

Kim Blomqvist, Ville Kuittinen, Niku Räsänen

# **Energiayhteisöt Pohjois-Karjalassa**

Kommunikoiva energia -hankkeen kehittämistyön tuloksia



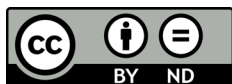
Julkaisusarja

Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C: Raportteja, 132

Tekijät

Kim Blomqvist, Karelia-ammattikorkeakoulu  
Ville Kuittinen, Karelia-ammattikorkeakoulu  
Niku Räsänen, Karelia-ammattikorkeakoulu

© Tekijät ja Karelia-ammattikorkeakoulu



Tämä julkaisu on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiMuutoksia 2.0 Kansainvälinen -lisenssillä.

ISBN 978-952-275-419-6

ISSN 2323-6914

Karelia-ammattikorkeakoulu 2023

Kommunikoiva energia – Uusi energiamurros ja vähähiiliset digitaaliset palvelut  
Pohjois-Karjalassa-hanke



**BUSINESS  
JOENSUU**



**Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020**

# Sisällys

|  |    |
|--|----|
| Johdanto.....  | 4  |
| 1 Kommunikoiva energia – Uusi energiamurros ja vähähiiliset digitaaliset palvelut Pohjois-Karjalassa -hanke..... | 5  |
| 2 Energiayhteisöt.....   | 7  |
| 2.1 Energiayhteisöjen määritelmät .....  | 8  |
| 2.2 Energiayhteisöjen luokittelu .....   | 10 |
| 3 Kiinteistön sisäisten energiayhteisöjen kehitystyö Kommunikoiva energia - hankkeessa.....                      | 16 |
| 3.1 Energiayhteisöjen muodostuminen .....  | 18 |
| 3.2 Kiinteistön sisäisten energiayhteisöjen selvitysten ja simulaatioiden toteutus .....                         | 25 |
| 3.3 Kiinteistön sisäisten energiayhteisöjen simulaatioiden tuloksia .....  | 32 |
| 3.4 Kiinteistön sisäisten energiayhteisöjen energioresurssit.....  | 35 |
| 3.5 Energiayhteisöjen taloudellinen kannattavuus .....   | 39 |
| 3.6 Kiinteistön sisäisten energiayhteisöjen elinkaariarviointit.....   | 43 |
| 4 Energia* -sovellus.....  | 50 |
| 4.1 Pilotointikohteet .....  | 50 |
| 4.2 Rivitaloasunto-osakeyhtiön energiankulutustietojen hallintasovellus.....                                     | 54 |
| 5 Kiinteistörajat ylittävät energiayhteisöt.....   | 56 |
| 5.1 Virtuaalisen energiayhteisön pilotti .....   | 58 |
| 7 Yhteenveto.....  | 61 |
| Lähteet .....  | 66 |

# Johdanto

Käynnissä oleva energiamurros edellyttää siirtymistä perinteisistä tavoista tuottaa ja käyttää energiaa aivan uusiin tuotantotapoihin ja -järjestelmiin. Tämä siirtymä vaatii paljon uudenlaista ajattelua, osaamista ja ratkaisuja. Perinteisiä energiantuotantojärjestelmiä tulevat haastamaan hajautetut uusiutuvan energian tuotantoteknologiat, erityisesti aurinkosähkö ja tuulivoima, energiavarastointiratkaisut sekä älykkäät ratkaisut kulutuksen ohjauksessa ja energiatehokkuudessa.

Yhtenä energiamurroksen potentiaalisena ajurina ja osana energiamurroksen toteuttamisessa nähdään energiayhteisöt. Energiayhteisöissä yksityishenkilöt, yhdistykset tai yritykset jakavat sähkön tai lämmön tuotannon ja hankinnan hyötyjä toistensa kanssa. Toisin sanoen yhä useampi voi tuottaa ja jakaa uusiutuvaa energiaa haluamallaan tavalla. Energiayhteisöt demokratisoivat energijärjestelmää ja lisäävät kansalaisten valtaa energiaan liittyvässä päätöksenteossa. Taloudellisen hyödyn lisäksi energiayhteisöjen motiiveina voivat olla esimerkiksi omavaraisuuden ja kotimaisen energian tuotannon lisääminen. Uudet muutokset lainsäädännössä, kansalliset edistämistoimenpiteet, uusiutuvan energian teknologian alentuneet tuotantokustannukset sekä älyteknologioihin perustuvat palvelu- ja toimintamallit ovat parantaneet erilaisten energiayhteisöjen syntymisen edellytyksiä.

Uusien energiantuotantotapojen sekä toimintamallien, kuten energiayhteisöiden lisäksi on tärkeää toteuttaa kattava ja kestävä digitaalinen murros energijärjestelmissä. Energiamurrokseen liittyy vahvasti yhteiskunnan yleiseen sähköistymiseen. Energiaan liittyvää dataa kerätään ja käytetään enenevässä määrin ohjaukseen ja optimointiin. Energian kulutustavat muuttuvat nopeammin kuin koskaan ja energiaa halutaan ostaa yhä enemmän palveluna, missä energiatehokkuus ja vastuullisuus ovat olennainen osa palvelua.

Energiantuotannon vastuullisuus ja päästöt ovat nousseet tärkeäksi osaksi energiamurroksen kestävää toteuttamista. Niitä voidaan vertailla kattavimmin elinkaaripäästöjen laskentamenetelmällä (LCA, Life Cycle Assessment). LCA-menetelmällä voidaan tuottaa laaja-alaisin tuotteiden ja tuotantomuotojen päästöjen tarkastelu. Elinkaaripäästöissä lasketaan laitteiden, raaka-aineiden, käytön ja jätteiden päästöt hyvin kattavasti. Elinkaaripäästöjen avulla voidaan arvioida miten kestävää energiamurroksen toteuttaminen esimerkiksi energiayhteisöjen tuotannon sekä niissä käytettävien digitaalisten palveluiden osalta.

# **1 Kommunikoiva energia – Uusi energiamurros ja vähähiiliset digitaaliset palvelut Pohjois-Karjalassa –hanke**

Karelia-ammattikorkeakoulun Kommunikoiva energia -hanketta on toteutettu alueellisenä kehittämishankkeena Pohjois-Karjalassa 1.1.2023 – 31.12.2023. Hankkeen pääasiallisena tavoitteena on ollut kehittää yhteistyössä hankkeessa mukana olevien yritysten kanssa 1) vähähiilisiä energiayhteisöjä ja niihin liittyviä digitaalisia palveluratkaisuja, 2) digitaalisten palvelujen kestävyyttä ja hiilineutraalisuutta sekä 3) hiilineutraalisuutta yritysten strategisena valintana.

Hanke on rakentunut kolmesta työpaketista:

- 1 Lähien energiayhteisöt
- 2 Vähähiiliset digitaaliset palvelut (mm. LCA- ja EPD-laskenta, vastuullisuusviestintä ja vastuullisraportointi)
- 3 Viestintä ja brändin kehittäminen

Tässä raportissa keskitytään erityisesti lähien energiayhteisöistä hankkeen aikana tehtyihin havaintoihin ja tuloksiin (työpaketti 1). Muiden työpakettien osalta raportissa käsitellään soveltuvin osin energiayhteisöihin liittyvien toimenpiteiden tuloksia ja havaintoja. Kommunikoiva energia -hankkeen tavoitteena on ollut edistää paikallisesti energiayhteisöjen muodostumista ja erityisesti lisätä tietoisuutta erilaista energiayhteisöistä ja niiden toimintamalleista viestinnän, tapahtumien, yritys yhteistyön, pilottien ja julkaisujen kautta.

Hankkeessa kehitettiin energiayhteisöiden käyttöön tarkoitettu avoin sovellus Energia\*, jolla yhteisö voi hallita energiarekurssejaan sekä välittää tietoa yhteisön jäsenille. Sovelluksen tavoitteena on ollut yhteisöllinen, avoin, älykäs, informatiivinen, kustannustehokas ja rajapinnoiltaan monipuolinen energianhallintapalvelu energiayhteisöille. Hankkeen lähien energiayhteisö-työpaketin kehittämisessä ja pilotoinneissa on ollut mukana energia-alan yrityksiä, yliopiston ja ammattikorkeakoulujen asiantuntijoita ja opiskelijoita Karelia-ammattikorkeakoulun ICT:n, energia- ja ympäristötekniikan,

talotekniikan sekä median koulutuksista. Opiskelijat ovat tehneet mm. useita opinnäytetöitä hankkeen toimeksiannoista.

Kommunikoiva energia -hankkeessa on toteutettu useita tapaustutkimuksia, joiden pohjalta on voitu selvittää erilaisten energiayhteisöjen mahdollisuuksia ja haasteita. Tapaustutkimusten pohjalta on myös tehty pilotointeja, joista toinen on kiinteistön sisäinen energiayhteisöpilotti ja toinen on hankeajan ajallisesti ylittävä paikallisen virtuaalisen energiayhteisön pilotointi. Alueen toimijat ja yritykset ovat saaneet suoraan hankkeen asiantuntijoilta tukea ja apua, kuten neuvontaa, teknistaloudellista tietoa ja laskentaa energiayhteisöjen perustamisen selvittämiseen ja perustamisen tueksi. Lisäksi hankkeessa on toteutettu selvitys kiinteistöjen sisäisten energiayhteisöjen hiilijalanjäljestä elinkaarianalyysimenetelmää käyttäen. Vuonna 2021 hankkeessa teetettiin laaja kysely taloyhtiöille Pohjois-Karjalassa. 75 % kyselyn vastaajista oli kiinnostuneita perustamaan energiayhteisön tai tuottamaan uusiutuvaa energiaa taloyhtiössään. Tämän raportin seuraavissa luvuissa käydään tarkemmin läpi Kommunikoiva energia-hankkeessa saavutettuja keskeisiä tuloksia ja havaintoja. Hankkeessa on toteutettu myös materiaalipankki hankkeen energiayhteisöihin liittyvistä julkaisuista ja webinaareista sekä muusta mediasisällöistä **Thinglink-ympäristöön**. Thinglinkistä löytyvät esimerkiksi yksityiskohtaisemmat analyysit ja tiedot raportissa käsiteltävistä tuloksista sekä havainnoista.

