

# Uudet teknologiat ekologisen kiinteistön sähköverkossa

Teemu Levo

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2020

Talotekniikan koulutusohjelma  
Ylempi AMK-tutkinto

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikka YAMK

LEVO, TEEMU:

Uudet teknologiat ekologisen kiinteistön sähköverkossa

Opinnäytetyö 69 sivua, joista liitteitä 5 sivua  
Toukokuu 2020

---

Työn tavoitteena on löytää ongelmakohtat, jotka ovat esteenä ekologisten sähköjärjestelmien yleistymiselle ja tuoda esille asiat, jotka tulee ottaa huomioon niiden hankintaan ja kannattavuuteen liittyen. Tarkoituksena on myös kehittää järjestelmien suunnittelua ja yhdistää uudet teknologiat osaksi ekologisen kiinteistön sähköverkkoa. Konkreettisenä tuotoksena työstä ovat ohjeet aurinkosähköjärjestelmän sekä sähköauton latauspisteiden hankinnasta Suunnitteluliiga Oy:n asiakkaille.

Käytännössä uusiutuvan energian tehokas hyödyntäminen edellyttää sähkön tuotannon ylijäämän varastointia tai jakamista muille käyttäjille tulevaisuuden hyvitysmalleja hyödyntäen. Varastointiin voidaan käyttää kiinteän akuston lisäksi myös akulla varustettuja ajoneuvoja, jolloin ajoneuvojen akut toimivat sähköverkon tasapainottajina kaksisuuntaisessa latausjärjestelmässä. Tehopiikkien tasapainotus ja kysyntäjousto tulevat jatkuvasti suurempaan rooliin uusiutuvien energianlähteiden ja sähköisen liikenteen vaikutuksesta.

Uusiutuvista energianlähteistä käydään tarkemmin läpi aurinkoenergia, mutta samat sääriippuvuusongelmat ja tasavirtaominaisuudet pätevät myös muihin uusiutuviin energianlähteisiin. Aurinkosähköjärjestelmän lisäksi käydään läpi sähkön varastointi ja sähköautojen latausjärjestelmä sähkösuunnittelun näkökulmasta. Lisäksi annetaan opastusta ja käytännön vinkkejä järjestelmien hankintaan liittyen. Hankintaan liittyen käsitellään myös rahoitusmallit, mahdolliset tuet järjestelmiin ja havainnollistetaan ekologisten järjestelmien kannattavuutta esimerkein.

Työssä pohditaan myös sähkönsiirron toteutusta ekologisessa sähköverkossa ja siihen liittyen aihealueena on tasavirran tehokkaampi hyödyntäminen tulevaisuudessa. Nykyisen vaihtovirran rinnalla olisi mahdollista käyttää tasavirtaverkkoa ekologisille järjestelmille, jolloin päästäisiin turhista muunnoksista vaihtovirran ja tasavirran välillä liityttäessä sähköverkkoon.

---

Asiasanat: aurinkosähkö, sähkövarasto, sähköajoneuvon lataus

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Master's Degree in Building Services Engineering

LEVO, TEEMU:  
New Technologies in Electrical Grid of Ecological Real Estate

Master thesis 69 pages, appendices 5 pages  
May 2020

---

The aim of the work is to find the problem areas that hinder the spread of ecological electricity systems and to highlight the issues that should be taken account in connection with their acquisition and profitability. The aim is also to develop the design of the systems and to integrate the new technologies into the electricity grid of the ecological property. The concrete output of the work is instructions for the procurement of a solar photovoltaic system and electric vehicle charging points for Suunnitteluliiga Oy's customers.

In practice, the efficient use of renewable energy requires the storage or distribution of surplus electricity generation to other users using future compensation models. In addition to a fixed battery, battery powered vehicles can also be used for storage, in which case the vehicle batteries act as balancers in the two-way charging system. Balancing power peaks and elasticity of demand are constantly playing a bigger role due to the impact of renewable energy sources and e-transportation.

Renewable energy sources are discussed in more detail in solar energy, but the same weather dependence problems and direct current characteristics also apply to other renewable energy sources. In addition to the photovoltaic system, the storage of electricity and the charging system of electric vehicles are reviewed from the point of view of electrical design. In addition, guidance and practical tips are provided regarding the acquisition of the system. In connection with the acquisition, financing models, possible subsidies to the systems are also discussed, and the profitability of ecological system is illustrated with examples.

The thesis also considers the implementation of electricity transmission in the ecological electricity network, and in connection with this, the topic is more efficient utilization of direct current in the future. In addition to the current AC, it would be possible to use a DC grid for ecological systems, which would avoid unnecessary conversions between AC and DC when connecting to the electricity grid.

---

Key words: solar electricity, electrical storages, electric vehicle charging

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO .....	7
2	TUTKIMUSKYSYMYKSET .....	8
3	AURINKOSÄHKÖN KANNATTAVUUS KIIINTEISTÖSSÄ .....	9
3.1	Kannattavuus .....	9
3.1.1	Kannattavuuslaskenta .....	10
3.1.2	Verotus .....	11
3.1.3	Kannattavuusesimerkit .....	11
3.2	Rahoitusmallit.....	13
3.3	Hankintatuet.....	15
4	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU .....	17
4.1	Lainsäädäntö ja määräykset .....	17
4.2	Järjestelmän rakenne.....	21
4.3	Järjestelmän liittäminen kiinteistöön.....	22
4.4	Järjestelmän mitoitus .....	26
5	SÄHKÖN VARASTOINTI KIIINTEISTÖSSÄ.....	29
5.1	Varastointimenetelmiä.....	29
5.1.1	Virtuaaliakku .....	29
5.1.2	Kiinteistöakku .....	29
5.1.3	Sähköauton akusto.....	31
5.2	Suunnittelu .....	31
5.2.1	Määräykset ja sähköturvallisuus.....	33
5.2.2	Paloturvallisuus .....	34
5.3	Tulevaisuuden kehitys.....	35
6	SÄHKÖAJONEUVON HYÖDYNTÄMINEN KIIINTEISTÖSSÄ.....	37
6.1	Yleistä sähköautoista ja lataustavoista.....	37
6.1.1	Sähköautojen rakenne.....	37
6.1.2	Lataustavat.....	38
6.2	Järjestelmän suunnittelu .....	40
6.2.1	Hankintatuet ja verotus.....	42
6.2.2	Määräykset.....	42
6.2.3	Tarvekartoitus.....	44
6.2.4	Mitoitus .....	45
6.2.5	Laskutus .....	46
6.3	Älykäs lataus .....	48
6.3.1	Ohjaus .....	49
6.3.2	Kommunikointi.....	49

6.3.3 Kahdensuuntainen lataus .....	50
7 EKOLOGISEN SÄHKÖN SIIRTOVERKKO .....	53
7.1 Kysyntäjousto.....	53
7.2 Tasavirran mahdollisuudet.....	55
8 TULOKSET JA POHDINTA .....	58
LÄHTEET.....	61
LIITTEET .....	65
Liite 1. Ohje aurinkosähköjärjestelmän hankinnasta .....	65
Liite 2. Ohje sähköauton latauspisteen hankinnasta .....	67

**LYHENTEET JA TERMIT**

AC	Alternating current
ARM	Automatic meter reading
ARA	Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus
BMS	Battery management system
CAN	Controller area network
DC	Direct current
EPBD	Energy performance of buildings directive
HVDC	High voltage direct current
IRR	Internal rate of return
kWp	huipputeho
LCOE	Levelized cost of energy
LVDC	Low voltage direct current
MID	Measuring Instruments Directive
Mode 1	Kevyen liikenteen lataus
Mode 2	Hidas- ja hybridilataus
Mode 3	Peruslataus
Mode 4	DC-Pika- tai teholataus
NPV	Net present value
OCPP	Open charge point protocol
ODB	On Board Diagnostics
OSCP	Open smart charge protocol
PLC	Powerline communications
PPA	Power Purchase Agreement
SOC	State of charge
SPOT	Hetkellinen (sähkön hinta)
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö
UPS	Uninterruptible power supply
VVSK	Vikavirtasuojakytkin
V2G	Vehicle to grid
V2H	Vehicle to home
V2V	Vehicle to vehicle
V2X	Vehicle to everything

## 1 JOHDANTO

Ilmastonmuutoksesta ollaan huolissaan koko maapallolla ja energia-ala on ratkaisevassa asemassa ympäristön päästöjä ajatellen. Teknologia hiilineutraalimpaan ja puhtaampaan energiaan on jo olemassa, mutta yhtenä suurena haasteena on siirtymisvaiheen kustannukset. Rakenne on muuttumassa keskitetystä energiantuotannosta yhä enemmän hajautettuihin järjestelmiin. Siirtymisvaihetta helpottamaan on olemassa tukia uusiutuviin energianlähteisiin ja tukien vaikutus onkin merkittävässä roolissa investointia hankittaessa.

Työssä käsitellään aurinkosähkön kannattavuutta, sähkön varastointia ja sähköajoneuvojen hyödyntämistä kiinteistössä. Kaikki työssä käsiteltävät järjestelmät toimivat tasavirtapuolella ja liittyvät kiinteistössä vaihtovirtaverkkoon, jossa ne yhdistyvät toisiinsa. Tasavirran mahdollisuuksia pohditaan, koska kolmivaiheisessa vaihtovirtajärjestelmässä on aina erisuuruista kuormitusta vaiheiden välillä ja vaatii siksi älyä tuotannossa, varastoinnissa ja kulutuksessa.

Työn kehittämisosassa mietitäänkin tasavirtaverkon hyödyntämistä ekologisten järjestelmien sähkönsiirtoverkkona. Tällöin tasavirtaverkko palvelisi kiinteistön tasasähkölaitteistoa omana kokonaisuutenaan. Tasavirtajärjestelmän integroiminen kiinteistön sähköverkkoon tuo kuitenkin omat haasteensa esimerkiksi sähköturvallisuuden osalta.

Työn tavoitteena on tutkia mahdollisuuksia hyödyntää uusiutuvia energianlähteitä kiinteistön sähköverkossa ja niiden vaikutuksia sähköverkkoon laajemmassa kuvassa. Tarkoitus on myös kehittää järjestelmien suunnittelua yhdistämällä tekniikat tukemaan toinen toisiaan. Työn tuotoksena syntyy ohjeistukset aurinkosähköjärjestelmän ja sähköauton latauspisteiden hankinnasta Suunnitteluliiga Oy:n asiakkaille. Ohjeistukset ovat opinnäytetyön liitteenä.

## 2 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimuksessa pyritään selvittämään, miten uusiutuvaa energiaa saadaan hyödynnettyä mahdollisimman tehokkaasti kiinteistöissä ja miten järjestelmän liittäminen kiinteistöön tapahtuu. Uusiutuvista energianlähteistä aurinkoenergia on valikoitunut syvällisemmin tutkittavaksi, koska se on helpoiten integroitavissa rakennuksiin. Liikenteen sähköistyminen on otettu mukaan tutkimukseen, koska se toimii erinomaisena kulutuskohteena aurinkosähkölle. Sähköajoneuvojen akkuja on mahdollista hyödyntää sääolosuhteista riippuvaisen energian varastona sekä sähköverkon tasapainoittajana tulevaisuudessa. Tehokas uusiutuvan energian hyödyntäminen tarkoittaa kysyntäjoustoa tuoton ja kulutuksen välillä laajemmin sähköverkossa, mutta tässä työssä rajataan tutkimus kiinteistöihin. Tästä syystä on kehitettävä energiayhteisöjen palvelumalleja ja niiden välistä siirtotekniikkaa.

Tutkimuksessa käytetään hyväksi laadullisen eli kvalitatiivisen tutkimuksen aineistoja. Aineistot ovat pääosin kirjallisuutta, artikkeleita, tutkimuksia, kehityshankkeita, videoita, webinaareja sekä asiantuntijahaastatteluja neuvottelupalaverissa, puhelimitse, sähköpostitse ja sosiaalisessa mediassa. Tuoteasiantuntijat ovat osa sähkösuunnittelun yhteistyöverkostoa, joten tietoa tuotteista ja ratkaisuista on helposti saatavilla sähköalan ammattilaisilta.

Pääkysymyksenä tutkimuksessa on, miten uusiutuvaa energiaa hyödynnetään tehokkaasti rakennuksen sähköverkossa. Lisäksi on apukysymyksiä rajamassa aihetta ja tukemassa pääkysymystä.

Tutkimuksen pääkysymykseen liittyvät apukysymykset ovat:

- Miten aurinkosähköjärjestelmä toteutetaan kannattavasti?
- Miten sähköauton latausjärjestelmä suunnitellaan osaksi kiinteistöä?
- Miten ekologiset sähköjärjestelmät kehitetään hyötymään toisistaan?

### 3 AURINKOSÄHKÖN KANNATTAVUUS KIINTEISTÖSSÄ

#### 3.1 Kannattavuus

Aurinkosähkö on taloudellisesti kannattavaa, jos pientuottaja voi säästää oman tuotannon avulla ostosähkön kuluja energian, sähköverojen ja energiaperusteisten siirtomaksujen osalta. Nykyisin tämä toteutuu, kun aurinkosähkö kytketään sähkömittarissa kulutuksen puolelle. Aurinkosähkö kulkee mittarin läpi jakeluverkkoon vain, jos pientuottaja ei itse pysty sitä käyttämään. Kannattavuus perustuu siihen, ettei aurinkosähkön tuotannosta omaan käyttöön tarvitse maksaa siirtomaksua ja veroja. Kannattavuus muuttuu, mikäli pientuotannon siirtohinnoittelu tai verotus muuttuu. Sähköyhtiöille onkin hinnoittelussa tullut tarvetta uuteen tehomaksu komponenttiin hajautetun tuotannon kasvaessa. Tehomaksun tarkoitus on kohdistaa sähköverkon käytöstä aiheutuvat kustannukset oikeudenmukaisemmin. Tehomaksulla tarkoitetaan kilowattiperusteista hintaa, joka nousee tehon suuruuden mukaan. Tasaisella kulutuksella saavutetaan pienin tehomaksu. Tehomaksu on jo otettu käyttöön Helen sähköverkko Oy:n ja Lahden LE-sähköverkko Oy:n alueella. (BCDC-tutkimushanke)

Kannattavinta aurinkosähkö on tällä hetkellä kiinteistöissä, joissa on mahdollista kuluttaa energiaa kesäaikaan esimerkiksi jäähdytykseen, ilmastointiin tai veden lämmitykseen. Nykyisin sähköverotuksen ja huoltovarmuusmaksun ulkopuolelle jäävät teholtaan alle 100 kVA:n ja vuosituotoltaan alle 800 000 kWh voimalat. (ST-Käsikirja 40. 2017, 34)

Taloyhtiöissä on paljon käyttämätöntä potentiaalia hyödyntää aurinkosähköä. Asunto-osakeyhtiöitä on Suomessa lähes 90 000 ja rakennuksia lähes 142 000. Nykyisin aurinkovoimala on järkevää mitoittaa kattamaan kiinteistösähkön osuus, jolloin kerrostalon aurinkovoimalan tulee olla 3-8 kW kokoinen. Jos voimalasta jaettaisiin sähköä myös asuntoihin, olisi sopiva koko keskimäärin noin 14 kW. Rivitaloihin sopiva voimala olisi huoneistojen määrään suhteutettuna keskimäärin noin 2,8 kW. Yhteensä kerrostalojen ja rivitalojen tuotantokapasiteetiksi muodostuu yli 1000 MW, jolla voitaisiin kattaa noin 10 % rakennusten kuluttamasta sähköstä vuositasolla. Sähkön varastointi akkuihin tai lämmöksi

voivat lisätä hyödynnettävyyttä entisestään tulevaisuudessa. (Auvinen ym. 2020, 3-4)

### 3.1.1 Kannattavuuslaskenta

Aurinkoenergian investointien kannattavuutta ei voi mitata yksin takaisinmaksuajalla, koska se ei ota huomioon investoinnin pitoaikaa eikä jäännösarvoa. Aurinkoenergia on teknisesti hyvin toimintavarma koko käyttöiän, joka on noin 30 vuotta. Laiteriski ennen takaisinmaksuajan umpeutumista on hyvin pieni ja lisäksi ylläpito- ja huoltotarve vähäinen. Siksi aurinkosähköinvestointia tulisikin tarkastella koko elinkaaren yli. (ST-Käsikirja 40. 2017, 66)

Finsolar-hankkeen kannattavuuslaskurilla voidaan laskea aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus syöttämällä laskuriin käyttöpaikan arvot. Laskuri ottaa huomioon järjestelmän pitkän elinkaaren ja pienet huoltokustannukset sekä laiterisikit, joten sillä saa oikeanlaisen kuvan investoinnin tuottamasta hyödystä. Lopputuloksena laskurista saadaan kannattavuuden tarkasteluun takaisinmaksuaika LCOE (levelized cost of energy) ja nettonykyarvo NPV (net present value). (Finsolar-hanke. b)

Aurinkoenergiaa kannattaa vertailla muilla tavoin tuotetun energian kustannuksiin 30 vuoden käyttöiän aikana. Aurinkosähköjärjestelmällä tuotetun energian hinta voidaan laskea LCOE-menetelmällä. Hinta saadaan jakamalla järjestelmän kustannukset tuotetun energian määrällä. Kun tarkasteluna on koko elinkaari ja otetaan huomioon pienet kustannukset alkuinvestoinnin jälkeen, saadaan totuudenmukainen sähkön hinta järjestelmällä tuotettuna. (ST-Käsikirja 40. 2017, 66-67)

Investointien kannattavuutta voi tarkastella investoinnin nettonykyarvon kautta. Siinä lasketaan tulo- ja menovirtojen nykyarvojen erotus eli kokonaistuottoja tai -tappioita koko elinkaaren ajalta. Investointi on kannattava, jos tulovirta on korot huomioiden menovirtaa arvokkaampi. (ST-Käsikirja 40. 2017, 67-68)

Toisena taloudellisen kannattavuuden arviointimenetelmänä voidaan käyttää sisäistä korkokantaa, IRR (internal rate of return). Se kertoo monenko prosentin tuottoasteen investointi antaa pääomalle eli sitä parempi investointi, mitä suurempi sisäinen korkokanta. (ST-Käsikirja 40. 2017, 67-68)

### 3.1.2 Verotus

Aurinkosähköjärjestelmillä tuotetusta sähköstä ei tarvitse maksaa sähköveroä alle 100 kVA voimaloissa, jos voimalan tuotto käytetään itse. Myöskään arvonlisäverotukseen ei aurinkosähkön käyttäminen kiinteistön omassa sähköverkkossa ole merkitystä. Taloyhtiöissä on asia arvonlisäverotuksen kannalta vielä ratkaisematta korkeimmassa hallinto-oikeudessa, jos aurinkosähköä jää oman tarpeen yli myytäväksi asti (Finsolar-hanke. d). ALV-velvolliseksi ei kuitenkaan kannata muutaman euron takia ryhtyä byrokratian takia, vaan pieni ylijäämä kannattaa ennemmin lahjoittaa verkkoyhtiölle. Ylijäämälle voi myös keksiä jonkin varastointitavan, kuten vesivaraaja. (ST-Käsikirja 40. 2017, 34)

Voimalalla ei ole myöskään kiinteistöveroä nostavaa vaikutusta, mikäli järjestelmä on integroitu osaksi rakennusta tai se on liikuteltava. Jos aurinkovoimala on asennettu kiinteästi maahan, peritään kunnan määrittelemä kiinteistö- tai voimalaitosvero. Veron perusteena on tällöin tukirakenteiden ja perustusten jälleenhankinta-arvo. (Finsolar-hanke. d)

### 3.1.3 Kannattavuusesimerkit

Finsolarin pilottihankkeessa kokeiltiin aurinkosähkön hyvityslaskentamallia Hittas-taloyhtiöön. Hyvityslaskennassa aurinkosähkö hyödynnetään ensisijaisesti kiinteistön yhteiseen kulutukseen ja toissijaisesti huoneistoihin. Tällöin aurinkosähköjärjestelmä voidaan mitoittaa suuremmaksi. Kohde sijaitsi Helsingissä, Helenin verkkoalueella ja siihen kuuluu 11 asunnon kerrostalo sekä 17 asunnon rivitalo. Aurinkopaneelien määrä oli 33 kappaletta ja huipputeho 8,745 kWp eli piikkiteho kilowatteina auringon paistaessa otollisimmin. Invertterin eli vaihtosuuntaajan koko oli 12,5 kWp, jotta järjestelmää on helpompi jatkossa laajentaa. Investointikustannus oli 13 000 € ilman tukia. Laskelmassa järjestelmä oli maksanut itsensä takaisin 21 vuoden jälkeen ja investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden pitoajalla oli 6280 €. Aurinkosähkön tuotantohinnaksi tuli 30 vuoden pitoajalla 8,8 snt/kWh. Vertailuarvona oli arvio ostosähkön keskimääräisestä hinnasta 30 vuoden aikana 12 snt/kWh. Kohde on liitetty myös Green Energy Finlandin selainpalveluun, josta on mahdollista seurata sen nykyistä tuottoa:

<https://vision.gef.fi/2f6142d4-5a98-407a-822e-57024f293ca7/>. (Auvinen ym. 2020, 20)

Pientaloissa melko tyypillisen 3,3 kWp:n järjestelmän asennus olemassa olevaan rakennukseen on kuluttajahinnaltaan arviolta 5500-7000 € sisältäen arvonlisäveron. Tämän kokoisella järjestelmällä vuosituotanto on Etelä-Suomessa noin 2600-2800 kWh, jos paikka on varjoton ja paneelien suuntaus oikeaoppinen. (Motiva Oy. a)

Jos 3,3 kWp järjestelmä syötetään Finsolarin laskuriin ja hankintahinnaksi tulisi 6000 €, joka maksetaan ilman lainoja ja tukia, saadaan aurinkosähkön omakustannushinnaksi 30 vuoden pitoajalla 3,9 snt/kWh. Jos vertailuarvona käytetään 30 vuodelle keskiarvohintaa 11,8 snt/kWh, niin aurinkosähköllä tuotetun sähkön hinta on kolmasosa ostosähkön hinnasta. (Finsolar-hanke. b)

