



Helen Sähköverkko Oy:n sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelma 2022



Energiaviraston määräyksen 3019/002/2021 mukaisesti

Helen Sähköverkko Oy 30.6.2022



SISÄLLYS

01	Sähkönjakeluverkon strateginen ennuste toimintaympäristön muutoksista	4
	1.1 Johdanto.....	4
	1.1.1. Kaupungistuminen ja väestönkehitys verkkoalueella.....	6
	1.1.2. Sähkön kulutusmuutokset asumisessa, palveluissa ja lämmitystavoissa	7
	1.1.3. Teollisuuden sähköistyminen ja datakeskukset.....	8
	1.2. Sähkön käyttöä lisäävät kulutuskohteet	8
	1.2.1. Sähköinen liikenne.....	8
	1.2.2. Lämmitystapamuutokset	9
	1.3. Sähköntuotannossa tapahtuvat muutokset	10
	1.3.1. Pientuotannon kehitys	10
	1.3.2. Suurten yhteistuotantovoimalaitosten kehitys	10
	1.3.3. Pitkänajan kokonaissähköenergian näkymä.....	11
	1.4. Kehittämissuunnitelman numeeriset ennusteet	12
	1.4.1. Numeeriset arvot.....	12
	1.4.2. Sanallinen selitys, miten edellä olevat numeroarvot on muodostettu	13
	1.5. Sääilmiöiden huomioiminen.....	14
	1.6. Muut tekijät.....	15
	1.6.1. Palvelut/osaamistarve.....	15
	1.6.2. Tietotekniikka ja -turva.....	15
	1.6.3. Joustot.....	15
	1.6.4. Loisteho.....	16
	1.6.5. Käyttöaste	17
02	Sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelman lähtökohdat.....	18
	2.1. Sähkönjakeluverkon kehittämisvyöhykkeiden määrittely	18
	2.1.1. Kehittämisvyöhykkeet.....	18
	2.1.2. Kehittämisvyöhykkeiden jaottelun perusteet.....	19
	2.1.3. Kuvaus kehittämisvyöhykkeillä vallitsevista tekijöistä.....	20
	2.1.4. Kehittämisvyöhykkeiden numeeriset perustiedot ja verkkoa kuvaavat luvut.....	25
	2.2. Sähkönjakeluverkon kehittämisvyöhykkeellä sijaitsevan verkon kehittämisstrategia	28
	2.2.1. Erytyspiirteiden huomiointi verkon suunnittelussa	28
	2.3. Verkon elinkaarikustannusten laskenta kehittämisvyöhykkeellä	29
03	Sähkönjakeluverkon kehittämisvyöhykkeillä käytettävien ratkaisujen kustannusvertailu.....	30
	3.1. Ratkaisut kehittämisvyöhykkeellä	30
	3.2. Kehittämisvyöhykkeille esitettyjen sähkönjakeluratkaisujen kuvaus	30
	3.3. Kehittämisvyöhykkeen elinkaarikustannusten vertailu	32
04	Pitkän tähtäimen suunnitelma	33
	4.1. Rahan käyttö eri ajanjaksoina	34
	4.2. Laatuvaatimukset täyttävät käyttöpaikat sähkömarkkinalain 119 §:n mukaisina ajankohtina	35

04

4.3. Laatuvaatimukset täyttävä sähköjakeluverkko	
sähkömarkkinalain 119 §:n mukaisina ajankohtina	36
4.4. Sähköjakeluverkon maakaapelointiaste eri jännitetasoilla toimenpiteiden jälkeen	
sähkömarkkinalain 119 §:n mukaisina ajankohtina	36
4.5. Uusi tuotanto ja uudet kuormat, jotka on arvioitu liittyvän ja vaativat merkittäviä jakeluverkkoinvestointeja seuraavan kymmenen vuoden aikana	37
4.6. Uuden tuotannon ja uusien kuormien liittämiseksi tehtävät merkittävät jakeluverkkoinvestoinnit seuraavan kymmenen vuoden aikana	38
4.7. Havainnollistus uuden tuotannon ja uusien kuormien liittämisestä verkkoalueella	38

05

Sähköjakeluverkon kehittämistoimenpiteet kuluvan ja seuraavan vuoden aikana 40

5.1. Investoinnit ja kunnossapito verkon laatuvaatimusten täyttämiseksi ja ylläpitämiseksi sekä kapasiteettitarpeiden ylläpitämiseksi kuluvana ja seuraavana vuotena	40
5.2. Käyttöpaikat laatuvaatimusten piirissä kuluvan ja seuraavan vuoden toimenpiteiden toteuduttua	40
5.3. Toimenpiteet kuluvan ja seuraavan vuoden aikana	41
5.3.1. Laatuvaatimukset täyttävä sähköjakeluverkko kuluvan ja seuraavan vuoden toimenpiteiden jälkeen	41
5.3.2. Sähköjakeluverkon maakaapelointiaste eri jännitetasoilla kuluvan ja seuraavan vuoden toimenpiteiden jälkeen	41
5.3.3. Suunnitellun yhteisrakentamisen osuus	41
5.3.4. Yhteisrakentamista edistävät toimenpiteet	41
5.3.5. Uuden tuotannon ja uusien kuormien liittämiseksi tehtävät merkittävät jakeluverkkoinvestoinnit kuluvan ja seuraavan vuoden aikana	42
5.3.6. Joustopalveluiden hyödyntäminen kuluvan ja seuraavan vuoden aikana.	42

06

Sähköjakeluverkon kehittämistoimenpiteet kahden edellisen vuoden aikana 44

6.1. Investoinnit ja kunnossapito verkon laatuvaatimusten täyttämiseksi ja ylläpitämiseksi sekä kapasiteettitarpeiden ylläpitämiseksi kahtena edellisenä vuotena	44
6.2. Käyttöpaikat laatuvaatimusten piirissä kahden edellisen vuoden toimenpiteiden jälkeen	44
6.3. Toimenpiteet edellisen kahden vuoden aikana	45
6.3.1. Laatuvaatimukset täyttävä sähköjakeluverkko kahden edellisen vuoden toimenpiteiden jälkeen	45
6.3.2. Yhteisrakentamisen hyödyntäminen	45
6.3.3. Uuden tuotannon ja uusien kuormien liittämiseksi tehdyt merkittävät jakeluverkkoinvestoinnit edellisen kahden vuoden aikana.	45
6.4. Joustopalveluiden hyödyntäminen kahden edellisen vuoden aikana	45
6.5. Toteuma edelliseen kehittämissuunnitelmaan verrattuna	47

07

Kehittämissuunnitelmasta kuuleminen 48

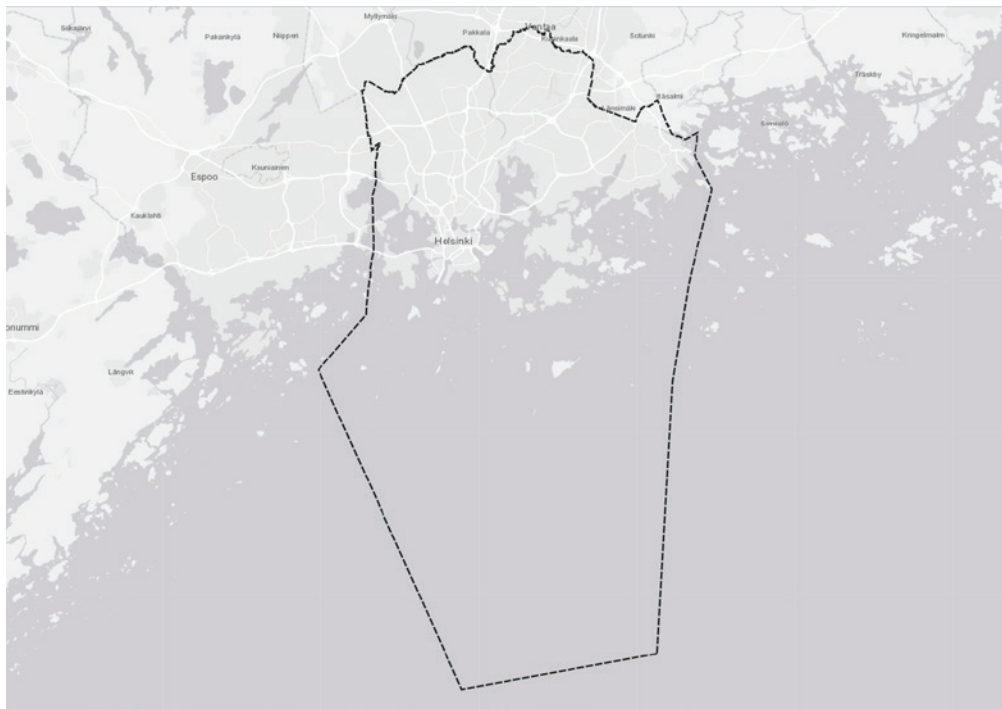
7.1. Kehittämissuunnitelman kuulemisen toteutus	48
7.2. Kehittämissuunnitelman kuulemisen ajankohta	48
7.3. Kehittämissuunnitelmasta lausuneet tahot asiakasryhmittäin	48
7.4. Kehittämissuunnitelmasta annettujen lausuntojen käsittely	49
7.5. Annettujen lausuntojen keskeiset tulokset	49
7.6. Kehittämissuunnitelman muutostarpeet	51

01 Sähkönjakeluverkon strateginen ennuste toimintaympäristön muutoksista



1.1 Johdanto

Sähköverkkoyhtiöillä on vastuu siirtää sähköä ja liittää asiakkaita jakeluverkkoon omilla vastuualueillaan. Helsen Sähköverkko Oy:n vastuualue rajautuu maantieteellisesti Helsinkiin, lukuun ottamatta 2009 Helsinkiin liitettyä Östersundomin aluetta (Kuva 1). Aluerajat ovat pysyvämpiä, mutta yhteiskunnan kehittyessä ovat toimintaympäristön muutokset merkittäviä. Näiden muutostekijöiden tunnistaminen ja tunteminen on tärkeää, jotta yhtiö voi kehittää jakeluverkkoaan pitkäjänteisesti ja teknis-taloudellisesti tehokkaasti. Tässä osiossa käydään läpi toimintaympäristöön vaikuttavia muutoksia ennusteineen.



Kuva 1. Helsen Sähköverkko Oy:n vastuualue.

Helsingissä väkiluvun kasvu, vilkas rakentaminen sekä energiatehokkuuden parantuminen ovat vaikuttaneet merkittävästi sähkön käytön kehitykseen. Ilmastonmuutoksen torjuminen tuo toimintaympäristöön joukon uusia sähkönkäyttöön liittyviä tekijöitä. Näistä keskeisimpiä ovat lämmityksen ja liikenteen sähköistyminen sekä hajautetun pientuotannon määrän kasvu. Helsingissä lämmitystapamuutokseen liittyy myös alueella sijaitsevien suurien kivihiilen polttamiseen perustuvien sähköä ja lämpöä tuottavien voimalaitosyksiköiden käytön päättyminen.

Sähköjärjestelmä (Kuva 2) on energiamurroksen tärkeimpiä mahdollistajia. Yhteiskunnan sähköistäminen niin energian tuotannossa kuin kulutuksessa, kuten liikenteessä ja lämmityksessä, ovat keskeisiä keinoja saavuttaa hiilineutraalius-tavoitteet. Suomen tavoite on olla hiilineutraali vuonna 2035. Se tarkoittaa, että Suomen hiilinielut ovat vuonna 2035 suuremmat kuin kasvihuonekaasupäästöt. Tämä vaatii, että päästöjä vähennetään nykyisestä tasosta.



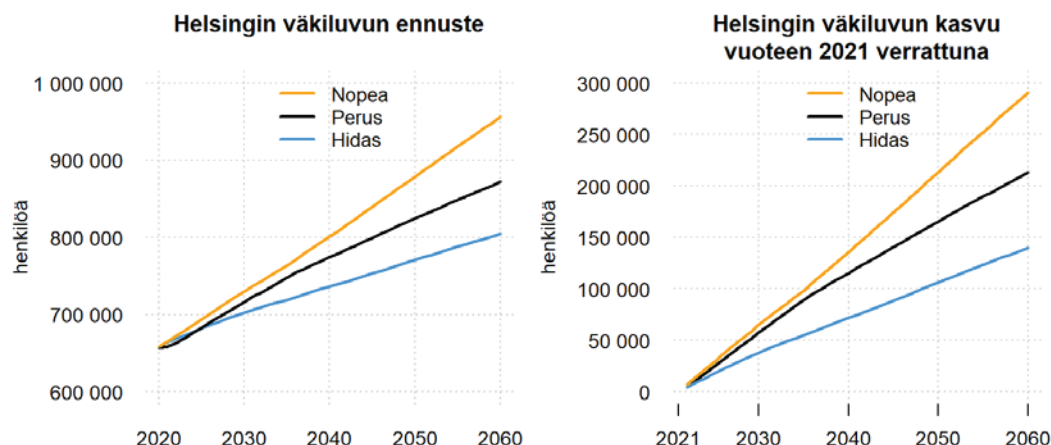
Kuva 2. Sähkövoimajärjestelmän osapuolet ja rajapinnat.

Helsingillä on [tavoite](#) olla hiilineutraali vuonna 2030. Helsingissä suurimmat hiili-dioksidipäästölähteet syntyvät rakennusten lämmittämisen (yli 50 %) ja liikenteen päästöistä (noin 25 %). Teollisuuden ja työkoneiden päästöt ovat alle 1 %. Tavoitteeseen pääsemiseksi Helsingin kaupungin omistama Helen on muun muassa päättänyt lopettaa kivihiilen polttamisen Helsingissä. Tällä on vaikutusta niin sähkön kuin lämmön tuotantoon. Etenkin lämmön tuotannossa on etsittävä vaihtoehtoisia ratkaisuja paikallisesti, sillä lämpöä ei voida siirtää kaukaa yhtä taloudellisesti kuin sähköä. Jatkossa sähköjärjestelmällä on suurempi rooli lämmön tuotannossa. Sähköenergiaa voidaan siirtää varsin edullisesti kauempaakin ja muuttaa lämpöenergiaksi lähellä kulutuskohdetta. Sähköenergia voidaan siten tuottaa siellä, missä se voidaan tehdä mahdollisimman puhtaasti ja edullisesti. Sähköverkolla onkin keskeinen rooli vihreän siirtymän mahdollistamisessa, kun tuotanto ja kulutus muuttuvat volyymiltaan ja sijainniltaan.

Helen Sähköverkko palvelee noin 415 000 asiakkaiden sähkökäyttöpaikkaa ja 35 000 kiinteistöjen sähköliittymää. Sähköasemia on 25 kpl, omia jakelumuuntamoita 1 900 kpl ja asiakasmuuntamoita 750 kpl. Sähköverkkoa on yhteensä noin 6 500 km. Helsingissä sijaitsee suuri määrä merkittäviä ja korkean kriittisyysluokan kohteita, joissa sähkön toimitusvarmuus on elintärkeää. Näitä ovat muun muassa valtion keskushallinto, Suomen suurimman sairaanhoitopiirin keskussairaala ja yhteensä viisi sairaalaa, Suomen talouselämän keskeisiä toimijoita, energian tuotannon keskittymät, suurimmat pääkaupunkiseudun juna- ja metrol liikenteen solmukohdat, sotilasalue, noin 60 suurlähetystystä, datakeskukset, Euroopan vilkkain ulkomaanliikenteen matkustajasatama (2019) ja merkittävä tavaraliikenteen satama. Hyvää toimitusvarmuutta edellyttäviä kohteita on laajalti jakelualueellamme, joten koko verkon täytyy olla hyvin toimintavarma.

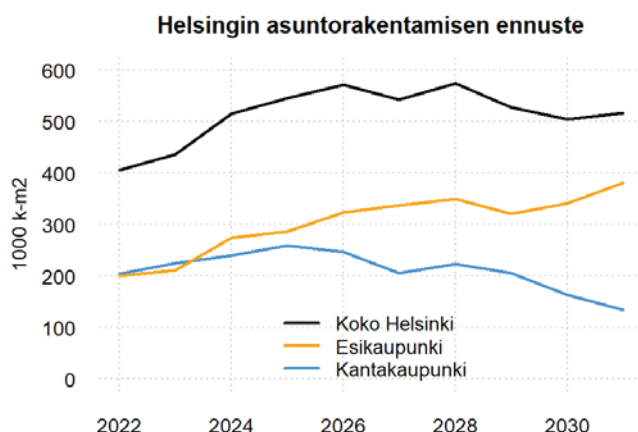
1.1.1. Kaupungistuminen ja väestönkehitys verkkoalueella

Helsingin väestömäärä on kasvanut pitkään ja kasvun odotetaan jatkuvan edelleen. Nykyisin Helsingin väkiluku on noin 660 000 henkilöä. Viimeisimmässä Helsingin kaupungin [väestöennusteessa](#) on kolme skenaariota: hidas, perus ja nopea. Jokaisessa skenaariossa väestön määrä kasvaa. Kymmenen vuoden kuluttua (2032) väkiluvun odotetaan olevan 710 000–740 000 henkilöä.



Kuva 3. Helsingin väkiluvun ennuste. Data: Helsingin kaupunki, kaupunginkanslia, kaupunkitieto

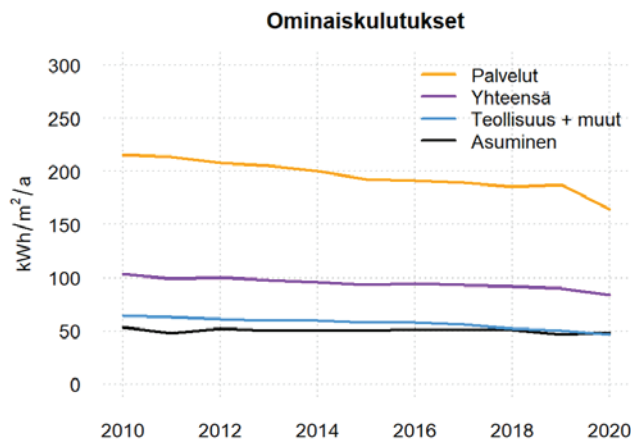
Väkiluvun kasvu tarkoittaa runsasta lisärakentamista. Helsingin kaupunki on luonut ennusteen asumisen rakennusaluealle. Vuonna 2020 asumiseen liittyvää kerrosalaa oli yhteensä 31 milj. m². Vuonna 2028 asumisen kerrosalaa odotetaan olevan 35 milj. m² (+13 %) ja vuonna 2036 vastaavasti 39 milj. m² (+26 %).