## 2 Energiayhteisöt

Energiayhteisöt on esitelty osana EU:n puhtaan energian pakettia vuonna 2016, jonka jälkeen energiayhteisöön liittyviä käsitteitä ja toimenpiteitä on tarkennettu. Käsitteenä energiayhteisö on Suomessa melko uusi, mutta yleensä energiayhteisöt mielletään yleisellä tasolla yhtenä jakamistalouden muotona. Jakamistaloudella viitataan yhteiseen tai yhteisölliseen kuluttamiseen, käyttöön, palveluiden tarjoamiseen ja tuotantoon. Energiayhteisöt ovat eri toimijoiden tai alueiden yhteenliittymiä, jotka hyödyntävät yhdessä energiaresursseja, kuten esimerkiksi omaa sähkön tuotantoa. Kansallisella tasolla on tarkennettu viime vuosina energiayhteisöjen osalta käsitteitä, toimintamalleja sekä lainsäädäntöä työ- ja elinkeinoministeriön älyverkkotyöryhmän kautta sekä energiamurrokseen liittyvien hankkeiden, kuten FinSolar-hankkeen kautta.

Käytännön tasolla energiayhteisön muodostaminen on tämän raportin kirjoittamishetkellä mahdollista vain yksittäisen kiinteistön sisäisenä energiayhteisönä. Kiinteistöjen väliset ja hajautetut energiayhteisöt ovat myös tulossa mahdollisiksi lähitulevaisuudessa. Lisää erityyppisistä energiayhteisöistä ja niiden luokittelusta luvussa 2.2.

Energiayhteisöt kokoavat yhteen sähkön pientuotantoa omistavia osapuolia ja voivat koostua henkilöistä, yhdistyksistä sekä yrityksistä. Energiayhteisöt mahdollistavat energiantuotannon yhteisömuotoisen omistuksen, jossa yhteisön jäsenet voivat keskenään jakaa yhteisesti omistetun energiantuotantoinfrastruktuurin hyötyjä. Energiayhteisössä yhteisön jäsenet jakavat siis sähkön tuotannon ja hankinnan hyötyjä toistensa kanssa. Energiayhteisöjä ovat esimerkiksi kiinteistön sisäiset energiayhteisöt, kiinteistörajat ylittävät energiayhteisöt ja laajemmat hajautetut energiayhteisöt.

Kiinteistön sisäinen energiayhteisö on esimerkiksi asunto-osakeyhtiö, jossa on käytössä yhteinen kiinteistökohtainen sekä erilliset asuntokohtaiset sähkönkulutuksen mittaukset. Asunto-osakeyhtiön jäsenet tuottavat sähköä pientuotantolaitoksellaan itselleen asuntokohtaisesti sekä yhteisesti kiinteistön kulutukseen. Kiinteistörajat ylittävä yhteisö taas voi olla esimerkiksi paikallisen kyläyhteisön muutaman erillisen kiinteistön muodostama yhteisö, joka tuottaa energiaa yhteisön jäsenille.

## 2.1 Energiayhteisöjen määritelmät

### Kansalaisten energiayhteisö

Sähkömarkkinadirektiivissä (EU direktiivi 2019/944) on määritelty kansalaisten energia-yhteisö oikeushenkilönä:

- ”a) joka perustuu vapaaehtoisuuteen 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, talousteen 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.”*

Kansalaisten energiayhteisöjen lisäksi EU direktiivissä 2018/2001 määritellään uusiutuvan energian yhteisö oikeushenkilönä:

- ”a) joka sovellettavan kansallisen lainsäädännön mukaisesti perustuu avoimeen ja vapaaehtoiseen osallistumiseen, on riippumaton ja tosiasiallisesti sellaisten osakkeenomistajien tai jäsenten määräysvallassa, jotka sijaitsevat lähellä kyseisen oikeushenkilön omistamia ja kehittämiä uusiutuvaa energiaa hyödyntäviä hankkeita;*
- b) jonka osakkeenomistajat tai jäsenet ovat luonnollisia henkilöitä, pk-yrityksiä tai paikallisviranomaisia, mukaan lukien kunnat;*
- c) jonka ensisijainen tarkoitus on tuottaa ympäristöön liittyvää, taloudellista tai sosiaalista hyötyä osakkeenomistajilleen tai jäsenilleen tai alueille, joilla se toimii, eikä rahallista voittoa.”*

Uusiutuvan energia yhteisöillä ja kansalaisten energiayhteisöillä on siis yhteistä se, että niihin osallistuminen tulee olla vapaaehtoista. Niiden ensisijainen tarkoitus on tuottaa muuta kuin rahallista voittoa, eivätkä suuret yritykset voi olla niiden jäseniä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).



## Aktiiviset asiakkaat

Sähkömarkkinadirektiivissä (EU) 2019/994 aktiivisella asiakkaalla tarkoitetaan:

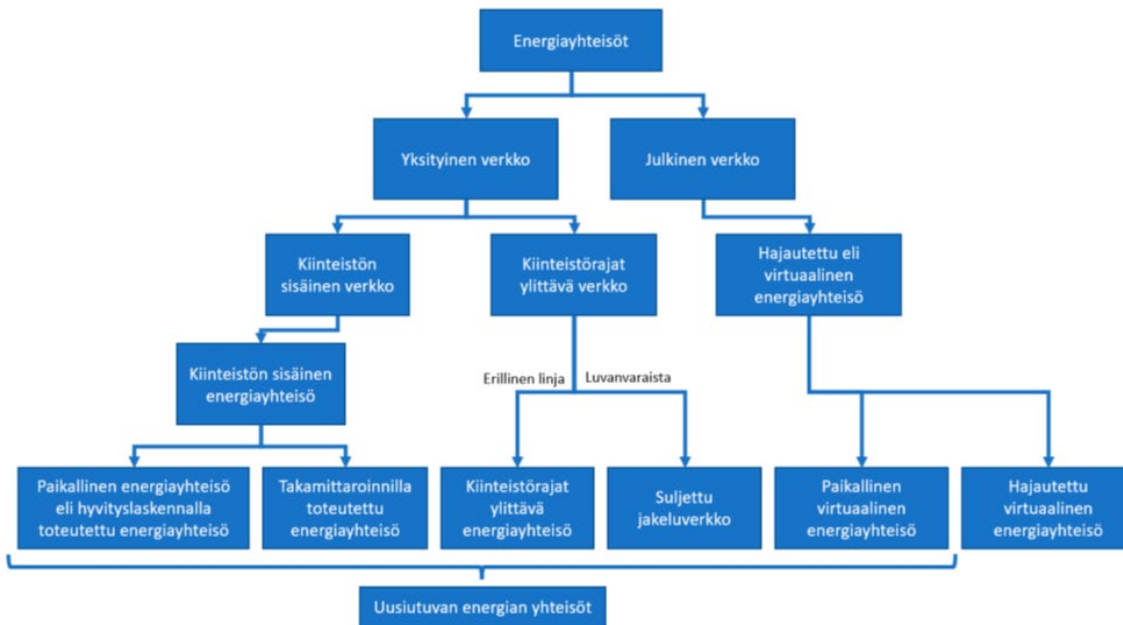
*” loppuasiakasta tai yhdessä toimivien loppuasiakkaiden ryhmää, joka kuluttaa tai varastoi omissa tiloissaan rajatulla alueella tai jäsenvaltion niin salliessa muissa tiloissa tuotettua sähköä tai joka myy itse tuottamaansa sähköä tai osallistuu joustoa tai energiatehokkuutta koskeviin järjestelyihin, jos tällainen toiminta ei ole sen ensisijaista kaupallista tai ammatillista toimintaa.”*

EU direktiivin mukaan on myös määritelty kansallisessa lainsäädännössä valtioneuvoston asetuksessa 1133/2020 aktiiviset asiakkaat ja niiden oikeudet sekä velvollisuudet. Lisäksi uusi sähkömarkkina designia koskeva 14.3.2023 päivätty komission ehdotus (COM(2023) 148 final) laajentaa sähkön jakamisen myös aktiivisiin asiakkaisiin. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).

## Uusiutuvan energian yhteisö

Uusiutuvan energiadirektiivi (EU) 2018/2001 määrittää uusiutuvan energian yhteisöt. Uusiutuvan energian yhteisöjen erityispiirteenä on niiden keskittyminen uusiutuvaan energiaan. Käytännössä Suomessa voidaan hyödyntää energiayhteisöihin liittyvää lainsäädäntöä uusiutuvan energian yhteisöjen käytössä. Uusiutuvan energian yhteisöjen tarkoituksena on edistää uusiutuvan energian lisääntymistä, sekä hyväksyttävyyttä. Paikallisiin energiayhteisöihin liittyvä kansallinen sääntely on sähkön osalta tarkoitettu myös uusiutuvan energian yhteisöjen raameiksi, jotta mahdollisimman monella on mahdollisuus osallistua uusiutuvan energian yhteisöön. Uusiutuvan energian yhteisön jäseniä ei kuulu direktiivin mukaan kuitenkaan vapauttaa maksuista, veroista tai kustannuksista, joita peritään niiltä, jotka eivät kuulu yhteisöön. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).