Aurinkosähköpaketteja on mahdollista vertailla esimerkiksi Aurinkosähköä kotiin -kampanjan avulla aurinkosahkoakotiin.fi-sivustolla. Sivustolla voi vertailla tarjousten hintojen lisäksi tuotetietoja ja takuuajkoja. Paketeissa on kaksi eri kokoluokkaa. Pienempiin kohteisiin on kokona 3-6 kWp ja suurempiin 10-20 kWp. Myös kimpahankinta onnistuu esimerkiksi naapurien kesken sivuston kautta. Palvelun ovat mahdollistaneet Motiva sekä Omakotiliitto. (Motiva Oy. b)

Verkkoyhtiöille toteutettiin mittarointi- ja kokeilukysely osana FinSolar aurinkosähköä taloyhtiöihin -hanketta. Kyselyn toteuttivat Aalto ja LUT -yliopistot yhdessä. Kyselyyn vastanneita verkkoyhtiöitä oli 36 Suomen 77 verkkoyhtiöstä. Kyselyllä kartoitettiin verkkoyhtiöiden mittarutilanne ja lisäksi kyseltiin halukkuutta osallistua netotuskokeiluihin. Halukkaita ilmoittautui yhteensä 12 yhtiötä. Tavoitteena on käynnistää kokeilu netotuksen ja/tai hyvityslaskentamallin tarjoamisesta pientuottajille nyt kun lainsäädäntö ei niitä vielä salli. Nykyisin ongelmana on kiinteistösähkämittarin kautta kulkevan aurinkosähkön kohtelu verotuksen ja siirtomaksujen kannalta, jolloin taloyhtiö joutuu maksamaan tuottamastaan sähköstä, vaikka kuluttaisikin sen itse. (Finsolar-hanke. c)

### 3.2 Rahoitusmallit

Aurinkovoimaloiden tekniikka on kehittynyt ja hinnat tulleet alaspäin, mutta silti kustannukset ovat vielä merkittävässä roolissa järjestelmää hankittaessa. Voimaloiden kehityksen ja suosion myötä myös rahoitusmallit ovat kehittyneet ja saatavissa onkin nykyisin monia erityyppisiä rahoitusmalleja asiakkaasta ja voimalan koosta riippuen. Keskeisimpänä valintakriteerinä rahoitusmallille onkin aurinkovoimalan koko. Suurissa voimaloissa rahoitusvaihtoehtojen määrä kasvaa ja harvemmin voimalan hankinta jää enää rahoituksesta kiinni, jos olosuhteet muuten ovat kannattavat. (Helen Oy. a)

Omalla pääomalla rahoitettu aurinkovoimala sopii tilanteeseen, jossa omalla pääomalla ei ole muuta, tuottoisampaa käyttökohdetta tiedossa tai jos voimala on pienikokoinen. Myös kunnat voivat käyttää hankintaan omia budjettivarojaan. Pienvoimaloiden hankintaan on myös mahdollista yleensä saada kuukausimaksullinen sopimus. (Finsolar-hanke. a)

Lainarahoitus on kannattavaa, kun investoinnin tuotto prosentti on suurempi kuin lainanhoitokulut. Lainaa on mahdollista saada pankeista, rahoitusyhtiöiltä tai joukkorahoituksen kautta kuluttajilta. Yksityishenkilöiden on mahdollista saada voimaloihin edullista asuntolainaa ja kuntien energiainvestointeihin tarkoitettua lainaa. Tyypillisesti lainan pituudet ovat 10-15 vuotta ja lainan loppuun mennessä aurinkovoimala myös yleensä on maksanut itsensä takaisin. (Finsolar-hanke. a)

Rahoitusleasingissä voimala pysyy myyjän omistuksessa koko sopimuskauden ajan, joka on tyypillisesti 8-10 vuotta. Sopimuskauden jälkeen voimala siirtyy käyttäjän omistukseen ennalta määritellyn jäännösarvon mukaan. Sopimusta on myös mahdollista jatkaa, jos jäännösarvo on merkittävän suuruinen. Tässä mallissa aurinkovoimala ei näy asiakkaan taseessa. Kuntien tapauksessa rahoituskulut ovat tuottoa alhaisemmat, joten aurinkoenergiainvestointeja voi tehdä kannattavasti myös ilman omaa pääomaa. (Finsolar-hanke. a)

Osamaksukaupassa aurinkovoimala siirtyy maksuerien mukaan asiakkaan omistukseen ja näkyy asiakkaan taseessa hankintana. Myyjällä on kuitenkin oikeus ottaa voimala takaisin, mikäli ostaja laiminlyö maksut. Sopimuskauden pituus on yleensä 8-15 vuotta. (Finsolar-hanke. a)

On myös mahdollista sijoittaa aurinkoenergiահankkeisiin suuremmalla joukolla, jolloin aurinkovoimala kustannetaan sijoitetulla pääomalla. Tällöin tuottoa kertyy aikanaan korkotuottojen ja osinkojen muodossa. Investointien koon kasvattaminen vähintään miljoonan euron tasolle edesauttaa myös ulkopuolisen rahoituksen saamista ja voi tätä kautta pienentää rahoituksen kuluja. Useiden aurinkovoimaloiden hankkiminen tai energiatehokkuusinvestointien yhdistäminen on näin ollen suositeltavaa. (Finsolar-hanke. a)

Käyttöleasing-mallissa aurinkovoimala vuokrataan pitkäaikaisesti. Tässä mallissa aurinkovoimalan omistus pysyy vuokranantajalla. Rahoituksen kustannukset muodostuvat järjestelmän vuokrista, joita peritään yleensä neljännesvuosittain. Vuokran määrä on suhteessa aurinkovoimalan hankintahintaan. (Finsolar-hanke. a)

Sähköyhtiöt tarjoavat myös mallia, jossa kuluttaja tarjoaa aurinkovoimalalle tilan ja saa ostaa käyttöönsä siitä tuotetun sähkön ilman siirtomaksua ja veroja. Tällöin ei kulu omaa pääomaa. Verkkoyhtiö hoitaa voimalan rakennuttamisen ja myös omistaa sen. Malli on tarkoitettu suuriin, yli 1000 m<sup>2</sup> kattopintoihin. (Helen Oy. b)

Pitkäaikaiset, kiinteähintaiset sähkönmyynti- ja ostosopimukset ovat yleistyneet uusiutuvaan energiaan perustuvissa investointikohteissa. Yksi tällainen pitkäaikainen kauppasopimusmuoto on PPA (Power Purchase Agreement). Se tarjoaa energian tuottajalle ja ostajalle taloudellista vakautta sekä ennustettavuutta verrattuna pörssin vaihtelevuuteen. PPA-mallissa sähkön ostajan ei tarvitse huolehtia mistään koko voimalahankkeessa, vaan laitokseen investoiva energian tuottaja vastaa rahoituksesta sekä laitoksen rakentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta. (Energiauutiset)

### 3.3 Hankintatuet

Uusiutuvan energian tuotantoon ja käyttöä edistävään toimintaan on mahdollista saada TEM (työ- ja elinkeinoministeriö) energiatukea. Pääsääntöisesti tukihakemukset käsittelee innovaatorahoituskeskus Business Finland. TEM päättää tuen myöntämisestä, jos investointihankkeen kustannukset ylittävät viisi miljoonaa euroa tai hanke liittyy uuteen teknologiaan ja sen hyväksyttävät kustannukset ylittävät yhden miljoonan euron rajan. (Työ- ja elinkeinoministeriö)

Energiatukea voivat saada kaiken kokoiset yritykset sekä yhteisöt, kuten kunnat, seurakunnat ja säätiöt. Energian investointeihin on mahdollista saada tukea aurinkosähköhankkeiden osalta 20 % ja selvityshankkeiden osalta kuntasektorin uusiutuvan energian katselmuksiin 50 % kustannuksista. Tuen myöntämiselle on tärkeää, ettei hanketta ole aloitettu ennen tukipäätöstä. Lisäksi tukea on mahdollista myöntää aikaisintaan rahoituspäätöspäivästä alkaen aiheutuviin kustannuksiin. (Business Finland Oy)

Maatalouden energiantuotantoon on mahdollista hakea tukea ELY-keskukselta käytettäessä uusiutuvia energianlähteitä. Maataloudessa sähkön hinta on edullisempaa ja tuen pitää olla suhteessa suurempi, jotta investointi olisi kannattava. Tuen suuruus on 40 % hyväksyttävistä investointikustannuksista verottomasta hinnasta. Tukea voi hakea aurinkosähköjärjestelmään siltä osin, kun tuotto käytetään maataloustoiminnassa. ELY-keskuksen myöntämä tuki on voimassa 2 vuotta ja maksatusta tulee myös hakea tämän ajan sisällä. Rakentamisinvestoinneissa tuen määrä tulee olla aina yli 7000 €, sillä tätä pienempiin hankkeisiin tukea ei myönnetä. (Ruokavirasto)

Myös yhdistykset antavat jäsenilleen etuja. Esimerkiksi Lähienergialiitto ja MTK julkistivat jäsenedun, jossa yhdeksän aurinkosähköjärjestelmiä toimittavaa yritystä tarjoaa palveluitaan edullisesti. Edun sisällöissä on yrityskohtaisia eroja, mutta kaikki tarjoavat apua lupakäsittelyssä sekä investoinnin suunnittelussa. (Suomen Lähienergialiitto ry)

Asuinrakennuksille on myönnettävissä avustuksia energiatehokkuutta parantaviin korjaushankkeisiin yhteensä 100 miljoonaa vuosille 2020-2022. Tuen tarkoituksena on vähentää ilmastopäästöjä kannustamalla omistajia korjaamaan rakennuksiaan energiatehokkaammiksi ja tuottamaan enemmän uusiutuvaa energiaa esimerkiksi aurinkosähköllä. Asetuksessa esitetään, että tukea voivat hakea rivi- ja kerrostaloyhtiöt, valtion tuella rahoitetut vuokra-asunnot, asumisoikeusasunnot ja omistavat yhteisöt sekä omakoti- ja paritalojen omistajat. Avustusta on mahdollista saada enintään 50 % korjaustöiden arvonlisäverollisista kustannuksista. Korjaushankkeen kaikki työ- ja rakennuskustannukset voidaan laskea kokonaiskustannuksiin suunnittelua myöden. Avustukset myöntää asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA. Avustushakemukset liitteineen tulee toimittaa ARA:lle ennen töiden aloittamista. (Ympäristöministeriö)

Aurinkosähköjärjestelmän asennuksesta on myös mahdollista saada kotitalousvähennys. Vuonna 2020 kotitalousvähennyksen määrä on 2250 €. Työkorvauksesta on mahdollista vähentää 40 % ennakoperintärekisteriin kuuluvalta yritykseltä. Vähennykseen liittyy 100 € vuotuinen omavastuuosuus. Maksimivähennys on siis mahdollista saada 5875 € työkustannuksista.  $5875 \text{ €} \times 0,4 = 2350 \text{ €}$ . Kotitalousvähennykseen on oikeutettu kotitaloudessa molemmat puoliset eli tuen yhteismäärä on 4500 €. (Veronmaksajien Keskusliitto ry)

## 4 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

### 4.1 Lainsäädäntö ja määräykset

Nettikaupankäynnin yleistyessä kuluttajat ostavat tuotteita suoraan valmistajalta tai valmistajan jakelijalta, jolloin tärkeät valvontaketjut jäävät pois. Tämä pätee myös aurinkosähköjärjestelmiin. Sähkölaitteissa olisi kuitenkin erittäin tärkeää valvoa tuotteiden laatua, koska pahimmillaan ne voivat aiheuttaa tulipalo- tai sähköiskun vaaran. Myös energiatehokkuus saattaa olla jotain muuta, mitä laitedokumenteissa ilmoitetaan. Nykyisin turvallisuustaso on parantunut, mutta vielä viisi vuotta sitten tilanne oli huono. (STT Viestintäpalvelut Oy)

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes valvoo sähkölaitteiden turvallisuutta Suomessa ja ohjeistaa kuluttajia niiden hankinnassa. Sähkölaitteiden valmistajien on huolehdittava laitteidensa vaatimustenmukaisuudesta ennen markkinoille saattamista. Maahantuojien velvollisuutena on varmistaa, että valmistaja on täyttänyt omat velvollisuutensa. Maahantuojan ja jakelijan vastuulle jää varmistaa, että tuote täyttää kansalliset erityisvaatimukset. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.)

Sähköturvallisuus on tärkeä ottaa huomioon laitehankintojen lisäksi järjestelmän suojauksessa. Järjestelmä tulee suunnitella oikein, jotta sitä olisi turvallista käyttää. Suunnittelussa tärkeää on järjestelmän oikea koko ja mitoitus kohteeseen. Aurinkosähköjärjestelmän maksimiteho on riippuvainen kohteen päävarokkeen koosta ja oikosulkuvirrasta. Oikosulkuvirta riippuu syöttökaapelin poikkipinta-alasta ja lähimmän jakelumuuntajan etäisyydestä sekä tehosta. Tiedot saa paikalliselta verkkoyhtiöltä, johon tulee olla yhteydessä ennen järjestelmän hankintaa. Verkkoyhtiöillä on erilaisia tulkintoja ja toimintatapoja määriteltäessä järjestelmän virallisia rajoja liitettävyydelle. Esimerkiksi pientalo liittymässä 3x25A tulee oikosulkuvirran pääsääntöisesti olla vähintään 250A. Tällöin turvallinen järjestelmätason maksimiteho on käytännössä 6,9 kW AC. Maksimitehot suurenevat liittymän ja oikosulkuvirtojen mukana. (Mäkinen, J. 2017, 13-15)

Verkkoon kytketyille alle 100 kVA aurinkosähköjärjestelmälle asetetaan vaatimuksia häiriötilanteiden ja pelastustoiminnan kannalta standardissa SFS-EN

50438:2019. Verkkoyhtiölle tulee toimittaa tiedot laitoksen tyyppistä, nimellistehosta sekä nimellisvirrasta. Invertteristä annetaan tyyppitiedot ja suojauksen asetteluarvot toiminta-aikoiheen. Teknisillä laatuvaatimuksilla turvataan sähköverkossa työskentelevien henkilöiden turvallisuus ja myös koko sähköverkon toimintavarmuus, jottei muut sähköverkkoon kytketyt laitteet häiriinny. Jos tekniset laitevaatimukset täyttyvät, tulee vielä selvittää kunnan rakennusvalvonnasta mahdollisesta rakennusluvasta, toimenpideluvasta tai toimenpideilmoituksesta. Vaatimukset luvista vaihtelevat kuntakohtaisesti. Ennen tuotannon aloittamista tulee myös etsiä myytävälle ylijäämäsihkölle ostaja, koska verkkoon ei saa syöttää sähköä, jollei sille ole ostajaa. Tuotantolaitoksen liittämisestä tehdään yleensä tuotannon liittymissopimus. Sopimuksen tarve arvioidaan kuitenkin tapauskohtaisesti. (Energiateollisuus ry)

Laitteiston jännite ja taajuus pitää olla määrättyjen asettelurajojen sisällä. Tuotantolaitoksen pitää myös kytkeytyä irti verkosta, kun tulee sähköverkon sähkökatko. Saarekekäyttö ja käyttö varavoimana on kuitenkin sallittua, jos järjestelmään asennetaan kaksoiskytkentämahdollisuus. Tällöin toinen kytkentä toimii sähköverkon kanssa rinnan ja toinen täysin verkosta erotetussa saarekkeessa. Tällä varmistetaan, ettei sähkökatkostilanteessa verkkoon päin pääse sähköä ja siellä on turvallista työskennellä. Tarvittavat tiedot voi toimittaa verkkoyhtiölle yleistietolomakkeella. Sähköturvallisuusmääräysten mukaan järjestelmä on varustettava erotuslaitteella, jossa on asennonosoitus tai näkyvä asennusväli. Verkonhaltijalla on oltava erotuslaitteeseen esteetön pääsy ja siinä on oltava lukitusvalmius. Koko laitos on oltava erotettavissa verkosta tämän yhden kytkimen kautta. (Energiateollisuus ry. 2019, 5)

Järjestelmän kaapeloinnin poikkipinta määräytyy järjestelmän tehojen mukaan ja mitoitus tehdään standardin SFS 6000 mukaan. Kaapelointien reitityksissä tulee huomioida, että kaikki aurinkosähköjärjestelmän kaapeloinnit potentiaalintausjohtimet mukaan lukien kuljetetaan samaa johtoreittiä, jottei kaapeleiden välille synny induktiosilmukkaa. Invertterin ja sähkökeskuksen välinen kaapelointi tulisi toteuttaa häiriösuojatuilla kaapeleilla, jottei invertteristä aiheutuvat häiriöt vaikuta esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmän sähkönmittaustuloksiin. (ST-Käsikirja 40. 2017, 93-94, 108)

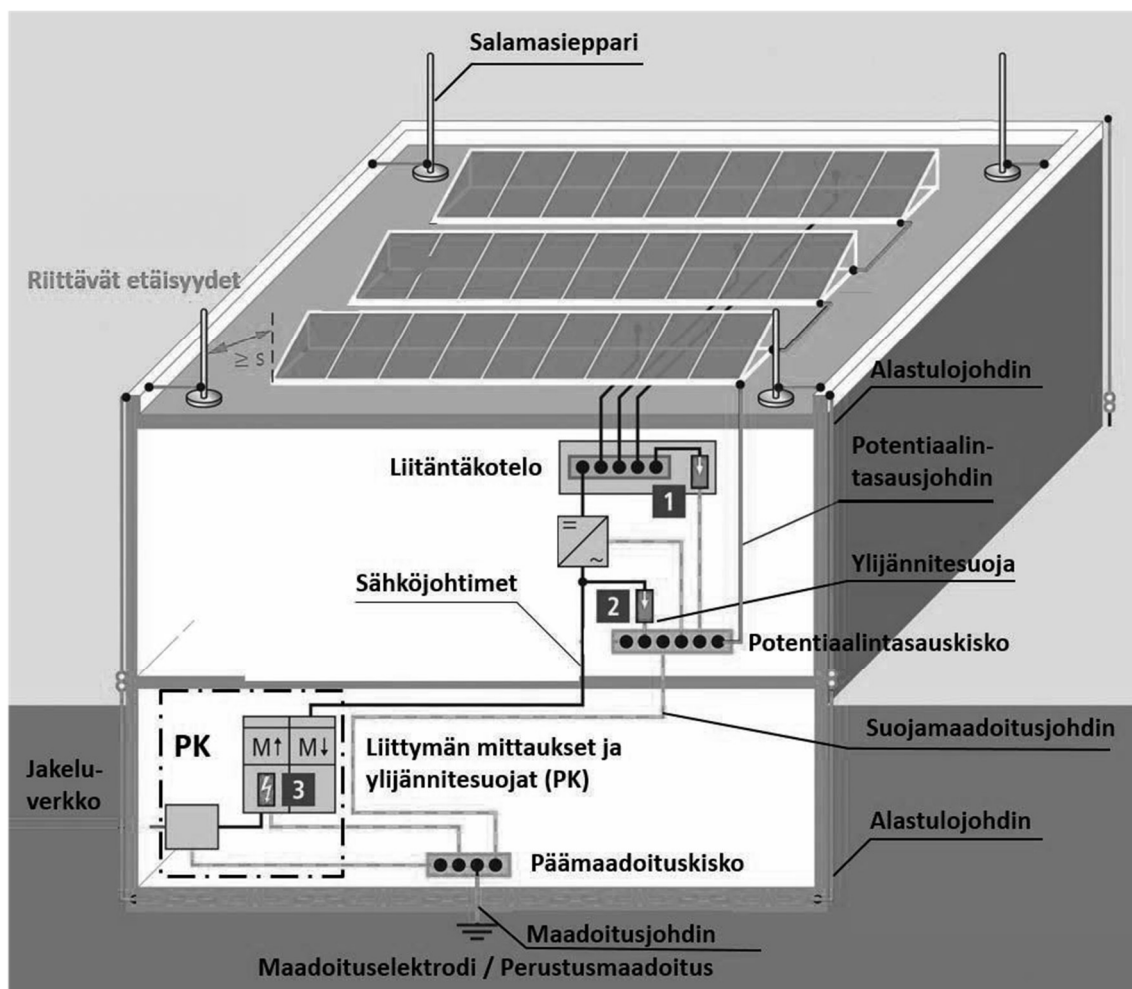
Aurinkosähköjärjestelmän tasavirtapuolen suojausmenetelmäksi on suositeltu käytettäväksi suojaeristystä eli luokan II laitteita. Sen tarkoituksena on estää jännitteen pääsy kosketeltavissa oleviin osiin, jos peruseristys pettää. Invertteri ja siitä vaihtoverkon puolella olevat sähkölaitteet suojamaadoitetaan. Suojajohdin on asennettava vaihtovirtaverkon puolelle SFS 6000 -standardin mukaisesti vikasuojauksen takaamiseksi.