Kuva 4. Asuntorakentamisen ennuste koko Helsingissä, esikaupungissa ja kantakaupungissa. Data: Helsingin kaupunki, kaupunginkanslia, kaupunkitieto

1.1.2. Sähkön kulutusmuutokset asumisessa, palveluissa ja lämmitystavoissa

Sähköenergian vuotuisesta kulutuksesta Helsingin alueella asuminen edustaa noin kolmannesta ja palvelusektorin puolta. Väestökehityksen osalta ennustetaan kasvua ja täten asumisen sähköenergian käytön lisääntymistä. Paitsi väestökehitys myös lämmityksen ja liikenteen sähköistys merkitsevät sähkön käytön kasvua. Sähköautoja ladataan pääosin kotona, joten asumisen sähkönkäyttö kasvaa tältäkin osin. Palvelusektorin sähkönkulutuksessa ominaiskulutukset ovat pienentyneet energia-tehokkuuden vaikutuksesta. Tämän kehityksen odotetaan edelleen jatkuvan. Suurta epävarmuutta palvelusektorin sähkön käytön skenaarioiden aiheuttaa COVID-19-pandemian herättämä etätyö ja Helsingin toimistorakennusten käyttöasteet ja edelleen sähkönkäyttö. Toimistorakennusten käyttöaste on parantunut viimeisten vuosien aikana, mutta etätyön odotetaan lisääntyvän koronaviruspandemiasta johtuen, mikä laskee käyttöastetta. Rakennuksissa yleistyvän aurinkotuotannon odotetaan vähentävän verkossa siirrettävää energiaa kevät-, kesä- ja syysaikaan. Talvella aurinkotuotantoa ei käytännöllisesti katsoen ole lainkaan. Sähkön käyttö on korkeimmillaan talvisaikaan. Kun verkko on tehomitoitteinen, ei aurinkotuotanto muuta verkon mitoitusta, vaikkakin lisääntyvä hajautettu aurinkopientuotanto tarkoittaa energiaperustaisen sähkön käytön pienenemistä.



Kuva 5. Asumisen, palveluiden, teollisuuden, sekä koko rakennuskannan ominaiskulutuksen kehittyminen. Data: Helsingin aluesarjat sekä Energiateollisuus

Omakotitaloissa on maalämpöön siirtymistä tapahtunut enenevässä määrin jo useiden vuosien ajan. Maalämpö on viime aikoina yleistynyt myös asuinkerros- ja rivitaloissakin. Lämpöpumppujen voi odottaa nostavan sähkönkäyttöä, kun sillä korvataan kauko- tai öljylämmitystä. Tämä voi olla yksi syy siihen, että asumisessa sähköenergian ominaiskulutus ei ole juuri laskenut. Toisaalta tiedetään, että nykyisin asuinrakennuksia jäähdytetään ilmalämpöpumpuilla, mikä sekin voi lisätä asumisen sähköenergian käyttöä. Huomattavan suuri osa kerros- ja rivitaloista lämpee edelleen kaukolämmöllä. Öljylämmön osuus on vielä muutamia prosentteja. Sen sijaan omakotitaloissa on vielä kerros- ja rivitaloja enemmän öljylämmitystä. On odotettavissa, että öljylämmittäjät siirtyvät yhä nopeammalla tahdilla maalämpöön.

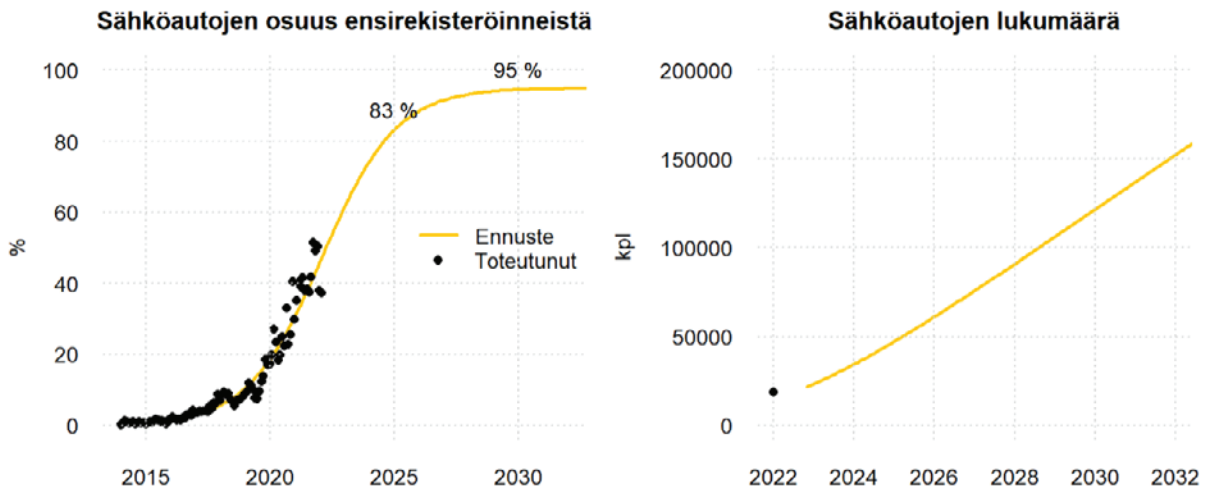
1.1.3. Teollisuuden sähköistyminen ja datakeskukset

Helsingissä teollisuusalueiksi voidaan luokitella alueita Vuosaaresta, Pitäjänmäestä ja Herttoniemestä. Teollisuuden osuus Helsingin sähkönkäytössä on pienehkö: noin 5 % vuonna 2020. Teollisuus aiheuttaa kaupungin hiilidioksidipäästöistä alle 1 %. Koska teollisuuden hiilidioksidipäästöt ovat hyvin pieniä, Helsingissä ei ole odotettavissa merkittävää sähkönkäytön lisääntymistä teollisuuden sähköistymisen osalta. Datakeskuksia on Helsingissä useita ja lisääkin oletettavasti tulee, mutta niiden sähkönkäyttöä lisäävä vaikutus on ollut ainakin toistaiseksi suhteellisen pieni.

1.2. Sähkön käyttöä lisäävät kulutuskohteet

1.2.1. Sähköinen liikenne

Henkilöautoliikenteen sähköistyminen lisää merkittävästi sähkönkäyttöä Helsingissä. Traficomien tilaston mukaan Helsingissä oli yli 220 000 liikennekäytössä olevaa henkilöautoa vuoden 2021 lopussa. Näistä yli 18 500 oli sähköautoja. Sähköautoiksi luetaan sekä täyssähköautot että ladattavat hybridit. Sähköautojen osuus ensirekisteröidyistä henkilöautoista on tällä hetkellä noin 40–50 % Helsingissä (kuva 6). Arviolta noin kahdeksan vuoden kuluttua yli puolet liikennekäytössä olevista henkilöautoista on sähköautoja Helsingissä.



Kuva 6. Sähköautojen osuus ensirekisteröidyistä henkilöautoista ja kokonaismäärä Helsingissä. Data: traficom.

Helsingin seudulla toimiva HSL on [julkaissut](#) tietoja sähköbussien nykyisistä ja ennustetuista määristä. Tällä hetkellä HSL:llä on 309 sähköbussia, joka vastaa 24 %:n osuutta kaikkien bussien lukumäärästä. HSL:n tavoitteena on, että vuonna 2023 busseja olisi 400 kpl, joka vastaa kolmanneksen osuutta. Sähköbussit lisäävät sähkönkäyttöä Helsingissä, mutta huomattavasti vähemmän kuin henkilöautoliikenteen sähköistyminen.

Helsinkiin on [suunnitteilla](#) lukuisia uusia raitioteitä. Raide-Jokeri aloittanee liikennöinnin vuonna 2024. Kruunusillat-hanke sisältää kaksi uutta pikaraitiovaunu-reittiä: Katajanokalta Korkeasaaren kautta Laajasalon Kruunuvuorenrantaan sekä Yliskylään. Liikennöinti alkanee vuonna 2027. Länsi-Helsingin osalta on tulossa uusi pikaraitiolinja Helsingin keskustasta Munkkiniemen, Haagan ja Lassilan kautta Kannelmäkeen. Uusi tavallinen raitiolinja tulisi Eirasta Töölön kautta Munkkiniemeen. Alustavasti Länsi-Helsingin raitiotiet valmistuisivat vuonna 2028. Niin sanottu Vantaan raitiotie rakentuisi vuoden 2027 jälkeen Helsingin Mellunmäestä Vantaan Tikkurilaan ja Helsinki-Vantaan lentoasemalle. Viikistä Malmille on suunniteltu pikaraitiolinjaa, jonka rakentaminen alkaisi 2020-luvun lopulla, jos hankkeen kanssa edetään. Tuusulanväylän eteläosaan on suunniteltu pikaraitiolinjaa, jonka toteuttaminen alkaisi 2030-luvun taitteessa. Lähijunaliikenteen osalta on [suunniteltu](#) uutta maanalaista pisararataa, joka alkaisi Pasilasta, mutta sen toteuttamisesta ei ole tehty päätöstä. Rakentaminen sisältäisi uudet maanalaiset juna-asemat Hakaniemeen, keskustaan ja Töölöön.

Helsingin satamien sähkönkäytön odotetaan kasvavan laivojen maasähköistysten myötä. Laivojen ei tarvitse käyttää satamassa ollessaan omia koneita, jolloin kasvi-huone- ja melupäästöt poistuvat laivojen käyttäessä maasta syötettyä sähköä toimintojensa ylläpitämiseen. Tällä hetkellä laivojen maasähköliittymän mahdollisuus on Katajanokalla ja Eteläsatamassa. Kuluvalle vuosikymmenellä uusia maasähköistyksiä on odotettavissa ainakin Länsisatamaan, Hernesaareen ja Vuosaareen. Eteläsataman Olympiaterminaalin on ajateltu poistuvan satamien uudelleenjärjestelyiden myötä. Tallinnan liikenne keskittyisi Länsisatamaan ja Tukholman liikenne Katajanokalle. Hernesaarta on suunniteltu varsinkin suurien ulkomaisten risteilylaivojen satamaksi, missä maasähkön tehot voivat olla suuria.

1.2.2. Lämmitystapamuutokset

Lämmöntuotannon muutos Helsingissä on merkittävin kokonaisuus. Helen on [päättänyt](#) sulkea Hanasaaren voimalaitoksen 1.4.2023 mennessä ja Salmisaaren voimalaitoksen 1.4.2024 mennessä. Voimalaitosten sulkemisen vuoksi sähköntuotannon kapasiteetti pienenee selvästi. Lämmöntuotannon osalta investoidaan korvaavaan kapasiteettiin.

Helen laajensi vuonna 2021 (KV6) Katri Valan puiston alla sijaitsevaa lämpöpumppu- ja jäähdytyslaitosta, jonne sijoittuu myös rakenteilla oleva maailman suurin lämpöpumppu (KV7). Vuosaaressa otetaan käyttöön vuonna 2022 meriveden lämpöä ja voimalaitoksen prosessilämpöä hyödyntävä lämpöpumppulaitos. Mustikkamaan lämpövarasto otetaan käyttöön vuonna 2022 ja Vuosaaren uudessa [biolämpölaitoksessa](#) käynnistyy tuotanto joulukuussa 2022. Käynnissä on lukuisia selvityshankkeita sähkökattiloiden ja erilaisten hukka- ja ympäristön lämpöjen hyödyntämiseksi kaukolämmön tuotannossa. Lämpöpumppujen lämmönlähteinä ovat mm. jätevesi, ilma, kallioperä, merivesi sekä konesalien ja elektrolyysereiden hukkalämmöt. Osa näistä hankkeista otetaan käyttöön jo vuoteen 2025 mennessä. Isoimmat yksittäiset hankkeet ovat Salmisaareen sijoittuva suuri merivesilämpöpumppulaitos ja sille vaihtoehtoinen Porvoon Kilpilahden hukkalämpöjen hyödyntämishanke. Näiden mahdollinen käyttöönotto ajoittuu vuoden 2030 tienoille. Myös kaukolämpöä

tuottavien pienydinreaktoreiden (SMR) toteuttamismahdollisuuksia selvitetään. SMR-laitos voisi tuottaa myös sähköä. Pienydinreaktoreiden aikataulu riippuu ydinlainsäädännön kehittämisen aikataulusta ja teknologian kaupallistumisesta, mutta toteuttaminen on realistista vasta 2030-luvulla.

Lämpöpumpputekniikkaan perustuva lämmöntuotanto kasvattaa sähkön kulutusta. Tyypillisesti lämpöä saadaan tuotettua noin 2–3 kertaa kulutetun sähkön määrä. Toteutuvien laitosten koko ja sijainti vaikuttavat siihen, millainen vaikutus niillä on sähköverkolle. Erityisesti kantakaupungin alueelle sijoittuvat laitokset kasvattavat siirtoa suurjännitteisessä (SJ) jakeluverkossa. Jo päätetyistä hankkeista ainakin Katri Valan lämpöpumppulaitoksen laajennus kasvattaa sähkön kulutusta kantakaupungin alueella. Kaikkiaan pienempien lämpöpumppulaitosten sähkönkäyttöä lisäävä yhteisvaikutus tulee olemaan yhteensä useita kymmeniä megawatteja.

Suuritehoiset sähkökattilat tulevat kasvattamaan sähkön kulutusta merkittävästi, koska ne kuluttavat sähköä saman verran kuin tuottavat lämpöä. Sähkökattiloita tullaan sijoittamaan useisiin paikkoihin, mutta niiden yhteiskapasiteetti voi olla satoja megawatteja. Tämä voi aiheuttaa vahvistustarpeita suurjännitteisessä jakeluverkossa.

Suuritehoinen merivesilämpöpumppulaitos kasvattaisi sähkön kulutusta Helsingissä erittäin paljon, mahdollisesti jopa satoja megawatteja ja vaatisi todennäköisesti vahvistuksia suurjännitteiseen jakeluverkkoon. Kilpilahden hukkalämmön mahdollisen hyödyntämisen vaikutus sähkön kulutukseen Helsingissä olisi maltillinen, koska lämpöpumppulaitos sijoittuisi Porvooseen.

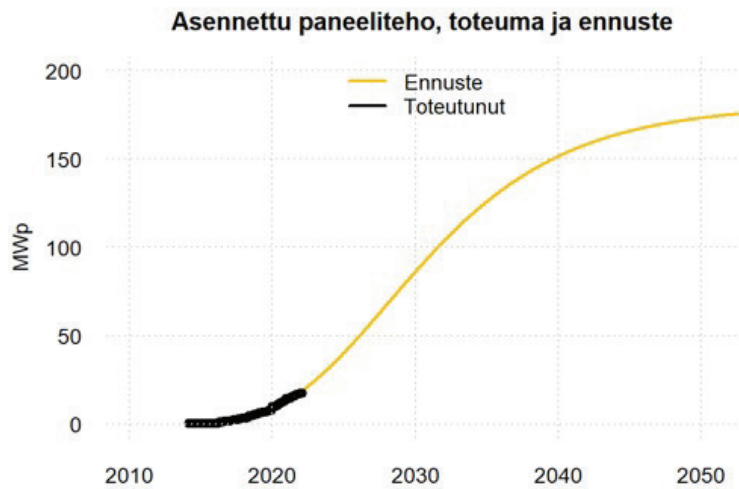
1.3. Sähköntuotannossa tapahtuvat muutokset

1.3.1. Pientuotannon kehitys

Helsingissä pientuotanto on käytännössä aurinkotuotantoa. Helen Sähköverkon alueelle asennettu paneelien yhteenlaskettu nimellisteho on noin 18 MW (kuva 7). Kasvu on ollut tasaista. Viimeisen kahden vuoden aikana on tullut noin 4 MW lisää asennettua pientuotantoa vuodessa. Tällä tahdilla kymmenessä vuodessa tulisi noin 40 MW:n ja 1 900 kpl:n verran lisää pientuotantokohteita, mutta vuotuisen asennusmäärän odotetaan kasvavan investointikustannusten laskiessa. Ennusteessa on huomioitu asennusmäärän kasvu. Helsingissä on havaittu, että jakeluverkkoon päin syötetty teho on enimmillään noin kuudesosa asennetusta paneelitehosta. Täten suurin osa aurinkotuotannosta kuluu asiakkaan omaan sähkönkäyttöön.

1.3.2. Suurten yhteistuotantovoimalaitosten kehitys

Helsingissä on tällä hetkellä neljä sähköä ja lämpöä tuottavaa yhteistuotantolaitosta, joiden tuotantokapasiteetit on lueteltu taulukossa 1. Helen on [päättänyt](#) sulkea Hanasaaren voimalaitoksen 1.4.2023 mennessä ja Salmisaaren voimalaitoksen 1.4.2024 mennessä.



Kuva 7. Asennettujen aurinkopaneelien kumulatiivinen nimellisteho ja ennuste.

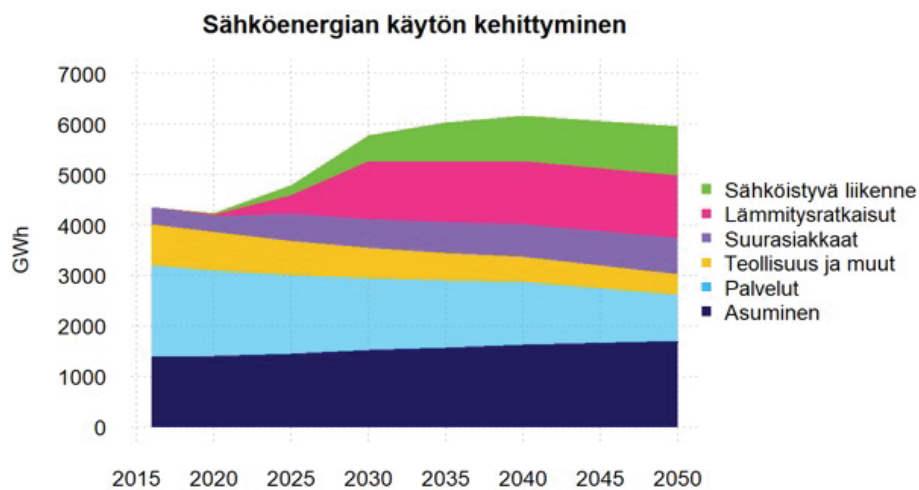
Taulukko 1. Helenin [yhteistuotantolaitokset](#) Helsingissä.

