



# Standardien asettamat vaatimukset sähköasennuksille energiayhteisöissä

Mikko Loukamaa

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2020

Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka

LOUKAMAA, MIKKO:

Standardien asettamat vaatimukset sähköasennuksille energiayhteisöissä

Opinnäytetyö 33 sivua  
Toukokuu 2020

---

Euroopan unionin ilmastostrategiassa halutaan parantaa energiatehokkuutta ja nostaa uusiutuvien energianlähteiden osuutta energiankulutuksesta. Rakennukset ovat Euroopassa suurin yksittäinen energiankuluttaja. EU:n puhtaan energian paketissa yhtenä parannuskeinona tähän pidetään energiayhteisöjä, ja myös Suomen työ- ja elinkeinoministeriö on tutkinut energiayhteisöjen mahdollisuuksia Suomessa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli koota yhteen ja selkeyttää energiayhteisöiden sähköasennusten vaatimuksia.

Energiayhteisöt ovat yhdestä tai useammasta yksityishenkilöstä, taloyhtiöstä tai yrityksestä koostuva yhteisö, joka voi omistaa uusiutuvan energianlähteen ja/tai energiavaraston ja jakaa sen tuomat hyödyt yhteisöön kuuluvien tahojen kesken. Opinnäytetyössä selvitettiin asuinrakennusten muodostamien energiayhteisöiden sähköasennuksille vaadittavia suojauksia. Vaatimuksia tutkittiin standardien pohjalta.

Suojauksille asetetaan vaatimuksia kansainvälisessä standardissa IEC 60364-8-2 ja suomalaisessa SFS 6000 -standardissa. IEC-standardissa asetetaan vaatimukset energiayhteisöiden rakenteelle ja toiminnalle, ja suojauksia käsitellään tarkemmin SFS-standardissa.

Standardien vaatimukset vaikuttavat eniten yleisestä jakeluverkosta irtautuneeseen energiayhteisöön. Saarekekäytössä on kiinnitettävä erityistä huomiota maadoitukseen, suojalaitteisiin ja oikosulkuvirtoihin sekä erottamiseen. Energiayhteisöissä on myös oltava sähköenergian hallintajärjestelmä. Opinnäytetyön tavoite saavutettiin melko hyvin, ja vaatimukset saatiin koottua yhteen pakettiin. Opinnäytetyössä käsiteltiin kuitenkin suojauksia vain yleisellä tasolla, ja suojauksien vaatimuksia voitaisiin vielä käsitellä tarkemmin.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
Electrical Building Services Engineering

LOUKAMAA, MIKKO:  
Standards for Electrical Installations in Energy Communities

Bachelor's thesis 33 pages  
May 2020

---

The European Union's latest climate strategy sets requirements for better energy efficiency and the use of renewable resources. Buildings are the largest single energy consumer in Europe. The EU has suggested energy communities as one of the solutions for this in the *Clean energy for all Europeans* package. The Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland has also researched the possibilities of energy communities in Finland. The aim of this thesis was to gather up and clarify the standards for electrical installations in energy communities.

Energy communities are composed of one or more private individuals, housing cooperatives or companies. They own a renewable energy source or energy storage and share the benefits of it with all the members of the community. The purpose of this thesis was to determine the requirements for electrical installations in residential building energy communities. The requirements are gathered by researching standards.

The standards used in the research are an international IEC 60364-8-2 standard and a Finnish SFS 6000 standard. The IEC-standard gives requirements for the structure and functionality of the energy communities, while the requirements for the safety come from the SFS-standard.

Energy communities that are separated from the general distribution network, are the ones that the most crucial requirements are targeted to. When switching to island mode, special attention must be given to earthing, protection devices and short-circuit current as well as separation. Furthermore, energy communities must include an electrical energy management system. The goal of this thesis was reached quite well, and the requirements were gathered up. However, this thesis covers the requirements only in general and there could be more to research.

---

Key words: energy community, safety, renewable resources, energy storage, standards

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	ENERGIAYHTEISÖT SUOMESSA.....	7
	2.1 Energiayhteisö käsitteenä .....	7
	2.2 Energiayhteisöiden mahdollisuudet.....	8
	2.3 Haasteet energiayhteisöissä .....	9
	2.4 Olemassa olevat pilottikohteet .....	11
	2.4.1 LEMENE-hanke.....	11
	2.4.2 FinSolar-hanke .....	14
	2.4.3 Energiayhteisöt maailmalla.....	16
3	PEI-ASENNUKSET ENERGIAYHTEISÖISSÄ.....	19
	3.1 PEI-asennukset.....	19
	3.2 PEI-asennusten tyypit ja käyttötavat .....	20
	3.3 Omakotitalot .....	21
	3.3.1 Erillinen PEI-asennus .....	21
	3.3.2 Yhteinen PEI-asennus.....	21
	3.3.3 Jaettu PEI-asennus .....	23
	3.4 Taloyhtiöt .....	25
4	VAATIMUKSET PEI-ASENNUKSISSA.....	27
	4.1 Käyttötavan muuttaminen .....	27
	4.2 Maadoittaminen.....	27
	4.3 Suojalaitteet ja erottaminen.....	28
	4.4 Vuorovaikutus yleisen jakeluverkon kanssa .....	28
	4.5 Aurinkosähköjärjestelmät ja sähkövarastot .....	29
	4.6 Sähköenergian hallintajärjestelmä EEMS .....	29
5	POHDINTA .....	31
	LÄHTEET.....	32

**LYHENTEET JA TERMIT**

CHP	Combined Heat and Power, yhdistetty lämmön ja sähköntuotanto
EEMS	Electrical Energy Management System, sähköenergian hallintajärjestelmä
EU	Euroopan Unioni
GWh	gigawattitunti
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähkötekninen komissio
LUT	Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto
MW	megawatti
MWh	megawattitunti
PEI	procumer's electrical installation, tuottaja-kuluttajan sähköasennus
STEK	Sähtöturvallisuuden edistämiskeskus
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö

## 1 JOHDANTO

Energiatehokkuus- ja kysyntäjoustoratkaisujen lisääntyessä, on uusina pilottikohteina lisääntyneet myös erilaiset energiayhteisöhankkeet. Energiayhteisöt voivat olla esimerkiksi asuinalueiden, taloyhtiöiden tai pienten yritysten muodostamia yhteisöjä, jotka voivat harjoittaa muun muassa omaa tuotantoa uusiutuvista lähteistä ja energian varastointia, sekä jakelua.

Vaikka aihe on vielä melko tuore ja Suomen oloissa lainsäädäntö ainakaan toistaiseksi ei mahdollista asian edistymistä taloyhtiöissä, on sillä suuri potentiaali energiatehokkuuden parantamisessa ja maailmalla kasvavien sähkömarkkinoiden tukena. Koska aihe on suhteellisen uusi, siitä tiedetään vielä aika vähän. Suomessa on kuitenkin jo tehty muutamia energiayhteisöiden pilottiprojekteja ainakin Helsingissä, Oulussa ja Karunassa. Lempäälän Energialla on jo valmis energiayhteisö Marjamäen teollisuusalueella.

Eurooppalainen standardointijärjestö CENELEC on julkaissut kansainvälisen standardin IEC 60364-8-2, joka käsittelee PEI-asennuksia (prosumer's electrical installation). Suomen Standardisoimisliitto SFS ry on tehnyt standardista suoran käännöksen ja siitä on tehty ehdotus SFS 6008-2 -standardiksi. 6008-2 -standardi käsittelee sähkön omatuotantoa, varastointia sekä mahdollista jakelua sisältävien asennuksien rakennetta ja suojauksia.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia energiayhteisöjen sähkötekniisiä vaatimuksia mm. IEC 60364-8-2 -standardin ja suomalaisen sähköasennusstandardisarjan SFS-6000 pohjalta. Työssä selvitetään millainen energiayhteisön rakenteen tulisi olla, vaaditaanko erityisiä suojauksia ja mitä vaatimuksia asetetaan yleisestä jakeluverkosta irtautuneelle energiayhteisölle. Opinnäytetyössä keskitytään muutamien omakotitalon ja taloyhtiöiden muodostamiin energiayhteisöihin sekä näiden saarekekäyttöihin. Työssä käsitellään vain sähköenergian tuotantoa/varastointia, ei esimerkiksi lämpöenergiaa.

