liikenteessä tapahtuvia onnettomuuksia, kun liikenteen toimivuus muuttuisi. On arvioitu, että sähkökatkon alettua katu- ja tieliikenne todennäköisesti lisääntyisi hieman normaalista, jos julkinen liikenne ei toimisi. Tavalliset ihmiset, jotka normaalisti olisivat käyttäneet julkista liikennettä, lähtisivät näin ollen liikkeelle omilla autoillaan, joka taas lisäisi ainakin ruuhkia ja ongelmatilanteita risteyksissä ohjausjärjestelmien sammumisen takia. Suomalaiset tankkaavat keskimäärin autojansa 2-3 kertaa kuukaudessa, joten sähkökatkoksen aikana ihmiset voisivat hyvin liikkua ainakin aluksi omilla autoillaan. Katkon pitkittyessä, liikenteen määrä taas vähenesi, kun autoihin ei saataisi polttoainetta (Turvallisuuskomitea 2015) Suomi on varannut polttoaineita jopa viiden kuukauden tarpeeksi erilaisten käyttöhäiriöiden takia, kun EU:n vaatima määrä on vain kolmen kuukauden varasto. Eli teoriassa Suomelta löytyy riittävästi polttoaineita selviytymään esimerkiksi pitkittyneistä sähkökatkoksista. Ongelmana onkin, että suurin osa huoltoasemista tarvitsee sähköä toimiakseen, sillä kaikki polttoainepumput ja -mittarit, kaasujärjestelmät ja maksupäätelaitteet tarvitsevat sähköä. Sen lisäksi suurimmalla osalla huoltoasemista ei ole varavoimaa tai varavoiman liitintää, joten sähkökatkon aikana polttoaineen myynti on hyvin mahdotonta (Turvallisuuskomitea 2015, 35-45).

4.2.4 Tele- ja tietoliikenneverkot

Tele- ja tietoliikenneverkot ovat nyky-yhteiskunnan toiminnassa erittäin tärkeässä asemassa ja tämän takia verkkojen toimintaa on pyritty suojaamaan sähkökatkojen aikoina akuilla ja varavoimalla. Tele- ja tietoliikenneverkkojen tekniikka voidaan jakaa viiteen eri tärkeysluokkaan sen mukaan, kuinka suurta käyttäjämäärää tai aluetta ne palvelevat (Turvallisuuskomitea 2015, 46).

Ensimmäisen luokan osat ovat verkon kannalta tärkeimpiä ja niiden kautta kulkeekin suurimmat liikennemäärät. Ensimmäisen luokan laitteissa tulee olla 3 tunnin akusto ja kiinteä varavoimalaite, joka on varmistettu toisella kiinteällä varavoimalaitteella, 6 tunnin akustolla tai siirrettävällä varavoimalaitteella. Näille varavoimalaitteille tulee olla polttoainetta varattuna vähintään viikoksi. Käytännössä ensimmäisen luokan osat pystyisivät näin ollen toimimaan pitkänkin sähkökatkoksen ajan (Turvallisuuskomitea 2015, 46-48).

Toisen luokan osilla tulee olla akkuvoimaa vähintään kuudeksi tunniksi, jonka lisäksi niissä tulee olla kiinteä tai siirrettävä varavoimalaite. Kolmannen, neljännen ja viidennen luokan osissa ei pidä olla enää paikalla olevaa kiinteää tai siirrettävää varavoimaa. Näissä tulee olla kuitenkin mahdollisuus liittää siirrettävä generaattori. Suurin osa tavallisista käyttäjistä käyttävät 4 tai 5 luokan tukiasemia, lankapuheliverkon puhelinkeskuksia, laajakaistakeskittimiä ja muuta tekniikkaa, mikä tarkoittaa, että useimmat puhelin- ja tietoliikenneyhteydet katkeavaisivat 3-6 tuntia sähkökatkon alusta (Turvallisuuskomitea 2015, 46-48).