Voimalaitos	Sähkön tuotanto (MW)	Lämmön tuotanto (MW)
Salmisaari B	160	300
Hanasaari B	236	420
Vuosaari A	165	162
Vuosaari B	510	420

Voimalaitosten sulkemisella on merkittävä vaikutus sähkön siirtoon suurjännitteisessä jakeluverkossa. Tähän saakka talvisin on ollut Helsingissä usein sellainen tilanne, että sähkön tuotanto ylittää sähkön kulutuksen, jolloin sähköä on siirretty Helsingistä kantaverkkoon. Suurin siirto kantaverkosta Helen Sähköverkon suurjännitteiseen jakeluverkkoon on saavutettu kesällä, kun yhteistuotantolaitoksia ei ole käytössä. Tulevaisuudessa sähkön otto kantaverkosta Helsinkiin tulee lisääntymään. Suurjännitteisessä jakeluverkossa tullaan tulevaisuudessa siirtämään entistä enemmän sähköä Helsinginniemielle, jossa sijaitsevat Salmisaaren ja Hanasaaren voimalaitokset suljetaan. Lisäksi yhteistuotantolaitosten lämmön tuotanto tullaan osittain korvaamaan ratkaisulla, jotka sähkön tuotannon sijaan kuluttavat sähköä. Esimerkiksi lämpöpumppuja ja sähkökattiloita hyödyntävä lämmöntuotanto kuluttaa merkittävästi sähköä. Tämäkin tulee lisäämään sähkön siirtoa kantakaupunkiin.

1.3.3. Pitkänajan kokonaissähköenergian näkymä

Pitkällä aikavälillä odotetaan, että sähkönkäyttö kasvaa johtuen väestönkasvusta sekä liikenteen ja lämmityksen sähköistymisestä (kuva 8). Myös nykyisten suurasiakkaiden, joihin sisältyy raideliikennettä, lämmitystä, sairaaloita ja palvelinsaleja, odotetaan lisäävän sähkönkäyttöä. Sähkönkäytön ominaiskulutuksen pienentyminen vähentää sähkönkäyttöä palveluissa ja teollisuudessa.



Kuva 8. Helsingin sähköenergian käytön pitkäajan näkymä.

Kauempana tulevaisuudessa, 2030-luvun lopussa ja sen jälkeen, on merkittäviä tekijöitä, jotka saattavat nostaa tai vähentää sähkönkäyttöä ja siirtotarvetta, riippuen siitä, miten ne yleisesti kehittyvät ja kuinka suuressa määrin ne sijoittuvat Helsingin alueelle. Näitä ovat etenkin vedyn tuotanto ja jalostaminen sekä modulaariset ydinreaktorit.

1.4. Kehittämissuunnitelman numeeriset ennusteet

1.4.1. Numeeriset arvot

Sanalliset selitykset taulukon 2 numeerisiin arvoihin on annettu osassa 1.4.2.

Taulukko 2. Helen Sähköverkon nykytila- ja ennustearvot.

v	Nykytila (2021)	Ennuste (2031)
a. Verkkoon alueella siirretty energia, MWh		
i. Verkkopalveluasiakkaille siirretty energia	4 473 250	5 597 000
ii. Verkkopalveluasiakkailta vastaanotettu energia	3 075 958 josta aurinkot.: 1 953	1 400 000 josta aurinkot.: 12 084
b. Käyttöpaikkojen määrä, kpl	415 278	471 728
c. Hajautettu tuotanto		
i. Yhteenlaskettu nimellisteho, kWp		
a) SJ-verkkoon liitetty	0	0
b) KJ-verkkoon liitetty	8 264	49 626
c) PJ-verkkoon liitetty	9 105	54 676
ii. Kappalemäärä, kpl		
a) SJ-verkkoon liitetty	0	0
e) KJ-verkkoon liitetty	65	334
f) PJ-verkkoon liitetty	810	4166
d. Sähköisen liikenteen julkiseen lataukseen käytettävien liittymien määrä, kpl	55	165

1.4.2. Sanallinen selitys, miten edellä olevat numeroarvot on muodostettu.

Nykytila

- Siirretty ja vastaanotettu energia on mitattu käyttöpaikoittain.
- Käyttöpaikkamäärä on asennettujen energiamittareiden määrä.
- Hajautetun tuotannon tiedot ovat verkkotietojärjestelmästä. Lukumäärät ja nimellistehot vastaavat asiakkaiden ilmoittamia tietoja. Tuotantolaitos on merkattu keskijännite (KJ) -verkkoon liitetyksi, jos asiakkaan liittymä, jossa tuotantolaitos on, on KJ-liittymä. On siis usein todennäköistä, että asiakkaan sisäverkossa tuotantolaitos on kuitenkin kytketty pienjännite (PJ) -verkkoon.
- Liittymämäärä on summa verkkotietojärjestelmän niistä liittymistä, joissa mainitaan sähköautojen lataus (erikseen ei ole tietoa, mikä on julkinen ja mikä ei).

Ennuste

- Verkkopalveluasiakkaille siirretty energia on arvio tulevien sähkönkäyttöpaikkojen vuosienenergioista. Tähän sisältyy Helsingin rakentamisen ennusteet, ominaiskulutusten kehittyminen, lämmitystapamuutos, sähköinen liikenne ja aurinkotuotannon siirtoa vähentävä vaikutus.
- Verkkopalveluasiakkailta vastaanotettu energia arvioi tulevien tuotantolaitosten vuosituotantoa jakeluverkkoon. Se sisältää suuret ja pienet voimalaitokset.
- Käyttöpaikkamäärän arvio perustuu Helsingin kaupungin väestöennusteeseen.

- Yhteenlaskettu nimellisteho hajautetulla tuotannolla on arvio nykyisen hajautetun tuotannon lisääntymisen nopeuden muutoksesta ja lopullisen määrän suhteuttamisesta koko Helsingin [aurinkosähköpotentialiin](#), josta pitkällä tähtäimellä skenaariossa arvioidaan noin 20 % toteutuvaksi. Jako-osuudet PJ- ja KJ-verkon kesken oletetaan noudattavan nykyisiä osuuksia.
- Julkisten latausliittymien määrän arvioidaan kolminkertaistuvan kymmenessä vuodessa. Helsinki on valmistelemassa sähköautojen latausstrategiaa.

1.5. Sääilmiöiden huomioiminen

Helsingissä pien- ja keskijänniteverkot ovat käytännössä myrskyjen kestäviä suuren kaapelointiasteen takia. Harvinaisissa tapauksissa tulvat voivat vaikuttaa pien- ja keskijänniteverkon muuntamoihin ja jakokaappeihin. Suurjänniteverkko on suurelta osin vielä avojohtoverkko, mikä on alttiimpi sääilmiöille. Suurjännitteiset avojohdot ovat kuitenkin puuvarmoja ja varmennetulla mitoituksella toteutettuja.

Voimakkaisiin ilmastollisiin ilmiöihin voi liittyä tulvintaa. Tulvatilanne voi aiheutua meriveden tai Vantaanjoen tulviessa tai rankkasateen aiheuttamana. Suuren runkovesiputken tai kaukolämpöputken vaurio voi aiheuttaa paikallisesti tulvaa vastaavan tilanteen. Tulvakorkeudet huomioidaan kaupungin infrastruktuurin kokonaissuunnittelussa. Kiinteistöjen sähkönjakelun kannalta ei riitä, että syöttävän sähkönjakeluverkon komponentit suojataan tulvalta, koska sähkönsyöttö on katkaistava myös tilanteessa, jossa asiakaskiinteistöjen sähköasennukset ovat alttiita tulvavedelle. Tämän vuoksi tulvimiseen varaudutaan Helsingin kaupungin [tulvastrategian](#) mukaisesti kokonaisvaltaisilla alueellisilla tilapäisillä tai kiinteillä ratkaisuilla (tyypillisesti tulvapenkereet, pumppaamot ja viemäroinnin parantaminen). Koska tulvariskien hallinta tapahtuu merkittävilta osiltaan muilla kuin sähköverkon kehittämiseen kuuluvilla toimenpiteillä ja muiden tahojen toimesta, ei riskialueilla sijaitsevia käyttöpaikkoja ole luettu laatuvaatimusten täyttymättömyyden piiriin. Meriveden nousun aiheuttamien riskien hallinta on kuitenkin huomioitu tässä kehittämissuunnitelmassa.

Verkkotietojärjestelmän tulvakartan perusteella nähdään, mitä kohteita mahdollinen vedenpinnan nousu koskee. Näin voidaan tulvatilanteessa priorisoida kohteet, joita pyritään pitämään jännitteisenä esim. pumppaamalla vettä pois ja mitkä kohteet otetaan tarvittaessa jännitteettömäksi. Kiinteistöjen osalta vastuu toimenpiteistä on kiinteistönomistajilla. Tätä silmällä pitäen Helsingin kaupunki on laatinut [tulva-ohjeen](#), joka neuvoo, miten asukkaat voivat varautua oma-aloitteisesti merivesi- ja vesistötulvia vastaan. Ohje on jaettu kaikkiin niihin kiinteistöihin, jotka sijaitsevat tulvavaara-alueella.

Tammikuussa 2005 Suomen etelärannikolla koetun poikkeuksellisen merenpinnan nousun (toistuvuus noin kerran 110 vuodessa) jälkeen asetettiin Helsingin kaupungin toimesta työryhmä, jonka tehtävänä oli laatia Helsingin kaupunkia koskeva suunnitelma tulviin varautumista ja tulvantorjuntaa varten. Suunnitelman laadinnan yhteydessä selvitettiin myös sähkönjakeluverkon riskikohteet tulva-alttiilla alueella. Työryhmän työn tuloksena syntyi Helsingin kaupungin tulvastrategia, jossa on

priorisoitu torjuntatoimenpiteet eri alueilla sekä tarkistettu ohjeita alimmista sallituista rakentamiskorkeuksista. Lisäksi Uudenmaan ELY-keskus on laatinut Helsingin ja Espoon rannikkoalueiden tulvariskien [hallintasuunnitelman](#) vuosille 2016–2021. Edellä mainituissa dokumenteissa on kuvattu toimijoiden vastuut ja toimenpiteet tulvatilanteiden varalta.

Ilmaston lämpenemisen myötä huomioidaan ääriämpötilojen muuttuminen, sademäärän kasvu ja tulvarajojen muutokset. Tuulten osalta ollaan rannikko-olosuhteissa ja tämä otetaan huomioon 110 kV avojohtoverkon pylväiden mitoituksessa.

1.6. Muut tekijät

1.6.1. Palvelut/osaamistarve

Jakeluverkkoyhtiöt ostavat Suomessa pitkälti mm. verkon rakentamisen, kunnossapidon ja mittaustoiminnan palveluina ulkoisilta palveluntarjoajilta. Hyvät ja toimivat hankintamallit ja pitkäaikaiset kumppanuussuhteet ovat elintärkeitä laadukkaan toiminnan ja sen jatkuvuuden osalta. Hyvin toimiva palvelumarkkina takaa osaltansa laadukkaan ja tehokkaan jakeluverkkopalvelun tulevaisuudessakin.

1.6.2. Tietotekniikka ja -turva

Tietoliikenne ja tietoturva ovat nousseet yhä suurempaan rooliin myös sähkönjakelussa. Automaatiojärjestelmät tarvitsevat viestiliikennettä kaukokäyttöön sekä sähköasemien välillä että sähköasemien sisällä. Tietoliikennetoimenpiteet ovat siirtyneet yhä enemmän ohjelmistoihin liittyviksi töiksi ja päivityksiksi. Näin ollen myös operatiivisten tietojärjestelmien tietoturva ja siihen liittyvät toimet ovat entistä tarpeellisempia ja ovat lisääntymässä. Tässä työssä tarvitaan entistä kasvavampaa yhteistyötä IT-sektorin ja OT-sektorin (operatiiviset tietojärjestelmät) välillä sekä myös asian huomioimista sähköverkon olosuhteissa ja verkkokomponenteissa.

1.6.3. Joustot

Jakeluverkkoyhtiöitä kannustetaan tunnistamaan ja hyödyntämään joustoja osana jakeluverkkoinfran tehokkaampaa käyttöä. Asiakassuuntaan tätä samaa kehitystä ohjataan mm. asiakasviestinnän, tariffien kehittämisen ja liittymäkokojen hallinnan kautta. Kohti laajamittaisempia joustopalveluja edetessä tietyissä tilanteissa sopimusperusteinen jousto voi olla erityinen verkon kehittämisen ratkaisu. Sopivilla joustoilla voitaisiin ehkä mahdollistaa joidenkin suurjännitteisen jakeluverkon investointien välttäminen tai lykkääminen. Kantaverkkomarkkinoiden tapaiseen joustoalustojen kautta tapahtuvaan markkinapohjaiseen joustomarkkinaan on vielä matkaa.

Tietyissä spesifisissä verkon kehityskohteissa Helen Sähköverkko hyödyntää joustoja, vaikka yleisesti aivan lähivuosina ei olisikaan laajasti tarvetta toimitusvarmuus- tai kapasiteettijoustoille. Vuosikymmenien pitkäjänteisellä ja määrätie-

toisella sähkönjakeluverkon kehittämisellä on saavutettu erinomainen sähköverkon luotettavuus perustuen osaltaan korvattavuuteen. Tämä tarkoittaa sitä, että yleisesti verkon kuormitusasteissa on nykyisellään varaa kasvattamiselle ja laajamittaisempi joustojen käyttöönotto mennee kauemmas tulevaisuuteen. Kehitys kohti kanta-verkkoyhtiön taajuus- ja reservimarkkinoiden kaltaista paikallista joustomarkkinaa sisältää monia ratkaistavia tekijöitä. Jakeluverkkoyhtiölle joustoissa tärkeitä ominaisuuksia ovat jouston paikallisuus ja käytettävyyden pitkäjänteisyys. Joustot ovat elementti, jota voivat hyödyntää sekä kanta- että jakeluverkkoyhtiö. Joustojen hyödyntäminen verkon tilan hallinnassa tuo uusia tarpeita jakeluverkon tilatietoon ja ennustettavuuteen ja markkinapohjainen jousto tarkoittaa markkinamekanismin kehittämistä kaikkine tietolustoineen, tiedonvaihtoineen ja todentamisineen. Asiakkaan rooli on ratkaiseva. Jakeluverkkoyhtiölle päätötehon lisäksi tulee tunnistaa myös loisteho ja sen joustohyödynnettävyys.

1.6.4. Loisteho

Verkossa siirtyy päätötehon lisäksi loistehoa. Loisteho johtuu siitä, että vaihtojännitteen ja vaihtovirran vaihekulmat poikkeavat toisistaan. Loisteho aiheuttaa ylimääraistä kuormitusta ja häviöitä voimajohdoille ja muille verkkokomponenteille. Loisteho vaikuttaa myös verkon jännitteeseen siten, että loistehon tuotanto kasvattaa jännitettä ja loistehon kulutus pienentää jännitettä. Viime vuosina jakeluverkoista kantaverkkoon syötetyn loistehon määrä on lisääntynyt, mikä on kasvatanut kantaverkon jännitteitä joillakin alueilla. Kantaverkkoyhtiö Fingrid on määrittänyt jakeluverkkoyhtiöille ja muille asiakkaille loistehoikkunan, joka määrittää sallitun loistehon siirron kantaverkon ja asiakkaan välillä. Jos loistehoikkuna ylitetään, asiakas joutuu maksamaan maksuja Fingridille.

Helsingissä keskijänniteverkko ja pienjänniteverkko ovat lähes täysin kaapeloitu. Myös suurjännitteisestä jakeluverkosta suuri osa on kaapeloitu. Keskijännitteellä ja suurjännitteellä kaapelit tuottavat merkittävästi loistehoa. Asiakaspäässä loisteho on muuttunut viimeisen kymmenen vuoden aikana merkittävästi. Loistehoa kuluttavat eli induktiiviset laitteet ovat vähentyneet ja loistehoa tuottavat eli kapasitiiviset laitteet ovat lisääntyneet. Verkon ja asiakkaiden tuottama loisteho syötetään kantaverkkoon, ellei sitä kompensoida. Helsingin Sähköverkolla on loistehon kompensointia varten kaksi 110 kV reaktoria, joiden kapasiteetti tyypillisellä 117 kV verkkojännitteellä on yhteensä noin 86 Mvar.

Asiakaspään loistehon muutos on jatkunut myös viime vuosina. Muutos on ollut koko Helsingin tasolla noin 6 Mvar vuodessa, eikä ole havaittu, että muutosnopeus olisi hidastunut. Lisäksi 110 kV kaapeloinnit tulevat kasvattamaan loistehon tuotantoa. Näiden tekijöiden vuoksi reaktorikapasiteettia pitää edelleen lisätä. Tällä hetkellä arvio on, että ennen vuotta 2030 olisi tarve kahdelle uudelle 30 Mvar reaktoriyksikölle.

1.6.5. Käyttöaste

Helsingissä suhteellisen suuri osuus sähköliittymistä on isoja pienjännite- ja keski-jänniteliittymiä, näiden liittymien mitoittamisella on myös merkitystä jakeluverkon kapasiteetin varaamisen kannalta. Perinteisissä liittymämitoitusmenetelmissä on otettu huomioon sähkönkulutuksen kasvu liittymässä itsessään, mutta viimeisen 10–15 vuoden aikana energiatehokkuus on alkanut selvästi parantua erityisesti palvelusektorin asiakassegmentissä ja ominaiskulutukset ovat pienentyneet. On havaittu, että suurissa liittymissä on ylimitoitusta Helsingin alueella keskimäärin jopa 4–5 kertaisesti mitattuihin tuntimaksimitehoihin verrattuna. Asiakasliittymien mitoitusohjeita tulee kehittää ja toisaalta verkkoyhtiöt voivat tarjota asiakkaille palveluina mitoitus työkaluja, jotka pohjautuvat mitattuun tietoon ja niistä johdettuihin todennäköisyyspohjaisiin kuormitusmalleihin. Helen Sähköverkolla on suunnitelmissa jatkossa auttaa asiakkaita mitoituksessa eri työkaluin.