## 2.2 Energiayhteisöjen luokittelu



Kuva 1. Energiayhteisöjen luokittelu. (Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2023.).

Energiayhteisöt luokitellaan kansallisen näkemyksen mukaan yksityisen ja julkisen verkon puolen toimijoiksi. Yksityisen verkon puolella toimivat kiinteistön sisäisen verkon energiayhteisöt sekä kiinteistörajat ylittävät energiayhteisöt erillislinjalla toteutettuina. Myös suljetun verkon luvanvaraiset ratkaisut luokitellaan yksityisen verkon puolelle. Julkisen verkon puolella toimivat energiayhteisöt luokitellaan hajautettuihin virtuaalisiin energiayhteisöihin, jotka käyttävät olemassa olevaa julkista verkkoa hyödykseen. Virtuaaliset energiayhteisöt voidaan jakaa paikalliseen virtuaaliseen energiayhteisöön, missä energiayhteisö toimii yhden jakeluverkkoyhtiön alueella tai hajautettuun virtuaaliseen energiayhteisöön, missä energiayhteisö voi toimia usean eri jakeluverkkoyhtiön alueilla. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.)

Kansalaisten energiayhteisö sekä uusiutuvan energian yhteisö on täytäntöön pantu sähkön osalta valtioneuvoston asetuksella sähkötoimitusten selvityksestä ja mittauksesta (767/2021). Asetuksen 1 luvun 3 § määrittelee paikallisen energiayhteisön, joka kattaa kiinteistön sisäiset ratkaisut.

Paikallisen energiayhteisön ensisijaisena tarkoituksena on tuottaa ympäristöön, talouteen tai sosiaaliseen yhteisöön liittyviä hyötyjä jäsenilleen tai osakkailleen tai alueelle, jolla se toimii. Paikallisten energiayhteisöjen jäsenten tai osakkaiden sähkökäyttöpaikkojen sähkön mittauksista vastaa jakeluverkonhaltija, ja näiden sähkökäyttöpaikkojen tulee sijaita samalla kiinteistöllä tai sitä vastaavalla kiinteistöryhmällä, ja niiden tulee olla liitetty jakeluverkonhaltijan jakeluverkkoon samalla liittymällä.

Nykyinen lainsäädäntö siis mahdollistaa paikallisen energiayhteisön eli hyvityslaskennalla toteutetun energiayhteisön, ns. takamittaroinnilla toteutetun energiayhteisön sekä erillistä linjaa hyödyntävän kiinteistörajat ylittävän energiayhteisön. Näiden lisäksi virtuaaliset eli hajautetut energiayhteisöt ovat mahdollisia nykyisen lainsäädännön puitteissa siten, että sähkön oman tuotannon ja verkosta ostetun sähkön netotus tapahtuu energian osalta kaupallisista periaatteista asiakkaan laskulla. Hajautettuja energiayhteisöjä ei kuitenkaan ole lainsäädännöllä tarkemmin säännelty. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).



Kiinteistön  
sisäinen



Kiinteistön  
rajat ylittävä



Hajautettu

Kuva 2. Kolme erilaista energiayhteisömallia.

## Kiinteistön sisäinen energiayhteisö

Kiinteistön sisäinen energiayhteisö on yhteisö, joka rajoittuu kiinteistöön tai sitä vastaavaan kiinteistöryhmään. Kyseessä voi olla esimerkiksi kerrostalo, jonka katolle on asennettu aurinkopaneelit ja niiden tuottamaa sähköä jaetaan kerrostalon asukkaiden kesken. Kiinteistön sisäiset energiayhteisöt voidaan luokitella vielä hyvityslaskentaa hyödyntäviin yhteisöihin sekä takamittaroiuihin yhteisöihin. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).



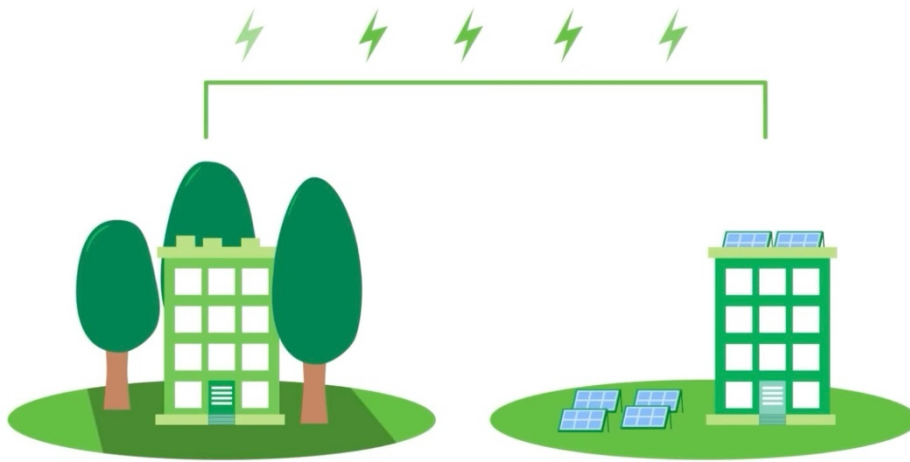
Kuva 3. Kiinteistön sisäinen energiayhteisö

Hyvityslaskentaa käyttävässä yhteisössä verkkoyhtiö vastaa yhteisön kaikkien käyttöpaikkojen mittauksesta. Mittausasetuksen muutoksen (1133/2020) myötä yhteisössä tuotettu sähkö voidaan jako-osuuksiin perustuen tasejaksoittain vähentää yhteisön käyttöpaikkojen mitatusta energiasta, jolloin omatuotannosta ei tarvitse maksaa jakeluverkkomaksua tai veroja, siltä osin, kun yhteisössä tuotettu sähkö käytetään kiinteistössä. Hyvityslaskentaperiaatteet on säädetty asetuksessa ja itse laskenta toteutetaan datahubissa. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).

Takamittaroitu energiayhteisö vastaa itse yhteisön sisäisestä mittaroinnista ja laskutuksesta. Esimerkiksi kerrostalossa ei solmita sähkön myynti- tai siirtosopimuksia yksittäisille asunnoille, vaan koko taloyhtiöllä on yksi sopimus, ja kaikki kiinteistöllä olevat ovat osana yhteisöä. Yhteisö voi itse määrittää laskutusperusteet, miten omatuotanto jaetaan kiinteistössä olevien jäsenten välillä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).

### Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö

Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö on mahdollista Suomessa erillisen linjan avulla. Tilanne voi olla esimerkiksi erilliselle tontille rakennetut aurinkopaneelit, joiden tuottama sähkö halutaan kuluttaa erillisessä kiinteistössä. Erillinen linja ei saa muodostaa sähkökäyttöpaikkojen liittymisjohtojen kanssa rengasyhteyttä sähköverkkoon tai sähköverkkojen välille. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).

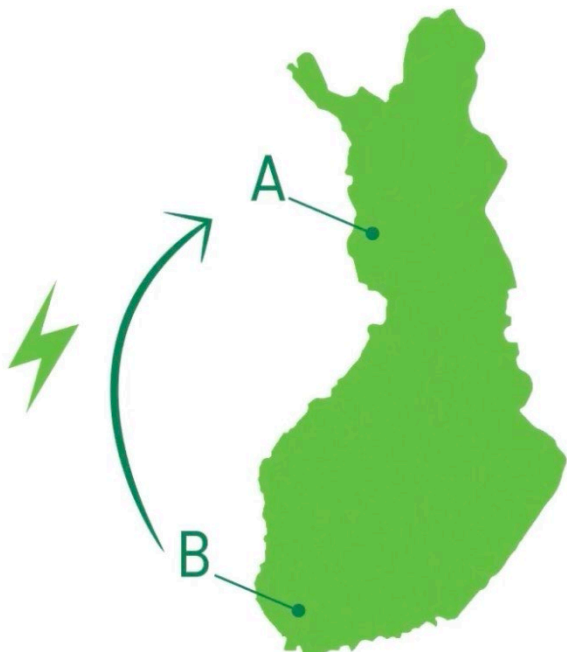


Kuva 4. Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö

Erillisellä linjalla voidaan liittää pienimuotoista sähköntuotantoa sähkönkäyttöpaikkaan, sekä kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän verkkoon. Kuitenkin on huomattava, että jos erillisellä linjalla liitetään esimerkiksi aurinkopaneeli yhteen omakotitaloon, ei voida sanoa, että kyseessä on energiayhteisö. Esimerkiksi tilanteessa, jossa aurinkopaneelit liitetään erillisellä linjalla yhdellä kiinteistöllä sijaitsevassa kerrostalossa sijaitsevaan käyttöpaikkaan, ja kerrostalossa sähkö sitten jaetaan hyvityslaskennan avulla (paikallinen energiayhteisö) kerrostalon asukkaiden eli eri sähkönkäyttöpaikkojen kesken, on kyseessä energiayhteisö. Ero on siinä, onko erillisellä linjalla kytketty erillinen tuotantoyksikkö erilliseen sähkönkäyttöpaikkaan, joka on yksi kulutuspaiste (esim. omakotitalo) vai liitetäänkö erillinen tuotantoyksikkö erilliseen sähkönkäyttöpaikkaan, josta se edelleen jaetaan hyvityslaskennan avulla energiayhteisön kesken. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).