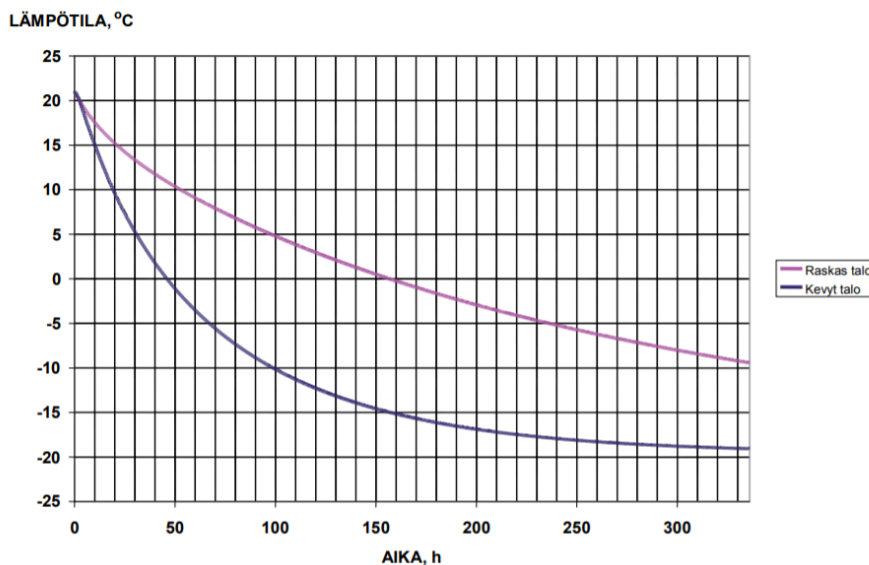
4.2.5 Terveysthuolto

Terveysthuolto on erittäin riippuvainen sähköstä, koska sähköllä toimivia laitteita tarvitaan potilaiden tutkimiseen, hoitamiseen ja jopa hengissä pitämiseen. Keskussairaaloilla on juurikin tämän takia yleensä käytettävänä varavoimaa enemmän kuin määräykset vaativat. Varavoima kuitenkin turvaa vain kriittisimmät toiminnot ja yleensä sähkökatkon aikana sairaaloissa tehdään vain kaikkein tärkeimpiä operaatioita kuten hengen pelastamiseksi vaadittuja leikkauksia. Tällöin esimerkiksi erilaisten vammojen ja sairauksien selvittäminen ja hoitaminen viivästyy, koska niissä käytetään yleensä suuritehoisia laitteita, kuten röntgen- tai magneettitutkimuslaitteita, joita ei ole turvattu varavoimalla. Erityisesti pienten paikkakuntien terveysasemat tulisivat kärsimään pitkittyneissä sähkökatkoksissa, koska niiden varavoimajärjestelmät toimivat joko huonosti

tai ne puuttuvat kokonaan. Tämä hyvin todennäköisesti ajaisi pienet terveysasemat tilanteeseen, jossa ne joutuisivat laittamaan ovensa kiinni ja ohjaamaan apua tarvitsevat asiakkaat isommille terveysasemille, joka kasvattaisi entisestään näiden terveysasemien kuormittavuutta (Turvallisuuskomitea 2015, 68-72).

4.2.6 Lämmitysjärjestelmät

Rakennusten lämmitysjärjestelmät toimivat Suomessa pitkälti sähkön varassa. Ainoa lämmitysjärjestelmä, joka ei ole riippuvainen sähköstä on suora puulämmitys ja niiden käyttö Suomessa on vähenemään päin. Näin ollen sähkökatkon aikana huoneilojen lämpötila alkaisi laskemaan pikkuhiljaa, jos rakennuksesta ei löydy puulämmitteistä uunia, takkaa tai kamiinaa. Huoneilojen lämpötilan aleneminen aiheuttaa useasti epämukavuutta ja terveysriskejä etenkin vanhuksille, sairaille ja muille huonosti liikkuville sekä huonosta verenkierrasta kärsiville. Tämän lisäksi rakennuksen lämpötilan lasku voi aiheuttaa putkivaurioita, kun putkistoissa oleva vesi jäätyy paikoilleen (Turvallisuuskomitea 2015, 55-59). Alhaalla olevasta kuvasta 4.2 nähdään kuinka nopeasti kevyt ja raskasrakenteisen talon olohuone kylmenee sähkökatkon aikana.