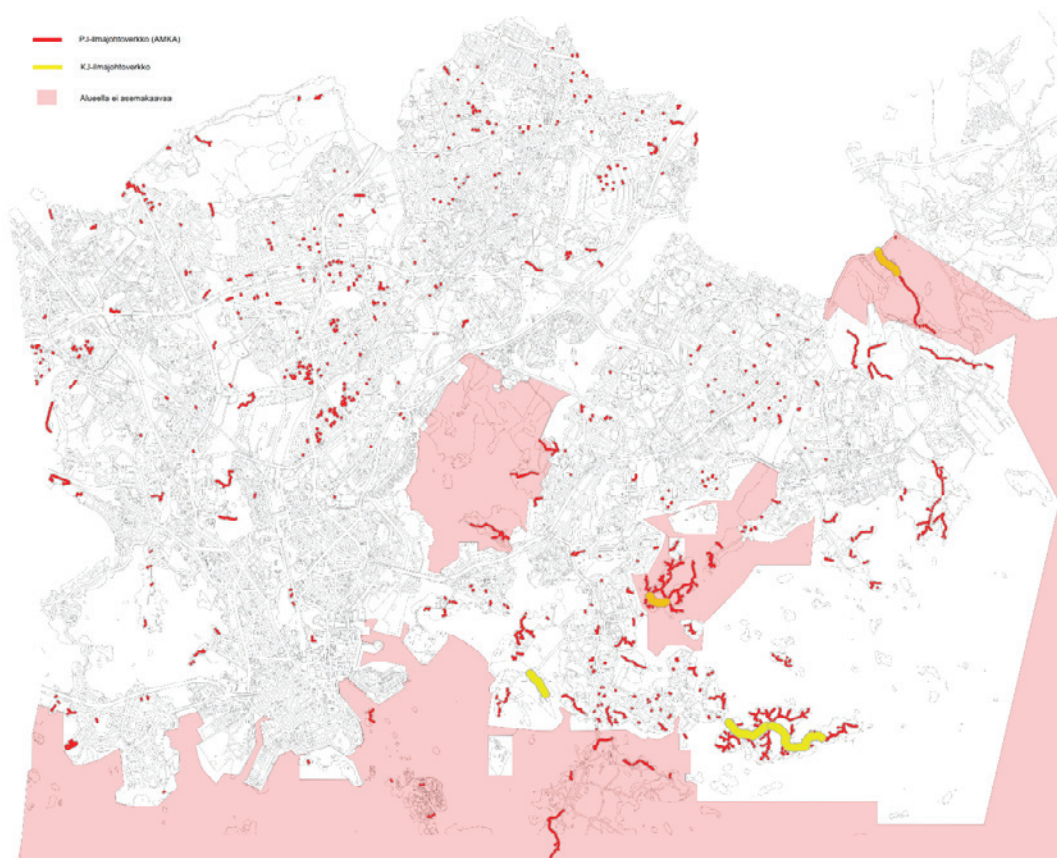
02 Sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelman lähtökohdat



2.1. Sähkönjakeluverkon kehittämisvyöhykkeiden määrittely

2.1.1. Kehittämisvyöhykkeet

Helen Sähköverkko Oy:n jakelualue jaetaan kahteen kehittämisvyöhykkeeseen: asemakaava-alueeseen (1) ja asemakaavan ulkopuoliseen alueeseen (2). Jakelualue Helsingin kaupungin alueella on asemakaava-aluetta lähes kauttaaltaan, ainoastaan muutamat erityisalueet (mm. Santahamina ja Suomenlinna) ja tietyt saaret ovat asemakaavan ulkopuolista aluetta, kuten kuvasta 9 selviää.



Kuva 9. Helen Sähköverkko Oy:n kehittämisvyöhykkeet ja ilmajohtoverkkokartta.

2.1.2. Kehittämisyöhykkeiden jaottelun perusteet

Kehittämisyöhykkeiden jako perustuu sähkömarkkinalain mukaisiin laatuvaatimustasoihin eli asemakaava-alueisiin ja asemakaavan ulkopuolisiin alueisiin. Molemmilla yöhykkeillä noudatetaan soveltuvien osien yhtenäisiä periaatteita. Helsingin Sähköverkon jakeluverkko sijaitsee lähes kokonaan asemakaava-alueella, ja sitä kehitetään koko alueella samoin käyttövarmuus-, verkonsuunnittelu- ja rakentamisperiaattein. Tekniset ratkaisut ovat siis samanlaiset koko asemakaava-alueella pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta. Joillakin asemakaava-alueen ulkopuolisilla alueilla (mm. saaret Santahamina ja Suomenlinna) sähköverkkoa on jo rakennettu ja kehitetty kuten asemakaava-alueella. On odotettavissa, että näille ja mahdollisesti muillekin saarille laaditaan asemakaavat.

Edellä mainittu Helsingin Sähköverkon asemakaava-alue on kokonaisuudessaan suurkaupunkialuetta. Alueella on suuri asiakas- ja asukastiheys. Asiakaskunta on palveluvaltaista ja sähköjakelun keskeytyksistä aiheutuva haitta on erittäin suuri asiakkaille sekä kaupungin ja yhteiskunnan toiminnoille. Pitkiä ja laajoja sähkökatkoja tulee siten välttää. Näin ollen Helsingissä on noudatettu huomattavasti nykyistä sähkömarkkinalain 6h ja 36 h laatuvaatimuksia tiukempia toimitusvarmuuskriteerejä.

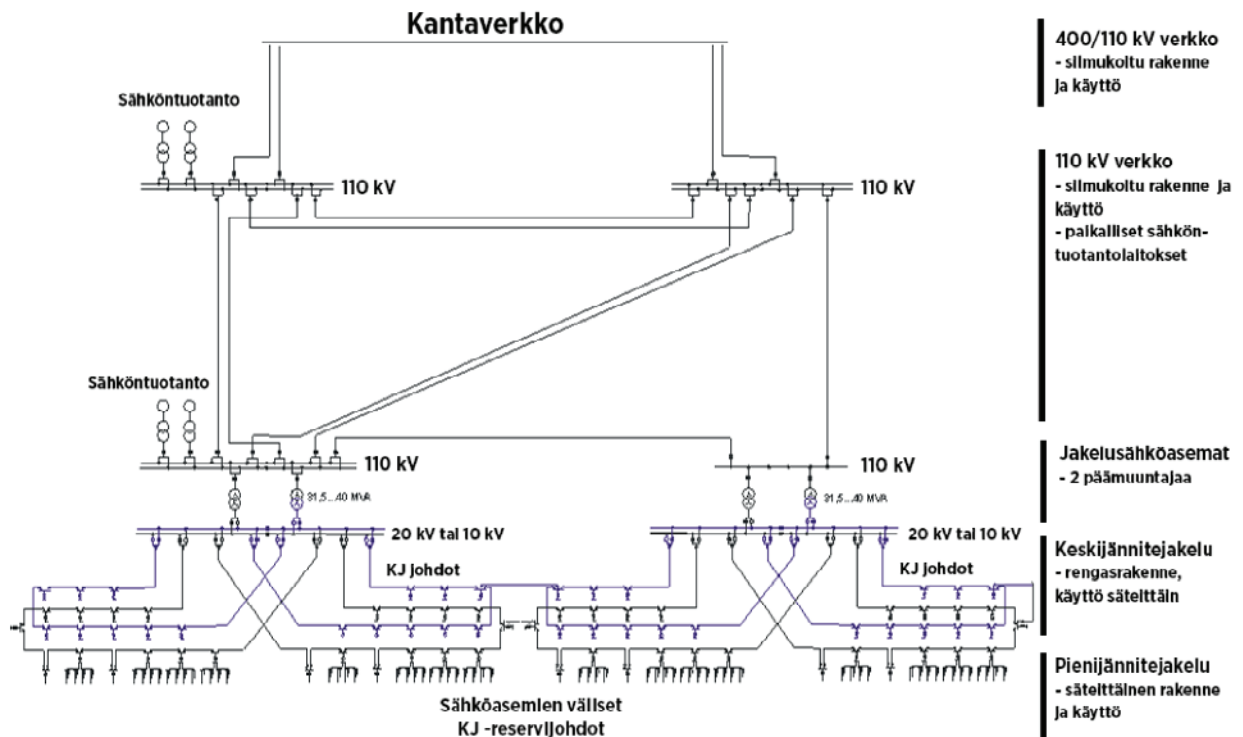
Alalla käytetään järjestelmän vuotuisesta keskimääräisestä keskeytysajasta asiakasta kohti, käytetään termiä System Average Interruption Duration Index, SAIDI. Vuosituhannen vaihteessa SAIDI oli Helsingissä yli 20 min luokkaa, 2000-luvun alussa 12-15 min tasolla. Silloin tällöin tapahtuneet laajemmat jakelukeskeytykset johtivat siihen, että tehtiin analyysi kustannustehokkaista keinoista tavoitella keskeytystason puolittamista 6 min tasolle vuoteen 2015 mennessä. Tähän käytettiin useita järjestelmäteknisiäkin keinoja, joita selostetaan seuraavassa kappaleessa 2.1.3 tarkemmin. SAIDI-taso saatiinkin pienenemään viime vuosikymmenen loppupuolella jopa noin 3 min tasolle 5 vuoden keskiarvona, vaikka mukaan laskettiin vuoden 2016 jälkeen myös pienjännitekeskeytykset. Ennätyksenä on ollut vuoden 2020 1,28 min tunnusluku. Nämä tulokset ovat jo Euroopan kärkiluokkaa. Edellä mainittuihin lukuihin pitää vielä lisätä suunnitellut pienjännitekeskeytykset, joiden vaikutus on alle 1 min tasoa. Voidaan sanoa, että Helsingissä asiakas kokee keskimäärin puolen tunnin sähkökatkon vain kerran kymmenessä vuodessa.

Yhtenä omana tavoitetasona on myös pidetty Energiatieteellisuuden vuonna 2010 julkaisemia toimitusvarmuuden tavoitearvoja. Siellä city-ympäristön suunnittelun tavoitetasoksi vuoteen 2030 mennessä on asetettu 1 h kumulatiivinen keskeytysaika 110 kV ja keskijänniteverkossa asiakasta kohti vuodessa sallien yksi ylitys kolmen vuoden aikana. Tavoite toteutuu 110 kV ja keskijänniteverkon keskeytysten osalta pääsääntöisesti jo nyt. Yksittäinen pienjännitekeskeytyks vaikuttaa pieneen ja rajattuun asiakasmäärään, ja näissä korjausajat monesti ylittävät kumulatiivisen 1 h keskeytysajan.

Vuosi	Suomen ka. asemakaavoitetuilla alueilla (min)	Helsen Sähköverkko (min)
2000	0	23
2001	0	9
2002	0	31
2003	0	38
2004	0	6
2005	0	18
2006	0	6
2007	0	15
2008	0	6
2009	0	4
2010	0	13
2011	0	6
2012	0	3
2013	0	4
2014	0	3
2015	17	5
2016	22	3
2017	19	4
2018	20	5
2019	28	2
2020	0	5

2.1.3. Kuvaus kehittämisvyöhykkeillä vallitsevista tekijöistä

a. Kehittämisyöhykkeen tekniset ominaispiirteet ja verkon rakenneratkaisut



20

Kuvassa 11 on esitetty Helsingin sähköjakeluverkon perusrakenne. Helsingin sähköverkko on rakennettu ja sitä rakennetaan suurkaupungin vaatimien käyttövarmuus- tarpeiden mukaisesti. Näistä on johdettu alueen sähköverkon suunnitteluperiaatteet ja edelleen laitteiden ja järjestelmien tarkemmat spesifikaatiot. Sähköverkon kehittäminen on tehty asiakaslähtöisesti, koska laajat ja pitkät keskeytykset ovat pääkaupungissa hyvin haitallisia. Suuri asiakastiheys tekee helposti sähköjakelun keskeytyksistä hyvin merkityksellisiä.

Yleinen periaate Helsingin sähköjakelussa on se, että käyttövarmuusvaatimus on sitä suurempi, mitä suuremmat asiakasvaikutukset mahdollisella keskeytyksellä on. Tässä huomioidaan sekä suunnitellut että odottamattomat vikakeskeytykset. Keskeytyksistä aiheutuvan haitan arvostuksella voidaan laskea asiakasvaikutukset. Näistä asiakasvaikutuksista on johdettu sähköverkon verkkomuoto- ja korvattavuusvaatimukset sekä käytetyt suuret yksikkökoot mm. sähköasemilla. Suurjännitetasolla on eniten tehonsiirtoa ja näin ollen tiukimmat vaatimukset, myös keskijännitetasolla on varsin suuri merkitys. Sähköverkon rakenneratkaisut suljettujen rakenteiden ja kaapelien käytön muodossa ovat seuraava periaatteiden soveltamisen taso. Nämä periaatteet on otettu pääsääntöisesti käyttöön jo noin 1980-luvulta alkaen. Suojaus-, automaatio- ja tietoliikenne- ratkaisulla täydennetään ja on erityisesti viime aikoina edistetty periaatteiden toteutumista.

Sähköjakelun kriittisyyttä pääkaupungissa kuvastaa viranomaisen lausunto koskien sähköverkon luotettavuutta. *”Pääkaupunkiseudun tiivis kulutuskeskittymä merkitävine alueellisine tuotantolaitoksineen ja yhteiskunnan toimivuuden kannalta tärkeine toimintoineen asettaa silmukoidun 110 kV verkon luotettavuudelle erityisvaatimuksia. Nämä vaatimukset edellyttävät noudatettavaksi Helsingin silmukoidussa 110 kV verkossa mitoitusperiaatteita, jotka ovat yhteneviä kantaverkossa käytettyjen mitoitusperiaatteiden kanssa”* (Energiaviraston päätös Dnro 185/429/2003).

Käyttövarmuusperiaatteet ja suunnitteluperiaatteet toteutetaan mm. seuraavilla verkkoperiaatteilla:

- 110 kV ja keskijänniteverkon silmukointi ja vikatilanteissa korvattavuus
- Kytkinlaitosten redundanssi ja osastointi, kaasueristeiset 110 kV kojeistot
- Keski- ja pienjänniteverkon kaapelointi, keskijänniteverkon korvausyhteydet
- Automaation hyväksikäyttö kaikilla sähköasemilla ja kasvavasti muuntamoilla
- Hälyttävän maasulkusuojauksen hyödyntäminen keskijännitteellä
- Pienjänniteverkon tyypillinen rakenne (liittymisjohto- ja runkokaapeliverkko)

Helsingissä on vahva 110 kV paikallinen suurjänniteverkko, jolla siirretään tehoa asiakkaille ja toisaalta paikallisten suurten vastapainevoimalaitosten tehoa kanta- verkkoon. Tähän asti tuotantotehoa on ollut jakelualueella talvikaudella enemmän kuin kulutusta. 110 kV verkko on vahvasti silmukoitu. Kantakaupungin alueella suuri osa 110 kV verkosta on kaapeloitu. Esikaupunkialueella 110 kV verkko on pääosin ilmajohtoverkkoa. Maakaapeliverkko laajenee, mutta uusia avojohtoja ei enää rakenneta. Verkossa on isompia 110 kV solmupisteasemia ja pienempiä johdonvar- siasemia. Solmupisteasemilla on sähköjakelun lisäksi läpi menevän sähkönsiirto- tehtävä ja niiden kojeistoissa on käyttövarmuussyistä aina kaksi kiskoa ja vähintään

kaksi ryhmää, usein enemmänkin. 110 kV kytkinlaitoksilla on jo 1970-luvun lopusta alkaen käytetty kaasueristeisiä kojeistoja, jotka ovat ilmaeristeisiä kojeistoja pienikokoisempia, toimintavarmempia ja vähemmän huoltoa tarvitsevia. 110 kV verkossa varaudutaan N-1 -vikatilanteisiin kaikissa keskeytystilanteissa. Mahdollisuuksien mukaan myös yhteisvikavarautumista tehdään.

Sähköasemat ovat päämuuntajakapasiteetiltaan, keskijännitekiskostoltaan ja ryhmitykseltäänkin kahdennettu. Keskijänniteverkko on rakenteeltaan myös silmuoitu, ja sen käyttötapana on avoimet renkaat. Muuntamoille on rakennettu aina vähintään kaksi kaapeliyhteyttä. Keskijänniteverkko on mitoitettu siten, että kokonainen sähköasema voidaan kokonaan korvata naapurisähköasemilta käsin. Keskijänniteverkko on käytännössä kokonaan kaapeloitu ja sen kapasiteetti on sama joka puolella verkkoa. Kantakaupungissa on historiallisista syistä 10 kV jakelujännite, muualla 20 kV jakelujännite. Muuntamot ovat joko kiinteistössä sijaitsevia muuntamoita tai erillismuuntamoita. Jo pitkään on käytetty kaasueristeisiä Ring Main Unit -tyyppisiä kojeistoja. Keskijänniteverkkoon on liittynyt paljon keskijänniteasiakkaita.

Kaupunkisähköasemat ovat erityisen suuria ja sisältävät paljon toimintoja. Siksi sähköasemien automaatioon on panostettu huomattavasti. Lähes jokaisella sähköasemalla on nykyään joko IEC61850-tietoliikenteeseen tai sarjaliikenteeseen perustuva asematason tietoliikenne. Kenttälaitteet ovat numeerisia sisältäen paljon suojaus- ja ohjaustoimintoja. Kaukokäytön ja sähköasemien väliseen tietoliikenteeseen on myös panostettu: käytetään rakenteellisesti vikasietoisia valokuituyhteyksiä ja yhtiön sisäistä prosessitietoliikenneverkkoa. Muuntamoiden automaatioon on investoitu lähes 15 vuoden ajan. Tällä hetkellä lähes 30 % muuntamoista on automatisoitu kaukokäyttöyhteyksin, keskijännitevieripaikannuksin, hälytyksin ja pienjännitemittauksin. Muuntamoautomaatio hyödyttää sekä normaalikäytössä että vikatilanteissa. Uudet muuntamot varustetaan aina muuntamoautomaatiolla.