## 2 ENERGIAYHTEISÖT SUOMESSA

### 2.1 Energiayhteisö käsitteenä

Vuonna 2019 EU:n neuvosto hyväksyi uuden lainsäädännön koskien energiatehokkuutta ja uusiutuvaa energiaa osana EU:n puhtaan energian pakettia. Uuden lainsäädännön mukaan energiatehokkuutta pitää nostaa 32,5 %:lla ja energiankulutuksesta 32 % pitää koostua uusiutuvasta energiasta vuoteen 2030 mennessä. Jäsenmaille annettiin 18 kuukautta aikaa saada direktiivit kansalliseen lainsäädäntöön. (European Commission 2020)

Suomessa hallituksen tavoitteina on lisätä uusiutuvan energian käyttöä yli 50 %:iin kokonaisenergiankulutuksesta ja saada omavaraisuusaste yli 55 %:iin 2020-luvun aikana. Hiilen käytöstä luovutaan kokonaan energiankäytössä, tuontiöljyn kotimaan käyttö puolitetaan ja uusiutuvien polttoaineiden osuus liikenteessä nostetaan 40 %:iin vuoteen 2030 mennessä. (Huttunen 2017)

Euroopassa suurin yksittäinen energiankuluttaja on rakennukset. Rakennukset kuluttavat 40 % kokonaisenergiankulutuksesta ja tuottavat 36 % kasvihuonepäästöistä Euroopassa. Suomessa rakennusten osuus energiankäytöstä on n. 38 %. Rakennuksien energiatehokkuuden parantamisella ja kasvihuonepäästöjen pienentämisellä on siis suuri vaikutus ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Suomen toimet rakennetun ympäristön päästöjen hillitsemisessä koostuvat toimivammasta alueidenkäytöstä, energiatehokkaasta uudis- ja korjausrakentamisesta, rakennusten ylläpidosta, materiaalitehokkuudesta sekä uusiutuvan energian hyödyntämisestä ja edistämisestä. Tämä ei kuitenkaan tapahdu hetkessä ja vaikuttaa pitkällä tähtäimellä. (Huttunen 2017)

EU:n puhtaan energian paketissa on ehdotettu tavallisen kuluttajan energian tuotantoon osallistumisen helpottamista energiayhteisöiden avulla. Tämä edesauttaa vuoden 2030 tavoitteiden saavuttamista (European Commission 2019). Suomessa työ- ja elinkeinoministeriö on perustanut älyverkkotyöryhmän, jonka tavoitteena on selvittää, millä tavoin älykäs sähköverkko voisi parantaa nykyisiä sähkömarkkinoita. Yksi työryhmän käsittelemistä aiheista on energiayhteisöt.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2019/944 kansalaisten energiayhteisöllä tarkoitetaan oikeushenkilöä,

- a) joka perustuu vapaaehtoiseen ja avoimeen osallistumiseen ja jossa tosiasiallista määräysvaltaa käyttävät jäsenet tai osakkaat, jotka ovat luonnollisia henkilöitä, paikallisviranomaisia, kunnat mukaan lukien, tai pieniä yrityksiä;
- b) jonka ensisijainen tarkoitus on tuottaa rahallisen voiton sijaan ympäristöön, talouteen tai sosiaaliseen yhteisöön liittyviä hyötyjä jäsenilleen tai osakkailleen tai alueille, joilla se toimii; ja
- c) joka voi harjoittaa tuotantoa, mukaan lukien uusiutuvista lähteistä peräisin olevaa tuotantoa, jakelua, toimitusta, kulutusta, aggregointia, energian varastointia, energiatehokkuuspalveluja tai sähköajoneuvojen latauspalveluja tai voi tarjota muita energiapalveluja jäsenilleen tai osakkailleen. (Direktiivi 2019/944/EU)

Energiayhteisö voi siis koostua esimerkiksi yhdestä tai useammasta yksityishenkilöstä, taloyhtiöstä tai yrityksestä ja voi esimerkiksi jakaa yhteisön omistaman uusiutuvan energianlähteen ja/tai energiavaraston tuomat hyödyt yhteisöön kuuluvien tahojen kesken. Hyödyt voivat olla esimerkiksi taloudellisia tai ympäristövaikutusten pienentämisestä seuraavaa hyvää mieltä. (Pahkala, T., Uimonen, H. & Väre, V. 2017)

Energiayhteisöjä on kolmenlaisia, kiinteistön sisäisiä, kiinteistön rajat ylittäviä ja hajautettuja. Kiinteistön sisäisissä energiayhteisöissä kaikki tuotanto, kulutus ja energiavarastot ovat yhden kiinteistön rajojen sisäpuolella. Kiinteistöjen rajat ylittävissä energiayhteisöissä tuotanto ja varastot ovat kiinteistön rajojen ulkopuolella. Hajautetussa energiayhteisöissä tuotanto ja varastot voivat sijaita toisella puolella maata ja tuotto ja kulutus voitaisiin tulevaisuudessa netottaa datahubin kautta. Seuraavassa luvussa käsitellään tarkemmin sisäistä ja rajat ylittävää energiayhteisöä, mutta ei hajautettua. (Pahkala, T. ym. 2017)

## 2.2 Energiayhteisöiden mahdollisuudet

Energiayhteisöillä on paljon mahdollisuuksia sähköjärjestelmien ja sähköverkon parantamisessa. Maailman sähköistyessä sähköntarve kasvaa ja sähköverkkomme kapasiteetti ei tule enää riittämään joustamattoman energiantuotannon



eli ydinvoiman ja uusiutuvan energian lisääntyessä. Tässä kohtaa tarvitaan kysyntäjoustoa. Kysyntäjousto on kulutuksen siirtämistä sähkön hinnan halvemmille tunneille tai kulutuksen hetkellistä muuttamista sähkön kulutuspiikkien aikaan tehotasapainon saavuttamiseksi (Fingrid n.d.). Energiayhteisöt voisivat avustaa kysyntäjoustomarkkinoilla luovuttaen tuotettua tai energiavarastoon kerättyä energiaa yleiseen jakeluverkkoon sähkön kysynnän ollessa suuri.

EU:n vuoden 2030 energiatarvoitteiden saavuttamisessa energiayhteisöillä voisi olla suuri rooli. Energiayhteisöiden avulla rakennuksista saataisiin energiatehokkaampia ja uusiutuvan energian osuus energiantuotannosta nousisi samalla. Yhteisöt antaisivat kuluttajille mahdollisuuden päättää, miten heidän kuluttamansa energia tuotetaan (Pahkala, T., Uimonen, H. & Väre, V. 2018).

### **2.3 Haasteet energiayhteisöissä**

Suomessa energiayhteisöt ovat kuitenkin kohdanneet haasteita. Suomen lainsäädäntö ei vielä mahdollista energiayhteisöjen perustamista. Mittarointi on vielä suurin ongelma. Lainsäädäntö on kuitenkin muuttumassa viimeistään vuoden 2020 lopussa, jonka jälkeen energiayhteisön perustaminen taloyhtiöihin on mahdollista hyvityslaskentamallilla. (Auvinen, K., Honkapuro, S., Juntunen, J. & Ruggiero, S. 2020)

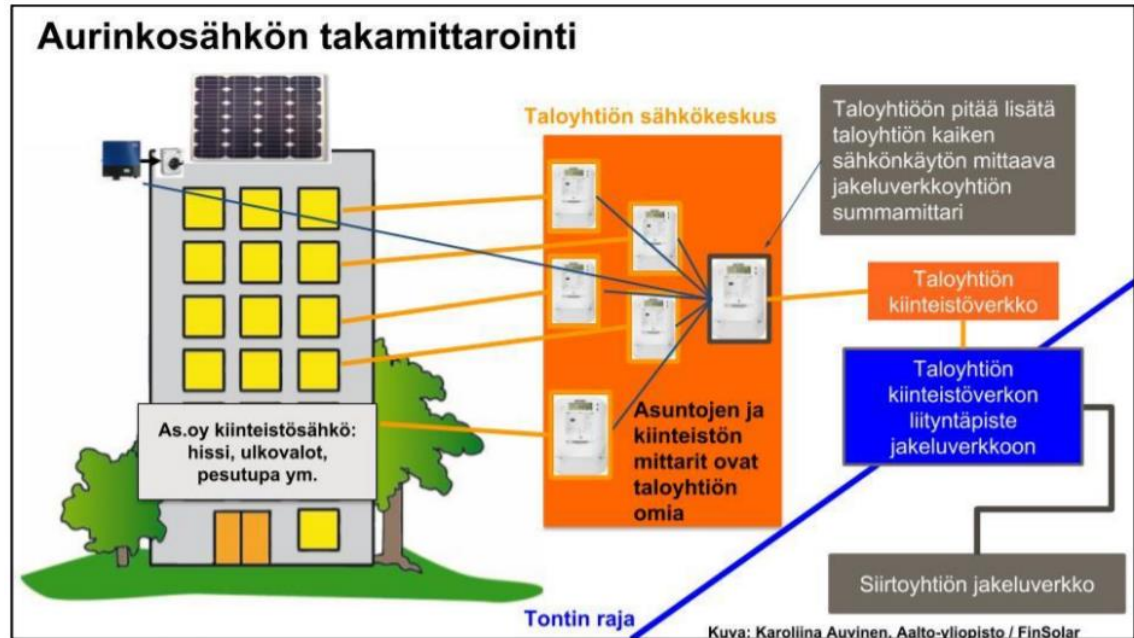
Energiayhteisölainsäädännön puuttuessa ainoa keino tuottaa aurinkosähköä taloyhtiön osakkaille on takamittarointimalli (kuva 2). Mikäli taloyhtiöön haluttaisiin kiinteistön sisäinen sähköverkko, sähkömarkkinalaki edellyttää, että jakeluverkkoyhtiön mittarit vaihdettaisiin taloyhtiön mittareiksi. Tämä tarkoittaa sitä, että asukkaat eivät pysty enää itse kilpailuttamaan omia sähkösopimuksiaan. (Auvinen, K. ym. 2020)