Kuva 4.2 Kevyt- ja raskasrakenteisen talon olohuoneen lämpötilojen käyttäytyminen sähkökatkon aikana (Tuomaala 2002)

Sisälämpötilana on käytetty +21 °C, jota pidetään suositeltuna sisälämpötilana oleskelutiloissa ja ulkolämpötilana ollaan käytetty -26 °C. Kuvasta voidaan nähdä, että kevytrakenteisen talon, kuten puutalo, olohuoneen lämpötila laski 21 asteesta 10 asteeseen noin 20 tunnissa. Nollaan lämpötila kyseisessä talossa laski vajaassa kahdessa

vuorokaudessa. Raskasrakenteisen talo piti taas odotetusti paremmin lämpöä sisällään ja sen olohuoneen lämpötila laskikin 21 asteesta 10 asteeseen 50 tunnissa. Nollaan lämpötila laski raskasrakenteisessa talossa vasta vähän alle 160 tunnissa, joka vastaa noin vajaata viikkoa. Talojen eri lämpötilojen käyttäytyminen johtuu rakennusten eri johtumislämpöhäviöistä, mutta se antaa myös hyvän kuvan kuinka pitkittyneessä sähkökatkoksessa molempien rakennusten sisälämpötilat laskevat huomattavasti, jos lämmitys toimii vain sähköllä.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomen historiassa on esiintynyt monia myrskyjä, jotka ovat aiheuttaneet suurhäiriöitä ja näin ollen vaikuttanut sähkönjakeluverkkoon ja muuhun yhteiskuntaan. Näiden myrskyjen vaikutusten ymmärtäminen auttaa kehittämään erityisesti sähkönjakeluverkkoa toimivampaan suuntaan, jossa toimitusvarmuus pysyy luotettavalla tasolla ja kuluttaja on tyytyväinen sähkön laatuun. Alhaalla olevaan taulukkoon 6. on koottu tässä työssä käytyjen myrskyjen perustietoja ja niistä aiheutuneita kustannuksia.

Taulukko 6. Työssä käsiteltävien luonnonilmiöiden tunnuslukuja

	Pyry ja Janika	Asta, Veera, Lahja ja Sylvi	Tapani ja Hannu	Eino, Oskari ja Seija	Valio	Rauli	Aapeli
Vuosi	2001	2010	2011	2013	2015	2016	2019
Vuodenaika	Syksy	Kesä	Talvi	Syksy	Syksy	Kesä	Talvi
Vaikutusalue (asiakkaita)	860 000	481 000	571 000	400 000	230 000	200 000	190 000
Pisin sähkökatko (vuorokautta)	5	42	14	1	3	2	2
Maksetut vakiokorvaukset (milj. €)	?	10	30	20	9	?	4
Sähköverkon korjauskustannukset (milj. €)	11	22	31	24	8	?	4
Kovin puuska merellä (m/s)	37	30	35,8	32,9	31,1	28	41,6
Kovin puuska maalla (m/s)	22	26	31,5	29,2	26,4	25	32,8
Tuhoutunut puusto (m3)	7,3 milj.	8,1 milj	3,5 milj	3,0 milj.	0,5-1,5 milj.	60 000-150 000	100 000
Tuhoutuneen puuston arvo (milj. €)	?	?	25-30	100	20-50	3-5	3,5

Taulukosta 6. voidaan huomata hyvin kuinka suurhäiriöiden vaikutukset ovat pienentyneet vuonna 2011 esiintyneiden Tapani ja Hannu -myrskyn jälkeen vaikka myrskyjen voimakkuudet ovat pysyneet hyvin samankaltaisina. Esimerkiksi Tapani ja Hannu -myrskyn jälkeen sähkökatkot eivät ole enää pitkittyneet muutamia päivä pidemmiksi, minkä seurauksena maksettujen vakiokorvausten määräkin on vähentynyt. Vaikutusten pieneneminen kertoo siitä, että Suomessa erityisesti 2010-luvun alussa tehdyt suuret investoinnit sähköjakeluverkkoon ja muutokset sähkömarkkinalakiin alkavat pikkuhiljaa näkymään. Tämän lisäksi viranomaisten ja erityisesti sähköverkkoyhtiöiden luomat omat toimintasuunnitelmat esimerkiksi suurhäiriöitä varten ovat aiheuttaneet nopeampaa reagoitua häiriöihin, jolloin vaikutukset ovat jääneet pienemmiksi.

Suurhäiriövapaata sähköjakeluverkkoa ei olla kuitenkaan vielä täysin saavutettu, koska sähköjakeluverkon uudistaminen on vielä siirtymävaiheessa. Yksi sähköjakeluverkon uudistamiseen liittyvistä toimenpiteistä onkin vanhan verkon maakaapelointi, joka on kuitenkin pahasti kesken joissain alueilla. Erityisesti maakaapelointi on kesken sähköverkkoyhtiöillä, jotka sijaitsevat Itä- ja Pohjois-Suomessa ja Pohjanmaalla (Linnovaara 2017). Sähkömarkkinalain mukaan sähköverkkoyhtiöillä onkin aikaa vuoteen 2028 mennessä saada tarvittavat muutokset aikaiseksi (Finlex 2013). Suurhäiriövapaan sähköjakeluverkon saavuttaminen onkin erittäin vaikeaa ja se vaatii useiden vuosikymmenten pitkän kehityksen. Suomessa tämä kehitys alkoi jo 2000-luvun alussa ja on edelleen käynnissä.