Suositus potentiaalintasaukselle on, kun jännite on yli 60 VDC. Tähän jännitteeseen riittää jo kaksi sarjaan kytkettyä paneelia. Jos potentiaalintasaus on tarpeellinen, aurinkosähköpaneelien metalliset tukirakenteet ja metalliset johtotiet on liitettävä potentiaalintasaukseen. Potentiaalintasauksella estetään erilaisten vikatilanteiden sekä indusoituvien jännitteiden aiheuttamat riskit esimerkiksi ukonilmalla. Katolla sijaitsevan aurinkosähköjärjestelmän läheisyydessä työskenneltäessä pienikin jännite-erosta johtuva sähköisku lisää putoamisvaaran riskiä. Myös laiterikot ja häiriöt laitteissa ovat mahdollisia johtuen potentiaalieroista. Potentiaalintasausjohtimen poikkipinta on oltava vähintään puolet asennuksen suurimmasta suojamaadoitusjohtimesta, mutta vähintään 6 mm<sup>2</sup>, kun materiaalina on kupari. Pääpotentiaalintasausjohtimien poikkipinnan ei kuitenkaan tarvitse olla yli 25 mm<sup>2</sup> kuparia. Potentiaalintasausjohtimet tulee kuljettaa sähköjohtimien läheisyydessä, jottei haitallisia induktiovirtoja ja ylijännitteitä syntyisi. (ST-Käsikirja 40. 2017, 100)

Jotkut aurinkosähköpaneelitekniikat, kuten esimerkiksi ohutlevypaneelit, vaativat jännitteisten osien liittämistä maahan toiminnallisella potentiaalintasauksella. Tällöin tasavirtapuolen yhden jännitteisen johtimen maadoittaminen on sallittu, jos tasavirta- ja vaihtovirtapuolen välillä on vähintään yksinkertainen erotus. Käytännössä erotus tapahtuu muuntajalla, jossa on sähköisesti erilliset ensiö- ja toisiokäämit. (ST-Käsikirja 40. 2017, 101)

Ukonilmalta kannattaa suojautua suurissa ja arvokkaissa järjestelmissä. Ylijännitteiltä suojaus on suositeltavaa vähintään paneelipiirien osalta, jolloin suojataan invertteri ilmastollisilta ylijännitteiltä. Salamasuojaus on harkinnanvaraista ja sitä vaaditaan vain tiettyihin erityiskohteisiin ja -asennuksiin. Telineiden eri osissa on varmistuttava potentiaalintasauksen jatkuvuudesta. Jatkuvuudesta voi-

daan huolehtia kiskojen jatkoskohdissa käytettävillä kuparijohtimilla tai telinevalmistajan omilla tähän käyttötarkoitukseen tarkoitetuilla kiinnikkeillä. Myös paneelien potentiaalintasaus tulee varmistaa suhteessa telineeseen. Kuvassa 1 on esitetty suojaustapoja potentiaalieroja vastaan. (ST-Käsikirja 40. 2017, 110)



Kuva 1. ST-Käsikirja 40. 2017: Aurinkosähköjärjestelmän eri maadoitukset, potentiaalintasaukset, ylijännitesuojaukset ja salamasuojaus.

Aurinkosähköjärjestelmät tarkistetaan ennen käyttöönottoa sähköturvallisuuden standardin SFS 6002 mukaisesti. Käyttöönottovaiheessa aurinkosähköjärjestelmän tasavirtapiiri eroaa normaalista virtapiiristä jännitteellisyyden vuoksi. Tästä syystä on tärkeää ymmärtää kokonaisuus ennen tarkastustyöhön ryhtymistä. Järjestelmästä tarkastetaan erikseen paneelistopiiri ja vaihtovirtapiiri. Verkkoon liitettyistä järjestelmistä tulee tarkastaa vähintään invertterin syöttökaapeli vaihtovirtapuolella. Tarkastukseen kuuluu mittaukset, jotka liitetään osaksi tarkastuspöytäkirjaa. Verkkoon kytketty järjestelmä tulee dokumentoida myös piirustusten osalta standardin mukaan. (ST-Käsikirja 40. 2017, 110-112)

Aurinkosähköjärjestelmä ei saa vaikuttaa heikentävästi rakennuksen paloturvallisuuteen. On otettava huomioon muun muassa rakenteiden kantavuus, osatoinnit ja eristävyys. Aurinkosähköjärjestelmä ei saisi vaikeuttaa rakennuksesta poistumista tai sammutus- ja pelastustehtävien järjestelyä. Järjestelmästä tulisi-kin välittyä tieto pelastuslaitokselle ennen voimalan käyttöönottoa, jotta pelastushenkilöstö osaisi varautua aurinkovoimalaan. Tällöin pelastajat osaavat ottaa riittävän turvaetäisyyden sammuttaessaan paloa ja miettiä miten paneelit saadaan jännitteettömiksi. (Soleras)

Taloyhtiöissä ja toimitilarakennuksissa tulee aurinkosähköjärjestelmille laatia kunnossapito-ohjelma, joka ylläpitää turvallisuutta. Aurinkovoimalat tulee myös tarkastuttaa säännöllisesti kiinteistönomistajan, -haltijan ja toiminnanharjoittajan toimesta. Kohteesta tulee tehdä pelastussuunnitelma ja siihen liittyvä riskikartoitus. Pelastussuunnitelman laadinnasta löytyy lisätietoa pelastuslaitoksien internetsivuilla ja se toimitetaan paikalliselle pelastuslaitokselle ennakoon tiedoksi järjestelmästä. Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuudesta on suunnitteilla myös ohjeistus Motivan toimesta. Kohderyhmänä ovat järjestelmien suunnittelijat ja asukkaat. (Soleras)

## **4.2 Järjestelmän rakenne**

Keskeisimpänä osana aurinkosähköjärjestelmää on invertterin ja suojalaitteiden lisäksi itse aurinkopaneelit. Aurinkopaneelien sijoitteluun rakennuksessa vaikuttaa katon suunta ja muoto. Etelän suuntaan osoittavasta voimalasta tulee paras ja varmin tuotto keskellä päivää, mutta vaihtoehtona on myös sijoittaa paneelit itään ja länteen. Tällöin tuotto on tasaista pitkin päivää. Myös seinäasennus on mahdollinen, jos tuottoa halutaan lisäksi talvella, kun aurinko on alempana. Optimaalisin kulma vuosituotolle on noin 30-50 astetta. Kulma kasvaa lähestyttäessä talvea, jolloin aurinko paistaa alempana. Optimaalinen kulma on mahdollista simuloida asennuspaikan ja ajankohdan mukaan käyttäen esimerkiksi IDA ICE -ohjelmistoa. Myös mobiililaitteisiin on saatavilla sovelluksia auringon kiertoradasta, kuten esimerkiksi Sun Surveyor. Asennuksessa on huomioitava paneelisiin kohdistuvat varjot ja siksi myös telineiden välillä on oltava riittävän suuri väli tasaisien alustojen asennuksissa.

Yleisimpinä paneeleina nykysovelluksissa käytetään monikide- ja yksikidepaneeleja. Monikidepaneelit pystyvät kiderakenteen ansiosta hyödyntämään paremmin hajavaloa, joten varjot eivät vaikuta hyötysuhteeseen yhtä paljon kuin yksikidepaneeleissa. Hyötysuhde monikidepaneeleissa on hieman heikompi, jos molemmat paneelityypit pysyvät puhtaina. Yksikidepaneelin heikko puoli on tuotannon tippuminen reilusti paneelien likaantuessa ja varjojen osuessa kennoihin. (ST-Käsikirja 40. 2017, 13-18)

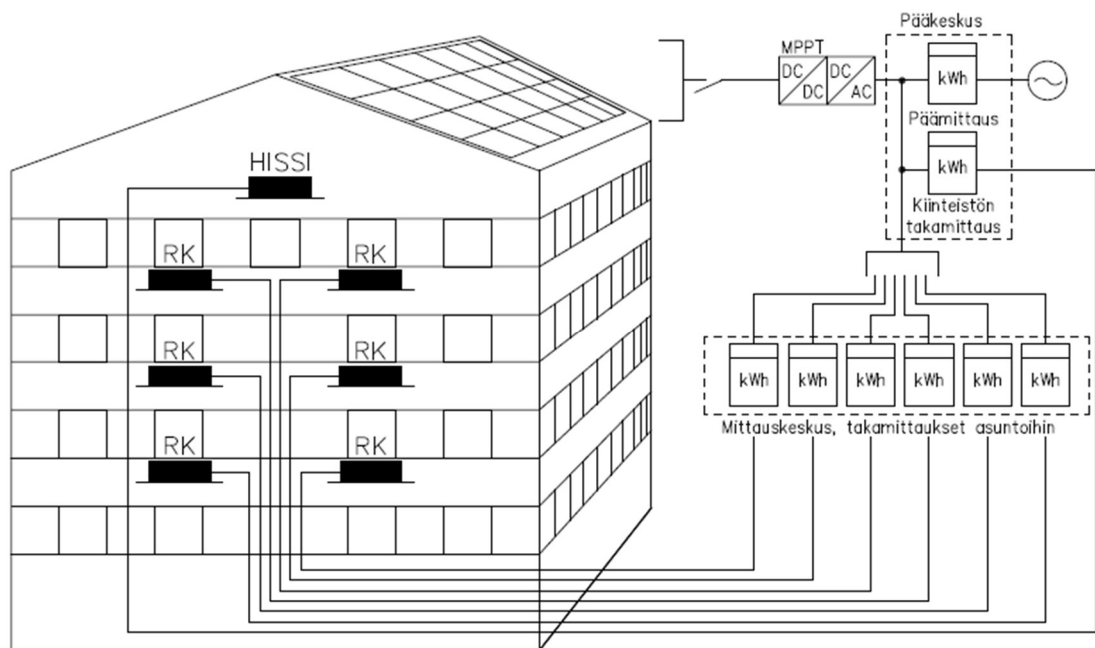
Paneelien tehot ovat nykyisin yleensä 300 watin molemmin puolin sähköverkkoon liitettävissä järjestelmissä. Invertteri valitaan paneelien määrän mukaan ja sen teho voi olla pienempi tai suurempi kuin paneelien yhteenlaskettu teho. Jos teho on paneelitehoa pienempi, leikkautuu ylimääräinen teho invertterissä pois ja jää käyttämättä. Tämä mahdollistaa nopeamman huipputehon saavuttamisen. Paneelimäärää tehokkaampi invertteri jättää varaa lisätä paneeleita myöhemmässä vaiheessa ja on siksi taloudellisessa mielessä järkevämpää. Invertteri pitää sisällään säätötekniikkaa, jolla voidaan optimoida paneelien toiminta mahdollisimman tehokkaaksi ja sähkön laatu sähköverkkoon sopivaksi. Invertteri kytketään aina yli 3,7 kWp järjestelmissä kolmivaiheisesti. Jos kuitenkin järjestelmässä on yksivaiheisia inverttereitä, tulee ne kytkeä syöttämään tasaisesti tehoa kaikille vaiheille. (ST-Käsikirja 40. 2017, 17-18)

### **4.3 Järjestelmän liittäminen kiinteistöön**

Haasteena aurinkosähkön hyödyntämiselle ovat mittarointiin liittyvät asetukset ja hyvityslaskentaan liittyvä lainsäädäntö, jossa ei ole huomioitu pientuotantoa. Ilman asetusmuutoksia pienvoimaloista hyötyminen on kiinni sähkölaitoksen tavasta mitata sähköä sekä sopimusehdoista tuotetun sähkön hyvityksessä. Mittausasetushaasteina ovat esimerkiksi mittauslaitedirektiivin artikla 6 sekä valtioneuvoston asetus mittauslaitteiden vaatimuksista 21.12.2016/1432, jotka liittyvät näyttövaatimukseen. Lisäksi hyvityslaskennan esteenä on sähkömarkkinalain 588/2013 57§ ja 68§ liittyen laskutukseen ja 74§ liittyen taseselvitykseen. (Auvinen ym. 2020. 13-15)

Ennen muutoksia lainsäädännössä ja mittarointiasetuksissa on mahdollista hyödyntää aurinkosähköstä taloyhtiössä kytkemällä tuotanto sähkölaitoksen mittarissa

kulutuksen puolelle, kuten kuvassa 2 on esitetty. Aurinkosähköä on mahdollista hyödyntää esimerkiksi kiinteistöön kuuluviin sähkölaitteisiin, kuten hissi, ilmastointilaitteet ja muut yhteisien tilojen sähkölaitteet. Myös asunnot on mahdollista kytkeä kulutuksen puolelle. Tällöin kiinteistössä on yleensä vain yksi sähkölaitoksen mittari ja asuntojen mittarit mitataan päämittauksen takaa taloyhtiön tai kiinteistöyhtiön toimesta. Tästä mittausmallista käytetään termiä takamittaus. Takamittauksen toteuttaminen vaatii kuitenkin asukkaiden yksimielisen suostumuksen, koska silloin he eivät voi enää kilpailuttaa omia sähkösopimuksiaan. Aurinkosähköä voidaan tällöin tuottaa osakkaille ilman sähköveroja ja siirtomaksuja. Myös sähkösopimus on edullisempi yhdellä suurella asiakkaalla. Yhteismittaroinnista irtautuminen tulee kuitenkin mahdollista, mikäli osakas niin haluaa. Tätä varten tulee sähkökeskuksessa olla paikkavaraus sähkölaitoksen mittarille. Takamittarointiin siirryttäessä tulee yhtiöjärjestykseen tehdä muutokirjaukset. (Auvinen ym. 2020, 3-6.)



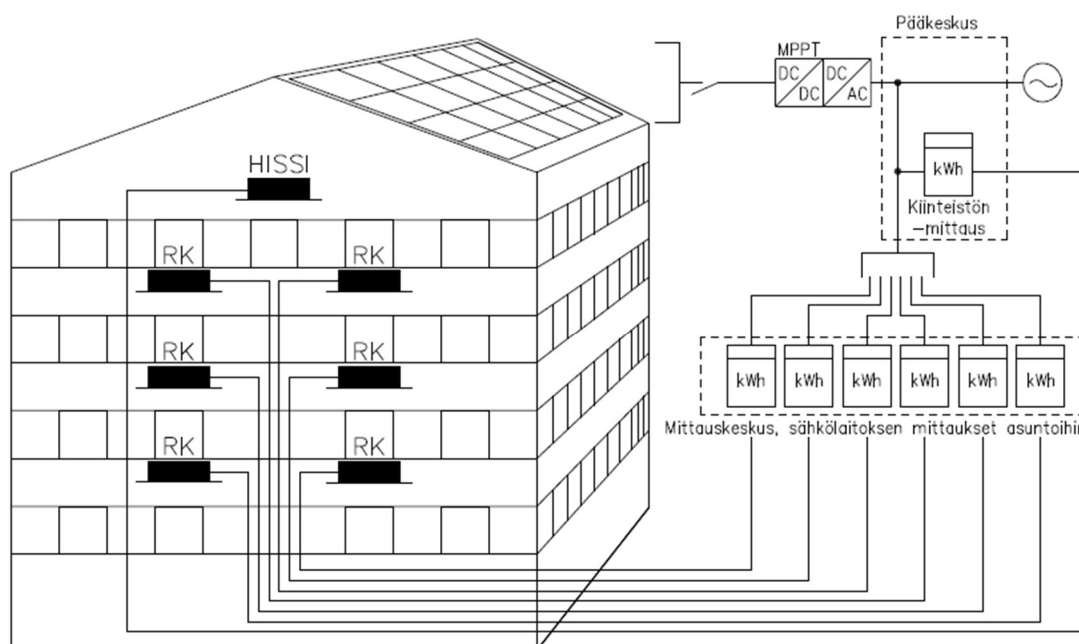
Kuva 2. Takamittaroinnin periaatekuva (Suunnitteluliiga Oy)

Päämittarin jälkeisten mittareiden luku siirtyy takamittauksessa kiinteistön vastuulle, mutta sekin onnistuu nykyisin hyödyntämällä etäluettavaa mittaustekniikkaa. Mittaus voidaan toteuttaa esimerkiksi liittämällä sähkömittarit M-Bus -väylään ja keräämällä tieto mittauskeskittimelle. Esimerkiksi Schneider Electric tarjoaa väyläliitännäiset tuotteet tähän tarkoitukseen. Malli iEM 3135 sopii alle 63A

suoraan mittaukseen ja iEM 3235 sitä suurempiin virtoihin epäsuoralla mittauksella. Mittauskeskittimessä tulee olla tiedonsiirtoyhteydet, kuten esimerkiksi RJ45 lähtö tai GSM/3G/4G antennisovitin ja antenni. Mittaustieto voidaan lukea isännöitsijän toimesta samalla tavoin kuin vedenmittauksen etäluku. Samaan väyläjärjestelmään voidaan liittää myös väyläliitännäiset vesimittarit. (Schneider Electric Oy. a)

Pientuotannossa epäkohtana on tuottajien eriarvoinen asema johtuen eri mitaustekniikoista verkkoyhtiöiden välillä. Osa mittareista mittaa rakennuksen sähköjärjestelmän kuluttavan ja tuottavan sähkön kolmea vaihetta erikseen. Tällöin saatetaan ostaa ja myydä sähköä samaan aikaan johtuen vaihevälisistä kulutuseroista ja mittarista, joka ei kykene netotukseen. Netotuksessa mittari tassa eli laskee yhteen tuotannon sekä kulutuksen lukemat kolmen vaihejohtimen välillä lähes reaaliaikaisesti. Tällöin aurinkovoimalan koko tuotto voidaan hyödyntää kohteessa riippumatta siitä, millä vaihejohtimilla kulutusta on. Kun mitausten pohjalta muodostetaan tuntidataa, jonka myös kuluttaja näkee verkkoyhtiön sivuilta, on tulos erilainen mittaustapojen välillä pientuotantoa sisältävässä kohteessa. Netotukseen kykenevä sähkömittari tuo pientuottajalle arviolta noin kolmanneksen enemmän säästöä verrattuna vaiheet erikseen mittaavaan mittariin. Tämä epäkohta on mahdollista muuttaa vaihtamalla kaikki mittarit netotukseen kykeneviin malleihin. Toisena vaihtoehtona on suorittaa nettolaskenta sähköyhtiön mittaustieto- tai laskutusjärjestelmissä. Molemmissa tapauksissa tarvitaan muutos mittausasetukseen netotuksen mahdollistamiseksi ja mittaus tulosten yhtenäistämiseksi pientuottajien välillä. (Kosonen 2017)

Taloyhtiöissä olisi käytännössä mahdollista käyttää myös hyvityslaskentamallia, jossa taloyhtiössä tuotettu ylijäämä sähkö kulkee asuntojen mittareihin kiinteistöverkon sisällä. Hyvitysmallissa aurinkosähköjärjestelmä kytketään taloyhtiöön kuvan 3 mukaisesti. Ylijäämä sähkö mitataan ja hyvitetään taloyhtiölle ilman siirtomaksuja ja veroja. Hyvityslaskentamallissa on ongelmana jo esille tullut nykyinen sähkömarkkinalaki 588/2013. Nykyisen direktiivin lähtökohtana on, että kuluttajan pitäisi pystyä tarkastamaan sähkön laskutuksen perusteena olevat mittarilukemat mittarin näytöltä. Esteenä onkin näyttövaatimus ja pientuotannon jakamisen sallivan lakipykälän puute. Näyttövaatimus on lisäksi haaste sähkön pörssisopimusten, verkkoyhtiöiden tehotariffien ja pientuotannon tuntinetotuksen kannalta. (Auvinen ym. 2020, 14.)



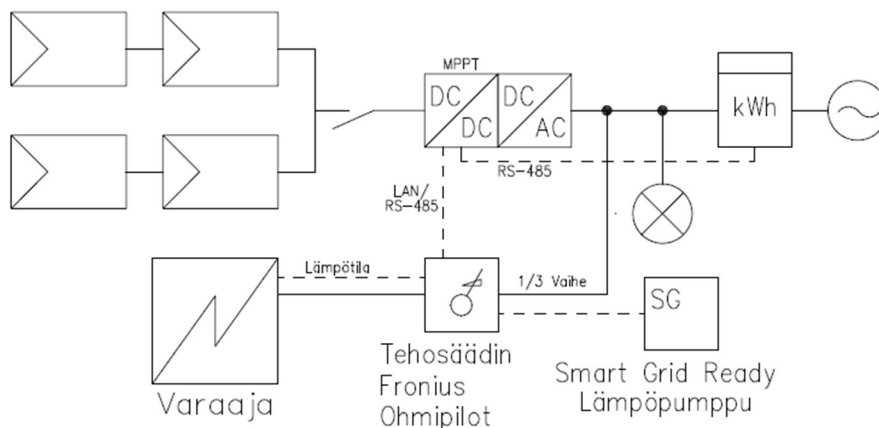
Kuva 3. Aurinkosähköjärjestelmän kytkentä taloyhtiöön (Suunnitteluliiga Oy)

Nykyisin siirto- ja veromaksut lasketaan taloyhtiössä jokaisen verkkoyhtiön mittarin kulutus- ja tuotantotietojen perusteella. Hyvityslaskennassa ja tasejakson sisäisessä netotuksessa arvoja ei pysty mittarista tarkastamaan, koska mittauslukemia ei näy laskussa. Lukemissa on huomioitu pientuotannon tasejakson sisäinen ylijäämä (tuntinetotus) tai osuus samassa kiinteistöverkossa sijaitsevan pientuotannon tasejakson sisäisestä ylijäämästä (hyvityslaskenta). Mittarissa näkyy siis kulutuslukemat, joissa ei ole vielä huomioitu tuoton hyvitystä. (Auvinen ym. 2020, 14.)