Suljettujen jakeluverkkojen rakentaminen on luvanvaraista, ja luvan myöntää Energiavirasto. Suljetun jakeluverkon lupa voidaan Suomen lainsäädännön mukaan myöntää vain maantieteellisesti rajatulle teollisuus- tai elinkeinoalueelle, joka harjoittaa sähköverkkotoimintaa tai yhteisiä palveluja tarjoavalle. Lupaa ei kuitenkaan saa myöntää sellaiselle hakijalle, jonka sähköverkossa toimitetaan sähköä kuluttajille. Tässä poikkeuksena ovat ainoastaan kuluttajat, joilla on työsuhteeseen perustuvia tai vastaavia yhteyksiä sähköverkkoluvan hakijaan. Suljetun jakeluverkon sääntely tulee kansalliseen sääntelyyn sähkömarkkinadirektiivistä. Tällaista suljetun jakeluverkon verkkolupaa on hakenut mm. LEMENE-hanke, kuitenkin vielä lupaa ei ole myönnetty. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).

## Hajautettu eli virtuaalinen energiayhteisö



Kuva 5. Hajautettu energiayhteisö

Hajautetut eli virtuaaliset energiayhteisöt eivät rajoitu yhteen kiinteistöön tai kiinteistöryhmään, ja ne voidaan jakaa kahteen erilaiseen virtuaaliseen energiayhteisöön: paikallinen virtuaalinen energiayhteisö sekä hajautettu virtuaalinen energiayhteisö. Nykyisen lainsäädännön puitteissa virtuaalisen energiayhteisön jäsenet näyttäytyvät tavallisina kulutus/tuotanto asiakkaina verkkoyhtiöille ja muille sähkömarkkinaosapuolille sekä taseselvityksessä. Virtuaalisen energiayhteisön jäsenet eivät omista verkkoa ja sähkön jakelu tapahtuu julkisen jakeluverkon kautta. Mittaroinnista vastaa verkkoyhtiö omilla mittareillaan. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).

Paikallisella virtuaalisella energiayhteisöllä tarkoitetaan energiayhteisöä, joka ei sijaitse yhden kiinteistön alueella, mutta kuitenkin yhden jakeluverkon alueella. Paikallinen virtuaalinen energiayhteisö hyödyntää sähkön jakeluun paikallista jakeluverkkoa, ja jakeluverkosta löytyy jokin piste, kuten jakelumuuntaja, jonka takana kaikki energiayhteisön jäsenet sijaitsevat. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).

Hajautetun virtuaalisen energiayhteisön jäsenet voivat sijaita vapaasti missä päin Suomea tahansa. Hajautetun virtuaalisen energiayhteisön hyötynä on tuotannon

sijoittaminen paremmalle paikalle, esimerkiksi aurinkopaneelien sijoittaminen kesämökille, ja sähkön hyödyntäminen vakituksessa asunnossa. Virtuaalisissa energiayhteisöissä sähkö kuitenkin kulkee julkisen jakeluverkon kautta, jolloin yhteisön jäsenten tulee maksaa sähkön siirtomaksut sekä verot. Virtuaaliset energiayhteisöt ovat mahdollisia nykyisen lainsäädännön mukaan, eikä niiden luomiselle ja toimimiselle ole esteitä. Sähkönmyyjä voi tarjota energialaskun myynnin osuuden netotuspalvelua, ja sähkölaskun netotus voidaan tehdä mille tahansa ajanjaksolle. On kuitenkin huomioitava, että arvonlisävero tulee aina maksaa normaalisti. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.).

# 3 Kiinteistön sisäisten energiayhteisöjen kehitystyö

## Kommunikoiva energia -hankkeessa

Kommunikoiva energia -hankkeen käynnistyessä vuoden 2021 alussa otettiin samaan aikaan valtakunnallisesti merkittävä edistysaskel energiayhteisöjen edistämisen saralla, kun laki salli hyvityslaskentaperusteiset kiinteistön sisäiset energiayhteisöt. Vuonna 2021 laki ei vielä velvoittanut sähkönjakeluyhtiötä tarjoamaan hyvityslaskentaperusteista energiayhteisöpalvelua asiakkailleen vaan se perustui vapaaehtoisuuteen kahden vuoden siirtymäajan puitteissa. Valtakunnan tasolla oli muutama jakeluverkkoyhtiö, jotka tarjosivat palvelua omien järjestelmiensä kautta. Vuoden 2023 alussa datahub 2.0:n tullessa voimaan laki edellytti hyvityslaskentaperusteisen kiinteistön sisäisen energiayhteisön perustamisen mahdollisuuden kaikkien jakeluverkkoyhtiöiden alueilla. Vähittäismyyjät ja jakeluverkonhaltijat veloitetaan hoitamaan kaikki sähkökaupan mittaus- ja käyttäjätietojen tiedonvaihto datahubin kautta.

Kommunikoiva energia -hankkeen käynnistyessä vuoden 2021 alussa otettiin samaan aikaan valtakunnallisesti merkittävä edistysaskel energiayhteisöjen edistämisen saralla, jolloin laki salli hyvityslaskentaperusteiset kiinteistön sisäiset energiayhteisöt. Vuonna 2021 laki ei velvoittanut vielä sähkönjakeluyhtiötä tarjoamaan hyvityslaskentaperusteista energiayhteisöpalvelua asiakkailleen vaan se perustui vapaaehtoisuuteen kahden vuoden siirtymäajan puitteissa. Valtakunnan tasolla oli muutamia jakeluverkkoyhtiö, jotka tarjosivat palvelua omien järjestelmiensä kautta. Vuoden 2023 alussa datahub 2.0 tullessa voimaan laki edellytti hyvityslaskentaperusteisen kiinteistön sisäisen energiayhteisön perustamisen mahdollisuuden kaikkien jakeluverkkoyhtiöiden alueilla valtakunnallisesti. Vähittäismyyjät ja jakeluverkonhaltijat veloitetaan hoitamaan kaikki sähkökaupan mittaus- ja käyttäjätietojen tiedonvaihto datahubin kautta.

Valtakunnan tasolla muutama jakeluverkkoyhtiö aloitti tarjoamalla palvelua omien järjestelmiensä kautta. Lakimuutoksen myötä energiayhteisöjen pelikenttä muuttui ja viimeistään uusimman datahub 2.0:n myötä energiayhteisöjen odotetaan yleistyvän laajemmin. Datahub 2.0 mahdollistaa energiayhteisötietojen ylläpitämisen ja käsittelyn. Energiayhteisön sisällä tuotettu energia jaetaan pientuotannon hyvityslaskennassa energiayhteisön jäsenille sovittujen jakosuhteiden mukaisesti. Datahub suorittaa pientuotannon hyvityslaskennan verkkoyhtiön ilmoittamien mittaustietojen perusteella.



Energiayhteisöt ovat siis merkittävässä asemassa datahubin uudistuksessa. Vuoden 2023 alusta voimaan tullut uudistus tulee todennäköisesti lisäämään merkittävästi energiayhteisöjen määrää ja sitä kautta myös uusiutuvan sähkön tuotantoa.

Kommunikoiva energia -hankkeen keskeisenä tavoitteena on ollut edistää energiayhteisöjen yleistymistä alueellisesti. Toimenpiteinä ovat olleet pilotoinnit, tiedotustilaisuudet, webinaarit, julkiset selvitykset, elinkaariarvioinnit energiayhteisöille sekä tapauskohtaiset neuvonnat energiayhteisöjä harkitseville tahoille. Tiedotusta on tehty aktiivisesti omien nettisivujen, somekanavien, yhteistyöyritysten ja muiden yhteistyökumppaneiden kautta. Hankkeessa on järjestetty webinaareja, jotka ovat käsitelleet laajasti energiayhteisöjä ja niihin liittyviä ilmiöitä sekä käsitteitä. Julkiset selvitykset, artikkelit ja tiedonhankintamatkat ovat tuottaneet arvokasta tietoa energiayhteisöjen alueelliseen kehittämiseen ja energiayhteisöjen edistämiseen.

Hankkeessa on toteutettu useita teknistaloudellisia selvityksiä kiinteistön sisäisistä energiayhteisöistä. Teknis-taloudellisten selvitysten tarkoituksena on ollut tuottaa uutta tietoa energiayhteisöistä ja niiden mahdollisuuksista sekä olla päätöksenteon tukena energiayhteisöjä perustettaessa. Selvitykset ovat perustuneet lain sallimiin kiinteistön sisäisiin energiayhteisöihin, ja ne ovat pääasiallisesti keskittyneet alueen taloyhtiöihin. Yksi selvitys on toteutettu hankkeen aikana myös aktiivisten asiakkaiden muodostamasta energiayhteisöstä.

Valtioneuvoston kanslian teettämän selvityksen mukaan sähkön ympärille rakentuissa energiayhteisöissä on hyödyntämätöntä potentiaalia etenkin kiinteistön sisäisissä energiayhteisöissä. 2018 taloyhtiöille tehdyn kyselyn perusteella taloyhtiöissä on paljon aurinkosähkön hankinnasta kiinnostuneita osakkaita. 459 vastaajasta 48 %:a oli erittäin kiinnostunut ja 39 % melko kiinnostunut hankkimaan hyödyntämään aurinkosähköä taloyhtiössä. (Airaksinen ym. 2019, 22.).

Kommunikoiva energia -hankkeessa teetettiin pohjoiskarjalaisille taloyhtiöille laaja kysely aurinkosähköstä ja energiayhteisöistä vuonna 2021. Tämän raportissa myöhemmissä osioissa käsitellään tarkemmin kyselyn tuloksia ja havaintoja.