6. YHTEENVETO

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan Suomessa esiintyneiden eri luonnonilmiöiden aiheuttamia sähköjakeluverkon suurhäiriöitä. Työssä selvitetään minkälaisia ongelmia menneet suurhäiriöt ovat aiheuttaneet niin sähköjakeluverkolle kuin yhteiskunnalle. Pääasiassa työssä esitetyt luonnonilmiöt ovat suurenluokan myrskyjä, koska esimerkiksi lumikuormat ja salamet aiheuttavat harvoin itsekseen riittävän suurta tuhoa, jotta niitä voisi kutsua suurhäiriöiksi.

Suurhäiriö on monelle hyvin epäselvä käsite vaikka sen merkitys on tarkentunut hiukan 2000-luvulla esiintyneiden myrskyjen takia. Tässä työssä suurhäiriötä kuvaillaan pitkittyneenä ja laajana sähkökatkona, jonka on aiheuttanut jonkinlainen luonnonilmiö kuten myrsky. Suomessa on esiintynyt 2000-luvulla useita suurhäiriöitä aiheuttaneita suuria myrskyjä, jotka ovat aiheuttaneet monia ongelmia sähköverkkoon. Nämä sähköverkon ongelmat heijastuvat suoraan yhteiskunnan toimintaan, koska yhteiskunnan monet palvelut tarvitsevat sähköä toimiakseen. Näitä suurhäiriöiden aiheuttamia vaikutuksia voidaan luokitella näin ollen rahallisiin ja ajallisiin ryhmiin. Rahalliset vaikutukset näyttävät kuinka paljon vanhoista suurhäiriöistä on maksettu esimerkiksi vakiokorvauksia kun taas ajallisista vaikutuksista saadaan hyvä kuva mitä tapahtuu suurhäiriöiden pitkittyessä.

2000-luvulla tapahtuneiden suurien myrskyjen jälkeen on huomattu kuinka haavoittuvainen sähköjakeluverkko ja yhteiskunta on suurhäiriölle. Sähköjakeluverkon toimintaa on alettu kehittää voimakkaasti Suomessa, koska suurhäiriöiden vaikutuksia halutaan pienentää. Tämän kehityksen myötä sähkömarkkinalakiin on jouduttu tekemään useita muutoksia. Monet sähkömarkkinalain muutokset ovatkin aiheuttaneet suuria muutospaineita sähköverkkoyhtiöille, minkä takia sähköverkkoyhtiöt ovat joutuneet kehittää kovasti omia sähköjakeluverkkoja. Jo pelkästään vuonna 2016 sähköverkkoyhtiöt investoivat jakeluverkkoihin 850 miljoonaa euroa (Linnovaara 2017). Nämä investoinnit kuitenkin vähentävät tulevaisuudessa tapahtuvien suurhäiriöiden vaikutuksia ja ovat pakollinen askel lähemmäksi suurhäiriövapaata sähköjakeluverkkoa

LÄHTEET

Bravo Projects. Ei päiväystä. Power Transmission & Distribution Solution. [Verkkosivu]. [Viitattu 01.02.2021]. Saatavissa: <http://www.bravoprojects.co.in/transmission.php>

Elenia. 2017. Sähköverkko tutuksi. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.02.2021]. Saatavissa: <https://www.elenia.fi/yritys/s%C3%A4hk%C3%B6verkko-tutuksi>

Energiamarkkinavirasto. 2011. Kesän 2010 myrskyt sähköverkon kannalta. [Raportti]. [Viitattu 22.02.2021]. Saatavissa: <https://www.stinfo.fi/data/attachments/legacy/441c4eba-30e7-41ed-8f10-da6ad267f5e3.pdf>

Energiateollisuus. 2020. Keskeytystilasto 2019. Viitattu 25.11.2020. Saatavissa: https://energia.fi/files/4972/Sahkon_keskeytystilasto_2019.pdf