Muutoksilla sähkömarkkinalakiin parannettaisiin yksittäisten sähkön pientuottajien lisäksi paikallisten energiayhteisöjen mahdollisuuksia hyötyä sähköntuotannosta helpottamalla yhteisöpalveluiden syntymistä ja lisäämällä palveluiden tarjontaa. Asetuksen 2019/98 mukaan tasejakson sisäinen netotus tulisi järjestää sähkökaupan keskitetyn tiedonvaihdon yksikön eli datahubin palveluna. Datahub mahdollistaisi nopeamman, yksinkertaisemman ja tehokkaamman tiedonkulun sähkömarkkinoilla, kun kaikki sähkön käyttöön liittyvät ydintiedot olisivat saatavilla samasta paikasta ja kaikki tiedonsiirto tapahtuisi sen kautta. Myös hyvityslaskentamallin toteutus helpottuu datahubin myötä. Näillä näkymin datahub tulee käyttöön 21.02.2022 lähtien. Tasejakso on tällä hetkellä yksi tunti, mutta 2020-luvun aikana ollaan siirtymässä 15 minuutin tasejaksoon. (Fingrid Oyj. a)

#### 4.4 Järjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän mitoittaminen kohteen kulutukseen sopivaksi edellyttää kulutusprofiilin hankkimista. Kulutusprofiili on saatavissa omalta verkkoyhtiöltä ja siitä selviää tuntiperusteinen kulutus. Järjestelmän mitoituksessa huomioidaan koko vuorokauden kulutus suhteessa järjestelmän tuottoon, jos aurinkosähköä on mahdollista varastoida sähköakuston lisäksi esimerkiksi lämminvesivaraajaan. Laitevalmistajat ovat kehittäneet automaattioratkaisuja tuotetun sähkön varastointiin ja hyödyntämiseen kiinteistöissä. Esimerkiksi Froniuksen tehonsäädinjärjestelmässä invertterin ja verkon väliin kytketään Fronius Smart-Meter, jonka tarkoitus on välittää tieto ylijäämästä invertterille kuvassa 4. Ylijäämä sähkö ohjataan invertteristä OhmPilot -tehosäätimelle, joka puolestaan ohjaa lämminvesivaraajan vastuksia tai muuta kulutuskojetta, kuten esimerkiksi lämpöpumppua. (Fronius Oy)



Kuva 4. Fronius aurinkosähköjärjestelmä OhmPilot tehosäätimellä

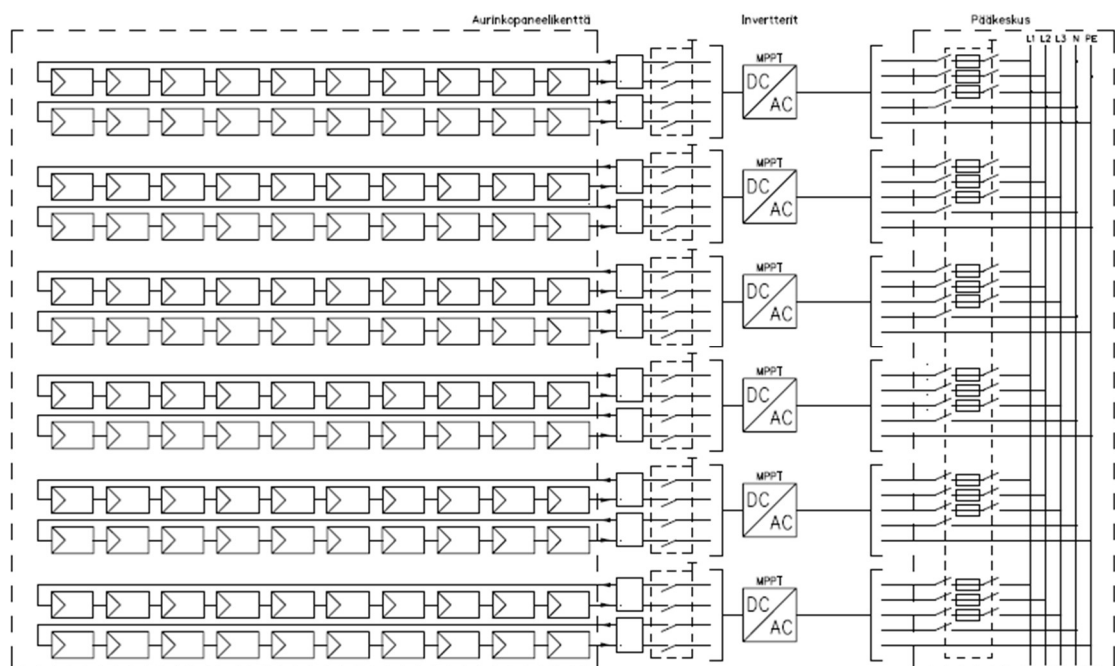
Toisena vaihtoehtona sähkön varastoinnille on fyysinen sähkövarasto eli akusto, joka kytketään invertterin rinnalle. Sähkövarastoon on mahdollista kytkeä aurinkovoimalan lisäksi esimerkiksi tuulivoimala tasaamaan sääolosuhteiden vaikutuksesta tapahtuvia sähköntuotannon vaihteluita (Fronius Oy). Lisäksi on olemassa virtuaalisia akkuja eli palvelusopimusmalleja sähkön ylijäämän hyödyntämiseksi. Sähkön varastointiratkaisuja käsitellään tarkemmin luvussa viisi.

Pientalossa tulisi ottaa huomioon päiväaikaan käytössä olevat kuormat, kun mietitään aurinkovoimalan kokoa. Yleensä invertterit toteutetaan kolmivaiheisesti, koska verkkoyhtiöt eivät hyväksy suurta vinokuormaa eli vaiheiden välisten kuormitusten eroja. Pientalossa saattaa olla kuitenkin perusteltua rakentaa

yksivaiheinen järjestelmä ja liittää kulutuskojeet tähän yhteen vaiheeseen. Vaatimuksena on, ettei vinokuorma ylitä 16 A. Käytännössä tämä raja tulee täyteen vaiheiden välisen tehon ollessa 3,6 kW. Tällainen teho mahdollistaa esimerkiksi ilmalämpöpumpun toiminnan viilennykseen tai sähköauton latauksen. (Mäkinen, J. 2017, 15)

Järjestelmän tehomitoitukseen on olemassa laskureita, kuten esimerkiksi Finsolarin mitoitusyökalu. Sähkön kulutus tuottoaikana on tärkeässä asemassa mietittäessä aurinkovoimalan kokoa. Siksi kulutus tulisi tarkkaan miettiä myös laskureita käytettäessä. (Finsolar -hanke)

Sarjaan kytkettyjen paneelien lukumäärällä voidaan vaikuttaa järjestelmän jännitteeseen. Jännite kannattaa mitoittaa suureksi jännitehäviöiden pienentämiseksi, mutta se ei saa ylittää 1000 V rajaa rakennuksissa standardin SFS 6000 mukaan. Yhden paneelin jännite on noin 35 V, joten sarjaan voidaan kytkeä maksimissaan noin 28 paneelia. Jännitteet ovat paneelikohtaisia, joten paneelien maksimimäärät pitää tarkastaa tapauskohtaisesti. Järjestelmän tehoon voidaan vaikuttaa rinnankytkettyjen paneeliketjujen lukumäärällä. Teholla ei ole rajoitteita, mutta se pitää huomioida esimerkiksi järjestelmän kaapeloinnissa. Kuvassa 5 on esitetty periaatepiirros aurinkosähköjärjestelmän rakenteesta.



Kuva 5. Aurinkosähköjärjestelmän rakenne (Suunnitteluliiga Oy)

Tasavirtapuolella ei vaadita ylikuormitussuojausta paneeliryhmissä tai paneelien kaapeloinnissa, jos yhteen säätimeen on kytketty 1-2 paneeliketjua, virran kulku säädinten välillä on estetty tai paneeliketjujen kaapeloinnin jatkuva kuormittavuus on vähintään 1,25 kertaa paneeliketjun mitoitusvirta. Käytännössä tämä tarkoittaa pieniä järjestelmiä, joissa yhden säätimen takana on korkeintaan kaksi paneeliketjua ja joissa kaapelit ovat suhteessa suuret jännitteenalenneman takia. Paneeliketju tarkoittaa sarjaan kytkettyjen paneelien kokonaisuutta.

Vaihtovirtapuolella mitoittaminen tapahtuu SFS 6000-7-712 -standardin mukaan. Määrittäessä vaihtovirtasyöttökaapelin ylivirtasuojan mitoitusvirtaa, on huomioitava invertterin suurin vaihtovirta tai käytettävä arvoa 1,1 tiedon puuttessa. Invertterin suojauksessa voidaan käyttää 300 mA vikavirtasuojaa palo-suojauksena, koska 30 mA henkilösuojaimeksi tarkoitettu vikavirtasuojaa saattaa aiheuttaa järjestelmän toimivuuteen ongelmia. (Mäkinen, J. 2017, 5)

## **5 SÄHKÖN VARASTOINTI KIINTEISTÖSSÄ**

### **5.1 Varastointimenetelmiä**

Energian tuotannon saatavuus vaihtelee matkalla kohti sääriippuvaista hajatuotantoa ja siksi sähkön varastointi on tärkeässä roolissa tulevaisuuden sähköverkossa. Sähkön varastointimenetelmiä kiinteistöissä on luvussa neljä esiin tulleen varaajan lisäksi esimerkiksi virtuaaliakku, kiinteistöakku ja sähköajoneuvojen akusto. Varastointi mahdollistaa kulutuksen tasaamisen vuorokauden aikana ja kulutuspiikkien tasaaminen on taloudellista varsinkin, jos tehomaksu tulee osaksi yleistä laskutuskäytäntöä sähkölaitoksissa.

#### **5.1.1 Virtuaaliakku**

Virtuaaliakku on sähkölaitosten tai niiden yhteistyökumppaneiden tarjoama palvelu, jossa aurinkopaneelien tuottama ylijäämäsähkö hyvitetään kuluttajalle sovitettuun hintaan. Se siis ei ole fyysinen akku, vaan sopimus aurinkopaneelien tuottaman ylijäämäsähkön hyvityksestä. Esimerkiksi Helen tarjoaa palvelua tois-  
taiseksi vain uusille aurinkopaneeli- ja sähkövarastoasiakkaille. (Helen Oy. c)

On myös olemassa verkkoakku -nimellä tunnettu virtuaalinen palvelumalli, jossa sähköntuottaja saa tuottamansa ylijäämäsähkön käyttöönsä myöhemmin normaalia ostosähköä edullisemmin. Hinnasta on tällöin vähennetty sähkön siirtomaksun ja sähköveron osuus. Nämä palvelumallit saattavat olla houkutusena aurinkosähköjärjestelmän hankintavaiheessa, mutta sopimusehdot mahdollisesti muuttuvat ajan myötä. Virtuaaliakkujen vertailu onkin sopimusten vertailua ja siksi hinnat vaihtelevat paljon palveluntarjoajien ja myös asiakkaiden välillä.

#### **5.1.2 Kiinteistöakku**

Kiinteistöakun tarkoitus on mahdollistaa uusiutuvan energian ja edullisen sähkön hyödyntäminen kiinteistön sähköverkossa. Sähköenergiaa kerätään akkuun silloin, kun sitä tuotetaan yli oman tarpeen uusiutuvan energian voimalasta tai sähkölaitoksen verkosta sähköpörssin spot hinnan ollessa edullisimmillaan.

Kiinteistöjen akkuja voidaan hyödyntää myös isommassa skaalassa aggregaattorien avulla. Kun ohjataan keskitetysti useamman asiakkaan kulutusta, tuotantoa ja varastointia, käytetään tästä toimijasta aggregaattori -nimitystä. Lisäksi kiinteistöakun mahdollisuuksiin kuuluu varavoimana toimiminen kiinteistön keskeisissä toiminnoissa sähkökatkoksien aikana.

Kiinteistöakkujen valmistuksessa on mahdollista hyödyntää myös käytettyjä sähköautojen akkuja. Kun ajoakut eivät sovellu enää sähköautoihin kapasiteetin puutteen vuoksi, ne voidaan uusiokäyttää second life -energiavarastoissa. Esimerkiksi Nissan ja Eaton tekevät yhteistyössä xStorage-akku tuotesarjaa, jonka halvimmassa mallissa on hyödynnetty Nissan Leafin kennoja. Energiavarastona akulle voidaan antaa jopa kymmenen vuotta lisääaikaa. Akku sopii energiavarastoksi, vaikka kapasiteettia olisi jäljellä enää 20 %. (Eaton Oy)

Akkujen suorituskyky kasvaa ja hinta laskee jatkuvasti. Litium-ioni akkujen osalta tuotantokustannukset ovat alle 200\$ / kWh ja jos kehitys jatkuu vastavana, niin vuonna 2030 hinnat olisivat 74\$ / kWh tasolla. Pöyryn tekemän tutkimuksen mukaan myös sähkövarastojen osalta hinnat tulevat laskemaan voimakkaasti 2030-luvulle asti. Hintojen lasku olisi noin 60 % nykyisestä tasosta. Sähkövarastojen yleistymiseen vaikuttaa vallitseva sähkön hinta. Tutkimuksessa oletettiin hinnan nousevan 2 % vuodessa, joten akkujen hintojen lasku on voimakkaampaa suhteessa sähkön hinnan nousuun. Kannattavammaksi investointi tulee kuitenkin aggregaattoria ja muutenkin kysyntäjoustoa hyödyntämällä. Aggregaattori hallinnoi järjestelmää huomioiden sähkön siirtomaksun tehopohjaiseksi ja sähköenergian pörssihintaan perustuvaksi. (Blomqvist, K ym. 2017)

Osa verkkoyhtiöistä, kuten esimerkiksi Helen tarjoaa aurinkopaneelit ja sähkövaraston samassa tuottajapaketissa. Paketin myötä omavaraisuus kasvaa tehokkaamman oman tuotannon hyödyntämisen myötä. Sähkövarasto on myös mahdollista liittää osaksi Helenin älykästä ja joustavaa sähköverkkoa yhteiskäyttösopimuksella. (Helen Oy. d)

### 5.1.3 Sähköauton akusto

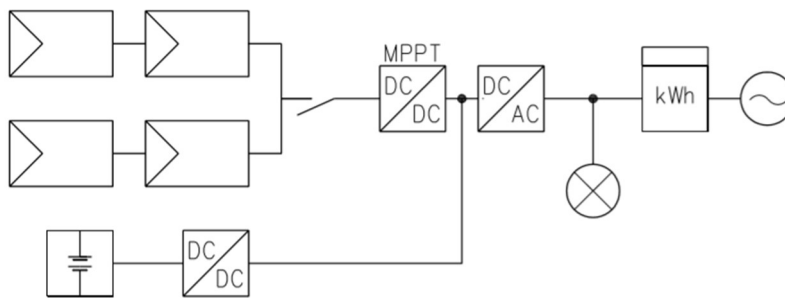
Sähköauton akustoa on mahdollista tulevaisuudessa hyödyntää kiinteistön sähkövarastona, mutta toistaiseksi se on harvoin mahdollista. Kotilataus on toteutettu tähän asti AC-latauksella ja muutos tasavirraksi tapahtuu auton invertterillä. Ongelmana on ollut, ettei invertteri kykene muuttamaan akuston tasavirtaa takaisin vaihtovirraksi ja tahdistamaan sitä verkkoon sopivaksi. Tähän tarkoitukseen on kehitetty kaksisuuntaisia konverttereita, jotka kykenevät muuntamaan sähkön sopivaksi kiinteistöön ja sähköyhtiön verkkoon sähköauton akusta. V2H (vehicle to home) ja V2G (vehicle to grid) tekniikat ovat tulossa sähköverkon tasapainottamiseen ja tulevaisuudessa on mahdollista ottaa sähköautot osaksi sähköverkon kysyntäjoustoa. Nykyisin vielä harva automalli pystyy syöttämään sähköä autosta sähköverkkoon päin. Luvussa kuusi on kerrottu tarkemmin sähköajoneuvojen hyödyntämisestä kiinteistön energiavarastona. (thedriven.io)

### 5.2 Suunnittelu

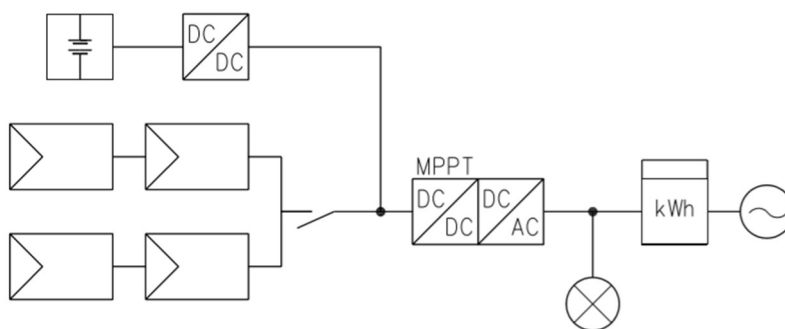
Akuston suunnittelussa käsitellään kiinteistöakkuja, vaikka myös sähköauton akkuja voidaan soveltaa kiinteistöakun tilalle. Akun mitoitukseen vaikuttaa eniten hinta, mutta myös se, mitä omasta tuotannosta jää kulutuksen jälkeen yli. Kesällä sähköä kuluttavia laitteita ei aurinkoisella ilmalla välttämättä ole paljoa, jolloin akku on tehokasta hyödyntää ja käyttää sähköä pimeään tultua. Talvella taas kannattaa akkusähkö kuluttaa päivällä ja täyttää akku edullisemmalla yö-sähköllä.

Akkua voidaan käyttää myös varavoimana sähkökatkoksissa. Tällöin tulisi miettiä, mitä laitteita halutaan kytkeä varavoiman taakse. Riittääkö esimerkiksi valaistus, jääkaappi ja pakastin vai halutaanko myös muiden sähkölaitteiden sähkön syöttö varmistaa. Lämmityslaitteet vievät paljon sähköä, mutta esimerkiksi jääkaappi kuluttaa vain noin 0,3-0,8 kWh vuorokaudessa. Pienen asunnon yleisvalaistus kuluttaa suunnitteen saman verran jääkaapin kanssa LED-valaisimilla toteutettuna, joten välttämättömimpien laitteiden sähkönvarmistus on mahdollista toteuttaa vuorokaudeksi noin 1-2 kWh akulla.

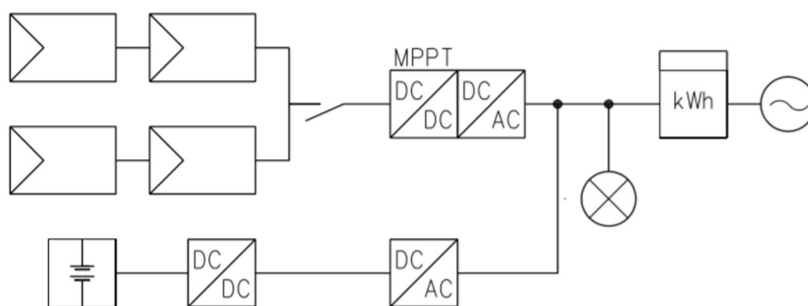
Kiinteistöakku on mahdollista kytkeä DC-puolelle aurinkosähköpaneelien kanssa samaan verkkoon tai AC-puolelle, jolloin akussa on oltava oma invertteri ja verkkoon tahdistus. DC-kytketty akku on tämän takia edullisempi vaihtoehto. Molemmissa tavoissa pitää estää sähkön syöttö toisiin järjestelmiin sähkökatkos tilanteissa, mutta DC-puolella tarvittavat komponentit ovat edullisempia. Hyödyt vielä lisääntyvät DC-puolen kytkennässä, jos samaan DC-verkkoon liitetään kaksisuuntainen sähköauton latauspiste. Kuvissa 6,7 ja 8 on esitetty yksinkertaistettuja kiinteistöakuston kytkentätapoja aurinkosähköjärjestelmän kanssa. Kuvassa 6 on esitetty DC-kytkentä, jossa akusto voidaan kytkeä olemassa olevan aurinkosähköjärjestelmän rinnalle ennen invertteriä. Kuvassa 7 on esitetty yhdistetty invertteri aurinkosähköjärjestelmälle ja akustolle. Tämä malli on edullisin, kun järjestelmät hankitaan yhdessä. Kuvassa 8 on esitetty akuston kytkentä AC-verkkoon, jolloin akustolla tulee olla oma invertteri. (Hesse, H. ym. 2017, 15)



Kuva 6. Akuston DC-kytkentä



Kuva 7. Akuston kytkentä suoraan invertteriin



Kuva 8. Akuston AC-kytkentä

### 5.2.1 Määräykset ja sähköturvallisuus

Suomessa keskeisimpiä litiumioni eli li-akkuja koskevia lainsäädäntöjä on Euroopan komission paristo- ja akkudirektiivi 2006/66/EY, 2013/56/EU, komission asetukset EU N:o 1103/2010, N:o 493/2012 sekä valtioneuvoston asetus paristoista ja akuista 520/2014. Akkuja ja paristoja koskevien direktiivien ja asetusten tarkoitus on yhdenmukaistaa kansalliset toimenpiteet, estää vaarallisten aineiden käyttöä ja edistää kierrätystä käytettyjen akkujen ja paristojen osalta. (Pitkämäki, A. ym. 2017, 14)

Kuluttajaturvallisuuslaki 920/2011 ja sähköturvallisuuslaki 1135/2016 edellyttävät, ettei akuista aiheudu vaaraa. Akkudirektiivi ei kuitenkaan sisällä vaatimuksia akkujen käytön aikaiseen turvallisuuteen eli akut eivät edellytä turvallisuuden liittyen CE -merkintää. Akkujen turvallisuuteen ei siis ole täsmällisiä vaatimuksia ja se saattaa lisätä turvallisuudeltaan riittämättömien tuotteiden pääsyn Suomen markkinoille. Riskiä lisää kuluttajien mahdollisuus tilata EU:n ulkopuolelta tuotteita, joissa ei ole otettu Suomen tai EU:n turvallisuusvaatimuksia lainkaan huomioon. (Pitkämäki, A. ym. 2017, 14-21)

Suurissa akkujännitteissä on aina otettava huomioon sähköturvallisuusmääräykset standardin SFS 6002 mukaan. Kuluttajien käytössä olevat sähkövarastot eli kotiakut tulisi sisältää antureita tai muuta valvontaa vaaratilanteiden varalta. Vaaratilanteissa niiden tulisi kytkeytyä pois päältä ja antaa hälytys. Lisäksi tärkeää on palo-osastointi ja riittävä ilmastointi. Standardissa SFS-EN 50272-2 löytyy akkujen ja akkuasennusten tarkemmat turvallisuusvaatimukset.