Suomessa on yhteensä noin 62 000 kerrostaloa ja 82 000 rivi- ja ketjutaloa. Tästä määrästä kaksi kolmasosaa on taloyhtiöissä. Tämä rakennuskanta kuluttaa 24 TWh energiaa vuodessa, josta sähköä on 4 TWh ja lämpöä 20 TWh. Energiansäästöremontit ja

lämpöpumpputeknologia tulevat alentamaan lämmön kulutusta lähitulevaisuudessa. Suomen ympäristökeskuksen raportin mukaan muutostavoitteeksi taloyhtiöiden oman energiantuotannon osalta on asetettu 4 TWh vuoteen 2035 mennessä. Suunniteltu tavoite on kahdeksankertainen nykyiseen energiantuotantoon nähden. Tavoite muodostuu noin yhdestä terawattitunnista aurinkosähköä ja kolmesta terawattitunnista lämpöä lämpöpumppujärjestelmillä. Taloyhtiöt itsessään ovat jo yhteisöjä, joten niiden yhteisöllisyys tuo paljon mahdollisuuksia myös energiatoimijoina. Teknologian sekä markkinoiden kehitys on alentanut merkittävästi kustannuksia pientuotannon ratkaisuihin ja se on tehnyt ratkaisuihin myös taloyhtiöille kannattavia. (Lukkarinen ym. 2020.)

Seuraavissa luvuissa käsitellään tarkemmin Kommunikoiva energia -hankkeen toimenpiteitä energiayhteisöjen kehittämisessä.

### 3.1 Energiayhteisöjen muodostuminen

Energiayhteisöjä voi syntyä monenlaiseen tarpeeseen ja eri lähtökohdista. Niiden taustalla vaikuttavat niin yksilön omat tarpeet kuin yhteisön tarpeet. Energiayhteisöjen muodostumisen lähtökohdat tulevat yleensä ihmisten yksilöllisistä tarpeista, jotka kohtaavat muiden ihmisten tarpeet. Koska energiayhteisöt nähdään yhtenä jakamistalouden muotona, on tärkeää huomioida yksilön vaikutusmahdollisuudet yhteisön muodostamisessa sekä vaikuttamisessa yhteisössä.

Yksilötasolla ihmisten syyt osallistua yhteisölliseen toimintaan voidaan jakaa karkeasti rationaalisiin ja emotionaalisiin syihin. Rationaalisia syitä voivat olla taloudelliset, ympäristöön liittyvät ja elämäntyyliin liittyvät syyt. Emotionaaliset syyt liittyvät enemmän muiden auttamiseen, osallistumiseen yhteisöön ja toiminnan ollessa vastuullista ja järkevää esimerkiksi ympäristön kannalta. Seuraavassa taulukossa 1 on esitelty energiayhteisöön liittyviä syitä yksilötasolla.

Taulukko 1. Yksilön eri motiivit osallistumisesta jakamistalouteen (mukaillen Lahti & Helosmaa 2013 ja Kounelis, Giuliani, Geneiatakis, Di Gioia, Karopoulos, Steri, Neisse, Nai-Fovino, 2017.).

| <b>Rationaaliset syyt</b>   | <b>Emotionaaliset syyt</b>   |
|---|--|
| <p><b>Taloudellinen</b></p> <p>ansaita -sekä säästömahdollisuus, energian hintavaihtelut, kannattavuus, energiatuet, hyötyjen jakautuminen</p> <p><b>Ympäristösytyt</b></p> <p>omalla toiminnalla on positiivinen vaikutus ympäristöön ja se on kestävä, vihreä imago</p> | <p><b>Anteliaisuus ja avuliaisuus</b></p> <p>yksilö voi auttaa itseään ja muita</p> <p><b>Yhteisö</b></p> <p>yksilö arvostettu osa yhteisöä, yhteenkuuluvuuden tunne, ylpeyden tunne, hyötyjen jakautuminen, paikallisuus, omistajuuden jakautuminen</p> |
| <p><b>Elämäntyyli</b></p> <p>jakamistalous on joustavaa ja käytännöllistä, riippumattomuus energiayhtiöistä tai tuontienergiasta</p>  | <p><b>Elämäntyyli</b></p> <p>toiminta on vastuullista ja järkevää yhteiskunnan ja ympäristön kannalta, tyytymättömyys energiapolitiikkaan</p>  |
| <p><b>Kokeileminen</b></p> <p>jakamistalouden avulla voidaan kokeilla uusia palveluita tai tuotteita</p>  | <p><b>Kulttuurinen</b></p> <p>yksilö osa esimerkiksi kansalaisliikettä</p>   |

Energiamurroksen kannalta keskeinen piirre erityisesti sähköenergiajärjestelmien murroksessa on asiakkaiden (customer) roolin muuttuminen sähkökäyttäjistä (consumer) myös sähköntuottajiksi (producer) sekä ohjattavissa olevien resurssien tarjoajiksi (provider). Edellä mainitut roolit muodostava ns. aktiivisen asiakkaan (prosumer), joka voi olla yksittäinen kotitalous, taloyhtiö, korttelikonaisuus, yritys tai virtuaalinen yhteisö. (Tampereen teknillinen yliopisto 2018.)

Energiakansalaisuus on ihmisten aktiivista osallistumista eri energiajärjestelmiin, energiapolitiikan ja uutisten seuraamiseen. Energiakansalainen ottaa osaa energiakeskusteluihin ja eri energiavalintojen tekemiseen. Heiskasen ym. (2021) mukaan aktiivinen energiakansalainen ja prosumer tarkoittavat hyvin pitkälti samaa asiaa. Energiakansalainen seuraa ja optimoi omaa energiankulutustaan ja on tietoinen siitä, miten hän voi

vaikuttaa ympäristöön esimerkiksi erilaisten laitteiden ja digitalisaation avulla. (Heiskanen ym. 2021.)

Osallistuminen energiamurrokseen voi syntyä eri reittien ja käytäntöjen kautta. Energia-kansalaisuus nähdään yleensä energian tuotantoon osallistumisena, vaikka jo pelkkä kulutuksen muuttaminen on tärkeää niiden kannalta, jotka eivät pysty tuottamaan energiaa itsenäisesti tai yhteisönä. (Heiskanen ym. 2021.)

Tärkeitä energiamurroksessa ovat aktiiviset edelläkävijät, jotka kokeilevat ja tuovat energiateknologioita uusiin yhteyksiin tai muokkaavat omaa energiakäyttämistään uuden teknologian myötä. Nämä aktiiviset edelläkävijät ovat miltei kriittinen voimavara energiamarkkinoiden kehittämisessä ja kehitymisessä. (Lukkarinen, Faehnle, & Salo 2021.)

Taulukko 2. Energiakansalaisuuden eri tasot (mukaillen Hyysalo 2017.)

| <b>Energiakulutuksen ja osallistumisen taso</b> | <b>Energia ja teknologia</b>  | <b>Media ja politiikka</b>   |
|---|---|--|
| <b>Peruskuluttaja</b>                           | Käytettävän energian tuottaa ja jakelee joku muu, ei suurta kiinnostusta siihen millä ja miten energia tuotetaan  | Seuraa yleisesti isompia lehtiä sekä yhtä tai kahta sosiaalisen median kanavaa   |
| <b>Aktiiviinen kuluttaja</b>                    | Seuraa aktiivisesti kulutustaan ja tekee energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja, kilpailuttaa energiasopimuksia, on kiinnostunut siitä millä teknologialla energia tuotetaan ja missä se tuotetaan                              | Keskittyy erityisesti energiaan liittyviin lehden osiin ja valikoi tiettyjä ryhmiä sosiaalisesta mediasta, osallistuu ja ottaa kantaa keskusteluihin jonkin verran                                 |
| <b>Prosumer/aktiivinen energiakansalainen</b>   | Tuottaa itse energiaa omaan kulutukseen sekä jakeluverkkoon, optimoi kulutuksen energiatehokkuutta aktiivisesti, osallistuu aktiivisesti energiamarkkinoille (tarjoaa energiaresurssejaan palveluina, kuten esim. kulutusjoustoa) | Luo ja ylläpitää sosiaalisen median ryhmiä sekä luo sisältöä aktiivisesti, käy aktiivista keskustelua someryhmissä, osallistuu aktiivisesti oman kunnan tai kaupungin päätöksenteon keskusteluihin |
| <b>Prosumer/innosumer</b>                       | On kiinnostunut uudesta teknologiasta ja sen kehittämisestä, kehittää aktiivisesti käyttämänsä energiateknologiaa   | Kehittää omaan tai toisten käyttöön sovelluksia, palveluita tai lisäohjelmistoja   |

Energiamurroksen peruskiveksi on vakiintunut aktiivinen energiatoimija eli prosumeri, joka ei toteuta tavallista kuluttajan roolia vaan pyrkii aktiiviseen energiamurroksen toteuttamiseen kaikessa toiminnassaan. Tämä edelläkävijä mielletäänkin yleensä

hyvätuloiseksi omakotitalossa asuvaksi toimijaksi, jolle on luonnostaan tarjolla enemmän teknologiaratkaisuja ja mahdollisuus omaksua niitä. Taloyhtiössä tilanne on toinen, ja yksittäisen asukkaan teknologiaratkaisut harvinaisempia. Taloyhtiöissä on enemmän yhteisöllistä jaettava näkemystä yhteisen omaisuuden hallinnasta sekä energiaan liittyvistä käytänteistä. Energiakansalaisuus voidaan nähdä monen asukkaan kohdalla nimenomaan yhteisöllisenä toimintana eli energiayhteisöinä. (Lukkarinen ym. 2020.) Energiakansalaisuuden yhtenä ideologisenä periaatteena on luoda globaalit vaikutukset paikallisesti. Ilmastonmuutos ja energian hintojen vaihtelu eivät yksistään riitä ajamaan ihmisiä muodostamaan yhteisöjä. Kokonaisuus on laajempi ja ulottuu koko kestävä kehityksen alueelle.