Kaapeloidussa ja kaupunkimaisessa laajan maadoitusverkon keskijänniteverkossa on mahdollista käyttää hälyttävää maasulkusuojausta eli jatkaa verkon käyttöä maasulkutilanteessa. Maasulunaikaiset kosketusjännitteet eivät ole ongelma, koska maadoitusolosuhteet ovat hyvät ja vikavirrat menevät pääasiassa maadoituksiin. Vikapaikka erotetaan ilman asiakaskeytyksiä tai korkeintaan lyhyiden kytkentäkatkojen kautta tämän toteutuessa noin puolelle keskijänniteverkon vikatilanteista. Hälyttävä maasulkusuojaus on ollut käytössä 10 kV verkossa vuosikymmeniä. Tämä toteutettiin myös 20 kV verkkoon maasulkuvirran kompensointiprojektin myötä projektin valmistuttua vuonna 2018.

Pienjänniteverkko on rakenteeltaan säteittäinen. Kuitenkin varayhteyksiä on muodostunut luontaisesti verkon rakentumisen yhteydessä naapurimuuntopiireihin. Osa asiakkaista liittyy suoraan muuntamon pienjännitekeskukseen ja osa taas pienjänniteverkon runkojohtojen varsilla oleviin jakokaappeihin. Muuntopiirien välillä on myös varayhteyksiä, näiden avulla voidaan usein korvata muuntopiirin kuormitus vika- tai huoltotilanteessa. Yhteyksien kautta saadaan myös laajan maadoitusverkon vaatimia maadoitusyhteyksiä.

Asemakaava-alueen ulkopuolella ei ole sähköasemia, vaan ainoastaan rengasmaista/säteittäistä keskijänniteverkkoa ja pienjänniteverkkoa. 110 kV verkkoa on molemmilla kehittämisvyöhykkeillä. Asemakaavoituksen laajentuessa myös sähköverkko laajenee infrarakentumisen osana.

b. Kehittämisvyöhykkeen sähkönkäyttöpaikat ja sähkönkäytön erityistarpeet

Helen Sähköverkko Oy:n asemakaava-alue on kokonaisuudessaan suurkaupunki-alueetta. Alueella on suuri asiakas- ja asukastiheys. Asiakaskunta on täällä palvelultaista, ja keskeytyksistä aiheutuva haitta on erittäin suuri asiakkaille, kaupungille ja yhteiskunnalle. Pitkiä ja laajoja sähkökatkoja tulee välttää. Näin ollen Helsingissä on noudatettu huomattavasti nykyistä Sähkömarkkinalakia tiukempia toimitusvarmuuskriteerejä.

Asemakaava-alueella on merkittävänä sähkönkäytön asiakaskuntana yksityinen ja julkinen palvelusektori käyttäen noin 55 % alueen sähköenergiasta. Osa tästä asiakaskunnasta on hyvinkin kriittistä kulutusta ja lyhyidenkin sähkökatkojen sietokyky on heikko. Tärkeää kulutusta on jokaisella sähköasemalla ja suurella osalla keskijännitelähdöistä. Keskimäärin jokaisella keskijännitelähdöllä on vähintään yksi keskijänniteliittyjä.

Asemakaavan ulkopuolella on enimmäkseen loma-asuntoja ja saarissa olevaa asutusta.

c. Kehittämisvyöhykkeen ympäristöolosuhteet ja maaperä

Kehittämisvyöhykkeellä 1 (asemakaavoitettu alue) viisi suurinta CLC (Corine Land Cover maankäyttöaineisto) -aineistoluokkaa ovat 112, 121, 111, 312 ja 112, kun merialuetta ei lueta mukaan. Tämä tarkoittaa, että alueella on paljon väljästi- (112) ja tiiviisti- (111) rakennettuja asuinalueita sekä teollisuuden ja palveluiden alueita (121). Yhteensä nämä kolme vastaavat 49 %:n osuutta muista kuin merialueista. Seuraavaksi suurimmat alueet ovat havumetsät (312) ja liikennealueet (112). Nämä (312 ja 112) vastaavat yhdessä noin 21 %:n osuutta. Yhdessä viisi suurinta CLC-luokkaa vastaa noin 70 %:n osuutta muista kuin merialueista. Merialuetta on yhteensä 21 % alueesta.

Kehittämisvyöhyke 1 on suurelta osin rakennettua ympäristöä, jossa etäisyydet sähkönkäyttäjien välillä ovat lyhyitä. Johtoreitit ovat usein kevyenliikenteen väylien alla ja alittavat autoteitä. Johtoreiteillä tai niiden välittömässä läheisyydessä on lähes aina sijoitettuna muutakin infraa. Kaivaminen on alueella kallista ja haittaa liikennettä. Kaapelireitit ovat alttiita kaivuaurioille tiheäinfra-alueilla. Alueella sijaitsee runsaasti merkittäviä ja kriittisiä asiakkaita.

Kehittämisvyöhykkeellä 2 (ei asemakaavoitettua aluetta) suurin CLC-luokka on merialue. Merialuetta on yhteensä 95,25 % alueesta. Viisi suurinta CLC-aineistoluokkaa muista kuin merialueista ovat 312, 313, 421, 324 ja 211.

Tämä tarkoittaa, että alueella on metsää (312 ja 313), merenrantakosteikkoa (421), harvapuustoista aluetta (324) ja peltoja (211). Metsät ja harvapuustoiset alueet vastaavat 47 %:n osuutta, merenrantakosteikot vastaavat 11 %:n osuutta ja pellot 10 %:n osuutta muista kuin merialueista. Yhdessä nämä viisi suurinta CLC-luokkaa vastaavat 67 %:n osuutta muista kuin merialueista.

Kehittämisyöhyke 2 on hyvin merivaltaista ja saarivoittoista aluetta, jonne rakentaminen on kallista, etäisyydet pidempiä ja asiakastiheys pieni. Alueella ei sijaitse yhtä paljon kriittisiä asiakkaita, kuten kehittämisyöhykkeellä 1.

110 kV verkon ympäristöolosuhteet ovat pitkälti samat kuin pienempijännitteisten verkkojen olosuhteet. 110 kV ilmajohtoverkolla on otettu huomioon Helsingin merellinen asema ja ilmaston ääriolosuhteiden kasvaminen standardin mukaisella maksimituulikuormalla. Lukuisten tärkeiden liikenneväylien risteämien takia 110 kV ilmajohtoverkolla on poikkeuksellisen paljon kiristäjäpylväitä, ettei mahdollisissa onnettomuustilanteissa pylväitä kaatuisi isolta alueelta. Pylväinä on käytettävä vapaasti seisovia poikkeuksellisen korkeita teräspylväitä lyhyillä jänneväleillä johtokatuja kaventamiseksi ja kaupunkilaisten turvallisen toiminnan takaamiseksi. Kasvavan kaupungin takia johdoille joudutaan tekemään usein lyhyitä johtosiirtoja, jotka koskevat muutamaa pylväsväliä.

110 kV kaapeliverkolla käytetään pääsääntöisesti raskasta suojausta (betonikanaali ja putkitus) lukuisten risteämien ja lähellä tapahtuvan rakentamisen takia. Osalle kaapeliyhteyksistä ei löydy enää tilaa maan päältä, minkä takia kaapelit ovat sijoitettu kalliotunneleihin. Merkittävimmille siirtokaapeliyhteyksien reiteille on haettu lunastamalla käyttöoikeudet ja rajoitukset.

d. Osiossa 1 kuvatun toimintaympäristön muutosten ennusteen vaikutus kehittämisyöhykkeellä

Kehittämisyöhykkeellä vuosittainen asuntotuotantoennuste on 7 000 asunnon luokkaa. Kaupunkiin valmistuu vuosikymmenessä lähes 6 miljoonaa kerrosneliömetriä asuntoja ja arviolta 2,5 miljoonaa kerrosneliömetriä muita kuin asuntoja. Tarkastelujaksolla tarvitaan lukuisia uusia muuntopiirejä ja keskijänniteverkkoa uusille alueille, joissa verkkoa ei ole aiemmin ollut. Tiivistyvä kaupunkirakentaminen aiheuttaa lisärakentamista olemassa olevan verkon alueella.

Kehittämisyöhykkeellä tarvitaan nopeasti keskitettyjä lämmöntuotantoratkaisuja, jotka eivät perustu polttamiseen. Sähköenergian ja -tehon odotetaan kasvavan merkittävästi eri alueilla. Suuren kokoluokan lämmöntuotantoinvestoinnit voivat laukaista myös 110 kV:n suurjännitteisen jakeluverkon investointeja riippuen siitä, mihin lämmöntuotanto sijoittuu ja miten sähköteho käyttäytyy ajallisesti. Taloyhtiöiden ja omakotitalojen maa- ja ilmalämpöpumppujen yleistymisen odotetaan jatkuvan, mikä voi vaatia etenkin osamitoitettuna vahvistuksia pienjänniteliittymiin.

Sähköisen henkilöautoliikenteen odotetaan kasvattavan kehittämisvyöhykkeen tehontarvetta merkittävästi, mutta hajautetusti eri sähköasemien alueille, sillä autoja ladataan suurelta osin kotona. Jos rajoitettu tai älykäs lataus ei yleisty, voi syntyä paikallisia tarpeita verkon investoinneille piikikkään lataustehon kestämissä. Sähköbussien määrä kasvaa merkittävästi. Suuret keskitetyt sähköbussien latausvarikot voivat toteutuessaan vaatia merkittäviä paikallisia investointeja. Uusia pikaraitio- ja raitiovaunureittejä rakennetaan ja vanhoja järjestellään uudelleen. Helsingin satamiin on suunniteltu uusia maasähköliittymiä, jotka voivat vaatia huomattavia investointeja.

2.1.4. Kehittämisvyöhykkeiden numeeriset perustiedot ja verkkoa kuvaavat luvut

a) Kehittämisvyöhykkeellä olevan verkoston

i) Keski-ikä

Kehittämisvyöhyke 1:

PJ-verkko

- PJ-ilmajohtojen keski-ikä on noin 32 vuotta.
- PJ-maakaapelien keski-ikä on noin 25 vuotta.

KJ-verkko

- KJ-ilmajohtojen keski-ikä on noin 31 vuotta.
- KJ-maakaapelien keski-ikä on noin 23 vuotta.

Kehittämisvyöhyke 2:

PJ-verkko

- PJ-ilmajohtojen keski-ikä on noin 36 vuotta.
- PJ-maakaapelien keski-ikä on noin 32 vuotta.

KJ-verkko

- KJ-ilmajohtojen keski-ikä on noin 40 vuotta.
- KJ-maakaapelien keski-ikä on noin 26 vuotta.

ii) Keskimääräinen tekninen pitoaika

Keskimääräinen tekninen pitoaika Kehittämisvyöhyke 1:llä on noin 55 vuotta.

Keskimääräinen tekninen pitoaika Kehittämisvyöhyke 2:lla on noin 49 vuotta.

b) Sähkönjakeluverkon määrät

i) KJ

Kehittämisvyöhykkeen 1 alueella on KJ-ilmajohtoverkkoa noin 3 km ja KJ-maakaapeliverkkoa noin 1 592 km eli yhteensä KJ-verkkoa on noin 1595 km.

Kehittämisyöhykkeen 2 alueella on KJ-ilmajohtoverkkoa noin 1 km ja KJ-maakaapeliverkkoa noin 53 km eli yhteensä PJ-verkkoa on noin 54 km.

ii) PJ

Kehittämisyöhykkeen 1 alueella on PJ-ilmajohtoverkkoa noin 62 km ja PJ-maakaapeliverkkoa noin 4 488 km eli yhteensä PJ-verkkoa on noin 4551 km.

Kehittämisyöhykkeen 2 alueella on PJ-ilmajohtoverkkoa noin 20 km ja PJ-maakaapeliverkkoa noin 65 km eli yhteensä PJ-verkkoa on noin 85 km.

Toiminnan laatuvaatimukset täyttävän verkon määrät

iii) KJ

Kehittämisyöhyke 1 KJ-verkosta sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset täyttävät noin 1 595 km.

Kehittämisyöhyke 2 KJ-verkosta sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset täyttävät noin 53 km.

iv) PJ

Kehittämisyöhyke 1 PJ-verkosta sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset täyttävät noin 4 531 km.

Kehittämisyöhyke 2 PJ-verkosta sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset täyttävät noin 85 km.

c) Liittymien määrät

i) Asemakaava-alueella

Asemakaava-alueella on 36 082 liittymää.

ii) Asemakaava-alueen ulkopuolella

Asemakaava-alueen ulkopuolella on 317 liittymää.

d) Sähkökäyttöpaikkojen määrät

i) Asemakaava-alueella

Asemakaava-alueella on 414 299 käyttöpaikkaa.

ii) Asemakaava-alueen ulkopuolella

Asemakaava-alueen ulkopuolella on 979 käyttöpaikkaa.

e) Toiminnan laatuvaatimukset täyttävien sähkökäyttöpaikkojen määrät

i) Asemakaava-alueella

Asemakaava-alueella on 414 147 käyttöpaikkaa, jotka täyttävät sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset.

ii) Asemakaava-alueen ulkopuolella

Asemakaava-alueen ulkopuolella on 957 käyttöpaikkaa, jotka täyttävät sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset.

f) Maakaapelien määrät

i) KJ

Kehittämisyöhykkeen 1 alueella on KJ-maakaapeliverkkoa noin 1 592 km.

Kehittämisyöhykkeen 2 alueella on KJ-maakaapeliverkkoa noin 53 km.

ii) PJ

Kehittämisyöhykkeen 1 alueella on PJ-maakaapeliverkkoa noin 4 488 km.

Kehittämisyöhykkeen 2 alueella on PJ-maakaapeliverkkoa noin 65 km.

g) Metsässä sijaitsevien ilmajohtojen määrät

i) KJ

Kehittämisyöhykkeen 1 alueella on KJ-ilmajohtoverkkoa metsässä noin 2,9 km.

Kehittämisyöhykkeen 2 alueella on KJ-ilmajohtoverkkoa metsässä noin 0,4 km.

ii) PJ

Kehittämisyöhykkeen 1 alueella on PJ-ilmajohtoverkkoa metsässä noin 19 km.

Kehittämisyöhykkeen 2 alueella on PJ-ilmajohtoverkkoa metsässä noin 18 km.

h) Ilmajohtojen määrät teiden varsilla

i) KJ

Kehittämisyöhykkeen 1 alueella on KJ-ilmajohtoverkkoa teiden varsilla 0 km.

Kehittämisyöhykkeen 2 alueella on KJ-ilmajohtoverkkoa teiden varsilla noin 0,6 km.

ii) PJ

Kehittämisyöhykkeen 1 alueella on PJ-ilmajohtoverkkoa teiden varsilla 0 km.

Kehittämisyöhykkeen 2 alueella on PJ-ilmajohtoverkkoa teiden varsilla noin 3 km.

i) Laatuvaatimukset täyttävien ilmajohtojen määrät

i) KJ

Kehittämisyöhykkeen 1 alueella on laatuvaatimukset täyttävää KJ-ilmajohtoverkkoa noin 3 km.

Kehittämisyöhykkeen 2 alueella on laatuvaatimukset täyttävää KJ-ilmajohtoverkkoa noin 0,4 km.

ii) PJ

Kehittämisyöhykkeen 1 alueella on laatuvaatimukset täyttävää PJ-ilmajohtoverkkoa noin 43 km.

Kehittämisyöhykkeen 2 alueella on laatuvaatimukset täyttävää PJ-ilmajohtoverkkoa noin 20 km.

2.2. Sähkönjakeluverkon kehittämisyöhykkeellä sijaitsevan verkon kehittämisstrategia

Kehittämisstrategia koskee molempia kehittämisyöhykkeitä.

2.2.1. Erityispiirteiden huomiointi verkon suunnittelussa

a. Yhteisrakentaminen ja yhteydet muiden verkonhaltijoiden verkkoihin

Helen Sähköverkko on mukana Helsingin kaupungin Yhteinen kunnallistekninen työmaa -konseptissa, jonka sopimuksen mukaisesti yhdyskuntateknisiä verkkoja rakentavat tahot toimivat yhteistyössä. Osapuolet ylläpitävät yhteisessä Louhi-palvelussa tulevia rakennushankkeitaan maantieteellisesti ja ajallisesti rajattuna, jolloin muiden osapuolten on mahdollista sovittaa omia hankkeitaan yhteiseksi työmaaksi. Louhi-palvelussa olevat verkonrakennushankkeet näkyvät samalla myös verkkotietopiste.fi -palvelussa.

b. Joustopalvelut

Joustopalveluiden kehittymistä seurataan Helen Sähköverkossa aktiivisesti, mutta vielä tällä hetkellä joustopalvelut ovat kehityksen alkuvaiheessa verkon suunnittelun näkökulmasta. Joustopalveluista ja tehdyistä sekä meneillään olevista kokeiluista ja selvityksistä on kerrottu tarkemmin kehittämissuunnitelman kohdissa 5 ja 6.

c. Yhteiskunnan toiminnan kannalta kriittiset kohteet

Helen Sähköverkko harjoittaa säännöllistä yhteistoimintaa jakelualueellaan toimivien, yhteiskunnan kannalta elintärkeiden toimijoiden kanssa. Toimijat on jaettu pääryhmiin, joita ovat

- maanalaiset verkot
- teleoperaattorit
- sosiaali- ja terveystoimi
- mediatalot
- viranomaiset
- liikenne
- energiayhtiöt
- sähköverkkoyhtiöt.

Kriittisten kohteiden sijainti- ja lajitietoja hyödynnetään mm. irtikytöntäryhmien määrittelyssä, varautumissuunnitelmien tekemisessä ja verkkotöiden keskeytysten suunnittelussa.