Energiateollisuus. 2015. Valio-myrsky vaikeutti sähkönjakelua vähemmän kuin syksyn 2013 myrskyt. [Verkkosivusto]. [Viitattu 23.02.2021]. Saatavissa: <https://www.epressi.com/tiedotteet/laki/valio-myrsky-vaikeutti-sahkonjakelua-vahemman-kuin-syksyn-2013-myrskyt.html>

Energiateollisuus. 2014. Loppuvuoden 2013 myrskyt lähes joulumyrskyjen 2011 luokkaa. [Verkkosivusto]. [Viitattu 24.02.2021]. Saatavissa: <https://www.epressi.com/tiedotteet/maaseutu/loppuvuoden-2013-myrskyt-lahes-joulumyrskyjen-2011-luokkaa.html>

Fingrid Oyj. 2020. Fingridin sähkösiirtoverkko. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.02.2021]. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/fingridin-sahkonsiirtoverkko/>

Fingrid Oyj. Ei päiväystä. Suomen sähköjärjestelmä. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.02.2021]. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/suomen-sahkojarjestelma/>

Finlex. 2020. HE 265/2020 vp. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 05.06.2021]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2020/20200265.pdf>

Finlex. 2013. HE 20/2013. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.03.2021]. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/esitykset/he/2013/20130020>

Finlex. 2002. HE 218/2002. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.03.2021]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2002/20020218>

Finlex. 1995. 17.3.1995/386. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.03.2021]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/kumotut/1995/19950386>

Ihalainen, A. & Ahola, A. 2003. Pyy- Janika-myrskyjen aiheuttamat puuston tuhot. Metsätieteen aikakauskirja 3/2003. 385-401 s.

Ilmastokatsaus. 2016. Rauli nousi myrskyjen raskaaseen sarjaan. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.02.2021]. Saatavissa: <http://www.ilmastokatsaus.fi/2016/08/29/rauli-nousi-myrskyjen-raskaaseen-sarjaan/>

Ilmatieteenlaitos. 2015. Valion päivän myrsky varsin pitkäkestoinen. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.02.2021]. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/106723657>

Järventausta, P., Mäkinen, A., Kivikko, K., Partanen, J., Lassila, J. & Viljainen, S. 2005. Sähköverkon kehittämisvelvoitteen arviointi käyttövarmuuden näkökulmasta. Tampereen teknillinen yliopisto & Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Energiamarkkinaviraston julkaisuja 1/2005.

Laitinen, J., Vainio, S. 2009. Pitkä sähkökatko ja yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaaminen. Puolustusministeriö. 97 s . ISBN 978-951-25-2016-9

Linnovaara, J. 2017. Sähköverkkojen maakaapelointi saa vauhtia lähivuosina. Turun Sanomat. [Verkkosivu]. [Viitattu 31.3.2021]. Saatavissa: [https://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/3456494/Sahkoverkkojen+maakaapelointi+saa+vauhtia+l](https://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/3456494/Sahkoverkkojen+maakaapelointi+saa+vauhtia+lahivuosina)
[ahivuosina](https://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/3456494/Sahkoverkkojen+maakaapelointi+saa+vauhtia+l)

Luonnonvarakeskus. 2021. Hakkuukertymä ja puuston poistuma. [Verkkosivu]. [Viitattu 22.02.2021]. Saatavissa: <https://stat.luke.fi/hakkuukertyma-ja-puuston-poistuma>

Metsäkeskus. 2019. Aapeli-myrskystä ei laajoja metsätuhoja Pohjanmaata lukuun ottamatta. [Verkkosivu]. [Viitattu 22.02.2021]. Saatavissa: [https://www.metsakeskus.fi/uutiset/aapeli-](https://www.metsakeskus.fi/uutiset/aapeli-myrskysta-ei-laajoja-metsatuhoja-pohjanmaata-lukuun-ottamatta)
[myrskysta-ei-laajoja-metsatuhoja-pohjanmaata-lukuun-ottamatta](https://www.metsakeskus.fi/uutiset/aapeli-myrskysta-ei-laajoja-metsatuhoja-pohjanmaata-lukuun-ottamatta)