Akkukaapeissa sekä tiloissa, johon akkukaapit on sijoitettu, tulisi olla riittävän hyvä ilmanvaihto. Isoissa akuissa tulee olla tilojen jäädytys tai akun sisäinen jäädytysnestekierto. Lisäksi tulisi ottaa huomioon huoltotoimien mahdollistaminen turvallisesti kaapin sijoittelussa. Kaappiasennuksessa, jossa akkuja on päällekkäin, tulisi akkujen väliin jättää noin 10 mm ilmarako riittävän ilmankierron takaamiseksi. Akustot tulee suojata ylivirralla sulakkeilla tai vastaavilla rajoittavilla järjestelmillä. (ST-kortti 52.30.01)

Akkujen lataamisessa tulisi huomioida, ettei ladattavia laitteita jätetä lataukseen yön yli. Akku tulisi irrottaa latauksesta, jos se on selkeästi kuumentunut. Ladattavan akun lähellä ei tulisi olla palokuormaa eikä akkuja saa ladata pakkasessa. Akkuja tulisi myös ladata säännöllisesti, jottei ne pääsisi tyhjentymään. Lisäksi latauspaikassa tulisi olla palovaroitin sekä alkusammutuskalustoa. Taloyhtiöissä kevyet ladattavat kulkuvälineet tulisi ladata ulkona, jollei latausta valvota. Talvi-aikaan latausta ei voi kuitenkaan pakkasen takia suorittaa ulkona. Talvella kevyiden kulkuvälineiden akut voidaan ladata asunnossa, koska esimerkiksi polkupyörien akku on yleensä irrotettavissa. (Pitkämäki, A. ym. 2017, 71-72)

### **5.2.2 Paloturvallisuus**

Li-akkujen määrät ovat kasvussa ja varsinkin suurempikokoisten akkujen käyttövolyymit ovat kiihtyneet sähköautoilun ja uusiutuvan energian myötä. Li-akkujen riskeinä ovat tulipalot, sähköiskut ja kemialliset riskit. (Pitkämäki, A. ym. 2017, 5)

Merkittävimpänä riskinä on tulipalo, joka perustuu lämpökarkaamiseen. Akun sisältämät kemikaalit voivat palaa hyvin voimakkaasti lämpötilan noustessa. Lämpötilaa voi nostaa ulkoinen lämmönlähde tai akussa tapahtuva oikosulku. Vaikeasti sammutettavan palosta tekee kuumasta akusta tulevat höyrystyneet elektrolyyttikaasut, jotka voivat syttyä uudestaan päästessään kosketuksiin hapen kanssa. Esimerkiksi litium reagoi voimakkaasti hapen kanssa ja siksi vesi ei sovellu sammutukseen vaan kiihdyttää palamista. Lämpökarkaamisessa yksi kenno voi sytyttää viereisiä kennoja tuottamallaan lämmöllä ja näin laajentua ketjureaktioksi, koska lämpö ei pääsee haihtumaan tiiviissä akkupaketissa. Palokaasujen purkautuessa akusta saattaa myös tapahtua räjähdyksiä. Vaarallisia

ovat lisäksi palokaasut, joita Li-akkujen paloissa syntyy. Vaurioitunut akku saattaa myös syttyä itsestään, joten esimerkiksi kolaroitu sähköauto tulee säilyttää ulkotiloissa syttymisvaaran vuoksi. (Pitkämäki, A. ym. 2017, 9)

Palojen lisäksi akuissa on riskinä sähköiskut. Sähköiskuriski katsotaan vähäiseksi alle 120 V akuissa, mutta jännitteen kasvaessa myös riski kasvaa. Yli 400 V akuissa ja suurteholatauksen myötä yleistyvissä 800 V jännitteisissä akuissa on sähköturvallisuuden kiinnitettävä erityisen paljon huomiota. Vaaratilanteita syntyy esimerkiksi akkujen vaurioituessa, akkujen väärinkäytöstä ja sähköturvallisuudelta puutteellisten tuotteiden käsittelystä. (Pitkämäki, A. ym. 2017, 12)

### **5.3 Tulevaisuuden kehitys**

Li-akuissa on paljon hyviä puolia, mutta huonona puolena on materiaalien louhinnasta ja jatkojalostuksesta aiheutuneet päästöt ja ympäristöhaitat. Tästä syystä on tutkittu ja kehitelty vaihtoehtoisia akkumateriaaleja. Ratkaisuna materiaaliongelmaan voisikin olla erilaisten akkumateriaalien kombinaatiot ja akkumateriaalit voitaisiin valita tarvittavien ominaisuuksien mukaan.

Esimerkiksi espoolainen Broadbit Batteries kehittää natriumiin perustuvaa akkuteknologiaa. Akussa on natriumin lisäksi käytetty hiiltä, rikkiä ja hiekkaa. Materiaalit ovat helposti saatavilla ja edullisia. Parhaimmillaan suola-akku toimii sähköajoneuvoissa ja sähköön pitkäaikaisessa varastoinnissa, mutta se vaatii vielä tuotekehitystä ja parannusta esimerkiksi lataussyklien määrässä. (BroadBit Batteries Oy)

VTT on kehitellyt uusia, biomassasta saatavia, orgaanisia akkumateriaaleja. Orgaanisista materiaaleista valmistetut akut ovat ympäristöystävällisiä ja turvallisia käyttää. Lisäksi näillä uusilla materiaaleilla on havaittu parempia sähköisiä ominaisuuksia verrattuna nykyisiin materiaaleihin, kuten nopeampi latauskyky. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy)

Erittäin hyviin tuloksiin on päästy myös Li-S eli litium-rikki -akun testituloksissa. Tässä akussa energiatiheys on yli 1 kWh/kg, joten sähköauton käytössä yhdellä

latauksella ajaisi 2000 kilometriä ja matkapuhelimen käytössä akun kesto olisi noin viikon. Li-S -akku myös säilyttää kapasiteettinsa erinomaisesti lukuisten testilatauskertojen jälkeen. Tämän lisäksi akun päävalmistusmateriaaleja riittää jopa satojen vuosien tarpeisiin. (Baicheng Electric Group Co. Ltd.)

## 6 SÄHKÖAJONEUVON HYÖDYNTÄMINEN KIINTEISTÖSSÄ

### 6.1 Yleistä sähköautoista ja lataustavoista

Liikenne sähköistyy vauhdilla ja nykyisin sähköautoja on Suomessa yli 35 000, kun vuosi sitten lukema oli 18 522. Ladattavien hybridien määrä on noin 30 000 ja loput ovat täyssähköautoja. Myös latausinfra kasvaa ja nykyisin peruslatauspisteitä on 3320 ja pikalatauspisteitä 291. Kasvua on edistänyt hankintatuet autoihin ja latausjärjestelmiin. Tuet ohjaavat latausverkoston laajentumiseen monipuolisesti pitäen sisällään kaikki lataustavat. (Sähköinen liikenne ry. 2020)

#### 6.1.1 Sähköautojen rakenne

Sähköauto sisältää kaksi toisistaan erillään olevaa sähköjärjestelmää. Toinen on 12 V normaalipuoli, jolla voi työskennellä polttomoottoriauton tavoin, kunhan tunnustetaan korkeajännitejärjestelmä ja toimitaan sen mukaisesti. Korkeajännitepuolen eli voimalinjan kaapeloinnit ovat oranssin värisiä ja selkeästi paksumalla eristerakenteella varustettuja. Kotelot ovat avattavissa vain työkalulla ja niissä on sähköiskun vaarasta kertovat varoitusmerkinnät. Korkeajännitepuolen jännite on tyypillisesti 200-500 V, mutta markkinoille on tullut myös 800 V jännitteellä toimivia sähköautoja, jotka mahdollistavat erittäin nopean latauksen. (Ansvar-hanke 2015)

Käyttövoima-akku ja muut korkeajännitejärjestelmän osat ovat kelluvia eli täysin eristettyinä auton korista ja niiden turvatoimilaitteina ovat akun sisäiset vikavirtasuojat. Järjestelmän vikavirtasuojakytkin laukeaa akun tai muun korkeajännitejärjestelmän vuotaessa virtaa koriin eli auton maapotentiaaliin. (Ansvar-hanke 2015)

Akustonhallintajärjestelmästä on mahdollista saada tietoja akuston kunnosta ajoneuvon OBDII (On Board Diagnostics) eli sisäisen valvontajärjestelmän liittimestä. Liittimen kautta tietoja voi tutkia mobiililaitteella tai tietokoneella. Tavallisia tietoja ovat jäljellä oleva toiminta-aika, varaustila, toimintakyky, lataus- ja purkujaksojen määrä, kokonaiskapasiteetti sekä akuston kunto. Näillä tiedoilla

voidaan selvittää jäljellä oleva kapasiteetti sekä optimaaliset toimintarajat, joilla akkua voidaan ladata ja purkaa.

Ajoneuvon hallintajärjestelmän tulee pystyä kommunikoimaan ajoneuvon ulkopuolisille akkua kuormittaville järjestelmille, kuten latureille. Tärkeitä informaatioita ovat suurimmat sallitut kuormitus- sekä latausvirrat, riippuen akun toimintatilasta ja lämpötilasta. Ajoneuvojen akustoissa on oma jännitteen tasapainotusjärjestelmä BMS (battery management system), jotta koko akuston varaus on mahdollista jakaa tasaisesti koko kennostoon. Näin pystytään hyödyntämään koko akuston kapasiteetti. Säästävä toimenpide on myös varaustason huomiointi latauksessa. Pikalatauksessa kennojännite saavutetaan nopeammin, mutta viimeistelylataus vie silti aikaa suunnilleen kaksi kertaa alkulataukseen kuluvaan ajan. Viimeistelylatauksessa akun varauskapasiteetti kasvaa, vaikka kennojännite on jo alkulatauksessa saavuttanut maksimiarvonsa, koska alkulatauksessa akun SOC (state of charge) eli varaustaso on saavuttanut vasta 70 prosentin kapasiteetin. Viimeiset kolmekymmentä prosenttia kuluttavat suhteessa paljon enemmän sähköenergiaa kuin edeltävät prosentit. (Falkman, A 2018, 62-64)

### **6.1.2 Lataustavat**

Ajoneuvon akuston kestävyys kannalta olisi hyvä rajoittaa latausteho kotilatauksessa peruslatausnopeuteen. Peruslataus mode 3 tai hidaslataus mode 2 säästävät akkua, koska auton oma BMS kontrolloi latausprosessia. Mode 2 tarkoittaa latausta matkalaturilla schuko-pistorasiasta. Latausvirta on syytä rajoittaa 8 ampeeriin eli tehona 1,8 kW pitkäaikaisessa käytössä rajoitetun turvallisuustoimintojen takia. Tästä syystä mode 2 tapaa ei suositella myöskään jatkuvaan käyttöön. Mode 3 eli peruslataus tapahtuu turvallisesti latauskaapelin lukkiutuessa ajoneuvoon ja latauspisteeseen latauksen ajaksi. Latausvirta voidaan säätää 6-32 A välillä eli parhaimmillaan saavutetaan 22 kW teho. Latausjärjestelmän kaapelissa on tiedonsiirtoväylä, joka varmistaa ajoneuvon oikein kytkemisen latauspisteeseen ja sillä voidaan myös ohjata kuormitusta molempiin suuntiin. Mode 3 on nykyisin suositeltavin lataustapa. (ST-Käsikirja 41. 2019, 24-25)

Mode 4 eli pika- tai teholatauksessa ajoneuvon akustoa syötetään DC (direct current) eli tasavirralla ulkopuolisesta latauspisteestä. Pikalatauksen sopivuus ajoneuvon riippuu siitä, miten hyvin akustonhallintajärjestelmä ja jäähdytys on toteutettu. Akuston jäähdytyksen pitää olla tehokkaasti osana prosessia. Tällöin ajoneuvossa on aktiivijäähdytys, kuten esimerkiksi Teslan malleissa. Passiivijäähdytys löytyy yleensä edullisemmista sähköajoneuvoista. Jos akunhallintajärjestelmä ei toimi riittävän tehokkaasti syötettävään virtaan nähden, akusto voi kuumentua. Kuumat akukennot eivät kykene lataamaan eikä ylläpitämään varausta verrattuna viileämpiin soluihin. Tilanne johtaa jännite-epätasapainoon, joka tiputtaa akuston kapasiteettia ja samalla myös käyttöikä merkittävästi. Samoin ylilatauksen kanssa tulee olla tarkkana, mikäli akustonhallintajärjestelmä ei ole laadukas. Ajoneuvolle sopimaton pikalataus väsyttää kennoja ja saattaa vaurioittaa niitä pysyvästi. Käyttäjän tulisi selvittää pikalatauksen soveltuvuutta ajoneuvoon. (ST-Käsikirja 41. 2019, 24-25)

Suurteholataus on nykyisin mahdollista toteuttaa 350 kW teholla DC-tekniikalla. Näin suuret tehot johtavat suureen hukkalämpöön latauksessa. Suurteholatauslaitteissa onkin nestejäähdytteiset latauskaapelit vakiona, jotta kaapelipoikkipinnat saadaan pidettyä maltillisina. Suuremmissa tehoissa vaaditaan lisäksi suurempaa jännitettä, joka mahdollistaa pienemmät tehohäviöt. Esimerkiksi Porschen Taycan-malli soveltuu suurteholataukseen tehokkaan jäähdytysjärjestelmänsä ja 800 V akustojännitteen ansiosta yleisen 400 V jännitteen sijaan. Jännitteen kaksinkertaistaminen puolittaa virran, jos latausteho pysyy vakiona. Tällöin järjestelmän tehohäviöt putoavat neljäsosaan, mikä vähentää jäähdytyksen tarvetta. Suurteholataus on tarpeellinen pitkässä matka-ajossa, mutta sitä ei tulisi käyttää ajoneuvon ainoana latausmuotona akkujen käyttöikä ajatellen. Huonona puolena on lisäksi sähköverkon tehopiikkien lisääntyminen ja sähköverkon ennustettavuuden heikkeneminen. Se taas johtaa sähköverkon vahvistamisen tarpeeseen ja sitä myötä kustannusten nousuun. (IONITY)

Kokonaistaloudellisin vaihtoehto säännölliselle lataamiselle on älykäs peruslataus kotona ja työpaikalla. Pikalataukselle on tarvetta ajettaessa pitkiä matkoja ja hidaslataus on tarpeellinen lisävaruste hätävarana. Kaikissa lataustavoissa on omat puolensa ja kaikki ovat tarpeellisia täyssähköauton omistajalle. (Vesa J. 2017)

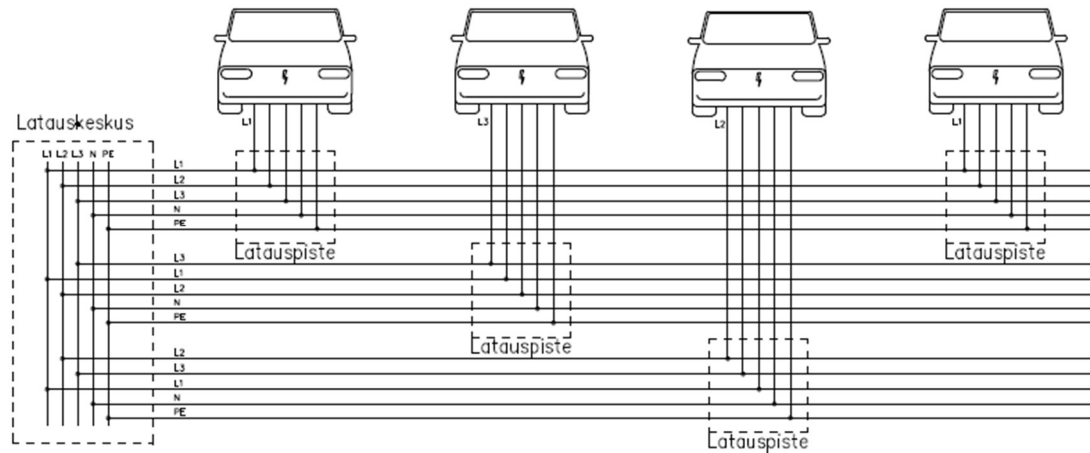
## 6.2 Järjestelmän suunnittelu

Latausjärjestelmien suunnittelu on tapauskohtaista, kuten muukin sähkösuunnittelu. Jos latauspisteitä ollaan hankkimassa kotitalouteen, pitää olla selvillä auton kyky ottaa vastaan virtaa. Automalleissa on eroja siinä, voivatko ne ottaa AC-latauksessa vastaan yhtä, kahta vai kolmea vaihetta. Paras tilanne on, jos kuorma saadaan jaettua tasan vaiheiden kesken, kuten normaalistikin sähkönkulutuksessa. Epätasainen kuormitus eli vinokuorma vaiheiden välillä aiheuttaa laatupoikkeamia sekä rajoitteita sähkön pientuotannolle ja sähköautojen latureiden toiminnalle. Suunnittelussa tulee ottaa lisäksi huomioon käyttäjien tarpeet latauksen tehon määrittämisessä. Laturin tehoon vaikuttaa lataukseen käytettävissä oleva aika, auton kulutus sekä varausmäärä, joka autoon tulisi ladata ennen seuraavaa latauskertaa. Rajoituksena latausteholle on sähköliittymän koko ja muu kuormitus kiinteistössä.

Suunnittelussa pitää ottaa huomioon enemmän asioita, jos latauspisteitä ollaan hankkimassa esimerkiksi taloyhtiöön. Aluksi pitää olla selvillä latauspistetarpeet ja jos haluaa tukihyödyt, kannattaa samalla kertaa asentaa useampi latauspiste. Avustusta voivat hakea asuinrakennuksen omistavat yhteisöt, kuten taloyhtiöt ja vuokrayhteisöt. Edellytys avustukselle on, että rakennetaan valmius vähintään viidelle latauspisteelle. Myös laitteiden hankintaan on mahdollista saada avustusta. Tästä on kerrottu tarkemmin luvussa 6.1.1.

Latauspisteiden määrän rajoituksena on sähköverkon kapasiteetti, jonka ylittyessä tulee lisäkustannuksia liittymän vahventamisesta. Kuormanhallinnalla on kuitenkin mahdollista pysyä kapasiteetin rajoissa ja luovuttaa sähköauton lataukseen tehoa reservissä oleva määrä. Myös sähkön mittaus tulee huomioida, kun käyttäjiä on eri talouksista. Huomioitavana asiana on myös vaiheiden vaihtelu kytkemällä latauspisteet eri vaihejärjestykseen (L1-L2-L3) vuorotellen. Tällöin autolle menevät vaiheet vaihtelevat ja kuormitus pysyy tasaisena vaiheiden välillä, vaikka joku auto käyttäisikin vain yhtä vaihetta laturissaan. Samasta syystä myös latauspisteiden määrä tulisi olla kolmella jaollinen. Vaihekierto kannattaa tehdä keskuksessa, jotta latausasemia kentällä voidaan vaihtaa ilman muutoksia kytkennöissä. Vaihekierto on esitetty kuvassa 9. Huomioitavaa on

kuitenkin, että kolmivaihejännitteen kiertosuunta pysyy oikeana, sillä osa auto-merkeistä ei ota latausta vastaan kiertosuunnan ollessa väärä.



Kuva 9. Vaihekierto latauskeskuksessa (Suunnitteluliiga Oy)

Suurissa latausjärjestelmissä on syytä kiinnittää huomiota myös sähköautojen invertterien aiheuttamista häiriöistä sähköverkkoon. Esimerkiksi harmonisilla yli-aalloilla voi olla vaikutuksia ARM (automatic meter reading) -mittaukseen sekä kassajärjestelmiin. Häiriöt voidaan suodattaa latauslaitteita syöttävissä keskuksissa, jolloin keskuksista pitäisi löytyä vähintään tilavaraukset suodatinkomponenteille. Laajoissa järjestelmissä tulee ottaa huomioon myös UPS (uninterruptible power supply) -varmennettu sähkönsyöttö järjestelmän tietotekniselle laitteistolle, jos järjestelmässä on paikallinen tietokanta yhdistettynä laskutukseen. (Mäkinen, J. 2019, 7)

Latausasemien tulee liittyä suuremmissa kohteissa myös kiinteistön paloilmoinjärjestelmään. Sähkönsyöttö tulee katkaista latauspisteiltä palohälytyksen ajaksi ja latausjärjestelmän tulee olla poiskytkettynä, kunnes vikatilanne on selvitetty. Vikaantuessaan sähköautojen akustot ovat paloriski ja syttyessään ne ovat vaarallisia etenkin pysäköintihalleissa, jotka sijaitsevat asuinrakennuksien alapuolella. (IGL-Technologies Oy)

### 6.2.1 Hankintatuet ja verotus

ARA (asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus) myöntää avustusta asuinrakennuksien sähköjärjestelmiin kohdistuviin muutoksiin rakennettaessa sähköautojen latauspisteitä. Vuoden 2020 avustuksiin on varattu yhteensä 5,3 miljoonan euron määrärahat. Avustusta voivat hakea asuinrakennuksen omistavat yhteisöt, kuten taloyhtiöt ja vuokrayhteisöt sekä autopaidat omistavat pysäköintiyhtiöt.

Avustuksen suuruus on 35 %, mutta tehokannustimena tarjolla on jopa 50 % toteutuneista kustannuksista. Avustuksen suuruus on kuitenkin enintään 90 000 € riippumatta järjestelmän koosta. Avustuksen edellytyksenä on, että yhteisö rakentaa valmiuden vähintään viidelle latauspisteelle. Avustusta saa tarvekartoitukseen, hankesuunnitteluun hankkeen toteutuessa, sähköpääkeskukseen tarvittaviin muutostöihin, sähköliittymän tyyppin muutoksiin, putkituksiin ja kaapelointeihin sekä niihin liittyviin tavanomaisiin maanrakennustöihin sekä latauslaitteisiin, jos ne ovat tuen saajan omistuksessa. (Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus)

Finsolar -hanke selvitti taloyhtiössä ALV-velvollisuuden, jos asunto-osakeyhtiö välittää sähköä oman mittarinsa kautta osakkaan sähköautoon ja saa siitä korvausta osakkaan palveluntarjoajalta. Keskusverolautakunnan ennakkoratkaisuna oli, ettei taloyhtiö joudu tästä huolimatta ALV-velvolliseksi. Päätöksen toivotaan edistävän sähköautojen yleistymistä taloyhtiöissä. (Finsolar-hanke. e)

### 6.2.2 Määräykset

Suomen sähköturvallisuusstandardi SFS 6002 on päivitetty koskemaan myös sähkökäyttöisiä ajoneuvoja vuodesta 2015 lähtien. Standardissa on määritelty esimerkiksi sähkö- ja hybridautojen korjaus- ja huoltotoimintaa harjoittavien yritysten ja henkilöiden kelpoisuusvaatimukset. Latausjärjestelmien sähköistyksiä puolestaan koskee oma pienjännitepuolen sähköasennusstandardinsa SFS 6000-7-722. Esimerkiksi vikavirtasuojauksessa tulee vaihtovirran lisäksi ottaa huomioon suojaus tasavirran osalta. Standardia SFS 6000 tulee noudattaa kai-

kissa rakennuksen sähköistykseen liittyvissä kiinteissä asennuksissa. Standardin lisäksi velvoittavia ovat laitevalmistajien ohjeet ja niitä tulee noudattaa oikean asennuksen varmistamiseksi sekä takuun säilymiseksi. (ST-käsikirja 41. 2019, 39)

Latauspisteiden maadoitukset on otettava huomioon järjestelmiä asennettaessa. Varsinkin vanhoissa pysäköintialueissa voi tulla haasteita selektiivisyyden ja maadoitusten osalta. Siksi lämmitystolppien vaihdossa latauspisteiksi tulee olla tarkkana sähköturvallisuuden osalta. Jos useita latauspisteitä kytketään samaan syöttöön, tulee maadoitusliitäntöjä tehdä vähintään joka kymmenennen pisteen välein. Lisämaadoituspisteiden maadoitusresistanssin tulee olla pienempi kuin 100 ohmia. Maadoituspisteiden tulee lisäksi olla liitettynä samaan potentiaaliin. (Mäkinen, J. 2019, 21)

Lataustapahtumassa latauksen valvontajärjestelmä valvoo latausta ja jakaa tietoa latauspisteen välillä. Jos tiedonsiirtoyhteyteen tulee katkos, lataus katkaistaan avaamalla akun korkeajännitereleet. Releet aukeavat automaattisesti myös onnettomuustilanteissa, joissa käsky tulee turvatyynyjen ohjausyksiköltä. Sähköautoissa on myös eristystason valvonta, joka aukaisee releet eristysvastuksen laskettua liian alas. Maadoitus on myös tärkeässä roolissa sähköautojen sähköturvallisuudessa. Kaikki korkeajännitejärjestelmän ohjainyksiköiden kotelot on maadoitettu auton koriin. Koteloiden kuoriin ei tällöin pääse syntymään potentiaalieroja. Auton kori puolestaan liitetään suojamaahan eli maadoitetaan latauspisteen kautta latauksen ajaksi. (Ansvar -hanke 2015)

Uusi rakennusten energiatehokkuusdirektiivin EPBD (energy performance of buildings directive) muutos astui voimaan heinäkuussa 2018. Direktiivimuutoksen tarkoitus on parantaa rakennusten energiatehokkuutta ja sitä kautta hillitä ilmastonmuutosta. Muutoksessa annetaan uusia säädöksiä, kuten esimerkiksi latauspisteiden lisääminen tai vähintään latauksen valmiuden lisääminen rakennuksiin. Direktiivin noudattamisen edellyttämät lait, asetukset ja hallinnolliset määräykset oli tarkoitus saattaa voimaan viimeistään 10.03.2020. Tästä päivämäärästä myöhästyttiin, mutta lakiluonnokset ovat kuitenkin jo edenneet hallituksen käsittelystä eduskunnalle lakiesityksenä 19.03.2020.