Kuvassa 1 on taloyhtiöiden kiinteistöverkon rakenne tällä hetkellä. Huoneistojen ja kiinteistösähkön mittarit on kytketty suoraan jakeluverkkoon. Aurinkosähkön tuotantoa ei olisi mahdollista kytkeä muualle kuin kiinteistösähkön mittarin kuorituksen puolelle. Jos aurinkosähkön tuotanto kytkettäisiin kiinteistösähkömittarin jakeluverkon puolelle, sähkö kulkisi jakeluverkon kautta huoneistoihin ja tästä

itse tuotetusta sähköstä pitäisi maksaa siirtomaksut ja sähkövero. Jotta energia-yhteisö olisi nykytilanteessa mahdollinen, taloyhtiön mittarointi pitäisi toteuttaa kuvan 2 osoittamalla tavalla. (Auvinen, K. ym. 2020)



KUVA 1. Taloyhtiön kiinteistöverkko ja sähkömittarit. (Auvinen, K. ym. 2020)



KUVA 2. Aurinkosähkön takamittarointi taloyhtiössä. (Auvinen, K. ym. 2020)

Kuvassa 2 taloyhtiön sähkökeskukseen on lisätty koko taloyhtiön sähkönkulutuksen mittaava jakeluverkkoyhtiön summamittari. Tällöin aurinkovoimala on mahdollista kytkeä summamittarin jälkeen ennen huoneistojen ja kiinteistösähkön mit-

tareita. Tuotettu sähkö ei mene suoraan jakeluverkkoon, vaan kiinteistön ja huoneistojen kulutukseen. Tällöin sähköstä ei tarvitse maksaa siirtomaksuja eikä sähköveroa jakeluverkkoyhtiölle. Takamittarointi vaatii kuitenkin toteutuakseen yhtiökokouksen yksimielisen päätöksen. (Auvinen, K. ym. 2020)

## **2.4 Olemassa olevat pilottikohteet**

### **2.4.1 LEMENE-hanke**

Lempäälän Energia Oy on rakentanut Lempäälään Ideaparkin viereen Marjamäen teollisuusalueelle energiaomavaraisen energiayhteisön. LEMENE-hankkeelle on myönnetty investointitukea 4,7 miljoonaa euroa työ- ja elinkeinoministeriön toimesta. Hanke aloitettiin vuonna 2017 kesällä ja saatiin päätökseen kesällä 2019. Järjestelmä koostuu kahdesta 2 MW:n aurinkopaneelikentästä, kaasumootoreista, joiden yhteisteho on 8,1 MW, kahdesta 65 kW:n polttokennosta, sekä teholtaan 2,4 MW ja kapasiteetiltaan 1,6 MWh akustoista (kuva 3). Rakennettu verkko toimii älykkäästi Siemensin toimittamalla älyjärjestelmällä. Lempäälän energiayhteisö pystyy myös toimimaan omavaraisesti saarekkeena erillään valtakunnan verkosta. (Lempäälän energia 2019)



KUVA 3. Hahmotelma LEMENE-hankkeen tuotantoalueesta (Lempäälän energia 2019)

Aurinkovoimaloiden elinkaareksi on luvattu 35 vuotta, mikä on aurinkosähköjärjestelmille melko pitkä aika. Voimaloiden teknisten järjestelmien suunnitteluun on panostettu. Paneeleita (kuva 4) voimaloissa on yhteensä hieman yli 13 000. Yhteisö pyrkii käyttämään aurinkosähköä ympäri vuoden alueelle asennettujen akustojen avulla. Vuoden aikana paneelikentät tuottavat sähköä yhteensä 3600 MWh. (Lempäälän energia 2019)



KUVA 4. Toisen voimalan aurinkopaneelit.

Pelkällä aurinkovoimaloista ja akustoista saatavalla teholla ei kuitenkaan oltaisi vielä energiaomavaraisia. Alueelle asennettujen INNIO Jenbacher -kaasumoottoreiden (kuva 5) avulla saadaan kompensoitua alueen tehontarve myös pilvisinä päivinä. Kaikki kuusi kaasumoottoria pystyvät myös toimimaan yksittäin, joka mahdollistaa reagoimisen pienempiin tehotarpeisiin. Kaasumoottoreilla voidaan tuottaa sekä sähköä että lämpöä maakaasulla tai biokaasulla. Käytettävästä kaasusta vähintään puolet pitää olla biokaasua, jotta energiayhteisölle myönnetyn tuen ehdot täyttyvät. (Lempäälän energia 2019)





KUVA 5. Jenbacher kaasumoottori. (Lempäälän energia 2019)

LEMENE-hankkeessa hyödynnetään myös sähkön ja lämmön yhteistuotantoa (CHP) kiinteäoksidipolttokennoilla. Kyseiset tämän kokoluokan polttokennot ovat ensimmäisiä Suomessa tuotantokäytössä. (Lempäälän energia 2019)

Energiayhteisön tuotannon ja kulutuksen toiminta on saatu optimaaliseksi Siemensin älyverkolla. Yhteisön keskijänniteverkko toimii renkaana, jolloin käytettävyys on optimoitu. Verkossa on älykäs suojajärjestelmä, joka pystyy paikallistamaan mahdolliset viat luotettavasti ja nopeasti älykkäillä suojaroleilla. (Lempäälän energia 2019)

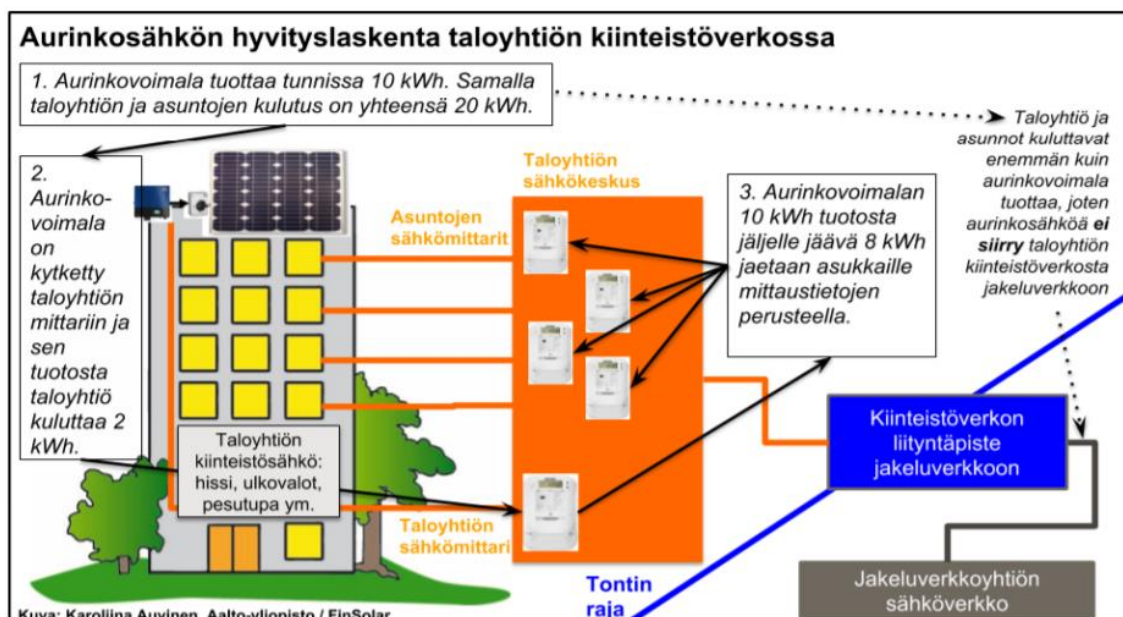
#### 2.4.2 FinSolar-hanke

FinSolar-hanke on Aalto-yliopiston, LUT-yliopiston ja STEK:n tekemä projekti, jossa oli tarkoituksena edesauttaa taloyhtiöiden mahdollisuutta hyödyntää aurinkosähköä käytännön kokeilujen avulla. Tavoitteena oli luoda monistettava, skaalattava ja kannattava malli aurinkosähkön tuotannosta taloyhtiöissä. Tutkittavat mallit olivat hyvityslaskentamalli eli virtuaalimittarointi, takamittarointi ja asukkaan oma aurinkovoimala. (Auvinen, K. ym. 2020)

Taloyhtiön asukas voisi taloyhtiön luvalla hankkia oman aurinkovoimalan. Pienen aurinkovoimalan voisi asentaa esimerkiksi rivitalossa oman katon osuudelle ja kytkeä huoneiston sähkökeskukseen omalla invertterillä. Idea toimii samalla tavalla kuin omakotitalossa. Suomen ensimmäinen taloyhtiön asukkaan oma aurinkovoimala on asennettu Helsingin Herttoniemeen kerrostalon katolle vuonna 2014. (Auvinen, K. ym. 2020)

Takamittaroinnista ei tehty pilottikohteita, mutta tutkittiin kuitenkin sen mahdollisuuksia. Suomessa tämä on nykyiselläänkin mahdollista toteuttaa. Taloyhtiöt voisivat asentaa katoillensa yhteisen aurinkovoimalan. Tämä vaatisi yhtiökokouksen yksimielisen päätöksen ja taloyhtiön omien huoneistokohtaisten mittareiden asentamisen. Taloyhtiöllä olisi yksi sähkösojimus verkkoyhtiön kanssa ja asukkaat maksaisivat sähköstä oman kulutuksen mukaan. (Auvinen, K. ym. 2020)