2.3. Verkon elinkaarikustannusten laskenta kehittämisvyöhykkeellä

a. Elinkaarikustannusten tekijöiden määrittely

Kustannustehokkuuden vertailu on tehty Energiaviraston kehittämissuunnitelmaa koskevan määräyksen mukaisesti, jossa on elinkaarikustannuksiin huomioitu:

- investointi (suunnittelu ja rakentaminen)
- operatiiviset kulut (kuntotarkastukset, huollot ja viankorjaukset)
- keskeytysten aiheuttama haitta (KAH) Energiaviraston KAH-arvoilla (toimittamatta jääneen energian hinta)

b. Yhteisrakentaminen elinkaarikustannusten laskennassa

Investoinneissa pyritään yhteisrakentamiseen Helsingin kaupungin Yhteinen kunnallistekninen työmaa -konseptin mukaisesti. Yhteisrakentamisen hyöty näkyy osana investointikustannusta.

c. Elinkaarikustannusten seuranta

Elinkaarikustannusten toteumaa ja kustannustehokkuutta seurataan osana yhtiön talous- ja muiden tunnuslukujen raportointia. Kustannustehokkuuden parantaminen on myös mukana pitkäaikaisissa verkonrakennuksen ja kunnossapidon kumppanuussopimuksissa.

03 Sähkönjakeluverkon kehittämisyöhykkeillä käytettävien ratkaisujen kustannusvertailu



3.1. Ratkaisut kehittämisyöhykkeellä

a. Käytetyt ratkaisut

Molemmilla kehittämisyöhykkeillä käytetään ratkaisuina maakaapelia, avojohtoa ja ilmakaapelia. Ylivoimaisesti merkittävin ratkaisu on maakaapelin käyttö.

b. Vertailusta poisjätetyt ratkaisut

Maakaapelointi on käytännössä ainoa verkonrakennusvaihtoehto useimmilla asemakaava-alueilla, koska katusuunnitelmat määrittävät maanlaisten yhdyskuntateknisten verkkojen mahdolliset sijoituspaikat ja ilmajohtoratkaisuja ei ole mahdollista käyttää. Myös sähkömarkkinalain 6 tunnin laatuvaatimus asemakaava-alueilla tarkoittaa käytännössä maakaapeloinnin käyttöä.

1 kV sähkönjakelulle ei ole Helen Sähköverkon jakelualueella nähty tarvetta, koska pienjänniteverkon jännitteenalenema pysyy hyväksyttävänä tiiviillä kaupunkialueella, jolla myös muuntamotiheys on suuri.

Päällystettyä avojohtoa ei käytetä, koska ilmakaapeli vaatii vähemmän kunnossapitoa ja on kestävämpi tuulisessa saaristossa.

3.2. Kehittämisyöhykkeille esitettyjen sähkönjakeluratkaisujen kuvaus

a. Elinkaarikustannuksiltaan edullisin ratkaisu

Helen Sähköverkon verkkoalue koostuu pääosin asemakaavoitetulla alueella olevasta kaupunkiverkosta ja sähköverkon rakentamiseen käytetään pääsääntöisesti samoja ratkaisuja koko verkkoalueella ja siten myös molemmilla kehittämisyöhykkeillä. Helen Sähköverkon verkkoalueella suuri pienjänniteliittymien määrä sekä standardia tiukempi jännitteenalenemataavoite ohjaavat hyödyntämään useita muuntamoita sekä jakokaappeja. Pien- ja keskijänniteverkko rakennetaan maakaapeleilla, erityiskohteita lukuun ottamatta, tiheästi rakennetun kaupunkiympäristön takia. Kaupunkiympäristöön sopivaa optimaalista verkkorakennetta on Helen Sähköverkoilla tutkittu aiempina vuosina useissa opinnäytetöissä ja viime vuosina

muun muassa seuraavissa julkaisuissa. [Distribution Automation and Self-Healing Urban Medium Voltage Networks](#), [Kaupunkikeskijänniteverkon optimointi](#), [Kaukokäytettävien kohteiden valinta Helsingin keskijänniteverkossa](#)

Verkon vikatilanteiden kapasiteetin varmistamiseksi ei hyödynnetä tällä hetkellä joustopalveluita, koska pienjänniteverkko rakennetaan rengasverkkomaiseksi ja vikatilanteissa syöttö asiakkaille voidaan pääsääntöisesti ohjata toisista muuntopiireistä jakorajojen muutoksien kautta. Tarvittaessa investointihankkeiden toteutuksen aikana pyritään hyödyntämään varavoimakoneita, jos pienjänniteverkkoa ei saada korvattua vierekkäisten muuntopiirien kautta.

Ratkaisun investointikustannuksista suurin osa muodostuu jakeluverkon suunnittelusta ja rakentamisesta. Helen Sähköverkon investointihankkeissa hyödynnetään sekä kiinteistö- että erillismuuntamoita, joiden osalta ratkaisun kustannuksia muodostuu myös kiinteistömuuntamoiden tilakorvauksista ja erillismuuntamoiden lupa- ja sijoituskorvauksista. Osassa investointihankkeissa kustannukset kohdistuvat vain olemassa olevan jakeluverkon kaapeleiden saneeraukseen. Ratkaisun operatiiviset kustannukset ovat hyvin pienet investointikustannuksiin verrattuna koostuen ennakoivasta (kuntotarkastukset, huollot) ja korjaavasta kunnossapidosta sekä KAH (keskeytyksistä aiheutuva haitta) -korvauksista.

b. Edullisimman ratkaisun vaihtoehdot

Helen Sähköverkon verkkoalueella toteutettavat vaihtoehdot investoinneille ovat maakaapeliverkot jakokaappeja hyödyntäen (ratkaisu 1, edullisin) tai rakentaa jakeluverkko ilman jakokaappeja (ratkaisu 2) kaapeloiden uudet liittymät suoraan muuntamoiden pienjännitekeskuksilta. Ilman jakokaappeja toteutettavassa vaihtoehdossa tarvitsee joka tapauksessa rakentaa pienjänniteyhteydet muuntamoiden välille laajan maadoitusverkon sekä vikatilanteiden korvattavuuden takia.

Ratkaisuvaihtoehdossa 2 keskijännitekaapelointi toteutettiin samalla tapaa kuin valitussa edullisimmassa ratkaisussa 1. Erona toteutettuun ratkaisuun on pienjänniteverkon rakentaminen ilman jakokaappeja. Tämä toteutustapa nosti investointihankkeen kaapelointi- ja maanrakennuskustannuksia, johtuen suuremmasta kaapeli-määrästä muuntamoilta pienjänniteliittymille.

Ratkaisuvaihtoehdossa 3 pienjänniteverkko toteutettiin samalla tavalla kuin valitussa ratkaisussa. Eron toteutettuun ratkaisuun oli keskijännitekaapeloinnin minimointi ja toteuttaminen lyhyintä reittiä käyttäen. Tämä reitti kulki investointialueen pohjois-alueella ja reitin toteutuksen yhteydessä olisi tarvinnut toteuttaa kallion louhintaa, joka olisi nostanut investoinnin kustannuksia merkittävästi, vaikkakin keskijännitekaapelointi olisi ollut mahdollisimman lyhyt.

Kaapelointireitteihin Helsingissä vaikuttavat useat eri asiat, kuten muun yhdyskuntatekniikan sijoitus katualueelle, asemakaavat ja niiden muutokset sekä kaupungin omat ohjeistukset ja säädökset yhdyskuntatekniikan sijoituksesta. Pääsääntöisesti sähköverkon kaapelit sijoitetaan kevyenliikenteenväylän alle, jotta vikatilanteiden takia korjaukset voidaan suorittaa ilman ajoneuvoliikenteen katkaisemista. Joissain tilanteissa suorinta reittiä ei ole myöskään mahdollista rakentaa, koska se kulkisi

esimerkiksi kaupungin omistaman puistoalueen läpi, jonne ei voida sijoittaa kaapeleita. Samoin kaapeleita ei voida sijoittaa puiden lähetyville, koska kaapeleiden kaivamisen yhteydessä juuristot vahingoittuvat ja mahdollisissa vikatapauksissa koneellinen kaivaminen juurien alueella ei ole suotavaa.

3.3. Kehittämisyöhykkeen elinkaarikustannusten vertailu

a. Kuvaus kehittämisyöhykkeelle tyypillisestä kustannusvertailussa käytettävästä hankekokonaisuudesta

Valitussa ratkaisussa 1 jakeluverkon uudistaminen toteutettiin maakaapeloidun keski- ja pienjänniteverkon avulla hyödyntäen sopiviin paikkoihin asennettuja pienjännitejakokaappeja. Ratkaisun reittivalinnat toteutettiin olemassa olevan jakeluverkon reittejä hyödyntäen. Keskijännitekaapelin reitti kuitenkin siirrettiin samalle kaivu-reitille pienjännitteen kanssa investointihankealueen pohjoisreunasta. Syy tähän oli alkuperäisen reitin sijainti kalliolla ja uudelle keskijännitekaapelille olisi pitänyt louhia uusi reitti, joka olisi johtanut suuriin maanrakennuskustannuksiin. Jakokaappien käyttämisen johdosta liittymiskaapeleiden pituudet lyhenevät merkittävästi ja muuntamoita tarvitaan vähemmän koska useita liittymiä voidaan syöttää samasta jakokaapista ja muuntamoiden pienjännitekeskuksia voidaan hyödyntää paremmin.

b. Kehittämisyöhykkeen tyypillisen hankekokonaisuuden vertailu

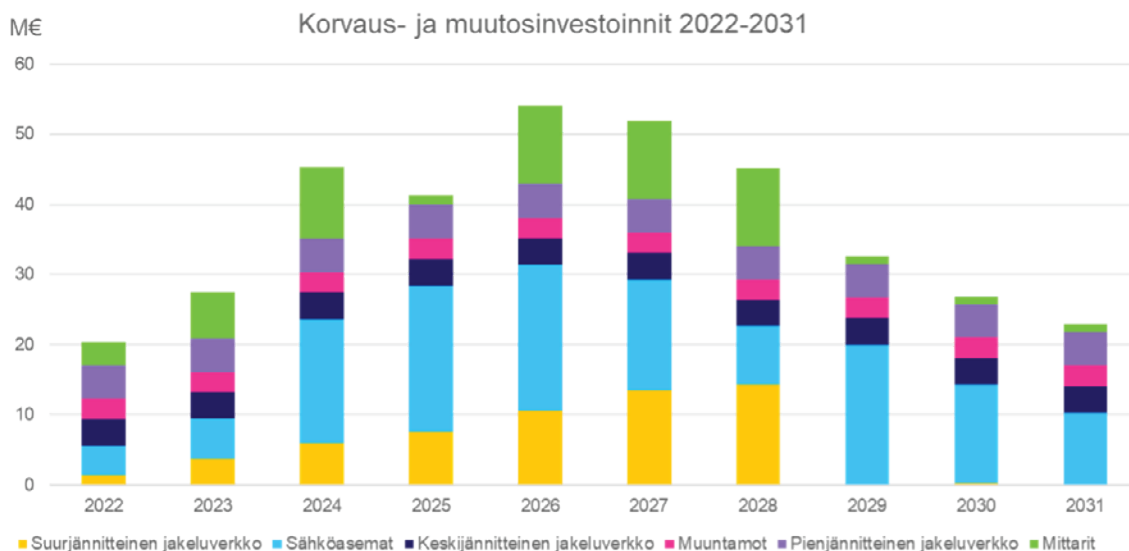
Kokonaiskustannuksiksi eri ratkaisuilla tulee:

- Ratkaisu 1 (optimaalinen verkkorakenne): 148 000 €
- Ratkaisu 2 (ilman jakokaappeja): 166 000 €
- Ratkaisu 3 (lyhin reitti louhimalla ja jakokaapeilla): 215 000 €

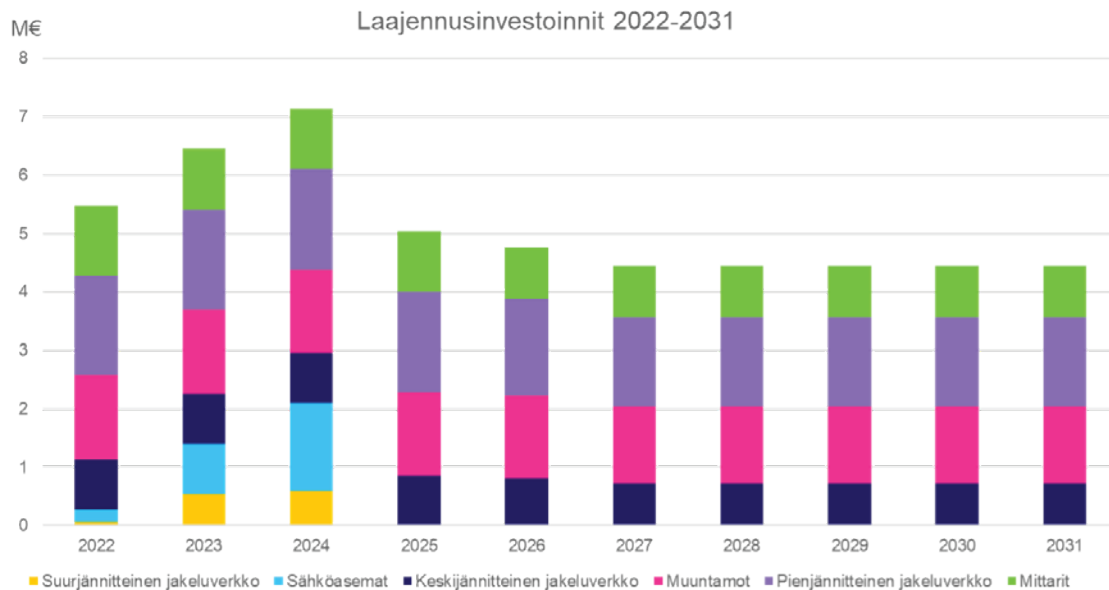
04 Pitkän tähtäimen suunnitelma



Helen Sähköverkon pitkän tähtäimen suunnitelman mukaiset bruttoinvestoinnit verkko-omaisuuteen 2022-2031 ovat noin 420 miljoonaa euroa. Korvaus- ja muutosinvestoinnit (noin 370 M€, kuva 12) sisältävät kaupungin kehittymisen ja energiamurroksen mahdollistavia merkittäviä verkon muutosinvestointeja sekä ikääntyneen sähköverkon uudistamista. Suuri osa näistä investoinneista kohdistuu 110 kV suurjännitteiseen jakeluverkkoon, sähköasemiin ja sähkömittareihin. Kaupungin kehittymisen ja energiamurroksen mahdollistaviin muutoksiin on arvioitu investoitavan seuraavan kymmenen vuoden aikana noin 160 miljoonaa euroa. Verkko-omaisuuden laajennusinvestoineilla (kuva 13) mahdollistetaan kaupungin uusien asuinalueiden rakentuminen, Näihin kaupungin kasvun mahdollistaviin investointeihin on arvioitu käytettävän samalla jaksolla noin 50 miljoonaa euroa kohdistuen pääosin uuden keski- ja pienjänniteverkon sekä muuntamoiden rakentamiseen. Uutta keskijänniteverkkoa rakennetaan noin 200 km, pienjänniteverkkoa 400 km ja muuntamoita 200 kpl. Seuraavan kymmenen vuoden aikana verkko-omaisuuden huoltoihin ja tarkastuksiin tullaan käyttämään noin 13 miljoonaa euroa.



Kuva 12. Helen Sähköverkon korvaus- ja muutosinvestoinnit verkko-omaisuuteen 2022-2031



Kuva 13. Helen Sähköverkon laajennusinvestoinnit verkko-omaisuuteen 2022-2031

4.1. Rahan käyttö eri ajanjaksoina

a. Suurjännitteinen jakeluverkko

i. Investoinnit

- a) 2014–2021 24,8 M€
- b) 2022–2028 57,4 M€
- c) 2029–2036 2,3 M€

ii. Kunnossapito

- a) 2014–2021 0,59 M€
- b) 2022–2028 0,53 M€
- c) 2029–2036 0,61 M€

b. Sähköasemat

i. Investoinnit

- a) 2014–2021 49,8 M€
- b) 2022–2028 93,0 M€
- c) 2029–2036 87,2 M€

ii. Kunnossapito

- a) 2014–2021 3,6 M€
- b) 2022–2028 7,1 M€
- c) 2029–2036 8,5 M€

c. Keskijännitteinen jakeluverkko

i. Investoinnit

- a) 2014–2021 30,5 M€
- b) 2022–2028 26,6 M€
- c) 2029–2036 30,4 M€

ii. Kunnossapito

- a) 2014–2021 0,05 M€
- b) 2022–2028 0,21 M€
- c) 2029–2036 0,24 M€

d. Muuntamot

i. Investoinnit

- a)** 2014–2021 22,8 M€
- b)** 2022–2028 20,3 M€
- c)** 2029–2036 23,2 M€

ii. Kunnossapito

- a)** 2014–2021 0,29 M€
- b)** 2022–2028 0,45 M€
- c)** 2029–2036 0,48 M€

e. Pienjännitteinen jakeluverkko

i. Investoinnit

- a)** 2014–2021 38,0 M€
- b)** 2022–2028 33,6 M€
- c)** 2029–2036 38,4 M€

ii. Kunnossapito

- a)** 2014–2021 0,25 M€
- b)** 2022–2028 0,53 M€
- c)** 2029–2036 0,62 M€

4.2. Laatuvaatimukset täyttävät käyttöpaikat sähkömarkkinalain 119 §:n mukaisina ajankohtina

a) Asemakaava-alueella

i) 31.12.2023

Asemakaava-alueella on käyttöpaikkoja laatuvaatimusten piirissä 31.12.2023 tilanteessa noin 428 800.

ii) 31.12.2028

Asemakaava-alueella on käyttöpaikkoja laatuvaatimusten piirissä 31.12.2028 tilanteessa noin 455 000.

b) Asemakaava-alueen ulkopuolella

i) 31.12.2023

Asemakaava-alueen ulkopuolella on käyttöpaikkoja laatuvaatimusten piirissä 31.12.2023 tilanteessa noin 1 000.

ii) 31.12.2028

Asemakaava-alueen ulkopuolella on käyttöpaikkoja laatuvaatimusten piirissä 31.12.2028 tilanteessa noin 1 000.

c) Alueilla, joihin sovelletaan paikallisiin olosuhteisiin perustuvaa laatuvaatimustasoa

i) 31.12.2023

0 kpl

ii) 31.12.2028

0 kpl

4.3. Laatuvaatimukset täyttävä sähköjakeluverkko sähkömarkkinalain 119 §:n mukaisina ajankohtina

a) KJ, km

i)31.12.2023

KJ-verkosta noin 1 660 km täyttää toiminnan laatuvaatimukset 31.12.2023 tilanteessa.

ii)31.12.2028

KJ-verkosta noin 1 690 km täyttää toiminnan laatuvaatimukset 31.12.2028 tilanteessa.

b) PJ, km

i)31.12.2023

PJ-verkosta noin 4 680 km täyttää toiminnan laatuvaatimukset 31.12.2023 tilanteessa.

ii)31.12.2028

PJ-verkosta noin 4 840 km täyttää toiminnan laatuvaatimukset 31.12.2028 tilanteessa.