Hallituksen esityksessä laki koskee kaikkia uudisrakennuksia, laajamittaisesti korjattavia rakennuksia sekä olemassa olevista rakennuksista kaikkia muita paitsi asuinrakennuksia. Kaikissa uusissa ja laajamittaisesti korjattavissa asuinrakennuksissa ja asuinrakennusten pysäköintitaloissa tulisi olla latauspistevalmius kaikissa autopaikoissa, jos pysäköintipaikkoja on yli neljä.

Uusissa ja laajamittaisesti korjattavissa rakennuksissa, jotka eivät ole asuinrakennuksia ja joissa on yli 10 pysäköintipaikkaa, esitetään latauspisteet taulukon 1 mukaan. Yhden latauspisteen tulee olla asennettuna liikkumis- ja toimimises-teiselle soveltuvan levyiseen pysäköintipaikkaan. Olemassa oleviin rakennuksiin, jotka eivät ole asuinrakennuksia, tulisi asentaa vähintään yksi latauspiste, jos pysäköintipaikkoja on yli 20. (Liedes R, 2020.)

Paikkamäärä	Lataustyyppi	Latauspistevalmius
11-30 paikkaa	1 DC teho / 1 AC type 2	≥ 50%paikoista
31-50 paikkaa	1 DC teho / 1 AC type 2	≥ 20%paikoista, 15 kpl
51-75 paikkaa	1 DC teho / 2 AC type 2	≥ 20%paikoista, 15 kpl
76-100 paikkaa	1 DC teho / 2 AC type 2	≥ 20%paikoista, >15 kpl
> 100 paikkaa	1 DC teho / 3 AC type 2	≥ 20%paikoista, >15 kpl

Taulukko 1. Hallituksen ehdotus latauspisteiden määräksi olemassa oleviin rakennuksiin, jotka eivät ole asuinrakennuksia. (Liedes R, 2020.)

### 6.2.3 Tarvekartoitus

Tarvekartoituksessa tutkitaan sähköverkon kapasiteetti suhteessa lataustarpeeseen. Tärkeää on yhdenvertaisuus eli kaikki kiinteistön käyttäjät tulee ottaa huomioon lataustarvetta tutkittaessa. Kustannuksien tulee myös kohdistua oikeille tahoille. Jos autopaikat ovat omilla osakkeillaan, tulee myös kustannusten kohdistua osakkeiden omistajiin. Kun autopaikat ovat taloyhtiön tai kiinteistöyhtiön omistuksessa, kustannukset peritään paikkojen käytön mukaan. Kartoituksessa mietitään myös latauspisteiden määrää ja asennustekniikkaa tulevaisuus huomioiden. Asennustekniikassa on eri vaihtoehtoja riippuen kohteesta. Saneerauskohteissa koitetaan päästä mahdollisimman vähillä maanrakennustöillä, mutta jos on pakko tehdä kaivuutöitä, kannattaa toteutusta siirtää muun pihasa-

neerauksen yhteyteen. Tekniikka myös kehittyy vauhdilla, joten latausjärjestelmän rakentamisen siirtäminen pihasaneerauksen yhteyteen on järkevää varsinkin suurissa latausjärjestelmissä.

Asennettaessa latausjärjestelmää seinälle, esimerkiksi autokatoksessa tai hallissa, toimiva ratkaisu on virtakisko tai lattakaapeli. Näiden tekniikoiden hyvänä puolena on, ettei tilaa kulu syöttävästä keskuksesta kuin yksi lähtö virtakiskoa kohden. Myös keskushuone saattaa olla täynnä, eikä ylimääräistä latauskeskusta ole mahdollista sijoittaa sinne. Hyvänä puolena on myös helppo laajenusvara tulevaisuus huomioiden, sillä useasti ei olla selvillä tulevaisuuden tarpeista vielä kartoitusvaiheessa. Virtakisko voidaan mitoittaa tarpeeksi suureksi heti ensimmäisiä latauspisteitä asennettaessa, jolloin seuraavien pisteiden lisääminen onnistuu helposti lisäämällä vain virranottimia kiskoon. Tällöin myös kustannukset ovat jatkossa kevyemmät. (Schneider Electric Oy. b)

#### **6.2.4 Mitoitus**

Latausjärjestelmät tulisi mitoittaa siten, ettei kiinteistön huipputeho merkittävästi suurene latauksen takia. Myös verkkoyhtiöt ohjaavat tähän tehomaksuilla suuremmissa kiinteistöissä, jottei liittymistä tulisi ylimitoitettuja. Tehomaksut ohjaavat asiakkaita tasaisempaan kulutukseen, jolloin myös sähköverkot voidaan mitoittaa kevyemmin kulutuspiikkien vähentyessä.

Suuritehoiset latauspisteet syöttävät auton akkuun suoraan tasavirtaa ja lataus on nopeaa. Tasavirtaa syöttävät latauspisteet valitaan yleensä julkisiin latauspisteisiin ja niille hankitaan oma liittymä. Mitoitus on tällöin suoraviivaista ja liittymän koko valitaan suoraan lataustehojen mukaan.

Hitaammassa latauksessa syötetään vaihtovirralla auton omaa laturia, jolloin latausnopeus on kiinni auton laturin suorituskyvystä. Kotitalouksiin valitaan yleensä vaihtovirtaa syöttävä laturi edullisemman hinnan vuoksi ja koska latauksella ei ole niin kiire. Hitaampi lataus myös säästää akkua eli sitä tulisi pääsääntöisesti suosia.

Latausjärjestelmän mitoituksessa tulee ottaa huomioon minimivirta, jolla lataus käynnistyy. Minimivirta on autokohtainen, mutta sen tulisi olla latausstandardien 6 A minimivirtaa suurempi. Varsinkin talvella on mahdollista, ettei lataus käynnisty ollenkaan, mikäli käytettävissä on 8 A virtaa. Tämä johtuu siitä, että kovalla pakkasella virtaa kuluu myös akkujen lämmittämiseen. Ilman lämmitystä litiumakut saattavat vaurioitua, jos niitä yritetään ladata pakkasella. Turvatoimenpiteet eivät ota virtaa vastaan ennen tietyn lämpötilan saavuttamista. Käytännössä yksivaiheinen 16 ampeerin latausvirran tarjonta varmistaa, että kaikkien automallien lataus käynnistyy myös pakkasella ulkotiloissa. Sähköautojen latauksella on rajoitteita kylmyyden lisäksi liian kuumissa olosuhteissa. Tällöin akkuja pitää jäähdyttää, jotta ne pystyvät ottamaan vastaan latausta. Suurteho-latauksessa akkuja pitää jäähdyttää myös talviolosuhteissa suurien virtojen vuoksi. (ST-käsikirja 41. 2019, 19)

Kaikissa uusissa hankkeissa tulee ottaa huomioon latausmahdollisuus, kun suunnitellaan sähköliittymää ja pääkeskusta. Latauspisteisiin tulee lisäksi varautua vähintään varausputkilla pihalla oleville autopaikoille. Samalla tulee huolehtia, että keskushuoneessa on riittävästi tilavarausta latauskeskukselle tai että keskuksessa on jätetty varatilaa latausjärjestelmän vaatimille keskuskomponenteille. Myös tietoliikenne tulee huomioida tilavarauksilla jakamossa sekä reiteillä ja putkilla latauspisteille, jotta älykäs lataus on mahdollista toteuttaa tulevaisuudessa.

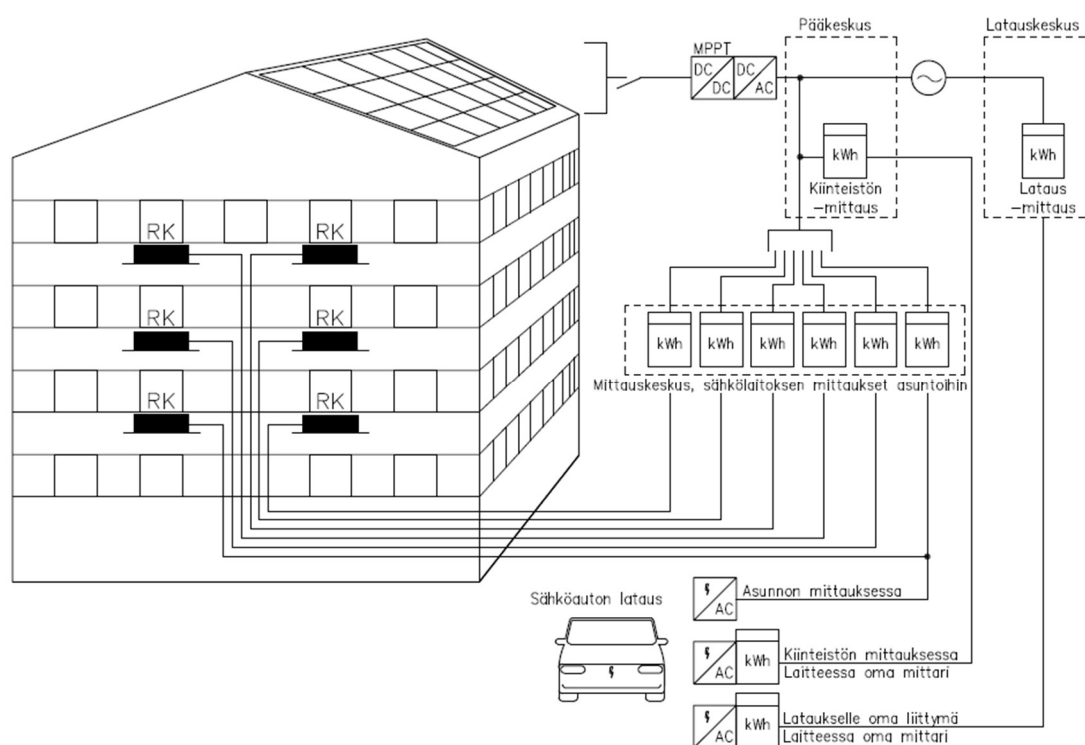
### **6.2.5 Laskutus**

Hinnoittelussa käytetään aikaan ja määrään perustuvaa hintaa. Yleensä aikaperusteinen hinta on sopiva yleiselle paikalle, jossa ajoneuvoa voi ladata hitaasti eli käyttövoima-akusto on pienikokoinen. Tällöin paikka vapautetaan, kun ei enää tarvita sähköä. Latausmaksu sisältyy pysäköintialueen käyttömaksuun.

Määrään perustuva hinta toimii paremmin, jos paikka on varattu yhdelle käyttäjälle tai lataus on nopeaa ja siksi siirretyn energian määrä suuri. Latauspisteelle tulee lisähintaa määrään perustuvassa mittaustavassa, koska mittaustieto pitäisi pystyä paikallisesti todentamaan paikallisnäytöltä normaalin kuluttajan ollessa lataajana. Energiamittarin tulee olla MID-hyväksytty (eur-Lex 2014,

2014/32/EU) mittausslain 707/2011 mukaan. AC-latauksessa riittävän hyväksynnän tuo MID MI-003 asetus. Mittarilla ei kuitenkaan ole vaatimuksia, jos molemmat osapuolet ovat suuria tai keskisuuria yrityksiä.

Yleensä latausasemien yhteydessä mittaus toteutetaan kuitenkin sisäisillä virtamuuntajilla, jotka voidaan tulkita osalaitteistoksi. Näissä tapauksissa MID-hyväksytty mittari voidaan sijoittaa latausjärjestelmän sähkönsyötön yhteyteen, jolloin mittaustuloksia on mahdollista tällöin vertailla mittareiden kesken oikeellisuuden todentamiseksi. Yksittäisten latauspisteiden virtamuuntajien yhteenlaskettu energia ei saisi olla vertailussa koko järjestelmän kuluttamaa energiaa suurempi. Kuvassa 10 on esitetty mittausvaihtoehtoja taloyhtiössä.



Kuva 10. Latauksen mittausvaihtoehdot taloyhtiössä (Suunnitteluliiga Oy)

Määrään perustuva laskutus voidaan toteuttaa monilla tavoilla. Taloyhtiöihin ja työpaikoille voidaan soveltaa paikallista käyttäjien valtuutusta. Tällöin käytetään latauspistekohtaista mittausta ja raportointia. Käyttäjä tunnistetaan järjestelmään ja laskutus tapahtuu käytön mukaan. Paikassa voi olla kiinteä kuukausimaksu, joka tasataan mitatun sähkön mukaan. (ST-Käsikirja 41. 2019, 72-73)

Pikalatausasemilla maksu voidaan toteuttaa lähimaksulla tai kortinlukijalla, koska siirrettävät energian määrät ovat suurempia ja energian hinta on myös suurempi johtuen ylimääräisistä kustannuksista. Suurempi hinta johtuu maksukorttikustannusten lisäksi suuren sähköliittymän tuomista kustannuksista. Yksi tapa on myös paikallinen laskutus, jolloin käyttäjä rekisteröityy palveluun ja saa kuukausittain laskun käyttämästään energiasta. Käyttäjä tunnistetaan latauspisteessä mobiilisovelluksella, RFID-tunnisteella tai PIN-koodilla. (ST-Käsikirja 41. 2019, 51-52)

Laskutus voidaan myös ulkoistaa jonkin latausoperaattorin tai muun palveluntarjoajan hallinnoimaksi. Lisäksi on mahdollista ulkoistaa koko latausjärjestelmä palveluntarjoajan hankittavaksi ja hoidettavaksi. Tällöin latauspisteestä veloittaminen tapahtuu suoraan käyttäjältä, eikä taloyhtiön tai muun yhteisön tarvitse huolehtia latauspisteiden rakentamisesta tai ylläpidosta.

### **6.3 Älykäs lataus**

Älykkästä latauksesta puhutaan, kun käytetään tietoliikennettä osana latausjärjestelmää. Se mahdollistaa kuormanhallinnan tasaamaan latauskuormaa suhteessa muuhun kiinteistön sähkökuormaan rajoittamalla latausvirtaa vapaan kapasiteetin mukaan.

Latausjärjestelmän liittäminen rakennuksen sähköjärjestelmään on yleensä järkevintä tehdä latauspisteille tarkoitetun keskuksen kautta. Pienissä järjestelmissä ja saneerauskohteissa voidaan latauspisteet liittää olemassa olevaan keskuksen tila- ja virtarajojen puitteissa. Myös uudiskohteissa voidaan käyttää samaa keskusta kuin muussa kiinteistön sähköistyksessä, jollei latauspaikkoja ole paljoo tai jos jätetään uudelle latauskeskukselle varatila tulevaisuuden tarpeisiin. Myös latauspisteiden kaapelointien pituus tulee tällöin ottaa huomioon. (Ensto Finland Oy. b)

Latausjärjestelmän suunnittelussa tulee huomioida latauskuorman hallinta, jottei sähköliittymä ja sen myötä kustannukset kasva tarpeettomasti. Kuormanhallinta voi perustua paikalliseen mittaukseen ja tehon rajoitukseen tai se voidaan to-

teuttaa pilvipohjaisena. Kuormanhallinnassa tulee mitata kokonaisteho sekä latausjärjestelmän teho. Latausjärjestelmän tehoa rajoitetaan kokonaiskapasiteetin mukaan, jottei pääsulakkeiden kestävä virta ylitä. Latausten ohjauksessa tulee noudattaa standardisarjaa SFS-EN 61851, jotta ohjaus on yhteensopiva autojen kanssa. Kuormanhallinnassa tulee ottaa huomioon turvajärjestelmien ja varavoimajärjestelmien toimivuus, joten niille on jätettävä tarvittava reservi. Yksinkertaisimmillaan kuormanhallinta voidaan toteuttaa limittäisellä latauksella, jolloin latauspisteen käyttäjät veloitetaan ajastamaan ajoneuvon latausajankohdat portaittain.

Yksisuuntainen lataus pyritään ajoittamaan ajankohtaan, jolloin sähkön hinta on edullisimmillaan. Nykyisin sähkön hinta on edullisimmillaan öisin, koska kulutus on silloin vähäisintä. Tilanne saattaa kuitenkin muuttua aurinkosähkön sekä sähköautojen lisääntyessä. Älykkäät järjestelmät voivat ohjata sähköautojen latausta esimerkiksi pörssisähkön hinnan mukaan tai kun aurinkosähköä on saatavilla.

### **6.3.1 Ohjaus**

Sähköauton peruslatauksessa ja nopeammissa lataustekniikoissa on aina tiedonsiirtoyhteys ajoneuvon ja latauspisteen välillä. Turvallisuussyistä lataus katkeaa tiedonsiirtoyhteyden katketessa. Peruslatauksessa latauskaapelin tiedonsiirtoväylässä kulkee CP (control pilot) -signaali, joka ohjaa latauksen aloitusta, lopetusta sekä latausvirran suuruutta latauksen aikana. Toisena signaalina on PP (proximity pilot), jolla rajoitetaan latausvirran maksimiarvoa latauksen aikana, aktivoidaan ajoneste sekä varmistetaan latauspistokkeen kunnollinen kiinnitys ajoneuvoon. Virran mittaus perustuu PP-johtimen ja PE-johtimen väliseen resistanssiin. Teholatauksessa tiedonsiirto tapahtuu joko CAN (controller area network) -väylän tai PLC (powerline communications) -standardin välityksellä. (IEC 61851-1 2017, 82-85)

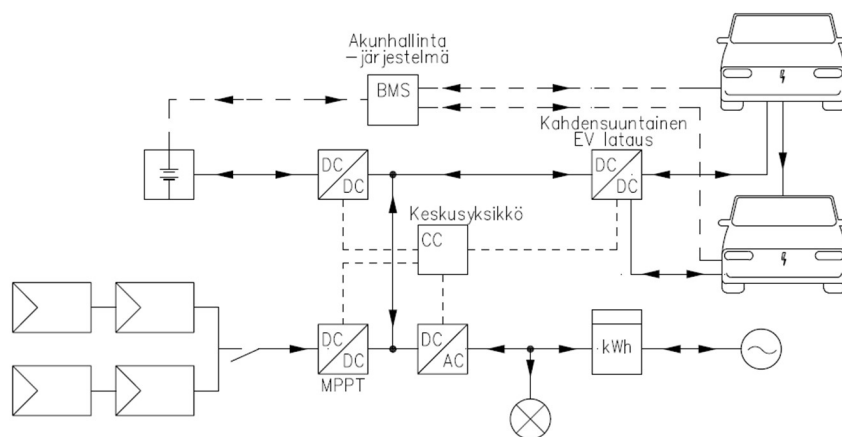
### **6.3.2 Kommunikointi**

Älykkäässä latausjärjestelmässä tarvitaan tiedonsiirtoa ja kommunikointia kuorman hallintaan sekä latauksesta kerätyn informaation välittämiseen. Tietoa on

mahdollista välittää esimerkiksi Open charge alliancen kehittämien OCPP (open charge point protocol) tai OSCP (open smart charging protocol) protokollien avulla. Avoimet protokollat mahdollistavat latauslaitteiden ja latausoperaattoreiden välisen kommunikaation ja etätoimintojen hyödyntämisen. OCPP protokolla on vakiintunut latausasemissa, joten sen käyttäminen mahdollistaa erilaisten latausasemien yhteensovittamisen eri järjestelmiin. Esimerkiksi taloyhtiöissä olisi tärkeää vaatia alusta lähtien OCPP yhteensopivia laitteita, jotta niitä on mahdollista tulevaisuudessa hyödyntää ja liittää osaksi laajempaa, älykästä järjestelmää. (Openalliance)

### 6.3.3 Kahdensuuntainen lataus

Latausjärjestelmän liittäminen rakennukseen monipuolistuu kahdensuuntaisen latauksen myötä. Järjestelmiä suunniteltaessa tulisi huomioida mahdollinen kaksisuuntaiseen sähkönsiirtotekniikkaan siirtyminen kysyntäjoustavan sähköverkon myötä. V2G ja V2H tekniikat siirtävät sähköä verkkoon tai kiinteistöön, mutta lisäksi voidaan sähköä siirtää ajoneuvosta toiseen ajoneuvoon. Tästä tekniikasta käytetään lyhennettä V2V (vehicle to vehicle). V2V lataustapaa on mahdollista hyödyntää, vaikka perheen kakkosautosta ykkösautoon. Kakkosautoa voidaan ladata kiinteistöakun tapaan verkosta sähkön ollessa edullista tai sinne voidaan siirtää aurinkopaneeleista saatu ylituotanto. Kakkosautosta varaus voidaan sitten siirtää ykkösautoon, jota käytetään useammin. (Ensto Finland Oy. b) Kuvassa 11 on esitetty kaavio kahdensuuntaisesta latausjärjestelmästä DC-verkossa.