Hyvityslaskentamallissa aurinkovoimala kytketään kiinteistösähkön kulutukseen (kuva 6). Kiinteistösähkön kulutuksen jälkeen yli jäävä osa jaetaan laskennallisesti taloyhtiön osakkaiden kesken. Jakeluverkkoyhtiön hallinnoimalla hyvityslaskentaohjelmistolla jaetaan yli jäävä osuus asukkaiden kulutukseen mittareiden datan ja omistusosuuksien mukaan. Jakoperuste voidaan määritellä myös muulla tavalla, kunhan perusteet on määritelty yhtiöjärjestyksessä. Tuotanto netotetaan tulevaisuudessa 15 minuutin tasejaksoissa. Nykyään tasejakso on yksi tunti. (Auvinen, K. ym. 2020)



KUVA 6. Aurinkosähkön hyvityslaskentamalli taloyhtiössä. (Auvinen, K. ym. 2020)

Mikäli tuotantoa on enemmän kuin asukkailla kulutusta, kiinteistösähkön ylijäämä syötetään jakeruverkkoon. Jos yksittäisessä asunnossa kulutusta ei ole tarpeeksi jako-osuuteen nähden, ylimääräinen sähkö voidaan jakaa muiden asukkaiden kesken tai syöttää jakeruverkkoon. Mikäli tuotantoa on tasejakson sisällä enemmän kuin koko talossa kulutusta yhteensä, voidaan ylijäämä välittää jakeruverkkoon. (Auvinen, K. ym. 2020)

FinSolar-hankkeessa on kokeiltu hyvityslaskentamallia käytännössä pilottikohteissa Oulussa, Helsingissä, Jyväskylässä ja Lappeenrannassa. Hyvityslaskennan kokeiluun on saatu lupa työ- ja elinkeinoministeriöstä sekä Energiavirastosta vuonna 2016. Oulun Energia Oy on ollut pilotoimassa hyvityslaskentaa As Oy Kastellinhelmessä. Helsingissä Helen Sähköverkko Oy teki kokeilun kerrostalossa As Oy Haapalahdenkatu 11. (Auvinen, K. ym. 2020)

### 2.4.3 Energiayhteisöt maailmalla

Muualla Euroopassa energiayhteisöjen suhteen ollaan jo paljon pidemmällä kuin Suomessa. Euroopassa energiayhteisön käsitteestä on tullut jo trendi. Esimerkkejä Euroopan energiayhteisöistä ovat sähköntuotannoltaan omavaraiset Eigin saari Skotlannin rannikolla ja Feldheimin kylä Treuenbrietenissä Saksassa.



Eiggin saari sijaitsee Skotlannin länsipuolella n. 16 km rannikosta. Asukkaita on hieman alle sata henkilöä. Saari ei ole yhteydessä maan yleiseen sähköverkkoon, ja saaren sähköntuotannossa on vuosikymmeniä käytetty dieselgeneraattoreita. Kuitenkin vuonna 2008 Eigg Electric mahdollisti ympärivuorokautisen sähköntuotannon. Eigg Electric on yhteisön omistama ja ylläpitämä yhtiö, joka tuottaa sähköä saaren asukkaille aurinkoenergialla ja vesi- ja tuulivoimalla. (The Isle of Eigg n.d.)

Saarella on kolme vesivoimageneraattoria, joista suurin on teholtaan 100 kW ja pienemmät kaksi 5-6 kW. Saaren eteläpuolella on neljä 6 kW tuuliturbiinia ja saarella on myös yhteisteholtaan 50 kW aurinkopaneeleja. Näillä uusiutuvilla energianlähteillä tuotetaan noin 95 prosenttia saaren sähkönkulutuksesta. Jäljelle jäävä 5 prosenttia tuotetaan kahdella 80 kW dieselgeneraattorilla kun uusiutuvien lähteiden teho ei riitä. Saaren koko sähköntuotannon huipputeho on siis 184 kW. Saaren asukkaiden sähkönkulutusta on kuitenkin rajoitettu asuinkiinteistöille 5 kW ja yrityksille 10kW. Saarelle on rakennettu oma maakaapeloitu suurjännite-sähköverkko, joka on pituudeltaan 11 km. Suurjännite muutetaan pienjännitteeksi saarella olevilla muuntajilla. (The Isle of Eigg n.d.)

Saarelta löytyy myös akkuvarastot, jotka kykenevät kattamaan saaren sähkönkulutuksen 24 tunnin ajan. Akkujärjestelmässä on 96 kappaletta 4 V akkuja, jotka on kytketty rinnan 48 V ryhmiin. Nämä on kytketty inverttereihin, joiden tuottama yhteisteho on 60 kW. (The Isle of Eigg n.d.)

Feldheimin kylä on Saksan ainoa sähköntuotannoltaan omavarainen kylä. 100 prosenttia sen energiantuotannosta tulee uusiutuvista lähteistä. Feldheimissä asuu 128 asukasta. (Akizu, O., Bueno, G., Barcena, I., Kurt, E., Topaloğlu, N. & Lopez-Guede, J. 2018)

Kylässä on 47 tuulivoimalaa, joiden yhteisteho on 71,1 MW. Nämä tuottavat 175,1 GWh sähköä vuodessa. Kylään on rakennettu myös pieni 500 kW biokaasulaitos, jolla voidaan tuottaa sähköä ja lämpöä. Lisäksi sähköä tuotetaan aurinkopaneeleilla 2,25 MW:n nimellisteholla. Mikäli näillä energianlähteillä ei kateta

kaikkea kulutusta, 400 kW biomassalaitos käynnistetään tukemaan muuta tuotantoa. Kylään rakennettiin myös nimellisteholtaan 10 MW:n litiumioniakusto, jolla paikataan uusiutuvien energianlähteiden kausivaihteluja. (Akizu ym. 2018)

Vuonna 2013 kylän energiayhteisö tuotti sähköä 135,9 GWh ja kulutusta oli 855,95 MWh. Eli tuotannosta vain 0,63 % meni omaan käyttöön. Ylimääräinen energia myytiin jakeluverkkoon. (Akizu ym. 2018)

### 3 PEI-ASENNUKSET ENERGIAYHTEISÖISSÄ

Tässä luvussa esitellään tyypillisimmät asuinrakennusten energiyhteisöt ja standardit, joiden vaatimusten mukaan PEI-asennukset (procumer's electrical installation) tulisi toteuttaa. Seuraavassa luvussa tutkitaan standardien pohjalta tärkeimpiä vaatimuksia energiyhteisöiden sähköasennuksille ja turvalliselle käytölle.

Asuinrakennusten, eli omakotitalojen ja taloyhtiöiden energiyhteisöistä halutaan selvittää, mitkä ovat tärkeimmät asiat, jotka on otettava huomioon näiden sähköasennuksissa. Opinnäytetyössä tarkastellaan myös edellä mainittujen saarekekäytön vaatimuksia.

#### 3.1 PEI-asennukset

Sähkön tuotantoa ja/tai varastointia sekä mahdollista jakelua sisältäviä asennuksia kutsutaan PEI-asennuksiksi. Termi tulee englannin kielestä sanoista prosumer's electrical installation. Prosumer tulee sanoista producer ja consumer ja tarkoittaa tahoja, joka on sekä kuluttaja että tuottaja. Voidaan puhua myös tuottaja-kuluttajasta (SFS 6008-2 2019, 8). Energiayhteisön fyysistä sähköverkkoa voidaan myös kutsua mikroverkoksi (Tampereen teknillinen yliopisto 2018).

Kansainvälinen sähköalan standardointijärjestö IEC on julkaissut standardin IEC 60364-8-2 PEI-asennuksista vuoden 2018 lopussa. Standardi käsittelee PEI-asennusten toiminnallisuutta. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry on tehnyt standardista suoran käännöksen suomeksi ja siitä on tehty ehdotus SFS 6008-2 -standardiksi. Ehdotetussa SFS 6008-2 -standardissa ei siis juurikaan käsiteltäisi PEI-asennusten turvallisuutta, vaan sitä käsitellään SFS 6000 standardissa. (SFS 6008-2 2019, 5)

SFS 6008-2 -standardissa määritellään PEI-asennusten rakenteet ja toiminta, mutta se ei kuitenkaan saisi huonontaa SFS 6000 -standardin antamia vaatimuk-

sia laitteiston turvallisuudelle (SFS 6008-2 2019, 10). SFS 6000 standardi määrittelee vaatimukset rakennuksien pienjännitesähköasennuksille. Standardissa käsitellään myös omatuotannon turvallisuutta aurinkosähköjärjestelmien osalta, sekä laitteistojen, joita syöttää generaattori. Standardissa generaattoreiksi laskeaan polttomootorit, turbiinit, sähkömootorit, aurinkosähköpaneelit, sähkökemialliset akut ja muut soveltuvat teholähteet (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2017a, 398).

SFS 6000 -standardin vaatimukset ovat Suomessa velvoittavia ja niitä on noudatettava. Tämä antaa asennuksille perusvaatimukset ja muilla standardeilla voidaan tarvittaessa täydentää vaatimuksia. (Suomen Standardisoimisliitto n.d.)