4.4. Sähköjakeluverkon maakaapelointiaste eri jännitetasoilla toimenpiteiden jälkeen sähkömarkkinalain 119 §:n mukaisina ajankohtina

a) KJ, %

i)31.12.2023

KJ-verkon maakaapelointiaste on noin 99,8 % 31.12.2023 tilanteessa.

ii)31.12.2028

KJ-verkon maakaapelointiaste on noin 99,8 % 31.12.2028 tilanteessa.

b) PJ, %

i)31.12.2023

PJ-verkon maakaapelointiaste on noin 98,4 % 31.12.2023 tilanteessa.

ii)31.12.2028

PJ-verkon maakaapelointiaste on noin 98,7 % 31.12.2028 tilanteessa.

4.5. Uusi tuotanto ja uudet kuormat, jotka on arvioitu liittyvän ja vaativat merkittäviä jakeluverkkoinvestointeja seuraavan kymmenen vuoden aikana

Tulevaisuudessa fossiilisia polttoaineita käyttävää sähkön ja lämmön tuotantoa korvataan suuressa määrin sähköä kuluttavalla lämmöntuotannolla (lämpöpumput, sähkökattilat). Hanasaaren (2023) ja Salmisaaren (2024) voimalaitosten sulkemiset ja lämmöntuotannon korvaus vaikuttaa nostavasti siirrettävään sähkötehoon.

Liikenteen sähköistymistä tapahtuu auto- ja raideliikenteen lisäksi laivojen maasähköistykseen sekä sähkökäyttöisen laiva- ja lauttaliikenteen kautta. Näistä aiheutuu arviolta muutaman kymmenen megawatin sähkötehon kasvu vuoteen 2032 mennessä.

Vuosittainen jakeluverkkoinvestointitarve liittyy vahvaan jatkuvaan asuntorakentamiseen. Investointitarve perustuu Helsingin kaupungin asuntotuotantoennusteeseen, joka laaditaan vuosittain. Aineisto rakentuu yksittäisistä rakennushankkeista, jotka ovat alkuvuosilta todellisia, mutta mitä kauemmaksi katsotaan, sitä keinotekoisemmaksi ne muuttuvat perustuen kuitenkin pääosin kaavoitustietoihin. Kehittämissuunnitelmassa investointiohjelman pohjana on käytetty vuoden 2021 asuntorakentamisen ennustetta.

Ote Helsingin kaupungin asuntotuotantoennusteesta 2020-2035:

”Helsingissä koko kaupungin tuleva asuntorakentaminen koostetaan vuosittain asuntotuotantoennusteeksi. Ennuste laaditaan vähintään seuraavalle viidelletoista vuodelle ja sitä hyödynnetään muun muassa Asumisen ja siihen liittyvän maankäytön toteutusohjelman (AM) laadinnassa ja seurannassa sekä Helsingin väestöennusteen alueellistamisessa.

Asuntotuotantoennuste perustuu asuntotuotannon hankerekisterin (ATO) hanketasoisiin tietoihin. Rekisteriin kootaan tieto kaavoitettavasta asuinkerrosalasta. Asuinkerrosalan perusteella lasketaan arviot valmistuvien asuntojen määristä.

Asuntorakentaminen ajoitetaan ensisijaisesti kaupungin aluerakentamisprojektien tiedoilla. Ajoituksessa huomioidaan useita rakentamiseen liittyviä tietoja, kuten investointien luomat mahdollisuudet, rakentamisalueiden kunnallistekninen valmius ja esirakentamistarpeet. Ajoitusta täsmennetään myös suoraan rakennuttajilta ja rakennusliikkeiltä saatavien tietojen perusteella.

Rekisterin tietoja päivitetään jatkuvasti. Ennuste voi pitkällä tarkasteluajalla vaihdella pohjatietojen muuttuessa ja tarkentuessa. Lisäksi siihen vaikuttavat muun muassa mahdolliset kaavavalitukset sekä maanomistukseen liittyvät tekijät. Ennuste huomioi kaavoituksen sallimat rakentamismahdollisuudet, mutta ei arvioi esimerkiksi suhdannevaihteluiden vaikutusta rakentamisen määrään.”

Kaupunki ei ole tuottanut ennustetta tällä tasolla toimitila-, palvelu -ja liikerakentamisesta. Näiden rakentamisen on oletettu kehittyvän yhdessä asuntorakentamisen kehittymisen kanssa.

4.6. Uuden tuotannon ja uusien kuormien liittämiseksi tehtävät merkittävät jakeluverkkoinvestoinnit seuraavan kymmenen vuoden aikana.

a. Seuraavan 0–5 vuoden aikana

Uuden tuotannon ja uusien kuormien liittämiseksi arvioidaan tarkastelujaksolla investoitavan yhteensä 110 kV ja jakeluverkkoon noin 20-30 M€, josta muuntamoihin ja keskijänniteverkkoon kohdistuva osuus on noin 20 M€.

b. Seuraavan 6–10 vuoden aikana

Uuden tuotannon ja uusien kuormien liittämiseksi arvioidaan tarkastelujaksolla investoitavan yhteensä 110 kV ja jakeluverkkoon noin 40-60 M€, josta muuntamoihin ja keskijänniteverkkoon kohdistuva osuus on noin 20 M€.

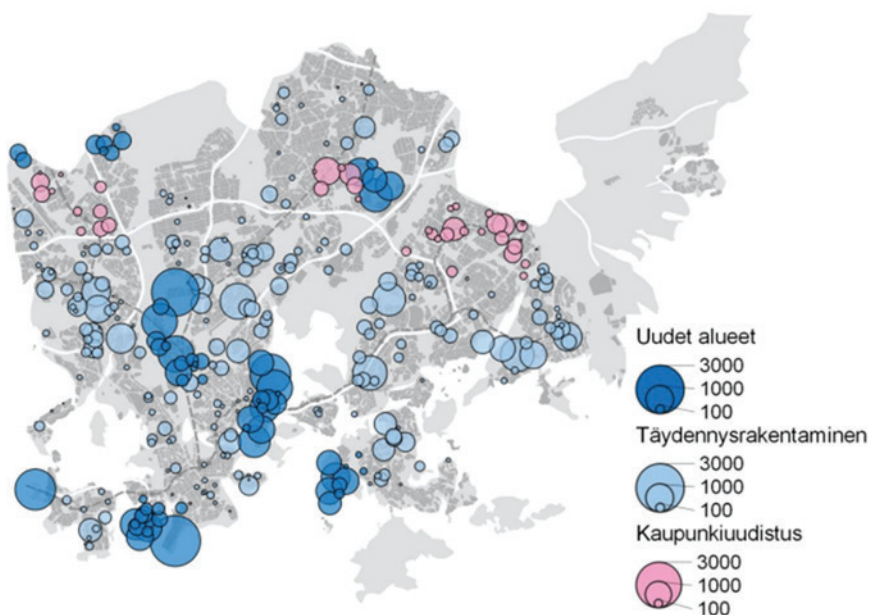
4.7. Havainnollistus uuden tuotannon ja uusien kuormien liittämisestä verkkoalueella.

a. Investointien maantieteellinen sijoittuminen

Helsingin kaupungin asuntotuotantoennusteen 2020-2035 (kuva 14) mukaan seuraavan kymmenen vuoden aikana uusille alueille ja bulevardeille (Tuusulanväylä ja Vihdintie) valmistuu puolet uudesta asuntorakentamisesta. Tosin bulevardien rakentaminen tulee näkymään vasta kymmenvuotiskauden jälkimmäisellä puoliskolla ja siitä eteenpäin. Uusia alueita Helsingissä ovat Kalasatama, Koivusaari, Kruunuvuorenranta, Kuninkaantammi-Honkasuo, Länsisatama, Malmin lentokenttä ja Pasila. Seuraavan kymmenen vuoden aikana sähköasematasolla päämuuntajateho tulee nettona kasvamaan 30 - 40 MW.

Kaukolämpöverkkoon tuotettu lämpö teollisen kokoluokan pumpuilla voi olla hyvin hajautettua koko alueella. Toisaalta voi tulla suurempia keskitettyjä ratkaisuja esimerkiksi vanhojen voimalaitosten (Salmisaari ja Hanasaari) alueille. Jäähdytykseen tarkoitetut suuret kompressorit sijoittuvat yleensä meren rannalle kaukokylmäverkon lähelle.

Laivaliikennettä palvelevat sähköliittymät tulevat pääosin sijoittumaan Helsingin kantakaupungin satamiin.



Kuva 14: Helsingin kaupunki, Asuntotuotantoennuste 2020-2035 (1.7.2020), Valmistuvat asunnot kaavoittain 2020-2035 [Asuntotuotantoennuste 2020-2035](#)

05 Sähkönjakeluverkon kehittämistoimenpiteet kuluvan ja seuraavan vuoden aikana



5.1. Investoinnit ja kunnossapito verkon laatuvaatimusten täyttämiseksi ja ylläpitämiseksi sekä kapasiteettitarpeiden ylläpitämiseksi kuluvana ja seuraavana vuotena

a. Suurjännitteinen jakeluverkko

- i. Investoinnit 5,1 M€
- ii. Kunnossapito 0,15M€

b. Sähköasemat

- i. Investoinnit 9,9 M€
- ii. Kunnossapito 2,1 M€

c. Keskijännitteinen jakeluverkko

- i. Investoinnit 7,6 M€
- ii. Kunnossapito 0,06 M€

d. Muuntamot

- i. Investoinnit 5,8 M€
- ii. Kunnossapito 0,14 M€

e. Pienjännitteinen jakeluverkko

- i. Investoinnit 9,6 M€
- ii. Kunnossapito 0,18 M€

5.2. Käyttöpaikat laatuvaatimusten piirissä kuluvan ja seuraavan vuoden toimenpiteiden toteuduttua

a. Asemakaava-alueella

31.12.2023 laatuvaatimusten piirissä on 428 800 käyttöpaikkaa.

b. Asemakaavan ulkopuolella

31.12.2023 laatuvaatimusten piirissä on 1 000 käyttöpaikkaa.

c. Alueilla, joihin sovelletaan paikallisiin olosuhteisiin perustuvaa laatuvaatimustasoa

0 kpl.

5.3. Toimenpiteet kuluvan ja seuraavan vuoden aikana

Kuluvan ja seuraavana vuoden aikana toimenpiteet kohdistuvat lähes täysin asema-kaava-alueen kehittämisvyöhykkeelle.

110 kV verkkoon ja sähköasemiin liittyen tehdään sähköasemien suojausjärjestelmien uusintoja, 110 kV kaapelisiirtoja ja 110 kV avojohtojen kaapelointeja kaupungin kehittämiseen liittyen, sähköasemarakennusten peruskorjauksia, 110 kV sähköasemakojeistojen perushuoltoja ja sähköasemien uudistamisia.

Uutta keskijännitekaapeliverkkoa rakennetaan noin 40 km ja vanhaa verkkoa uudistetaan noin 50 km. Uutta pienjännitekaapeliverkkoa rakennetaan noin 80 km ja vanhaa verkkoa uudistetaan noin 130 km. Uusia muuntamoita rakennetaan noin 40 kpl ja vanhoja uudistetaan noin 50 kpl.

5.3.1. Laatuvaatimukset täyttävä sähköjakeluverkko kuluvan ja seuraavan vuoden toimenpiteiden jälkeen

a) KJ, km

Sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset KJ-verkon osalta täyttää noin 1 660 km 31.12.2023 tilanteessa.

b) PJ, km

Sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset PJ-verkon osalta täyttää noin 4 680 km 31.12.2023 tilanteessa.

5.3.2. Sähköjakeluverkon maakaapelointiaste eri jännitetasoilla kuluvan ja seuraavan vuoden toimenpiteiden jälkeen

a) KJ

KJ-verkon maakaapelointiaste on 31.12.2023 tilanteessa noin 99,8 %.

b) PJ

PJ-verkon maakaapelointiaste on 31.12.2023 tilanteessa noin 98,4 %.

5.3.3. Suunnitellun yhteisrakentamisen osuus

Suunnitellun yhteisrakentamisen osuus on noin 210 km, joka vastaa noin 70 % kokonaisinvestoinneista.

5.3.4. Yhteisrakentamista edistävät toimenpiteet

Helen Sähköverkko Oy on mukana Helsingin kaupungin Yhteinen kunnallistekninen työmaa -konseptissa, jonka sopimuksen mukaisesti yhdyskuntateknisiä verkkoja rakentavat tahot toimivat yhteistyössä. Osapuolet ylläpitävät yhteisessä Louhipalvelussa tulevia rakennushankkeitaan maantieteellisesti ja ajallisesti rajattuna, jolloin muiden osapuolten on mahdollista sovittaa omia hankkeitaan yhteiseksi

työmaaksi. Louhi-palvelussa olevat verkonrakennushankkeet näkyvät samalla myös valtakunnallisessa verkkotietopiste.fi -palvelussa. Louhi-palvelussa julkaistavien investointisuunnitelmien toteutuksen aikajänne vaihtelee noin vuodesta useampaan vuoteen. Louhi-palvelun lisäksi Helen Sähköverkon verkonrakennuskumppani tiedottaa sähköpostitse tulevista investointihankkeista Helsingin kaupungin alueella toimiville infrarakentajille mahdollista yhteisrakentamista varten. Aikajänne näissä hankkeissa toteutukseen on muutamista viikoista muutamaan kuukauteen.

5.3.5. Uuden tuotannon ja uusien kuormien liittämiseksi tehtävät merkittävät jakeluverkkoinvestoinnit kuluvaan ja seuraavan vuoden aikana.

Kuluvaan ja seuraavan vuoden aikana verkkoon investoidaan 4,7 M€ uuden tuotannon ja uusien kuormien liittämiseksi.

Kuluvaan ja seuraavan vuoden aikana 110 kV verkkoon liitetään uusia lämmön-tuotantolaitoksia, jotka vaativat sähköasemalla tehtäviä laajennusinvestointeja. Jakeluverkkoon liittyvät uudet kuormat vaativat laajennusinvestointeja keskijännite-kaapeliverkkoon ja muuntamoihin eri puolilla kaupunkia.

5.3.6. Joustopalveluiden hyödyntäminen kuluvaan ja seuraavan vuoden aikana.

a. Joustopalveluiden hyödyntämisen selvitykset ja pilottihankkeet

Joustoanalyysissä on pääpaino ollut toistaiseksi joustojen sähkötekniinen mallintaminen sekä vaikutus liittymiin ja edelleen jakeluverkon kuormitusasteisiin ja mitoittamisiin. Joustojen hyödyntämisen roolitusta eri toimijoiden kesken ja tulevaisuuden mahdollisia joustotuotteita ja paikallista joustoalustaa (flex hub) kera tietotarpeineen on selvitetty. Edellä mainittuja analyyskejä jatketaan. Joustopalvelu joustotuotteineen tarkoittaa joustojen tarvetta ja tarjontaa ja joustopalveluissa lähiajan kehityskohde on asiakastuen kehittäminen ja verkon tilatiedon analyysit.

Seuraavassa on lyhyet maininnat Helen Sähköverkon joustohankkeista ja selvityksistä, jotka ovat aktiivisessa vaiheessa 2022 ja 2023. [Helen Sähköverkko T&K](#)

Helen Sähköverkko demonstroi ja testasi EU-SysFlex -tutkimushankkeessa (11/2017-2/2022) paikallisen loistehomarkkinan perusrakennetta hyödyntäen asiakkaiden loisjoustoja. Lisäksi hankkeessa mallinnettiin keski- ja pienjänniteverkon pätötehojoustojen verkkovaikutuksia sekä analysoitiin joustojen asiakasymmärrystä. Helen Sähköverkon alueella testatut joustoelementit olivat teollisuus- ja toimistokokoluokan akut, sähköautojen latausinfra, varaavat sähkölämmityskuormat sekä aurinkotuotantolaitos. Akkujen monitoiminnallisuutta pilotoitiin.

Tutkimuksen tuloksia hyödynnetään edelleen tutkimusohjelman jälkeen.

Sähkötutkimuspoolin kautta Helen Sähköverkko osallistuu joustohankkeeseen (10/2021-4/2022), jossa on määritetty huipunleikkauksen markkinapohjainen joustotuote ja sen vaatimuksia joustotuotteen mittauksiin, todentamisiin, tiedonvaihtoihin ja tietopalustoihin.

Samoin, Sähkötutkimuspoolin kautta Helen Sähköverkko on Kiinteistöt energiamurroksessa (2/2022-8/2022) -hankkeessa, jossa tutkitaan isojen kiinteistöjen energianhallintaa ja tässä kohdin erilaiset joustoratkaisut ovat keskeisessä asemassa.

Lisäksi selvitämme suurien sähkönkulutusasiakkaiden mahdollisuuksia tarjota kulutusjoustoja sekä sopimusmalleja sähkönkulutusjouston hankintaan. Näillä pyrimme parantamaan suurjännitteisen jakeluverkon siirtokapasiteetin hallintaa, viivästyttämään investointitarvetta ja parhaassa tapauksessa välttämään investointeja suurjännitteisen jakeluverkon siirtokapasiteettiin.