Metsäkeskus. 2016. Rauli-myrsky kaatoi yksittäisiä puita ja puuryhmiä, puustovauriot kuitenkin miljoonia euroja. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.02.2021]. Saatavissa: [https://www.metsakeskus.fi/uutiset/rauli-myrsky-kaatoi-yksittaisia-puita-ja-puuryhmiä-](https://www.metsakeskus.fi/uutiset/rauli-myrsky-kaatoi-yksittaisia-puita-ja-puuryhmiä-puustovauriot-kuitenkin-miljoonia-euroja)
[puustovauriot-kuitenkin-miljoonia-euroja](https://www.metsakeskus.fi/uutiset/rauli-myrsky-kaatoi-yksittaisia-puita-ja-puuryhmiä-puustovauriot-kuitenkin-miljoonia-euroja)

Metsäkeskus. 2015. Valio-myrsky kaatoi yksittäisiä puita ja puuryhmiä – Puustovauriot kymmeniä miljoonia euroja. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.02.2021]. Saatavissa: [https://www.metsakeskus.fi/tiedotteet/valio-myrsky-kaatoi-yksittaisia-puita-ja-puuryhmiä-](https://www.metsakeskus.fi/tiedotteet/valio-myrsky-kaatoi-yksittaisia-puita-ja-puuryhmiä-puustovauriot-kymmenia-miljoonia)
[puustovauriot-kymmenia-miljoonia](https://www.metsakeskus.fi/tiedotteet/valio-myrsky-kaatoi-yksittaisia-puita-ja-puuryhmiä-puustovauriot-kymmenia-miljoonia)

Partanen, J., Lassila, J., Kaipia, T., Matikainen, M., Järventausta, P., Verho, P., Mäkinen, A., Kivikko, K., Pylvänäinen, J. ja Nurmi, V-P. 2006. Sähköjakeluverkkoon soveltuvat toimitusvarmuuskriteerit ja niiden raja-arvot sekä sähköjakelun toimitusvarmuudelle asetettavien toiminnallisten tavoitteiden kustannusvaikutukset. Lappeenrannan teknillinen yliopisto & Tampereen teknillinen yliopisto, Kauppa- ja teollisuusministeriön tilaustutkimusraportti

Strandén, J., Krohns-Välimäki, H., Verho, P., Sarsama, J. & Hälvä, V. 2014. Influence of Major Disturbances in Electricity Supply on the Operating Environment of Distribution System Operators: a Case Study. International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.), Vol. 9, N. 2

Stuk. 2021. Sähkönsiirto ja -jakelu. [Verkkosivu]. [Viitattu 01.02.2021]. Saatavissa: <https://www.stuk.fi/aiheet/sahkonsiirto-ja-voimajohdot/sahkonsiirto-ja-jakelu>

Sähköenergialiitto ry Sener. 2002. Sähköverkkoyhtiön toiminta suurhäiriössä. Helsinki, Sener Verkostosuositus YA 7:02.

Sähkömarkkinalaki. L. 588/2013.

Tollman, N., Lehtonen, I., Gregow, H. 2019. Aapeli-myrsky rikkoi ennätyksiä. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 22.02.2021]. Saatavissa: <http://www.ilmastokatsaus.fi/2019/02/22/aapeli-myrsky-rikkoi-ennatyksia/>

Tuomaala, P. 2002. Tulisijan sekä lämmitys- ja ilmanvaihto-järjestelmien yhteiskäyttö. Yhteisrahoitteen tutkimushankkeen (COMBI) tutkimustulosten yhteenveto. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 23.03.2021]. Saatavilla: <https://docplayer.fi/1063073-Tulisijan-seka-lammitys-ja-ilmanvaihtojarjestelmien.html>

Turvallisuuskomitea. 2015. Sähköriippuvuus modernissa yhteiskunnassa. Puolustusministeriö. 102 s. ISBN: 978-951-25-2626-0

Työ- ja elinkeinoministeriö. Ei päiväystä. Sähkömarkkinat. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 16.03.2021]. Saatavissa: <https://tem.fi/sahkomarkkinat>

Verho, P., Sarsama, J., Strandén, J., Krohns-Välimäki, H., Hälvä, V. & Hagqvist, O. 2012. Sähköhuollon suurhäiriöiden riskianalyysi- ja hallintamenetelmien kehittäminen. [Projektin Loppuraportti]. [Viitattu 01.02.2021]. Saatavissa: <http://sgemfinalreport.fi/files/Suurhairioprojektin%20loppuraportti.pdf>

Viiri, H., Viitanen, J., Mutanen, A. & Leppänen, J. 2019. Metästuhot vaikuttavat Euroopan puumarkkinoihin – Suomessa vaikutukset toistaiseksi vähäisiä. Metsätieteen aikakauskirja 2019-10200. Tieteen tori. 7 s.