Energiayhteisöihin kannustavat myös uusiutuvan energian, erityisesti aurinkosähkön ja lämpöpumpputeknologian laskevat hinnat. Aurinkoenergiajärjestelmien osalta yksikkökustannukset ovat yhteisön kannalta pienempiä kuin yksikön itse investoimana ja lämpöpumppujen osalta hyötysuhde on parempi, joten sitä kautta järjestelmien taloudellinen kannattavuus sekä käyttöaste ovat korkeampia. Investoinnin suuruudella ja takaisinmaksuajalla on iso vaikutus valittaviin uusiutuvan energian tuotantoteknologioihin. (Lukkarinen, Faehnle & Salo 2021.)

Vaikka kannattavuus ja taloudellinen hyöty ovat suuressa roolissa, kyselytutkimuksien mukaan suurimmat hyötynäkökulmat liitetään uusiutuvan energian hyödyntämiseen sekä ympäristötekijöihin. Aalto-yliopisto toteutti vuonna 2018 asunto-osakeyhtiöiden osakkaille suunnatun aurinkosähkään liittyvän kyselytutkimuksen osana FinSolar, Smart Energy Transition ja CO2mmunity -hankkeita. Hyötynäkökulmia kysyttäessä, enimmäkseen vastaukset liitettiin uusiutuvan energian hyödyntämiseen, päästöttömyyteen sekä omavaraisuuden lisääntymiseen. Niin ikään Portugalissa tehty tutkimuskysely energiayhteisöille Susana Soeiron ja Marta Ferreira Diasin (2020) toimittamana alleviivasi yhteisöjen vastauksia energiayhteisöjen positiivista ympäristötekijöistä, joita pidettiin jopa taloudellisia tekijöitä tärkeimpänä energiayhteisöjä perustettaessa tai kehittäessä. (Soiero & Dias 2020.)



Kuva 6. Kommunikaiva energia -hankkeen energiayhteisökyselyn tuloksia 2021

Kommunikaiva energia -hankkeen aikana toteutettiin kysely aurinkosähköstä ja energiayhteisöistä pohjoiskarjalaisille taloyhtiöille. Kyselyyn saatiin lähes 900 vastausta. Suurin osa vastaajista oli kiinnostunut aurinkosähköjärjestelmän hankkimisesta sekä mahdollisesti energiayhteisön muodostamisesta. Energiayhteisönä toimimisien suurimmat edut nähtiin taloudellisessa kannattavuudessa, mutta myös uusiutuvan energian ympäristöystävällisyydessä sekä pienemmässä riippuvuudessa sähkön energian ja siirtohintojen muutoksista. Erityisesti nuoremmissa vastaajissa korostui ympäristöön liittyvät tekijät, vaikka kokonaisuudessaan merkittävin tekijä oli taloudellinen kannattavuus. Energiayhteisön nähtiin olevan taloyhtiön houkuttelevuutta lisäävä tekijä asuntoa myydessä tai ostaessa. Alueellisesti aurinkosähkö ja energiayhteisöjen sosiaalinen hyväksyttävyyden on korkealle.

Kyselyn perusteella energiayhteisöistä kaivataan lisätietoa ja konkreettisia esimerkkejä. Esimerkiksi naapurissa toteutuneet energiayhteisöt nähtiin merkittävänä seikkana päätöksenteossa uusia energiayhteisöjä perustettaessa. Kysymyskohtaiset tarkemmat tulokset löytyvät hankkeen energiayhteisöjen materiaalisivustolta Thinglinkistä.

**Taulukko 3. SWOT-analyysi energiayhteisöistä. (mukaillen Lukkarinen ym. 2020 ja Viljanen ym. 2019.).**

| Vahvuudet   | Heikkoudet   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yhteisöjen riippumattomuus ja omavaraisuus</li> <li>• Energiaturroksen aktiiviset käynnistäjät</li> <li>• Oma energiantuotanto suojaa energian hinnan nousuilta</li> <li>• Yhä useammalla yksilöllä on mahdollisuus osallistua energiantuotantoon</li> <li>• Mahdollisuus tuottaa energiaa haluamallaan tavalla</li> <li>• Ympäristön kannalta kestävää toimintaa</li> <li>• Yhteisön jäsenien ylpeudentunto</li> <li>• Järjestelmien yhteisöllinen omistus tai yksittäisten järjestelmien yhteinen käyttö voi parantaa niiden käyttöastetta ja siten hyötysuhdetta</li> <li>• Valta energiasta yhteisöille</li> <li>• Tietoa ja neuvontaa saatavilla paljo</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yhteisöt eivät pääse kehittymään</li> <li>• Yhteisöillä ei ole tarpeeksi tietotaitoa päätöksenteon tueksi energiayhteisöjä perustettaessa</li> <li>• Teknologiatoimittajilla ja konsulteilla paljon sananvaltaa yhteisöjä perustettaessa</li> <li>• Kannattavuus ei ole vielä parhaalla mahdollisella tasolla</li> <li>• Yhteisön kyky omaksua uusia palveluita</li> <li>• Yhteisön kyky toimia yhteisönä</li> <li>• Erialaisten intressien yhteensovittaminen</li> <li>• Hankintakäytännöt (esim. yhteishankinnat) ovat kehittymättömiä</li> <li>• Päätöksenteossa korostuvat ennakkoluulot ja epävarmuus</li> <li>• vähäinen ymmärrys energiapalveluihin liittyvistä mahdollisuuksista</li> <li>• Kokemusperäistä tietoa vielä vähän</li> </ul>   |
| Mahdollisuudet  | Uhat   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yhteisöistä tulee monipuolisia energiatoimijoita ja ne voivat tuottaa itse tai ympärilleen uusia palveluita</li> <li>• Yhteisöjen ja ihmisten tietoisuus energiaratkaisuista ja energiansäästöistä lisääntyy</li> <li>• Ihmiset ovat tietoisempia energiaratkaisuista ja ovat aktiivisia energiakansalaisia</li> <li>• Yhteisöt lisäävät luottamusta ja sosiaalista yhteenkuuluvuutta</li> <li>• Uusiutuvan energian käytön sosiaalinen hyväksyttävyyys ja luottamus ratkaisuihin paranee</li> <li>• Muilta oppiminen</li> <li>• Uusien innovatiivisten ratkaisujen kehittyminen</li> <li>• EU:n direktiivien vaatimukset energiayhteisöjen asemasta</li> <li>• Teknologiset ratkaisut kehittyvät</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiapolitiikka ei suosi energiayhteisöjen kehittymistä ja ei ole johdonmukaista</li> <li>• Rahoitus -ja rahoitusmallit puutteellisia</li> <li>• Poliitiikka näyttäytyy lyhytjänteisenä ja tempoilevana</li> <li>• Energiayhteisöjä ei tueta nykyistä enempää</li> <li>• Energiantuotannon hajautus ei etene skenaarioiden mukaisesti</li> <li>• Energiayhteisöjä ei nähdä taloudellisesti kannattavina</li> <li>• Puuttuu tukia ja "porkkanoita" energiainvestoinneille</li> <li>• Poliitiikka näyttäytyy lyhytjänteisenä ja poukkoilevana</li> <li>• Ainoastaan energiajärjestelmän tasolla tavoiteltavat päästövähennykset saattavat haastaa energian pien- tuotantoon sitoutumisen.</li> <li>• Energiayhteisöt nähdään jakeluverkon ylläpidon kannalta vapaamatkustajina</li> <li>• Sähkön hinnan kehitys</li> <li>• Heikentää sähkön myyjien asemaa ja rikkoo monopoleja</li> <li>• Tuo markkinoille kilpailevia järjestelmiä</li> </ul> |

Eriyisenä vahvuutena energiayhteisöissä on yhteisöjen riippumattomuus ja energiamavaraisuus sekä valta energiasta yhteisön hallintaan, joka koetaan yleensä tärkeänä kriteerinä yhteisöjä muodostaessa. Keskeisenä vahvuutena on myös mahdollisimman monen kansalaisen mahdollisuudet osallistua aktiivisesti energian tuotantoon. Lisäksi uusiutuvien energiajärjestelmien yhteisömuoto tai yksittäisten järjestelmien yhteiskäyttö voi parantaa niiden uusien teknologioiden käyttöastetta ja edelleen hyötysuhdetta. Jopa pienien energiayhteisöjen yhteisinvestoinnit voivat muuttua kannattaviksi verrattuna yksilön tekemään samaan teknologian kannattamattomaan investointiin (Hirvonen 2017, 11).

Heikkouksien osalta keskeiseksi ongelmaksi yhteisöjen muodostuksessa voi olla yhteisön, kuten taloyhtiön ja taloyhtiötoimijoiden puutteellinen tietotaito energiakysymyksistä. Lisäksi saatavilla oleva tieto riskeistä ja taloudellisista hyödyistä voi olla liioiteltua. Mahdollisiin yhteisön sisäisiin ristiriitoihin liittyvä heikkous voi olla erilaisten intressien yhteensovittaminen, esimerkiksi mielipide-erot yhteisön toiminnasta, hankinnoista sekä päätöksenteosta.