Pilottina jatketaan toimistokiinteistökohteen smart gridin (akku, sähköautolataus, aurinkotuotanto) monitoiminnallisuuden (joustopot, huipunleikkaus, loisteho, omakäyttö, markkinatoiminta) testaamista ja analyysia siitä, miten monitoiminnallisuus hyödyntää eri toimijoita (verkkoyhtiö, asiakas, markkinatoimija). Verkkoyhtiön kiinnostus on erityisesti liittymien ja edelleen jakeluverkon kuormitusasteen ja mitoittamisen hallinta.

Helen Sähköverkossa kehitetään edelleen liittymäpalvelujen työkaluvalikoimaa sovelluksella, jolla voidaan määrittää lämmitystapamuutoksen vaikutus liittymään. Myös pienjänniteverkon tilatiedon hallintaa kehitetään uusilla älykkäillä jakeluverkon hallintajärjestelmillä (ADMS) ja uusimman sukupolven älykkäillä mittausjärjestelmillä (AMR).

06 Sähkönjakeluverkon kehittämistoimenpiteet kahden edellisen vuoden aikana



6.1. Investoinnit ja kunnossapito verkon laatuvaatimusten täyttämiseksi ja ylläpitämiseksi sekä kapasiteettitarpeiden ylläpitämiseksi kahtena edellisenä vuotena

a. Suurjännitteinen jakeluverkko

- i. Investoinnit 0,5 M€
- ii. Kunnossapito 0,2 M€

b. Sähköasemat

- i. Investoinnit 5,7 M€
- ii. Kunnossapito 2,2 M€

c. Keskijännitteinen jakeluverkko

- i. Investoinnit 6,4 M€
- ii. Kunnossapito 0,03 M€

d. Muuntamot

- i. Investoinnit 5,0 M€
- ii. Kunnossapito 0,11 M€

e. Pienjännitteinen jakeluverkko

- i. Investoinnit 10,2 M€
- ii. Kunnossapito 0,05 M€

6.2. Käyttöpaikat laatuvaatimusten piirissä kahden edellisen vuoden toimenpiteiden jälkeen

a. Asemakaava-alueella

Asemakaava-alueella on käyttöpaikkoja laatuvaatimusten piirissä 414 147 kpl 31.12.2021 tilanteessa.

b. Asemakaavan ulkopuolella

Asemakaavan ulkopuolella on käyttöpaikkoja laatuvaatimusten piirissä 957 kpl 31.12.2021 tilanteessa.

c. Alueilla, joihin sovelletaan paikallisiin olosuhteisiin perustuvaa laatuvaatimustasoa

0 kpl

6.3. Toimenpiteet edellisen kahden vuoden aikana

Kahden edellisen vuoden aikana toimenpiteet kohdistuivat lähes täysin asemakaava-alueen kehittämisvyöhykkeelle.

110 kV verkkoon ja sähköasemiin liittyen tehtiin sähköasemien suojausjärjestelmien uusintoja, 110 kV kaapelisiirtoja kaupungin kehittymisen takia ja sähköasemarakennusten peruskorjauksia.

Uutta keskijännitekaapeliverkkoa rakennettiin 13 km ja vanhaa verkkoa uudistettiin 40 km. Uutta pienjännitekaapeliverkkoa rakennettiin 64 km ja vanhaa verkkoa uudistettiin 122 km. Uusia muuntamoita rakennettiin 46 kpl ja vanhoja uudistettiin 31 kpl.

6.3.1. Laatuvaatimukset täyttävä sähköjakeluverkko kahden edellisen vuoden toimenpiteiden jälkeen

a) KJ, km

KJ-verkosta sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset täyttää noin 1 649 km.

b) PJ, km

PJ-verkosta sähköjakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset täyttää noin 4 616 km.

6.3.2. Yhteisrakentamisen hyödyntäminen

Yhteisrakentamista hyödynnettiin investoinneissa noin 170 km matkalla, joka vastaa noin 70 % kokonaisinvestoinneista.

6.3.3. Uuden tuotannon ja uusien kuormien liittämiseksi tehdyt merkittävät jakeluverkkoinvestoinnit edellisen kahden vuoden aikana.

Kahden edellisen vuoden aikana verkkoon investoitiin 3,6 M€ uuden tuotannon ja uusien kuormien liittämiseksi.

Edellisen kahden vuoden aikana jakeluverkkoon liitetyt uudet kuormat vaativat laajennusinvestointeja keskijännitekaapeliverkkoon ja muuntamoihin eri puolilla kaupunkia.

6.4. Joustopalveluiden hyödyntäminen kahden edellisen vuoden aikana

a. Joustopalveluiden hyödyntämisestä tehdyt selvitykset ja pilottihankkeet

Joustopalvelujen hyödyntämisen selvitysten ja pilottihankkeiden pääpaino 2020 ja 2021 on toistaiseksi ollut joustojen mallintamisessa sekä vaikutuksissa liittymiin ja edelleen jakeluverkon kuormitusasteisiin ja mitoittamisiin. Joustojen hyödyntämisen roolitusta eri toimijoiden kesken ja tulevaisuuden mahdollisia joustotuotteita

ja paikallista joustoalustaa (flex hub) tietotarpeineen on selvitetty. Seuraavassa on lyhyet maininnat Helen Sähköverkon joustohankkeista ja selvityksistä. [Helen Sähköverkko T&K](#)

Helen Sähköverkko demonstroi ja testasi EU-SysFlex -tutkimushankkeessa (11/2017-2/2022) paikallisen loistehomarkkinan perusrakennetta hyödyntäen asiakkaiden loistehojoustoa. Lisäksi hankkeessa mallinnettiin keski- ja pienjänniteverkon päätöshojoustojen verkkovaikutuksia sekä analysoitiin joustojen asiakasymmärrystä. Helen Sähköverkon alueella testatut joustoelementit olivat teollisuus- ja toimistokokoluokan akut, sähköautojen latausinfra, varaavat sähkölämmityskuormat sekä aurinkotuotantolaitos. Akkujen monitoiminnallisuutta myös pilotoitiin.

Sähkötutkimuspoolin kautta DER (Distributed Energy Resources) -hankkeessa (4/2019-9/2020) mallinnettiin joustoina Helsingin kotitalouksien sähköautojen latauksen, lämmitystapamuutosten sekä yhdistelmän aurinkotuotanto+akku verkkovaikutuksia.

Samoin, Sähkötutkimuspoolin kautta Helen Sähköverkko osallistui Energiamurroshankkeeseen (10/2020-5/2021), jossa joustot olivat yksi pääteemoista. Tämä tutkimus visioi joustojen markkina-alustan ja markkinapohjaisen joustojen hyödyntämisen ja käytön polkua aikajänteenä seuraava vuosikymmenen.

Sähkötutkimuspoolin kautta on Helen Sähköverkko osallistunut joustohankkeeseen (10/2021-4/2022), jossa on määritetty huipunleikkauksen markkinapohjainen joustotuote ja sen vaatimuksia joustotuotteen mittauksiin, todentamisiin, tiedonvaihtoihin ja tietopalustoihin.

Helen Sähköverkolla on joustopilottina toimistokiinteistökohteen smart grid (akku, sähköautolataus, aurinkotuotanto), jossa on testattu kyseisen joustokokonaisuuden teknisiä monitoiminnallisuuksia (joustot, huipunleikkaus, loisteho, omakäyttö, markkinatoiminta). Tällöin kokonaisuuden joustoja hyödyntävät eri toimijat (verkkoyhtiö, asiakas, markkinatoimija). Verkkoyhtiön kiinnostus on erityisesti liittymien ja edelleen jakeluverkon mitoittamisen hallinta.

Helen Sähköverkossa kehitettiin (2021) liittymäpalveluille työkalu, jolla määritetään sähköautojen erilaisten latausprofiilien vaikutus liittymässä.

Energiamurroksessa lämmitys sähköistyy. Kiinteistökohtaisissa lämmitysratkaisuissa myös kerrostalojen lämmitys maalämpönä yleistyy. Helen Sähköverkossa analysoitiin 2021 lämmitystapamuutoksessa Helsingin maalämpökerrostalojen verkostovaikutukset.

6.5. Toteuma edelliseen kehittämissuunnitelmaan verrattuna

Vuoden 2020 kehittämissuunnitelmassa esitetyt investoinnit ovat toteutuneet suunnitellusti. Kahden edellisen vuoden aikana kunnossapidon toteutuneet kustannukset ovat suuremmat kuin vuoden 2020 kehittämissuunnitelmassa esitetyt, koska toteutuneisiin kustannuksiin on nyt huomioitu myös sähköasemarakennusten kunnossapidon kustannukset.

07 Kehittämissuunnitelmasta kuuleminen

7.1. Kehittämissuunnitelman kuulemisen toteutus

Kehittämissuunnitelma julkaistiin kuulemista varten kokonaisuudessaan pdf-muodossa suomeksi ja ruotsiksi Helen Sähköverkon kotisivuilla, johon oli koottu myös tiivistelmät kehittämissuunnitelman keskeisistä asioista. Kotisivuilla oli myös linkki kuulemissovellukseen, jonka avulla kuuleminen toteutettiin. Kuulemissovelluksessa kehittämissuunnitelman keskeisistä asioista esitettiin tiivistelmät sekä aihealueeseen liittyviä kysymyksiä, jotka osittain riippuivat kuulemisen alussa kysytystä vastaajan sähkönkäyttöryhmästä. Kuulemissovelluksessa oli mahdollista antaa myös sanallista palautetta monivalintakysymysten lisäksi. Kehittämissuunnitelmasta ja kuulemismahdollisuudesta tiedotettiin Helen Sähköverkon kotisivujen lisäksi asiakkaille sähköpostitse lähetetyllä uutiskirjeellä sekä Helen Sähköverkon sosiaalisen median kanavilla (LinkedIn, Twitter, Instagram, Facebook).

Kantaverkkoyhtiölle, naapuriverkkoyhtiölle sekä suurimmille asiakkaille lähetettiin sähköpostitse tieto kehittämissuunnitelman julkaisusta ja lausumismahdollisuudesta vapaamuotoisesti suoraan sähköpostitse.

7.2. Kehittämissuunnitelman kuulemisen ajankohta

Kehittämissuunnitelma ja linkki kuulemissovellukseen julkaistiin Helen Sähköverkon kotisivuilla 29.4.2022 ja kuuleminen päättyi 31.5.2022. Sähköpostitse saadut lausunnot saatiin myös 31.5.2022 mennessä.

7.3. Kehittämissuunnitelmasta lausuneet tahot asiakasryhmittäin

Kuulemissovelluksen kautta saatiin yhteensä 2342 vastausta, jotka jakautuivat asiakasryhmittäin seuraavasti:

- Kotitalous 2173
- Kerros- tai rivitalo 1861
- Omakoti- tai paritalo 297
- Vapaa-ajan asunto 15
- Asunto-osake-/kiinteistöyhtiö 117

- Julkinen sektori 8
- Järjestö tai yhteisö 5
- Yksityinen yhtiö 39

Näiden lisäksi saatiin sähköpostitse lausunnot Helsingin kaupunkiympäristön toimialan maankäyttö ja kaupunkirakenne -palvelukokonaisuudelta ja Caruna Espoo Oy:ltä.

7.4. Kehittämissuunnitelmasta annettujen lausuntojen käsittely

Kuulemissovelluksessa esitettyjen kysymysten yhteenvedot saatiin suoraan sovelluksen toteuttaneen tahon kautta asiakasryhmittäin jaoteltuina sekä raakadatana. Sovelluksen kautta annetut tekstimuotoiset palautteet käytiin läpi Helen Sähköverkon omana työnä ja vastuksista koostettiin yhteenveto. Sähköpostitse saadut lausunnot käytiin läpi myös Helen Sähköverkon omana työnä. Kuulemissovelluksen kautta saadut vastaukset ja sähköpostitse saadut lausunnot säilytetään Helen Sähköverkon tiedostopalvelimella.

7.5. Annettujen lausuntojen keskeiset tulokset

Kuulemissovelluksen kysymykset toimitusvarmuuden merkityksestä ja investoinnit toimitusvarmuuden ylläpitämiseksi, energiamurroksen mahdollistamiseksi ja kaupungin kehittymisen mahdollistamiseksi koettiin vastauksissa tärkeiksi.



Kuva 15. Vastaukset investointien tärkeyttä koskeviin kysymyksiin. Asteikko: 1 ei ollenkaan – 5 erittäin tärkeä.

Seuraavassa on yhteenveto kuulemissovelluksen vapaista palautteista osioittain.

Toimintaympäristön muutosennuste:

Vapaan palautteen pohjalta vastaajat ovat huomioineet maailman tilanteen ja toimintaympäristön muutokset. Esiin nousee sota, halu energianmurroksen ja hiili-neutraaliuden mahdollistamiseksi sekä Helen Oy:n tuotantomuutokset. Yleisesti muutosennusteet vaikuttavat vastaajista harkituilta ja kokonaisuutena mahdollisilta. Erityisesti vastaajat ovat skeptisiä Helsingin väkilukuennusteen kehityksen kasvuun. Vastauksissa pohditaan kuinka etätyö, asumisen kustannukset, tarve suuremmille asunnoille (mm. lapsiperheet) ja luonto lähellä muuttaa ihmisten halua asua tai muuttaa Helsinkiin. Vastaajat pitävät puhtaaseen energiantuotantoon siirtymistä erittäin positiivisena asiana. Erityisesti aurinkoenergian hyödyntäminen kiinnostaa useita, mutta samalla kotitaloudet tunnistavat haasteet asentaa aurinkopaneeleita taloyhtiöihin (kustannushyöty, kaupungin ja museoviraston vaatimukset). Lisäksi muutoksissa haluttaisiin arvioida tarkemmin jäähdytyksen vaikutuksia ja kuinka kyberturvallisuus varmistetaan.

Verkon kehittäminen:

Verkon kehittämiseen koettiin vaikeaksi antaa palautetta, koska teknisiin ratkaisuihin kommentointi vaatii asiantuntemusta ja suunnitelmassa esiteltyt ratkaisut vaikuttavat järkeviltä. Hyvin paljon oli ”Hyvä”, ”OK”, ”Kuulostaa hyvälle” - vastauksia. Joustoissa nähdään hyödyntämismahdollisuuksia ja yleisesti joustoista ollaan kiinnostuneita, mutta vastaajista useampi kokee joustot haastavana ymmärtää käytännössä (ainakin kehittämissuunnitelman pohjalta). Lisäksi älyverkkoihin haluttaisiin panostaa, jos se parantaa puhtaaseen energiaan siirtymistä ja varmistaa kiitettävän toimitusvarmuuden.

Pitkän tähtäimen suunnitelma:

Pitkän tähtäimen suunnitelmasta kertomista pidetään erittäin positiivisena asiana, joka helpottaa siirtohintojen tarkastelua. Sähköverkko nähdään tärkeänä mahdollistajana kaupungin kehittymiselle ja puhtaan energian mahdollistamiseksi. Erityisen tärkeänä pidetään sähköverkon toimitusvarmuusvaatimuksia. Pitkän tähtäimen kustannuksia pidetään joissain vastauksissa suurina ja ollaan huolissaan siirtohintojen kehityksestä. Kuitenkin hyvin suuri osa pitää investointeja perusteltuina ja välttämättöminä puhtaan energian ja erinomaisen toimitusvarmuuden mahdollistamiseksi.

Vapaa palaute yleisesti koko suunnitelmasta:

Avoimessa palautteessa korostetaan yhteiskaivuun hyödyntämistä mahdollisimman paljon. Lisäksi komentoitiin investointien ennakointia (mm. ennakkoputkitusten käyttö). Erityisesti aurinkopaneelit nousevat usein esiin sekä sähköautolatausinfra parantaminen. Kyberturvallisuus nousee esiin useassa eri kohdassa. Yksi poiminta vapaista palautteista tiivistää monen vastauksen viestin: ”Suunnitelman eteen on selvästi tehty paljon työtä ja sisältö oli mielenkiintoista. Suunnitelmasta myös näkyi,

että aiempi vuosikymmenten aikana tehty työ on tehty hyvin suunnitellen. Vaikka sähkön käytössä on selvä murrosvaihe, moni asia on kuitenkin jo valmiina ottamaan muutokset vastaan.”

Helsingin kaupungin lausunnossa tuotiin esiin toimitusvarmuuden merkitystä, sähköistyvää liikennettä ja sähkönkäytön lisääntymistä lämmöntuotannossa. Lisäksi korostettiin, että yhteistyötä maankäytön suunnittelun ja sähköverkon investointien suunnittelun kesken tulisi jatkaa ja lisätä, jotta oikea-aikaisia sähköverkon investointeja voidaan toteuttaa yhdyskuntarakenteen laajenemisen tarpeen mukaan.

Caruna Espoo Oy:n lausunnossa on todettu, että kehittämissuunnitelmista kuuleminen on hyvä käytäntö ja se tulee parantamaan entisestään hyvää yhteistyötä jakeluverkkoyhtiöiden välillä. Lausunnossa on todettu myös suunnitelman olevan kattava ja monipuolinen esitys toimiympäristön murroksesta ja sen vaikutuksista sähköverkon kehittymiseen. Lausunnossa on lisäksi tuotu esiin sähköjärjestelmän kokonaiskäytettävyyden kannalta hyödyllisenä kuvata kantaverkon yhteyksien ohella mahdolliset yhteydet myös muiden sähköverkonhaltijoiden verkkoihin.

7.6. Kehittämissuunnitelman muutostarpeet

Kehittämissuunnitelman kuulemisen tulokset olivat rohkaisevia ja vahvistivat valintoja, joita Helen Sähköverkko on tehnyt verkon kehittämisen suhteen Helsingissä. Jatkamme panostamista yhteisrakentamisen lisäämiseksi edelleen sekä maankäytön ja sähköverkon suunnittelun yhteensovittamiseen. Kehittämissuunnitelman investointitasoja täsmennettiin kuulemisversiosta kuulemisen aikana valmistuneen kilpailutuksen ja sitä kautta myös tulevaisuutta koskevien edullisempien hinta-arvioiden myötä. Kehittämissuunnitelman kuulemisen tuloksissa ei noussut esille selkeitä asiakokonaisuuksia, joiden pohjalta suunnitelmaa olisi tällä hetkellä tarvetta muuttaa. Osittain kuulemisessa oli nostettu myös esiin asioita, jotka eivät kuulu sähköverkkoliiketoiminnan piiriin.