Kuva 11. V2G lataus DC-verkossa (Suunnitteluliiga Oy)

Esimerkiksi työpaikalla tai kotona ajoneuvo voidaan jättää latauspisteeseen osaksi sähköverkkoa ja määrittää lähtöaika, jolloin akussa tulee olla tarvittava määrä varausta. Sähköverkko hyötyy tällöin ajoneuvon akun tuomasta säätöreservistä verkkoon pysäköintiaikana ja ajoneuvon käyttäjä saa korvauksen akun lainaamisesta osaksi sähköverkkoa. Palvelun tarjoajat ottavat välistä oman palkkionsa ja näin ollen kaikki toimintaketjun osalliset hyötyvät. Säätöreservi voidaan ottaa huomioon myös sähköverkon mitoituksessa, jos akkukapasiteettia tarjoavia ajoneuvoja on riittävästi osana sähköverkkoa. Tällöin sähköverkon ylläpitokustannukset laskevat pienempien johdinpinta-alojen muodossa.

Sähkönsyöttö ajoneuvosta verkkoon päin on vielä harvinaista, mutta tulevaisuudessa ajoneuvot ovat todennäköisesti olennainen osa älyverkkoa. Julkisia kaksisuuntaisia latauspisteitä on jo jonkin aikaa ollut markkinoilla, kuten Helsingin Suvilahdessa oleva testiasema. Ensimmäiset kotikäyttöön tarkoitetut DC-laturit ovat tulleet markkinoilla kuitenkin vasta vuoden 2019 aikana. Ensimmäinen malli, Wallbox DC, tuli markkinoille ensimmäisenä Kiinassa ja Yhdysvalloissa. Wallbox DC lähettää ja vastaanottaa tasavirtaa 7,4 kilowatin teholla. Laturissa on CHAdeMO liitin sähkönsiirtoa varten. (Wallbox Chargers)

Myös langaton lataus on yleistymässä kaksisuuntaisen latauksen myötä. Luultavasti ensimmäisen sukupolven yksisuuntalaturit väistyvät kaksisuuntaisten lataustekniikoiden tieltä autoteollisuuden alkaessa tukemaan kehitystä kohti uusiutuvan energian ja kysynnänjouston aikaa.

Autoteollisuudessa kaksisuuntaisen latauksen edelläkävijänä on Nissan, mutta myös Mitsubishi on vahvasti mukana kehityksessä omilla ajoneuvoillaan ja tuotepaketillaan, joka pitää sisällään kaksisuuntaisen laturin, kotiakun ja aurinkopaneelit. Myös Euroopan autotehtaat ovat kiinnostuneita kaksisuuntaisesta latauksesta ja esimerkiksi BMW on mukana pilottiprojektissa, jossa testataan V2G mahdollisuuksia sähköverkon tasapainottamisessa. (Mitsubishi)

Kaksisuuntaisella latauksella on myös suuri vaikutus suunnitteluun, kun muita ajoneuvoja voi hyödyntää latauksessa. Silloin latauksen priorisoinnin ja ajoituksen merkitys korostuu. Tällöin ei välttämättä olekaan enää tarvetta suurentaa

sähköliittymää ajoneuvojen lisääntyessä, kuten nykyisin, vaan kapasiteetti löytyykin kysyntäjouston ja uusiutuvan energian myötä. Välivaihe on ongelmallinen suurien laiteinvestointien vuoksi esimerkiksi taloyhtiöissä, joissa päätöksenteko on muutenkin hidasta ja kankeaa. Suunnitelmissa tulisi huomioida jo nyt riittävä tietoliikenne pysäköintialueisiin sähkönsyötön lisäksi riittävillä putkituksilla. Kaksisuuntaisessa latauksessa tiedonsiirtorajapintana standardi ISO/IEC 15118 määrittelee tiedonsiirron verkossa, jotta linja olisi yhtenäinen toimijoiden kesken. Varsinkin kaivettaville alueille olisi syytä asentaa lisäputket tulevaisuutta ajatellen, jotta välttyttäisiin jatkossa lisäkaivuilta. Tulevaisuuden älyverkossa ajoneuvojen hallintajärjestelmät mahdollisesti kommunikoivat latauspisteen lisäksi keskenään. Latauspiste välittää tiedon kapasiteetin tarpeesta ja saatavuudesta kiinteistön hallintajärjestelmään ja sitä kautta mahdolliselle aggregaattorille, josta kapasiteetti jaetaan tarpeen mukaan kiinteistöjen ja ajoneuvojen välillä (Liikennevirta Oy). Mittausdirektiivin muutos ja mittautustietojen keskittäminen datahubiin edesauttaa myös kahdensuuntaisen lataustekniikan yleistymistä, kun mahdollistetaan hyvitysmodeli verkkoyhtiöltä tai kiinteistöltä auton omistajalle sähköauton akun käytöstä.

## 7 EKOLOGISEN SÄHKÖN SIIRTOVERKKO

### 7.1 Kysyntäjousto

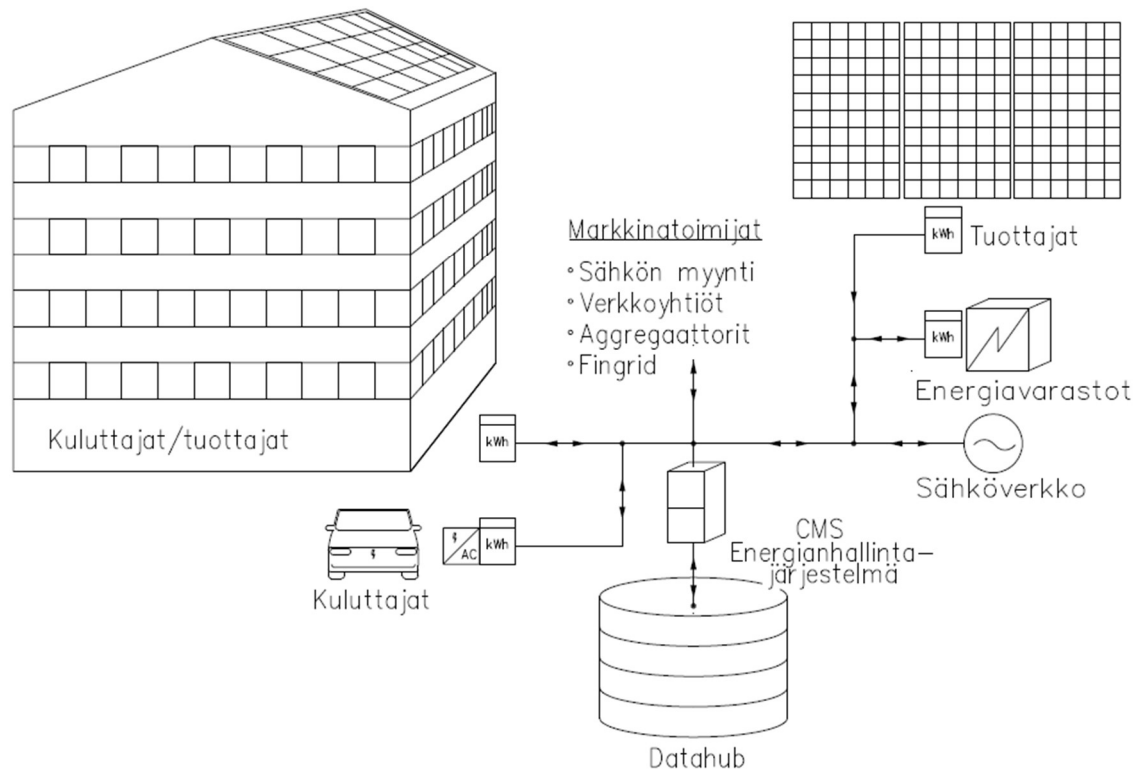
Verkon taajuuden kannalta olisi tärkeää pitää tuotanto ja kulutus tasaisena. Uusiutuvan energian yleistyminen tuo haasteita verkon tasapainoon ja siksi olisi tärkeää lisätä uusiutuvan energian myötä myös sähkön varastointia ja kysynnän joustoa. Kysyntäjouston avulla on mahdollista ohjata sähkönkulutuksen tehohuippuja sellaisiin ajankohtiin, jolloin sähkö on edullisempaa. Tällaisiin edullisen sähkön ajankohtiin voitaisiin ohjata esimerkiksi sähköautojen tai -varastojen lataus. (Bloqvist, K ym. 2019)

Modernissa sähköverkossa energia voisi kulkea molempiin suuntiin riippuen siitä, missä sähköä tuotetaan ja kulutetaan. Malliin sisältyy myös siirtomaksujen muuttaminen nykyisestä energiaperusteisesta laskutuksesta tehoerusteiseen laskutukseen. Tällöin kuluttajalla olisi mahdollista vaikuttaa energian hintaan välttämällä suuria tehopiikkejä omassa kulutuksessaan, jolloin myös sähkön siirtoverkko voitaisiin suunnitella kevyemmin. Kulutusta olisi mahdollista optimoida älykkäillä järjestelmillä tasaisemmaksi vuorokauden ympäri.

Sähkön tuotantoa ja varastointia voidaan ohjata kulutuksen mukaan oikeisiin paikkoihin älykkään energianhallintajärjestelmän avulla. Kiinteistön energianhallintajärjestelmä keskustelelee älykkään sähköverkon kanssa etäluettavan sähkömittarin välityksellä, josta tieto siirtyy datahubiin. Älykäs verkko mahdollistaa myös kodinkoneiden kommunikoinnin tietojärjestelmän kanssa ja ohjautuu toimimaan sähkön ollessa edullisinta. Älykkäät laitteet voivat myös itsenäisesti toimia kysyntäjoustomarkkinoilla, jos ne on kytketty tietoliikenneverkkoon. Edullisimmillaan sähkö on itse tuotettuna, mutta ohjaus voi tapahtua myös sähköpörssin spot -hinnan ollessa alhaalla. Vastaavasti suuret kuormat voidaan ohjata pois päältä kaikkein kalleimpaan aikaan, jolloin pörssihinta on suuri eikä omaa tuotantoa ole saatavilla.

Akusto toimii älyverkkojärjestelmässä tehopiikkien tasoittajana ja puskurina. Akuston avulla ei tarvitse välttämättä käyttää lainkaan verkkosähköä kalleim-

pina ajankohtina, kun kysyntä on muutenkin suurimmillaan. Varsinkin energia-yhteisössä voidaan laajemmin jakaa energiakapasiteetin hyötyjä kysynnän ja tarjonnan mukaan. Kuvassa 12 on esitetty kysyntäjoustava sähköverkko, jossa energianhallintajärjestelmä toimii rajapintana kysynnän ja tarjonnan välillä.



Kuva 12. Kysyntäjoustava sähköverkko (Suunnitteluliiga Oy)

Energiayhteisön aggregaattorit mahdollistavat pienten asiakkaiden osallistumisen kannattavammin sähkömarkkinoille keskittämällä useamman asiakkaan kulutusta, tuotantoa ja varastointia. Uudenlaisesta toimintamallista, jossa itsenäiset aggregaattorit toimivat, on aloitettu pilottihanke 2017 Fingridin toimesta. Pilottia jatketaan laajennettuna lisäkokemusten saamiseksi. Lainsäädäntöön pohditaan muutoksia tähän liittyen Energiaviraston älyverkkoforumilla, johon myös Fingrid osallistuu. Muutokset varsinaisiin säätösähkömarkkinoiden reservisopimuksiin tehdään, kun lainsäädäntö on tarkentunut. Lainsäädäntömuutoksia tehdään vuoden 2020 aikana. Onnistuessaan pilottiprojekti avaa mahdollisuudet uudentilaisille liiketoimintamalleille ja helpottaa uusien toimijoiden pääsyä reservimarkkinoille. Liiketoimintana on mahdollista myydä ohjauksessa olevien kiinteistöjen joustomahdollisuutta esimerkiksi sähköverkon säätö- ja häiriömarkkinoille. (Fingrid Oyj. b)

## 7.2 Tasavirran mahdollisuudet

Ekologisten energiantuotantomuotojen, sähkövarastojen ja sähköisen liikenteen yhteinen piirre on tasavirta. Kun sähköä tuotetaan auringosta tai tuulesta, se muutetaan invertterillä tasavirrasta vaihtovirraksi. Kun sähköajoneuvojen akkuja täytetään tai kun niitä käytetään verkon tasapainottamiseen, joudutaan sähkömuoto muuttamaan jälleen tasavirran ja vaihtovirran välillä samoin kuin sähkövarastojen kohdalla. Muutoksessa käytettävästä tehoelektroniikasta syntyy häiriöitä sähköverkkoon. Kustannukset lisääntyvät muunnoksien sekä suodattimien myötä sähköverkossa.

Tasavirtajakelun toteuttamisessa on monia vaihtoehtoja. Se voisi toimia vaihtovirtaverkon rinnalla tai korvata vaihtovirran osittain. Tasavirtaverkko on mahdollista toteuttaa monilla eri jännitetasoilla, kuten esimerkiksi koko pienjännitejakealueella 75-1500 V. Kuluttajille asti tuotuna tasavirtaa voitaisiin käyttää hyväksi myös esimerkiksi kulutuselektroniikassa ja valaistuksessa, jolloin AC/DC muunnoksia ei tarvittaisi, vaan pelkkä jännitteen alentaminen riittäisi. Tämä kuitenkin vaatii suuren mullistuksen laitevalmistuksessa ja on epätodennäköistä lähitulevaisuudessa. Todennäköisempää on tasavirtaverkon hyödyntäminen vaihtovirran rinnalla aurinko- ja tuulisähkössä, akustoissa ja sähkökäyttöisten ajoneuvojen V2G ratkaisuissa. (Kylkisalo, T. Alanen, R. 2007, 19-20, 40-41)

Jo nykyisin osa rakennuksista sisältää vaihtovirtaverkon rinnalla tasavirtaverkon. Esimerkiksi sairaalat, konesalit, toimistorakennukset ja kaupoissa kassajärjestelmät ovat yleisesti toteutettu varmennetulla tasavirtaverkolla. Näissäkin tapauksissa olisi edullisempaa hoitaa varmennettu sähkö laajemmalla tasavirtaverkolla, johon rakennuksien sähkövarastot liitettäisiin. Tällöin ne voisivat toimia osana alueensa sähköverkon tasapainotusta. Sama pätee julkisten rakennuksien turvajärjestelmiin, kuten turvavalaistukseen ja paloilmoitinlaitteistoon. Kaikissa näissä tapauksissa tulisi edelleen olla varauksen valvonta, joka huolehtii sähköriittäväydestä kiinteistössä.

Tasavirta tulee olemaan tulevaisuudessa vartenotettava vaihtoehto myös taa-jamissa kysyntäjoustopon kasvaessa uusiutuvan energian myötä. Tasavirralla to-

teutetussa verkossa sähkön laatu ja jakelun luotettavuus paranisi energiavarastoja hyödyntämällä. Sähköisessä liikenteessä on myös valtava varastointipotentiaali tulevaisuudessa, kun kaksisuuntainen lataus ja keskitetty mittaustietotekniikka kehittyi. (Lappeenrannan teknillinen yliopisto)

Tasavirtaverkkojen yleistymisen myötä investointikustannukset laskisivat kuluttajalaitteissa, kun aurinkosähkön invertterin voisi korvata DC/DC-jännitteenmuuntimella. Samoin sähköauton kahdensuuntaisesta DC-latauslaitteesta tulisi yksinkertaisempi ja edullisempi valmistaa, joten sitä myötä edullisempi myös kuluttajalle. Kustannukset DC tekniikasta siirtyisivät aluksi verkkoyhtiöille uusista kaapeloinneista, massiivisista kaivuutöistä ja verkkokomponenteista. Lopulta kuitenkin kuluttajat joutuisivat kustantamaan uudet verkot sähkön siirtohintojen muodossa. Eniten operaatiosta hyötyisivät taloudellisesti ne kuluttajat, joilla olisi mahdollisuus omaan sähköntuotantoon ja mahdollisuus käyttää sähköautoa kahdensuuntaiseen sähkönsiirtoon.

(Kylkisal, T. Alanen, R. 2007, 44-47)

Tutkimusmielessä asennettiin osana Lappeenrannan teknillisen yliopiston väitöstutkimusta LVDC (low voltage direct current) eli pienjännitteinen tasavirtaverkko palvelemaan paikallisia käyttäjiä. Verkko on vajaa kaksi kilometriä pitkä ja sisältää tasasuuntaajan, akkuvaraston sekä kolme asiakasvaihtosuuntaajaa. Verkon suojaus on toteutettu älyyn perustuvalla suojalaitteella, jolloin kustannuksia ja monimutkaisuutta lisäävästä ylimitoituksesta voidaan luopua. Yksi tasajänniteverkon tuomista eduista on mahdollisuus moninkertaiseen tehoon pienjännitekaapelissa vaihtovirtaverkkoon verrattuna. Esimerkiksi metsän keskellä kulkeva, ilmajohdolla toteutettu keskijänniteverkko voidaan korvata edullisemmalla pienjännitekaapelilla. Tästä syntyy luotettavuutta sähköverkkoon erityisesti haja-asutusalueilla. (Lappeenrannan teknillinen yliopisto)

Tasavirta soveltuu sähkön siirtämiseen myös pitkiä matkoja. Sähköä voidaan kuljettaa tasavirralla pitkiä matkoja, koska häviöt ovat pienemmät ja tehon hallinta parempi vaihtovirtaan nähden. Nykyisin HVDC (high voltage direct current) eli suurjännitetasavirta yhteyksiä on Suomessa neljä, joista kaksi Fennoskaniyhteyttä Ruotsiin ja kaksi Eastlink-yhteyttä Viroon. Tulevaisuudessa tarve siirtää sähkö pitkiä matkoja kasvaa entisestään uusiutuvan energian myötä ja HVDC

on tähän tarkoitukseen paras teknologia. Tämä pätee erityisesti suuriin tuuli-, vesi-, sekä aurinkovoimaloihin. HVDC tekniikka on jo laajasti käytössä ympäri Eurooppaa ja tulevaisuudessa voitaisiin esimerkiksi Saharassa tuotettua aurinkosähköä siirtää Eurooppaan ja kattaa sillä parhaimmillaan viisitoista prosenttia Euroopan sähkönkulutuksesta. (ABB Oy)

## 8 TULOKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää uusien teknologioiden hyödyntämistä kiinteistössä mahdollisimman energiatehokkaasti. Työssä käsiteltävät aiheet ovat jatkuvan kehityksen alla ja tiedot päivittyvät kehityksen mukana. Tutkimuskysymykset rajasivat aiheiden käsittelyä ja se helpotti osaltaan raameissa pysymistä. Lähemmässä tarkastelussa oli aurinkosähkö, sähköauton latausjärjestelmät ja sähkön varastointi. Työn tuotoksena syntyi liitteenä olevat ohjeistukset aurinkosähköjärjestelmän (Liite 1) ja sähköauton latauspisteiden hankinnasta (Liite 2) Suunnitteluliiga Oy:n asiakkaille. Ohjeistukset ovat voimassa toistaiseksi ja niitä päivitetään jatkossa tarpeen mukaan.

Nopean kehityksen takia työssä pyrittiin keskittymään teknisiin ratkaisuihin suunnittelun näkökulmasta, mutta silti osa sisällöstä saattaa olla vanhentunutta tietoa jo vuoden päästä. Esimerkiksi tukien määrät hankkeisiin päivittyvät vuosittain. Tukia olisi syytä ohjata kannustavaan suuntaan ainakin järjestelmien kehitysvaiheessa, jolloin uskallettaisiin helpommin lähteä mukaan ekologisiin sähköjärjestelmiin.

Vaihtovirran kolmivaiheisuus on ongelmana ilman älykkäitä ohjaimia, kun pyritään hyödyntämään uusiutuvaa energiaa kiinteistössä mahdollisimman tehokkaasti. Kolmivaiheisuuden vuoksi sähkön mittaustekniikat tuottavat ongelmia aurinkosähkön pientuottajille, jotka joutuvat eriarvoiseen asemaan sähkön hyötyshinnoittelussa. Haasteita on myös kulutuksen puolella, kun esimerkiksi osa sähköautoista pystyy lataamaan vain yhtä vaihetta hyödyntäen, jolloin sähköjärjestelmään kehittyä epäedullista vinokuormaa. Mittaustekniikat ja niiden määräykset eivät ole uudistuneet samaa tahtia uusiutuvan energian ja sähköajoneuvojen latauslaitteistojen kanssa. Sähkönmittausjärjestelmien keskittäminen yhteen tietojärjestelmään mahdollistaisi uudenlaiset palvelumallit kysyntäjoustavassa sähköverkossa. Samalla mahdollistettaisiin tasavertainen sähkönhyötys pientuottajille ja esimerkiksi sähköautojen omistajille, jotka lainaavat ajoneuvon akkua sähköverkon säätökapasiteetiksi.

Jatkokehitys tapahtuu alalla automaattisesti pientuotannon lisääntyessä. Hajautettu energiantuotanto tarvitsee kysyntäjoustopuutteen lisäämistä ja sen myötä sähkön

varastointijärjestelmiä tasaamaan tehopiikkejä. Akkutekniikoissa ongelmana ovat materiaalien louhinnasta ja jatkojalostuksesta aiheutuvat päästöt. Lisäksi haasteena on materiaalin saatavuus. Tähän kuitenkin saattaa löytyä ratkaisu käyttämällä eri materiaaleja riippuen latausvaatimuksista. Sähköinen liikenne vaatii nopeaa latausta, kun taas uusiutuvaa energiaa voidaan varastoida hitaammin. Myös orgaaniset materiaalit voisivat olla osittaisena ratkaisuna materiaaliuongelmassa.