Mahdollisuutena voidaan nähdä se, että yhteisöjen ja ihmisten tietoisuus energiaratkaisuista ja energiansäästöistä lisääntyy, ja yhteisöt lisäävät luottamusta ja sosiaalista yhteenkuuluvuutta. Parhaimmillaan energiayhteisöt luovat uusia innovatiivisia ratkaisuja ja palveluita ympärilleen. Yhtenä tärkeänä mahdollisuutena on myös vertaisoppiminen. Mikäli energiayhteisöt yleistyvät ne voivat oppia toisiltaan epäonnistumisista ja hyvistä käytänteistä. Mahdollisuutena energiayhteisön kehittämisessä on EU:n direktiivin vaatimukset energiayhteisöjen esteiden poistamisesta ja yhteisöjen muodostamisen helpottamisesta. Hintojen aleneminen vaikuttaa positiivisesti energiainvestointien ja energiatehokkuustoimenpiteiden kannattavuuteen. Lisäksi tehdyt investoinnit voivat vaikuttaa kiinteistön arvoon positiivisesti. Yhteisönä voidaan toteuttaa sellaisia hankkeita, jotka voisivat jäädä yksittäisiltä toimijoilta tekemättä heikon kannattavuuden takia. Mahdollisuutena yhteisöjen osalta on myös uuden energia-avustusmallin luominen.

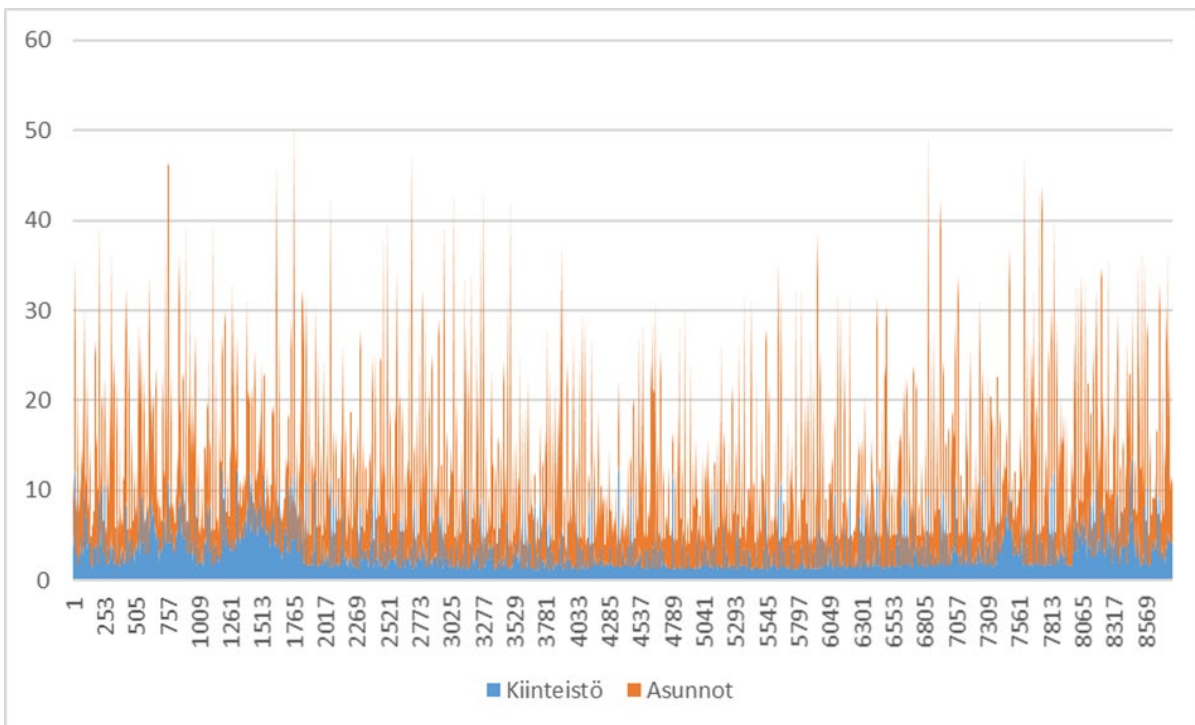
Uhkakuviin voidaan lukea energiayhteisöjen sääntelyyn liittyvän energiapolitiikan lyhytjänteisyys tai tempoilevaisuus. Lisäksi poliittiset päätökset vaikuttavat paljon energiayhteisöihin liittyviin tuki- ja kannustinelementteihin, jotka puutteellisina vaikeuttavat yhteisöjen muodostumista tai eivät kannusta ihmisiä yhteisölliseen energiantuotantoon. Uhkana on myös, että energiayhteisöjä ei nähdä taloudellisesti kannattavina juuri nyt, jolloin investointeja lykätään tai niitä ei tehdä ollenkaan. Yhtenä merkittävimpanä



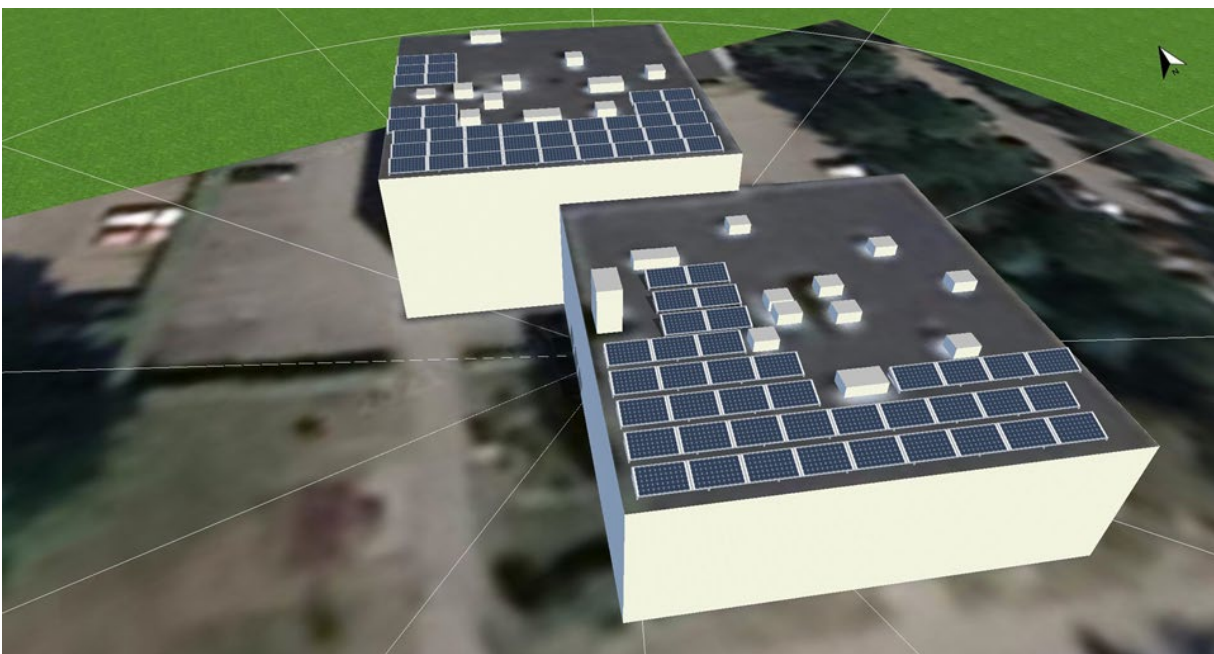
tekijänä on sähkön hinnan kehitys, erityisesti siirron osalta. Sähkön hintakehitys voi olla uhka tai mahdollisuus yhteisöjen nopealle tai hitaalle kehitykselle. Korkea sähkön hinta voi olla merkittävä ajuri, kun taas maltilliset hinnat syövät yhteisöenergian kannattavuutta. Energiayhteisön toimijoiden kannalta voi olla vaikeaa arvioida sähkön hinnan kehitystä, koska se vaikuttaa pitkäikäisiin energiainvestointeihin merkittäväällä tavalla ja siten suoraan investointien kannattavuuteen.

## 3.2 Kiinteistön sisäisten energiayhteisöjen selvitysten ja simulaatioiden toteutus

Kommunikoiva energia -hankkeen aikana on tehty useita simulaatiota ja selvityksiä eri energiayhteisökohteisiin. Hankkeen tapaustutkimuskohteissa energiayhteisöjen selvitysprosessi on aloitettu keräämällä aineistoa havainnoimalla ja katselmoimalla paikan päällä ympäristöä ja olosuhteita, ottamalla valokuvia sekä hyödyntämällä karttapalveluita (mm. Kansalaisten karttapalvelu, Google Earth). Paikan päällä tehdyillä havainnoilla sekä mittauksilla on paikallistettu tapaustutkimuskohteiden energiayhteisöille suunniteltujen energiantuotantolaitteiden fyysinen sijainti sekä asemointi. Havainnoinnin yhteydessä on ollut paikalla taloyhtiön isännöitsijä tai taloyhtiön hallituksen jäseniä. Näin on saatu avoimella haastattelulla tietoa taloyhtiön talotekniikasta, tekniikan sijainnista ja laadusta. Isännöitsijältä tai taloyhtiön edustajilta on saatu myös sähköpostitse tapaustutkimuskohteiden taloyhtiötiedot, joista käy ilmi kiinteistöjen, asuntojen ja talotekniikan määrä ja laatu. Lisäksi taloyhtiön edustajilta tai sähköyhtiöltä on saatu tietoa taloyhtiöiden vuosittaisesta tuntikohtaisesta sähkön kulutuksesta kiinteistösähkömittarin sekä asuntojen sähkömittarien summakulutuksena numeerisena CVS-tiedostona. Näitä tietoja on käytetty energiayhteisöjen simulointivaiheessa. Kulutustietoja on saatu myös taloyhtiöiden asukkailta suoraan, jolloin on voitu muodostaa käsitys asuntokohtaisista kulutuksista. Kulutustietojen avulla on voitu luoda energiayhteisölle sähkönkulutusprofiili koko vuoden osalta (kuva 7).