### **3.2 PEI-asennusten tyypit ja käyttötavat**

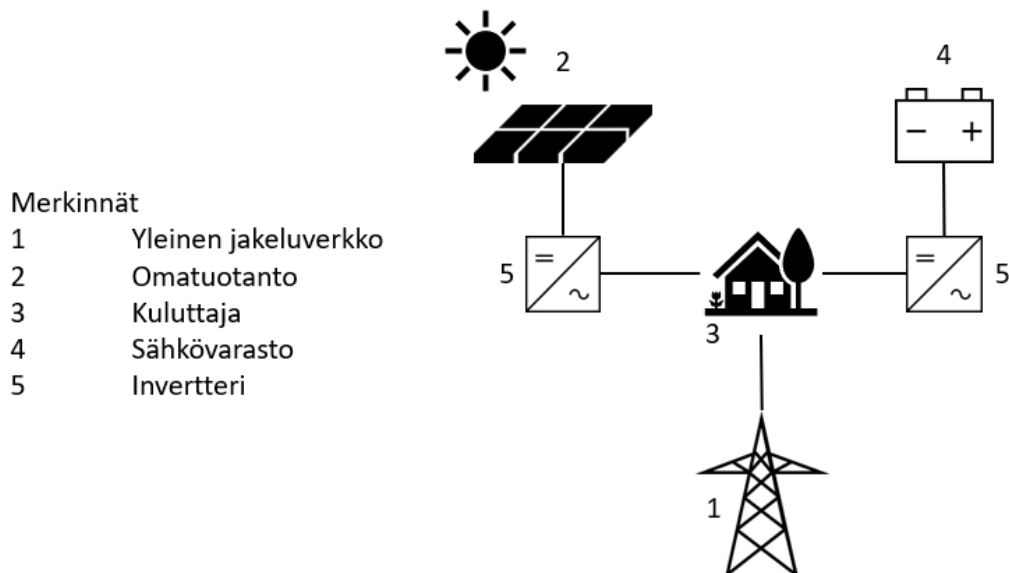
IEC 60364-8-2 -standardissa on määritelty PEI-asennuksille tyypit. Tyyppejä ovat erillinen, yhteinen ja jaettu sähköasennus. Erillisessä PEI-asennuksessa on vain yksi kuluttaja ja/tai tuottaja. Yhteisessä PEI-asennuksessa on useampi kuluttaja, joilla on yksi yhteinen teholähde, joka voi syöttää joko kuluttajia tai yleistä jakeluverkkoa. Jaettu PEI-asennus koostuu useasta erillisestä PEI-asennuksesta ja osalliset hyödyntävät toistensa paikallista tuotantoa. (IEC 60364-8-2 2018, 9)

Standardissa määritellään myös PEI-asennuksille käyttötavat. Käyttötavat ovat sovellettavissa jokaiseen PEI-asennuksen tyyppiin. Käyttötapoja on kolme: suoran syötön käyttö, vastakkaisen syötön käyttö ja saarekekäyttö. Suoran syötön käytössä valtakunnan verkko syöttää tuottaja-kuluttajan asennusta, vastakkaisen syötön käytössä tuottaja-kuluttajan asennus syöttää valtakunnan verkkoa ja saarekekäytössä tuottaja-kuluttajan asennus on valtakunnan verkosta erotettuna, säilyen silti jännitteisenä. PEI-asennuksen pitää pystyä toimimaan kaikilla mainituilla käyttötavoilla ja pystyttävä muuttamaan käyttötappaa milloin tahansa. (IEC 60364-8-2 2018, 10, 21)

### 3.3 Omakotitalot

#### 3.3.1 Erillinen PEI-asennus

Omien aurinkopaneelien hankkimisesta omakotitalon katolle on tullut suosittua. Yksittäisen kuluttajan katon talolle asennettuna paneelit muodostavat erillisen PEI-asennuksen (kuva 7). Tämä ei kuitenkaan tee siitä vielä energiayhteisöä. Energiayhteisössä on useampi kuluttaja ja vähintään yksi teholähde tai sähkövarasto. Tässä ei käsitellä erillistä PEI-asennusta tämän laajemmin.



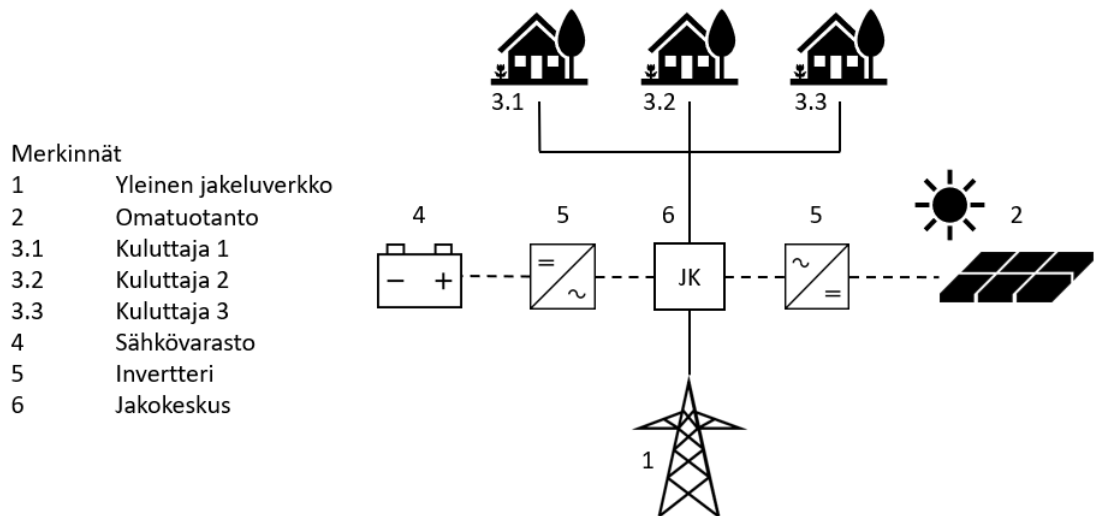
KUVA 7. Erillinen PEI-asennus

#### 3.3.2 Yhteinen PEI-asennus

Useamman omakotitalon ryhmä tai kortteli voi muodostaa energiayhteisön esimerkiksi tonttien rajojen ulkopuolella sijaitsevalla omatuotannolla tai sähkövarastolla. Tällöin energiayhteisö olisi kiinteistön rajat ylittävä. Alueen asukkailla olisi esimerkiksi yhteisömisteinen aurinkopaneelijärjestelmä tai akkuvarasto.

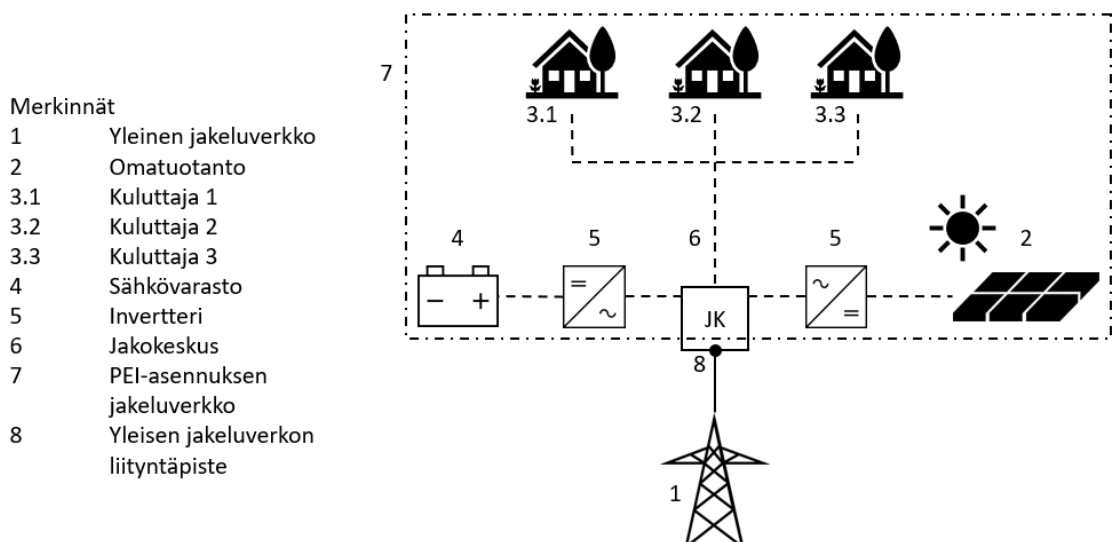
Kiinteistön rajat ylittävässä yhteisessä PEI-asennuksessa (kuva 8) useammalla kuluttajalla on yhteinen teholähde tai sähkövarasto. Tässä tapauksessa yhteisön

omatuotanto on kytketty suoraan yleiseen jakeluverkkoon, eikä kuluttajien kiinteistöihin.