Sähköinen liikenne on mahdollisesti tuomassa helpotusta sähköverkon tasapainotukseen. Uusiutuva energiantuotannon integraatio sähköautojen lataukseen tulisi mullistamaan nykyisen sähköjakelun kahdensuuntaisen latauksen myötä. Uudistus vaatii kuitenkin sähköautokannan ja nykyisten latausjärjestelmien uusimista sekä tietoliikenteen lisäämistä latausinfraan. Myös akkutekniikka ja akkumateriaalit vaativat kehitystä, jos sähköautojen lataussyklit lisääntyvät paljon kahdensuuntaisessa latauksessa. Tällainen kehitysvaihe on hankalaa aikaa kuluttajille, kun tiedossa ei ole sopivaa hetkeä tehdä investointeja laitteisiin. Sähköajoneuvot latauslaitteistoinen ovat iso sijoitus ja on ymmärrettävää, että niiden toivotaan myös palvelevan pitkän aikaa. Nähtäväksi jääkin, miten nopeasti seuraavan sukupolven ajoneuvot V2X (vehicle to everything) -tekniikoinen syrjäyttävät nykyiset yhdensuuntaisella latauksella varustetut versiot. Tärkeää olisi tässä vaiheessa varautua tulevaisuuden tekniikoihin riittävillä tilavarauksilla ja johtoreiteillä.

Työn edetessä tuli eteen tutkittavien järjestelmien yhteinen piirre, joka oli tasavirta. Tasavirta yhdistää sähköntuotannon, varastoinnin ja kulutuksen sähköisen liikenteen osalta toisiinsa. Tasavirran mahdollisuuksia pohdittiin työn lopussa ja mielenkiintoinen jatkokehitysaihe olisi tasavirran laajempi tutkiminen osana kiinteistöä. Tasavirrassa on paljon potentiaalia, mutta on myös suuria haasteita tuoda se osaksi sääriippuvaista ja kysyntäjoustavaa sähköverkkoa suuremmissa mittakaavassa. Järjestelmien liittämistä rakennuksen tasavirtaverkoon tulisi edullisempaa kalliiden tehoelektronikan suuntauskomponenttien jäädessä pois laitteista.

Tasavirtajärjestelmän integroiminen kiinteistön sähköverkkoon on kuitenkin haastavaa. Tällöin rakennuksien sisällä olisi kaksi toisistaan erillään olevaa sähköjärjestelmää, joka puolestaan tuo omat haasteensa esimerkiksi sähköturvallisuuteen. Hajautetun energiantuotannon myötä tarvitaan linjanvetoja AC- ja DC-tekniikoiden rajapinnoista. Investointikustannuksien pienentämiseksi tulisi järjestelmien laitekantaa kehittää samaan yhteneväiseen suuntaan, koska koko yhteiskunta hyötyisi ympäristöystävällisemmästä lopputuloksesta.

## LÄHTEET

ABB Oy. Luettu 20.02.2020 <https://new.abb.com/systems/hvdc/>

Ansvar-hanke 2015, Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. Luettu 23.04.2020.

[https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat\\_ja\\_avustukset/Sahkoautojen\\_latausinfraavustus](https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ja_avustukset/Sahkoautojen_latausinfraavustus)

Auvinen K, Honkapuro S, Ruggiero S, Juntunen J. 2020. Aurinkosähköä taloyhtiön asukkaille – Mittaushaasteista kohti digitaalisia energiayhteisöpalveluja. Luettu 01.04.2020. isbn9789526089881.pdf

Baicheng Electric Group Co. Ltd. Luettu 24.02.2020

<http://www.brighsun.com/En/NewsView.asp?ID=44>

BCDC-tutkimushanke. Luettu 25.05.2020 <http://www.bcdcenergia.fi/tutkijat-vierailulla-miten-tehoinnoittelu-vaikuttaa-pientuotannon-kannattavuuteen/>

Blomqvist, K ym. 2017. Sähkön varastointitekniikat- ja markkinat.pdf

Bloqvist, K ym. 2019. Akkusähkövarastot ja sähköautojen akustot säätövoimana sekä uusiutuvan energian varastona.pdf

Business Finland Oy. Luettu 23.04.2020 <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki/>

Eaton Oy. Luettu 22.10.2019 <http://promotions.eaton.com/content/promotions/residential/EN/home/for-installers/Energy-Storage-B2B/xStorage-home-b2b.html>

Energiateollisuus ry. 2019 Tekninen liite 1 ohjeeseen sähköntuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon

Energia uutiset. Luettu 25.10.2019. <https://www.energiauutiset.fi/uutiset/kiintealla-hinnalla-ja-pitkaan.html>

Ensto Finland Oy. a V2G and V2H The smart future of vehicle to grid and vehicle to home 2016. Viitattu 17.10.2019

Ensto Finland Oy. b Suunnittelijan opas.pdf

BroadBitBatteries Oy. Luettu 12.02.2020 <http://www.broadbit.com/>

Falkman, A. 2018. Kuormanhallinnan toteutus sähköautojen älykkäissä latausjärjestelmissä.pdf

Fingrid Oyj. a Luettu 30.04.2020 <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/vahittaismarkkinoiden-tiedonvaihto/datahub/>

Fingrid Oyj. b Luettu 21.04.2020 <https://www.fingrid.fi/sivut/ajankohtaista/tiedotteet/2019/saatosahkomarkkinoiden-itsenaisen-aggregaattorin-pilottia-laajennetaan/>

Finsolar-hanke. a Luettu 18.10.2019. <https://finsolar.net/kannattavuus/rahoitusmallit/>

Finsolar-hanke. b kannattavuuslaskuri v1.1, 2020. <https://finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>

Finsolar-hanke. c <https://finsolar.net/finsolar-aurinkoenergiatietoa/finsolar-taloyhtiokokeilu/>

Finsolar-hanke. d Luettu 13.12.2019. <https://finsolar.net/alv-velvollisuus-ei-uhkaa-aurinkosahkon-hyodyntamista-taloyhtioissa/>

Finsolar-hanke. e Luettu 17.10.2019. <https://finsolar.net/asukkaan-sahkoauton-latauspalvelu-ei-aiheuta-taloyhtiolle-alv-velvollisuutta-vaikka-as-oy-toimii-lataus-sahkon-valittajana/>

Fronius. Katsottu 14.12.2019. <https://www.youtube.com/watch?v=y3-ZabqaRnw&app=desktop>

Helen Oy. a Luettu 11.09.2019. <https://www.helen.fi/aurinko/kodit/aurinkopaneelipaketit/#opas>

Helen Oy. b Luettu 23.09.2019. <https://www.helen.fi/aurinko/yritykset/ajankohtaista/aurinkovoimala-ilman-investointia-luo-arvoa-yrityksellesi>

Helen Oy. c Luettu 02.02.2020 <https://www.helen.fi/aurinko/kodit/sahkovarastopientaloon>

Helen Oy. d Luettu 03.03.2020 <https://www.helen.fi/helen-oy/vastuullisuus/ajankohtaista/blogi/2019/s%C3%A4hk%C3%B6n-varastointi>

Hesse, H 2017. Lithium-Ion Battery Storage for the Grid- A Review of Stationary Battery Storage System Design Tailored for Applications in Modern Power Grids.pdf

IEC 61851-1. 2017

IGL-Technologies Oy. Luettu 24.02.2020 <http://igl.fi/latauspisteet-taloyhtioon/>

IONITY. Luettu 23.04.2020 <https://ionity.eu/en/about.html>

Kosonen, A 23.02.2017. Infotilaisuus: Kuinka saadaan paras hyöty aurinkosähköstä.pdf

Kylkisal, T. Alanen, R. 2007. VTT Tasajännite taajaman sähkönjakelussa ja mikroverkoissa.pdf

Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Luettu 12.03.2020 [https://www.lut.fi/uutiset/-/asset\\_publisher/h33vOeufOQWn/content/tasasahko-ja-tehoelektroniikka-vahentavat-sahkokatkoja-ja-luovat-alykkaan-sahkoverkon](https://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/tasasahko-ja-tehoelektroniikka-vahentavat-sahkokatkoja-ja-luovat-alykkaan-sahkoverkon)

Liedes, R. 2020. Sähköinfo etätietoisku.pdf.

Liikennevirta Oy. Luettu 18.02.2020 <https://www.virta.global/blog/bidirectional-charging-as-a-v2g-solution>

Motiva Oy. a Luettu 18.12.2019. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva-energia/aurinkosahko/jarjestelman-valinta/aurinkosahkojarjestelmien-hinta>

Motiva Oy. b Luettu 11.03.2020. <https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2019/aurinkosahkoa-kotiin-kampanja-alkaa-aurinkosahkon-hinnat-las-keneet.13974.news>

Mitsubishi. Luettu 17.03.2020. <https://www.mitsubishi-motors.com/en/innovation/motorshow/2019/gms2019/dendo/>

Mäkinen, J. 2017. Aurinkosähkö osana energiamurrosta - pv voimalan suunnittelijan opas II.pdf

Mäkinen, J. 2019 EV latausjärjestelmän suunnittelijan opas.pdf

Pitkämäki, A. ym. 2017. Gaia Consulting, Selvitys Li-akkujen turvallisuustekijöistä.pdf

Openalliance. Luettu 24.04.2020 <https://www.openchargealliance.org/>

Ruokavirasto. Luettu 24.03.2020. <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/maatalouden-investointituet/>

Soleras. 2020. Aurinkosähköjärjestelmien paloriskit ja sammutusturvallisuus.pdf

Suomen Lähienergialiitto ry. Luettu 13.09.2019. <https://www.lahienergia.org/lahienergialiitto-ja-mtk-julkistivat-aurinkosahkosta-virtaa-tilalle-jasenedun/>

ST-Käsikirja 40. 2017. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-Käsikirja 41. 2019. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST-Kortti 52.30.01. 2003. Espoo: Sähköinfo Oy.

Schneider Electric Oy. a Chat -palvelu <https://www.se.com/>

Schneider Electric Oy. b Luettu 12.02.2020 <https://www.se.com/fi/fi/about-us/press/itis-article.jsp>

STT Viestintäpalvelut Oy. Luettu 25.10.2019. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/aurinkopaneelien-vaihtosuuntaajissa-paljon-puutteita?publisherId=1627&releaseld=20579009>

Suunnitteluliiga Oy. Organisaation intra materiaali <https://www.suunnitteluliiga.fi>

Sähköinen liikenne ry. 2020. Sähköisen liikenteen tilannekatsaus Q1/2020.ppt

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Luettu 21.02.2020  
<https://www.vttresearch.com/fi/palvelut/akkuteknologiat>

thedriven.io. Luettu 20.03.2020 <https://thedriven.io/2019/04/11/v2h-mitsubishi-plans-two-way-traffic-between-homes-and-electric-cars/>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Luettu 18.10.2019 <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkolaitteet>

Työ- ja elinkeinoministeriö. Luettu 20.02.2020 <https://tem.fi/energiatuki>

Veronmaksajien Keskusliitto ry. Luettu 28.02.2020 <https://www.veronmaksajat.fi/Asunto-ja-auto/Kotitalousvahennys/#94acace0>

Vesa J. 2017. Sesko, Sähköautojen lataus.pdf

Ympäristöministeriö. Luettu 30.12.2019 [https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankoh-taista/Tiedotteet/Tiedotteet\\_2019/Asuinrakennuksille\\_myonnettavissa\\_yh-teen\(53549\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankoh-taista/Tiedotteet/Tiedotteet_2019/Asuinrakennuksille_myonnettavissa_yh-teen(53549))

Wallbox Chargers. Luettu 30.04.2020 <https://wallbox.com/>

## LIITTEET

### Liite 1. Ohje aurinkosähköjärjestelmän hankinnasta

Ohje on suunnattu sähkön pientuottajille, eli enintään 100 kVA laitoksille.

Kunnan rakennusvalvontaan tulee olla yhteydessä ennen hankkeeseen ryhtymistä. Pienimuotoinen tuotantolaitos saattaa vaatia toimenpideilmoituksen, toimenpideluvan tai rakennusluvan. Vaatimukset lupien saamiseksi vaihtelevat kuntakohtaisesti. Myös liityntäjohdon rakentaminen saattaa edellyttää luvan saamista.

Tukien hakeminen ja määrä kannattaa myös selvittää hyvissä ajoin. Uusiutuviin energiajärjestelmiin on mahdollista saada tukea enintään 40% investoinnista. Energiatuen myöntäminen on tapauskohtaista ja tukien saaminen tulee varmistaa ennen hankkeisiin ryhtymistä.

Jakeluverkkoyhtiöltä on varmistettava aurinkosähköjärjestelmän yhteensopivuus sähköverkon kanssa ennen hankintaa. Järjestelmän tulee täyttää sähköverkon yhteensopivuusstandardien ja sähköturvallisuusstandardien vaatimukset. Jakeluverkon haltijalle tulee toimittaa:

- Laitoksen tyyppi, nimellisteho ja nimellisvirta
- Liitäntälaitteen eli invertterin tyyppitiedot
- Suojausten asetteluarvot ja toiminta-ajat
- Tiedot saarekekäytön estosuojauksen toteutuksesta, menetelmästä ja toiminta-ajasta

Aurinkosähköjärjestelmä tulee varustaa mittauslaitteistolla, jos se syöttää sähköä sähköverkkoon. Mittaaminen on tuottajan vastuulla. Enintään 3x63A käyttöpaikoilla riittää kuitenkin verkosta otetut ja verkkoon syötetyt tuntienergiat liittymispisteessä.

Sähkön tuottaja ja jakeluverkonhaltija tekevät sähköverkkoon liittymissopimuksen, jossa sovitaan sähkön mittauksesta, mittarin hankinnasta ja rakenteesta sekä kustannuksien korvaamisesta.

Kohteesta tulee selvittää kulutustiedot, joiden mukaan aurinkosähköjärjestelmä mitoitetaan. Parhaan hyödyn järjestelmästä saa, kun kaikki tuotto pystytään käyttämään itse. Paras tuotto on maaliskuusta syyskuuhun, eli lämmityksen kannalta huonoon aikaan. Potentiaalisia kohteita on kuitenkin kiinteistösähkön lisäksi viilennys, veden lämmitys ja mahdollisesti sähköautot. Aurinkosähköä on mahdollista hyödyntää tehokkaammin sähkön välivarastoinnilla. Vaihtoehtoisia varastointitapoja ovat esimerkiksi virtuaaliakku, kiinteistöakku ja sähköauton akku.

Ohjeistus aurinkopaneelijärjestelmän osakashankinnasta taloyhtiössä:

- Luvat (rakennuslupa / toimenpidelupa / toimenpideilmoitus)
- Luonnossuunnitelmat toteutuksesta
- Selvitykset naapureille
- Kattorakenteiden kesto
- Periaatepäätös esim. paneelien ulkonäöstä
- Yksityiskohtaiset suunnitelmat kiinnityksestä, läpimenoista, sähkösuunnitelmat ym.
- Luvan myöntäminen hallituksen / taloyhtiön toimesta
- Tarkastukset ja valvonta
- Sopimus vastuista yhtiön ja osakkaan välillä
- Yhtiöjärjestyksen mahdollinen muutos vastuista

Aurinkosähköjärjestelmän asennuksessa tulee huomioida, että sen saa kytkeä vain asianmukaiset sähköasennusoikeudet omaava yritys. Sähköasennuksista vastaava henkilö lähettää verkkoyhtiölle yleistietolomakkeen ennen asennustöitä. Asennustöiden jälkeen tehdään aina käyttöönottotarkastus. Urakoitsijan tulee myös tehdä tarkastuspöytäkirja sähköasennusten käyttöönottotarkastuksesta. Lisäksi järjestelmä tulee dokumentoida nykymääräysten mukaisesti.

## Liite 2. Ohje sähköauton latauspisteen hankinnasta

Aluksi kannattaa ottaa yhteyttä asiantuntevaan sähkösuunnittelijaan tai suoraan palvelun tarjoajaan, jotta saataisiin kartoitetuksi mahdolliset tarpeet latauspai-koista ja niiden vaatima sähköteho suhteessa liittymän kapasiteettiin. Myös sähköjärjestelmän nykyinen kunto tulee tarkistaa samalla, mikäli kyseessä on saneerauskohte.

Saneerauskohteessa voidaan joutua vahvistamaan sähköverkkoa ennen latauspisteiden hankintaa. Tällöin lisäkustannuksia tulee esimerkiksi liittymismaksujen suurentumisesta ja mahdollisista sähkökeskuksien uusimisista.

Asuinkiinteistöissä latauksen ei tarvitse välttämättä olla nopeaa, eli riittää kun yön aikana saadaan riittävä akkuvaraus päivän ajoihin. Tällöin latauspiste voi olla pienempitehoinen, eikä kustannuksia koidu sähköliittymän suurentamisesta. Toinen tapa välttyä liittymän suurentamiselta on kuorman hallinta, jolloin latauspisteiden latausnopeutta rajoitetaan kiinteistön reservissä olevan sähkökapasiteetin ja lataajien määrän mukaan. Tulevaisuudessa myös mahdollinen kahdensuuntainen lataus tasaa kuormia ja tehohuippuja, jolloin liittymän suurentamiselta voidaan välttyä.

Jos kyseessä on taloyhtiö, on olemassa kustannusten kannalta kahdenlaisia autopaikkoja eli yhtiön ja osakkaiden hallinnassa olevia. Yhtiön hallinnassa oleviin paikkoihin voidaan tehdä latauspisteitä, jos se sopii osakasemmistölle. Kustannukset menevät vaihtoehtoisesti yhtiölle vastikkeiden kautta tai latauspisteen haluaville osakkaille. Osakkaiden hallinnassa olevat paikat tehdään aina osakkeen omistajan kustannuksella, mutta silti hankkeeseen vaaditaan taloyhtiön lupa. Paikkojen lukumäärä olisi hyvä olla kolmella jaollinen vaiheiden tasauksen vuoksi. Asennusvaiheessa tulisi huomioida myös vaiheiden kierto vino-kuormien minimoimiseksi.

Pääsääntöisesti sähkönkulutus kannattaa periä autopaikan käyttäjältä, kun kyseessä on täyssähköauto, koska sähköautojen lataus kuluttaa sähköä reilusti enemmän auton lämmitykseen verrattuna. Hybridimallien kohdalla voidaan

mieltä myös kuukausihintaa. Tällöinkin reilua olisi tasauslasku kulutuksen mukaan muutaman kuukauden välein. Taloyhtiötasolla latauspisteiksi valitaan yleisesti vaihtovirralla toimivat laitteet edullisemman hinnan vuoksi.

Vaihtovirtalatauksessa latausnopeutta rajoittaa latauspisteen lisäksi auton oman laturin suorituskyky. Edullisen hinnan vuoksi saatetaan myös valita schuko-pistokkeilla varustetut latauspisteet type 2-liittimillä varustettujen sijaan. Huonoja puolia näissä hitaissa asemissa on älykkään kuormanhallinnan puute, mutta ne soveltuvat hyvin vaihdettaessa vanhan lämmitystolpan tilalle latauksen mahdollistava latauspiste. Virta tulee kuitenkin mahdollisesti rajoittaa kahdeksaan ampeeriin, jos vanhat kaapeloinnit aiotaan hyödyntää. Vanhoista järjestelmistä puuttuu myös tasavirran vikavirtasuojaukset, jotka tulee olla sähköautoja ladattaessa. Standardin mukaan sähköajoneuvojen latauspisteet on suojattava mitoitusvirraltaan enintään 30mA vikavirtasuolla. Latauspistorasioiden vikavirtasuojan on oltava tyyppiä B, mutta myös tyyppin A vikavirta sallitaan käytettäessä soveltuvia laitteita poiskytkennän varmistamiseen tasavirtavikavirran ylittäessä 6mA. Hitaissa latauspisteissä tasavirran vikavirtasuojaus on toteutettu latauskaapeleissa olevalla elektronisella suojauksella. Peruslatausasemissa, type 2 ja tehokkaammissa, on tasavikavirtasuojaus toteutettu latauspisteessä tai syöttävässä keskuksessa. Schuko tyyppiset latauspisteet ovat kuitenkin toimiva ratkaisu välivaiheesta, jossa hybridautoista siirrytään maltillisesti täyssähköautoihin. Latauspisteiden yleistymisen myötä schuko-versiot jäävät lähinnä kevyen liikenteen ajoneuvojen käyttöön.

Turvallisuus on kehittyneemmällä tasolla peruslatauksessa ja sitä nopeammissa latausmuodoissa. Latauskaapeli lukittautuu autoon latauksen ajaksi ja kaapelin välissä kulkee latausinformaatiota auton valvontajärjestelmään. Lataus keskeytyy tarvittaessa, jos latauksessa ilmenee poikkeamia, kuten lämpötilan nousua. Myös nopeammat AC-latauspisteet saattavat syrjäytyä tulevaisuudessa kaksisuuntaisilla DC-latausasemilla, mutta ne ovat toimiva ratkaisu esimerkiksi moottoripyörille tai muille pienemmällä akkukapasiteetilla varustetuille ajoneuvoille.

Yksi tärkeä asia latauspisteiden hankinnassa on miettiä laskutustapa. Jos käyttäjiä on pisteellä paljon, on aikaan perustuva laskutus hyvä vaihtoehto. Tässä tapauksessa mittarilta ei vaadita standardin mukaisuutta, vaan latauslaitteen oma mittari riittää.

Toisena vaihtoehtona on KWh perusteinen laskutus, jolloin lataajan on pystyttävä todentamaan mitattu määrä. Tällöinkään ei mittarilla ole vaatimuksia, jos molemmat osapuolet ovat suuria tai keskisuuria yrityksiä. Jos lataajana on normaali kuluttaja, mittarin tulee olla mittauslaitelain mukaan hyväksytty. AC-latauksessa riittävän hyväksynnän tuo MID MI-003 asetus ja DC-latauksessa kansallinen tyyppihyväksyntä (vaatimukset IEC ja CENELEC).

Latausjärjestelmän asennuksessa tulee huomioida, että sen saa kytkeä vain asianmukaiset sähköasennusoikeudet omaava yritys. Asennustöiden jälkeen tehdään aina käyttöönottotarkastus. Urakoitsijan tulee myös tehdä tarkastuspöytäkirja sähköasennusten käyttöönottotarkastuksesta. Lisäksi järjestelmä tulee dokumentoida nykymääräysten mukaisesti.

Sähköautojen tietoja kattavasti, kuten esimerkiksi kantama tietyllä latausteholla:

<https://www.autotaloampeeri.fi/sahkoautotietoa/>