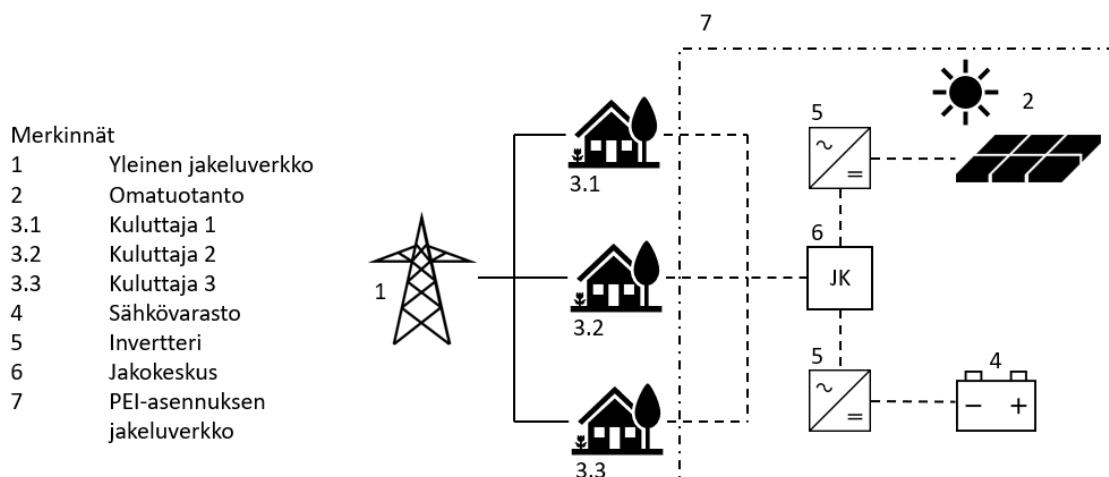
KUVA 8. Yhteinen PEI-asennus yleisessä jakeluverkossa

Yhteinen PEI-asennus voidaan myös toteuttaa omalla jakeluverkolla (kuva 9). Yleisen jakeluverkon liityntäpiste voi olla esimerkiksi erillisessä jakokeskuksessa, johon omatuotanto ja sähkövarastot liitetään ja joka syöttää yhteisön kiinteistöjä. Yhteisöllä olisi siis oma jakeluverkko. Yhteisö voisi myös tarvittaessa irrottautua yleisestä jakeluverkosta ollakseen omavarainen.



KUVA 9. Yhteinen PEI-asennus omalla jakeluverkolla

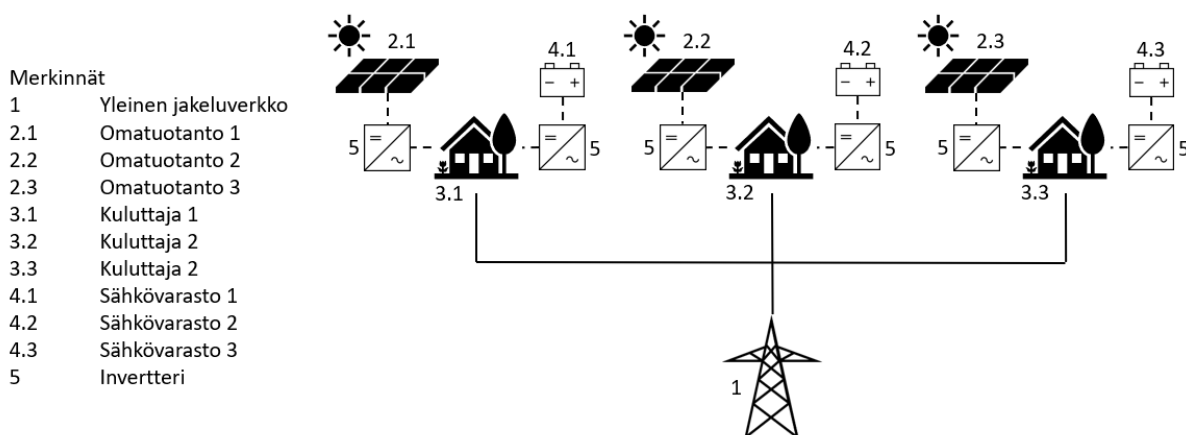
Yhteinen PEI-asennus on mahdollista rakentaa yleisen jakeluverkon rinnalle (kuva 10). Tällöin jokainen kiinteistö on liitetty yleiseen jakeluverkkoon ja sen rinnalle on kytketty oma jakeluverkko. Tässäkin tapauksessa on mahdollista erottaa yleisestä jakeluverkosta ja olla omavarainen.



KUVA 10. Yhteinen PEI-asennus yleisen jakeluverkon rinnalla

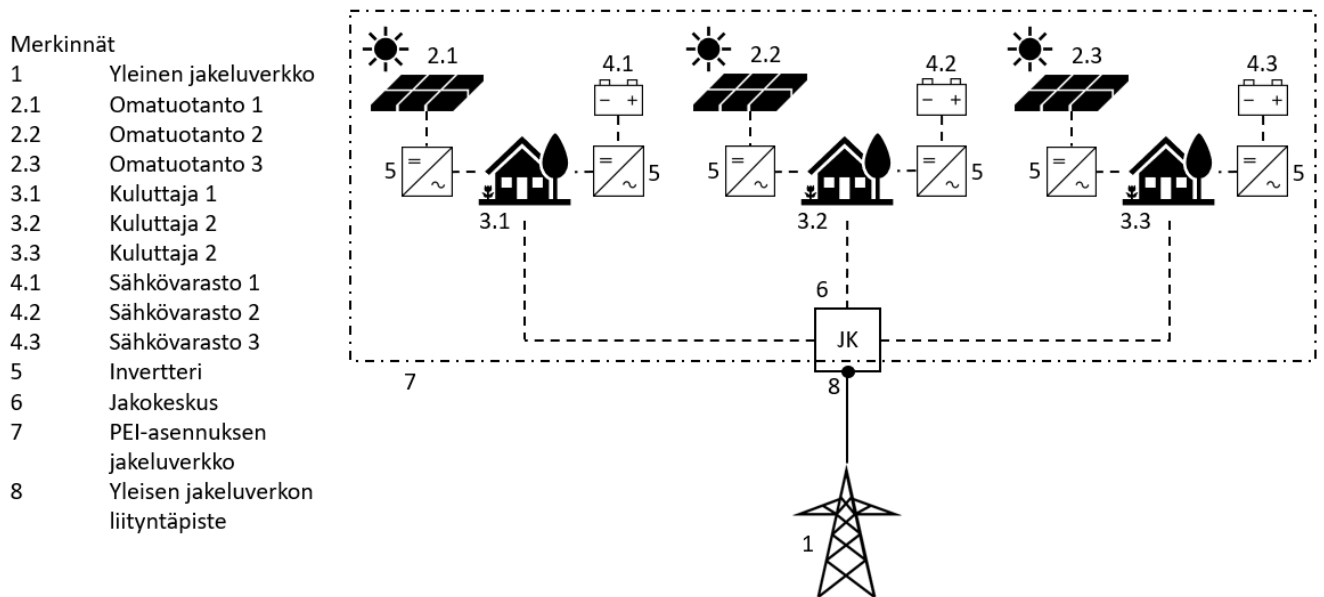
### 3.3.3 Jaettu PEI-asennus

Jaetussa PEI-asennuksessa (kuva 11) energiaa tuotetaan sekä kiinteistön sisällä että rajojen ulkopuolella. Jaettu PEI-asennus on useamman erillisen PEI-asennuksen yhdistelmä. Tässä tapauksessa jokainen yhteisön jäsen kykenisi irrottamaan sekä muista yhteisön jäsenistä että yleisestä jakeluverkosta.



KUVA 11. Jaettu PEI-asennus.

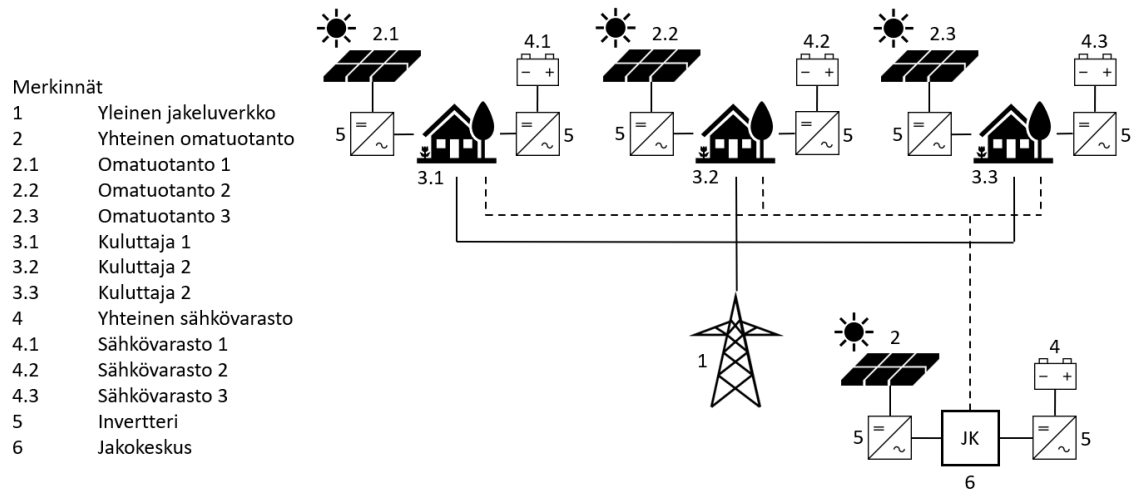
Jaetulla PEI-asennuksella on mahdollista olla oma jakeluverkko (kuva 12). Tällöin yleisen jakeluverkon liittymispiste voisi mahdollisesti olla jakokeskuksessa, johon kaikki erilliset PEI-asennukset on liitetty. Yhteisön jäsenet pystyisivät tarvittaessa jokainen erikseen irtautumaan muista PEI-asennuksista ja yleisestä jakeluverkosta, tai yhteisön kaikki jäsenet voisivat irtautua yhdessä yleisestä jakeluverkosta ollakseen omavaraisia.



KUVA 12. Jaettu PEI-asennus omalla jakeluverkolla.

Myös jaettu PEI-asennus voidaan kytkeä yleisen jakeluverkon rinnalle (kuva 13). Tässä tapauksessa yhteisön PEI-asennuksia voi syöttää jokaisen jäsenen oma erillinen PEI-asennus, yhteisön toisen jäsenen erillinen PEI-asennus, yhteisön yhteinen PEI-asennus ja yleinen jakeluverkko. Yhteisön on mahdollista irtautua yleisestä jakeluverkosta jokainen erikseen tai kaikki yhdessä.

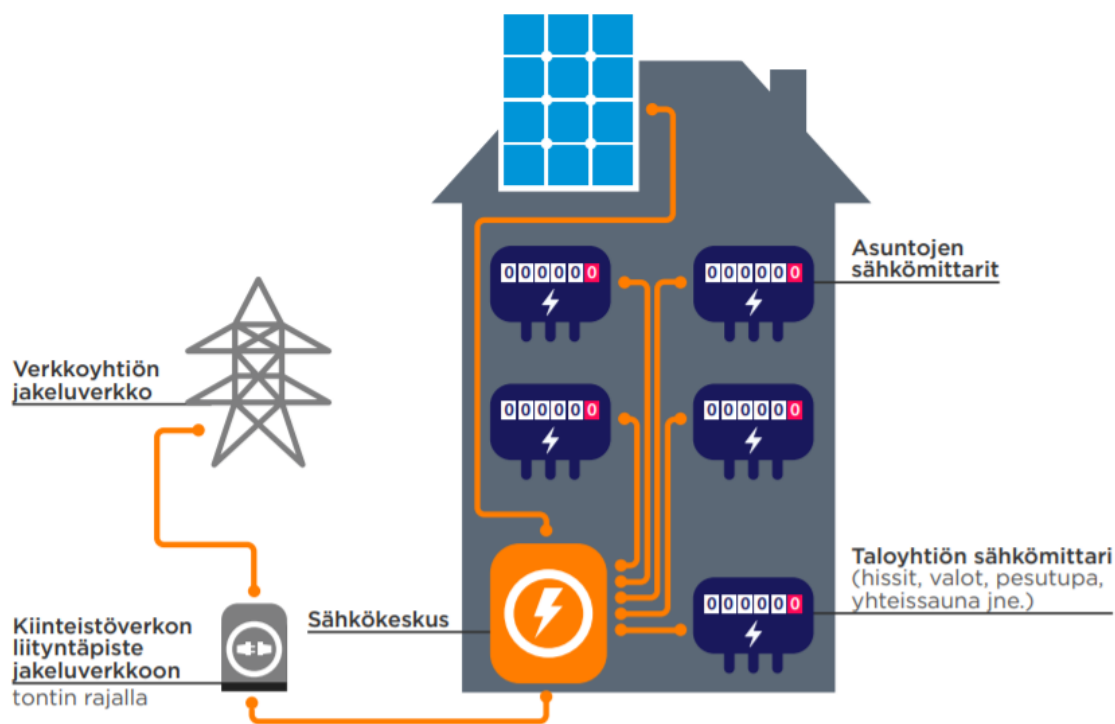




KUVA 13. Jaettu PEI-asennus yleisen jakeluverkon rinnalla.

### 3.4 Taloyhtiöt

Kerrostalojen muodostamat energiayhteisöt (kuva 14) voivat käytännössä olla toteutettu vain yhteisellä PEI-asennuksella. Kerrostalon sähköntuotanto voitaisiin toteuttaa esimerkiksi aurinkopaneeleilla ja varastointi akuilla. Yhteisöön voisi myös kuulua useampi kerrostalo. Tällöin yhteisöön kuuluvat kerrostalot liitettäisiin esimerkiksi jakokeskukseen, jossa olisi yleisen jakeluverkon liityntäpiste.



KUVA 14. Kerrostalon energiayhteisö. (Pahkala, T., Uimonen, H. & Väre, V. 2018)

Rivitaloissa energiayhteisöiden PEI-asennukset voisivat olla samanlaisia kuin kerrostaloissa. Rivitaloihinkin sopivat erillinen, yhteinen ja jaettu PEI-asennus.

## 4 VAATIMUKSET PEI-ASENNUKSISSA

### 4.1 Käyttötavan muuttaminen

PEI-asennusten on oltava mahdollista toimia kaikilla suunnitelluilla käyttötavoilla. Käyttötapaa on myös kyettävä muuttamaan milloin tahansa toiseen. (IEC 60364-8-2 2018, 21)

Käyttötavan muutoksessa on otettava huomioon generaattoreiden ja muuttajien synkronointi verkkoon (IEC 60364-8-2 2018, 13). Energiayhteisön teholähteen tuottama sähkö pitää synkronoida verkon kanssa (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2017a, 402).

Siirryttäessä saarekekäyttöön kaikki jännitteiset johtimet pitää erottaa yleisestä jakeluverkosta. Kytkinlaitteen on oltava SFS 6000-5-53 -standardin mukainen. (SFS 6008-2 2019, 20)

### 4.2 Maadoittaminen

Useamman teholähteen kanssa rinnan kytketyssä asennuksessa samaan aikaan kosketeltavat jännitteelle alttiit osat pitää kytkeä samaan maadoitusjärjestelmään. Saarekekäytössä maadoitusjärjestelmä pitää olla yhdistetty paikalliseen maadoituselektrodiin. Yleisen jakeluverkon maadoitusta on mahdollista käyttää tämän lisäksi. (IEC 60364-8-2 2018, 21)

Maadoitusjärjestelmän ollessa paikallinen, voidaan sitä käyttää tähtipisteen ja/tai jännitteelle alttiiden osien kytkemiseen maahan. Mikäli yleisen jakeluverkon maadoitusta on käytetty ja vaiheet ovat erotettuna PEI-asennuksen liityntäpisteessä, nollajohdin voi pysyä kytkettynä jakeluverkkoon. (IEC 60364-8-2 2018, 22)

### 4.3 Suojalaitteet ja erottaminen

PEI-asennusten suojalaitteiden toiminta-ajat on oltava viimeisimmän standardin SFS 6000-4-41 ja SFS 6000-5-51 vaatimusten mukaisia. Ylivirtasuojia valittaessa pitää huomioida kaikkien virtojen kulkusuunnat ja napaisuudet. Ylikuormitus- ja oikosulkusuojauksien suojalaitteet pitää sijoittaa piirien syöttöpisteisiin lukuun ottamatta standardin SFS 6000-4-43 kohtien 433.2 ja 433.3 poikkeuksia. Kuitenkin PEI-asennusta voidaan syöttää piirien molemmista päistä, jonka vuoksi oikosulkusuoja on asennettava kumpaankin päähän. Tämän välttämiseksi suositellaan teholähteiden ja sähkövarastojen kytkemistä suoraan pääkeskukseen. Oikosulkusuojien välinen toimivuus on myös tarkastettava. Selektiivisyyden on toimittava suojien välillä. (SFS 6008-2 2019, 25)

Saarekekäytön ylivirtasuojien valinnassa on otettava huomioon oikosulkuvirran suuruus. Saarekekäytössä oikosulkuvirrat eivät päde samalla tavalla kuin suoran tai vastakkaisen syötön käytössä. (IEC 60364-8-2 2018, 25)

Kytkenäylijännitteitä voi olla PEI-asennuksissa useammin kuin tavallisessa asennuksessa. Esimerkiksi teholähteiden välisestä kytkennästä tai kuormitusten erottamisesta johtuen ne voivat olla myös suurempia. Tämän vuoksi on kiinnitettävä huomiota ylijännitesuojien asentamiseen laitteiden suojaksi. (IEC 60364-8-2 2018, 27)

Mikäli PEI-asennuksessa on useampi teholähde, pitää jokainen teholähde saada erotettua muusta verkosta siihen soveltuvalla kytkimellä. Kaikkien kytkimien läheisyyteen on sijoitettava varoituskilpi mahdollisista muista teholähteistä. Erottamisen kytkinlaitteet pitää olla aina jakeluverkon haltijan käytettävissä (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2017a, 403). (IEC 60364-8-2 2018, 24)

### 4.4 Vuorovaikutus yleisen jakeluverkon kanssa

Mikäli yleisessä jakeluverkossa tapahtuu katkos, on PEI-asennus erotettava yleisestä verkosta. Tämä voidaan tehdä joko siirtymällä saarekekäyttöön tai erotet-

tava jokainen teholähde erikseen verkosta. Siirtyminen tai erottaminen on tapahtuva automaattisesti. Siirtyminen tai erottaminen pitää tapahtua automaattisesti myös silloin, kun teholähteen jännite tai taajuus eroaa normaaleista verkon arvoista (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2017a, 402). (IEC 60364-8-2 2018, 26-27)

PEI-asennus ei myöskään saa aiheuttaa häiriötä yleiseen jakeluverkkoon. Muun muassa taajuus, jännite ja tehokerroin on oltava samat yleisen jakeluverkon kanssa ja muut syntyvät häiriöt on pystyttävä suodattamaan pois. Häiriötä voi olla esimerkiksi yliaallot, vaiheiden epäsymmetria sekä käynnistyksestä ja tahdistuksesta johtuvat häiriöt (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2017a, 402). (IEC 60364-8-2 2018, 43)

#### **4.5 Aurinkosähköjärjestelmät ja sähkövarastot**

Aurinkosähköjärjestelmien suojauksiin ja turvallisuuteen on kiinnitettävä huomiota. Järjestelmien vaatimuksista kerrotaan tarkemmin standardissa SFS 6000-7-712. Standardissa esitetään vaatimuksia mm. ylivirtasuojaukseen, ylikuormitussuojaukseen sekä laitteiden vaatimuksiin ja niiden merkintöihin. Tämän lisäksi lisätietoa löytyy kattavasti ST-käsikirjasta 40. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2017b, 135-154)

Akkujärjestelmien vaatimuksista kerrotaan standardissa SFS-EN IEC 62485-2. Standardi ottaa kantaa mm. oikosulkujen estämiseen, räjähdysvaaralta suojaukseen ja akkutilojen vaatimuksiin (SFS-EN IEC 62485-2 2018). Vain ammattitaitoisilla ja opastetuilla henkilöillä on lupa päästä käsiksi akkujärjestelmiin (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2017a, 403).

#### **4.6 Sähköenergian hallintajärjestelmä EEMS**

Kaikkien PEI-asennusten tyyppien sähköntuotantoa pitää valvoa. Energian hallintajärjestelmällä voidaan valvoa tuotetun sähkön laatua ja ohjata teholähteitä sekä kuormituksia. Mikäli omatuotannosta saadaan energiaa enemmän, kuin on

kulutusta, energian hallintajärjestelmän avulla voidaan osallistua kysyntäjousto-markkinoille. (IEC 60364-8-2 2018, 20)

Järjestelmä valvoisi myös energiavarastoon siirrettyä ja sieltä otettua energiaa. Näin pystytään seuraamaan sähkövaraston tilaa ja pitämään varaston varaus halutulla tasolla, jotta mahdollisten sähkökatkojen aikana pystytään toimimaan omavaraisesti. Akkuja voitaisiin myös ladata silloin, kun sähkön hinta on edullisempaa. (IEC 60364-8-2 2018, 20)

Energian hallintajärjestelmä voidaan toteuttaa yhden laitteen avulla tai koti- tai rakennusautomaatiojärjestelmään liitettyjen useamman laitteen avulla. Hallintajärjestelmä sisältäisi käyttöliittymän, josta tuottaja-kuluttaja näkisi kaiken mitatun tiedon ja mikroverkon tilan. (IEC 60364-8-2 2018, 20)

Energiayhteisöjen mikroverkoissa energiaa kulkee kahteen suuntaan, yleisestä jakeluverkosta PEI-asennukseen ja päinvastoin. Jotta energiayhteisön kulutus, omatuotanto, sähkön varastointi ja yleisestä jakeluverkosta otettu sähkö voidaan netottaa, pitää sähköenergiaa mitata kaksisuuntaisesti jokaisen kiinteistön liittymästä, sekä jokaisesta tuotantolaitteistosta ja sähkövarastosta. Myös osa kuormituksista olisi hyvä mitata. (IEC 60364-8-2 2018, 20)

## 5 POHDINTA

Energiayhteisöt ovat melko tuore konsepti ja niistä on vain vähän tietoa Suomessa. Euroopassa energiayhteisöjä on jo tehty useampia ja siellä tunnutaan olevan jo edelläkävijöitä aiheen saralla. Aihetta on kuitenkin pyritty edistämään Suomessakin ja nyt alkaa jo näyttämään paremmalta. Työ- ja elinkeinoministeriön perustama älyverkkotyöryhmä on Suomen sähköverkon parantamista käsittelevässä raportissaan selvittänyt energiayhteisöiden mahdollisuuksia energiantuotannossa ja hiilidioksidipäästöjen pienentämisessä. Erilaisia pilottikohteita on myös tehty useiden tahojen toimesta.

Jotta energiayhteisöillä on mahdollisuus yleistyä, on niille annettava selkeät vaatimukset rakenteelle ja turvallisuudelle. Vaatimukset asennuksille tulevat standardeista, kuten rakennusten pienjännitesähköasennusstandardista SFS 6000 ja kansainvälisestä PEI-asennuksia (procumer's electrical installation) käsittelevästä IEC 60364-8-2 -standardista.

Keskeisimmät vaatimukset koskevat saarekekäytön PEI-asennuksia eli yhteisöjä, jotka on erotettu yleisestä jakeluverkosta. Saarekekäytössä erityistä huomiota pitää kiinnittää maadoitukseen, sekä suoja- ja erotuslaitteiden toimivuuteen. On myös varmistettava, että PEI-asennuksessa tuotettu sähkö on häiriötöntä. Energiayhteisön mittarointi on toteutettava hyvin, ja tuotantoa sekä varastointia on valvottava esimerkiksi energianhallintajärjestelmän avulla.

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin suojauksia lähinnä yleisellä tasolla ja esimerkiksi kiskoiteiden osalta. Energiayhteisöjä on erilaisia ja myös energiantuotantomuotoja on erilaisia. Jatkotutkimusta voisi tehdä vielä PEI-asennusten erilaisista sähkön tuotantomuodoista ja näiden suojauksista, koska näillä voi olla erilaisia vaatimuksia muissa standardeissa ja ohjeissa. Saarekekäyttöön siirryttäessä oikosulkuvirtojen muuttumista ja sen vaikutuksista suojausten toimivuuteen olisi myös hyvä tutkia lisää.

## LÄHTEET

Akizu, O., Bueno, G., Barcena, I., Kurt, E., Topaloğlu, N. & Lopez-Guede, J. 2018. Contributions of Bottom-Up Energy Transitions in Germany: A Case Study Analysis. Raportti. Energies. Luettu 5.4.2020. <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/4/849/htm>

Auvinen, K., Honkapuro, S., Juntunen, J. & Ruggiero, S. 2020. Aurinkosähköä taloyhtiöiden asukkaille - Mittaushaasteista kohti digitaalisia energiayhteisöpalveluja. Raportti. Aalto-yliopisto. <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/43236/isbn9789526089881.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Direktiivi 2019/944/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi sähkön sisämarkkinoita koskevista yhteisistä säännöistä ja direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 14.6.2019. Luettu 28.3.2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944&from=FI>

European Commission. 2019. Clean energy for all Europeans. European Union. [https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b4e46873-7528-11e9-9f05-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc\\_id=Searchresult&WT.ria\\_c=null&WT.ria\\_f=3608&WT.ria\\_ev=search](https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b4e46873-7528-11e9-9f05-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc_id=Searchresult&WT.ria_c=null&WT.ria_f=3608&WT.ria_ev=search)

European Commission. 2020. Clean energy for all Europeans package. Verkkosivu. Julkaistu 20.10.2017. Päivitetty 12.3.2020. Luettu 28.3.2020. [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en)

Fingrid. n.d. Kysyntäjousto. Verkkosivu. Luettu 28.3.2020. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisuus/sahkomarkkinoiden-tulevaisuus/kysyntajousto/>

Huttunen, R. (toim.) 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4. Helsinki. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEM-jul\\_4\\_2017\\_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEM-jul_4_2017_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

IEC 60364-8-2. 2018. Low-voltage electrical installations – Part 8-2: Prosumer's low-voltage electrical installations. The International Electrotechnical Commission. Luettu 26.4.2020. Vaatii käyttöoikeuden. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/IEC/IEC/ID9989/6/710984.html.stx>

Lempäälän energia. 2019. LEMENE-Lempäälän energiayhteisö. Esite. Luettu 30.3.2020. [http://www.lempaalanenergia.fi/files/upload\\_pdf/21540/LEMENE%20esite.pdf](http://www.lempaalanenergia.fi/files/upload_pdf/21540/LEMENE%20esite.pdf)

Pahkala, T., Uimonen, H. & Väre, V. 2017. Matkalla kohti joustavaa ja asiakaskeskeistä sähköjärjestelmää. Älyverkkotyöryhmän väliraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 38. Helsinki. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80792/TEMrap\\_38\\_2017\\_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80792/TEMrap_38_2017_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



Pahkala, T., Uimonen, H. & Väre, V. 2018. Joustava ja asiakaskeskeinen sähköjärjestelmä. Älyverkkotyöryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 33. Helsinki. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161119/TEM\\_33\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161119/TEM_33_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

SFS 6008-2. 2019. Tuottaja-kuluttajan pienjännitesähköasennukset. Julkaisematon. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

SFS-EN IEC 62485-2. 2018. Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Paikallisakut. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 26.4.2020. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/717980.html.stx>

Suomen Standardisoimisliitto. n.d. SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. Verkkosivu. Luettu 16.4.2020. [https://www.sfs.fi/aihealueet/sahko\\_ja\\_elektronikka/sfs\\_6000](https://www.sfs.fi/aihealueet/sahko_ja_elektronikka/sfs_6000)

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2017a. SFS käsikirja 600-1-1 Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-1: Yleisvaatimukset. 1. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2017b. SFS käsikirja 600-1-2 Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-2: Erikoistilojen ja täydentävät vaatimukset. 1. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Tampereen teknillinen yliopisto. 2018. Social Energy – Procumer Centric Energy Ecosystem (ProCem). Raportti. <http://www.senecc.fi/wp-content/uploads/2018/11/ProCem-loppuraportti.pdf>

The Isle of Eigg. n.d. Eigg Electric. Verkkosivu. Luettu 5.4.2020. <http://isleofeigg.org/eigg-electric/>