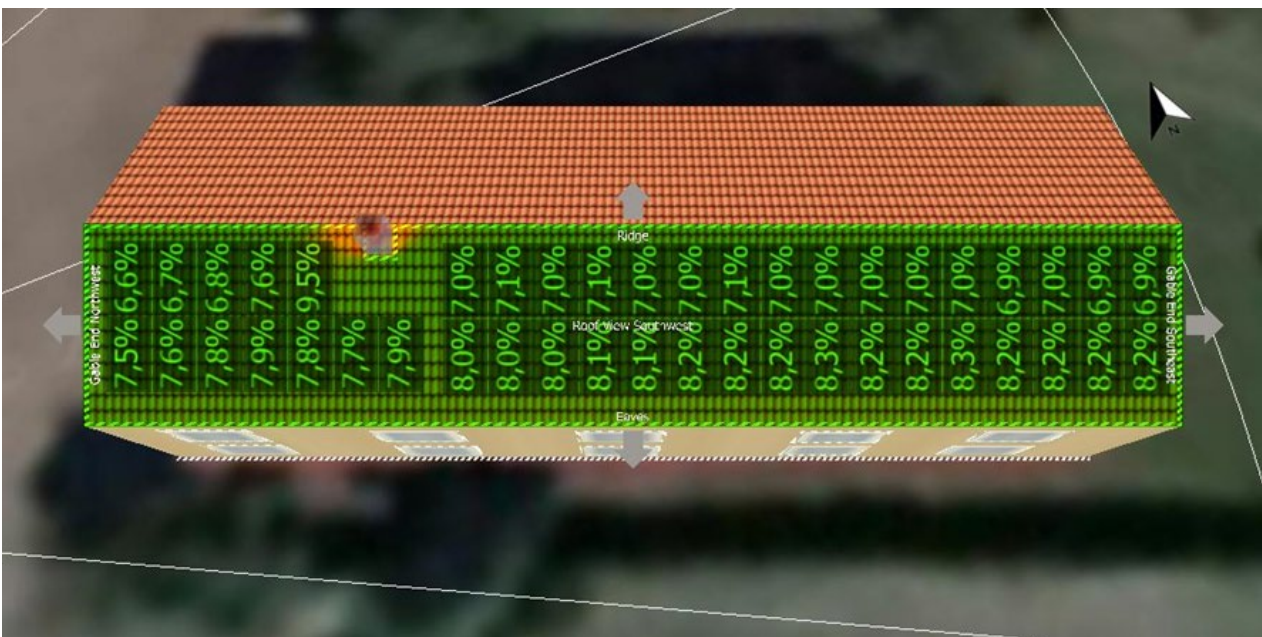
Kuva 7. Energiayhteisön tuntikulutusprofiili koko vuodelta



Kuva 8. PV-SoL -simulointiohjelmiston 3D-mallinnus energiayhteisölle

Tapaustutkimuskohteiden simuloinnissa on käytetty PV-SoL-simulointiohjelmistoa, sekä ohjelmiston teknologiaan, säätietoihin sekä säteilytietoihin liittyviä tietokantoja. PV-SoL

on saksalainen ammattilaisille suunnattu aurinkosähköjärjestelmien sekä energiare-  
 surssien suunnittelu- ja mitoitusohjelmisto. Ohjelma hyödyntää eri aurinkosähköpa-  
 neeli-, invertteri- ja sähkövarastovalmistajien ajan tasalla olevia tietokantoja teknisistä  
 ominaisuuksista. Lisäksi ohjelmassa on ajan tasalla oleva paikkatietosovellus sekä use-  
 ampi ilmastotieteellinen tietokanta 20 vuoden ajalta. Ohjelmistolla voidaan suunnitella  
 täydellinen 3D-mallinnus (kuva 8) sekä sähkösuunnitelmat toteutettavasta aurin-  
 kosähköjärjestelmästä. Simulointiohjelman avulla on ollut tarkoitus mitoittaa järjestel-  
 mät ja energiareurssien hyödyntäminen energiayhteisökohteisiin tuntiperusteisilla ku-  
 lutus- ja tuotantolukemilla. Ohjelmiston ja siihen syötettävien taustatietojen, kuten  
 paikkatietojen, kulutustietojen, laitteistojen ja kiinteistön fyysisten mittojen avulla voi-  
 daan määrittää arviot vuosittaisesta tuotannosta sekä omakulutus- ja omavaraisuus-  
 asteista järjestelmän käytön suhteen kiinteistösähkön ja asuntojen kulutusten osalta.  
 Näin voidaan muodostaa kokonaiskuva energiayhteisön toiminnasta. Simulaatio-oh-  
 jelmistolla tehdyt skenaariot energiayhteisöistä ovat suuntaa antavia, mutta toteutuk-  
 sen kannalta tarpeeksi tarkkoja ja yleistettävissä. Ohjelmiston tausta-arvot perustuvat  
 osittain pitkäaikaiseen säädätaan ja auringonsäteilyarvioihin. Koska kyseessä on sää-  
 riippuvainen energiantuotantomuoto, voivat arviot tuotetusta energiasta vaihdella  
 vuosittain sääolosuhteiden mukaan. Keskiarvona aurinkoenergian määrä on kuitenkin  
 hyvin ennustettavissa. Energiayhteisöjen simulaatioiden tulokset perustuvat myös an-  
 nettuihin tietoihin kiinteistöissä, ja mikäli niissä tapahtuu merkittäviä muutoksia, ske-  
 naarioiden luotettavuus voi kärsiä.



Kuva 9. Varjostusten vaikutuksien arviointia

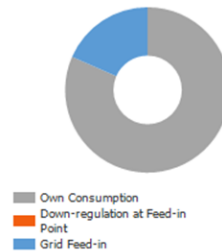
## Simulation Results

### Results Total System

#### PV System

|                                   |                 |
|-----------------------------------|-----------------|
| PV Generator Output               | 17,8 kWp        |
| Spec. Annual Yield                | 828,95 kWh/kWp  |
| Performance Ratio (PR)            | 84,4 %          |
| PV Generator Energy (AC grid)     |                 |
| Own Consumption                   | 14 789 kWh/Year |
| Down-regulation at Feed-in Point  | 0 kWh/Year      |
| Grid Feed-in                      | 2 726 kWh/Year  |
| Own Power Consumption             |                 |
|                                   | 81,5 %          |
| CO <sub>2</sub> Emissions avoided | 6 919 kg / year |

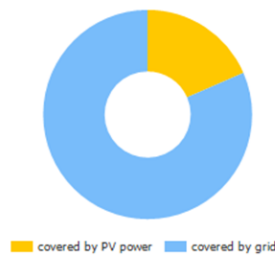
PV Generator Energy (AC grid)



#### Appliances

|                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| Appliances                     | 65 254 kWh/Year |
| Standby Consumption (Inverter) | 67 kWh/Year     |
| Total Consumption              | 65 321 kWh/Year |
| covered by PV power            | 12 063 kWh/Year |
| covered by grid                | 53 258 kWh/Year |
| Solar Fraction                 |                 |
|                                | 18,5 %          |

Total Consumption



#### Level of Self-sufficiency

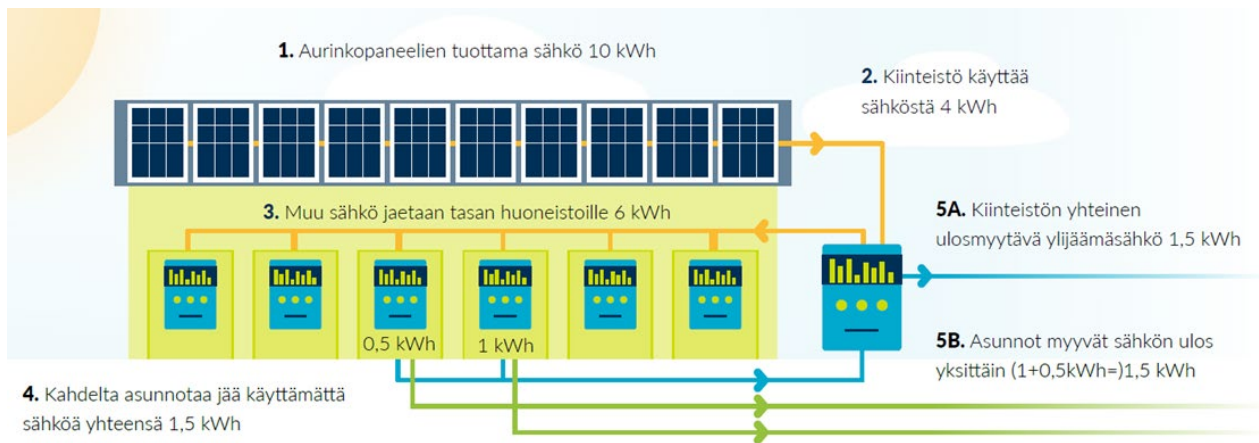
|                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| Total Consumption         | 65 321 kWh/Year |
| covered by grid           | 53 258 kWh/Year |
| Level of Self-sufficiency | 18,5 %          |

Kuva 10. Erään energiayhteisö-tapaustutkimuskohteen simulaation tuloksia

Hankkeen energiayhteisöselvityksien kohteina on ollut pääasiallisesti hyvityslaskennan piiriin kuuluvia sähköyhtiön mittauksilla toteutettavia energiayhteisöjä sekä kaksi takamittaroinnilla eli taloyhtiön tai aktiivisten asiakkaiden omilla mittauksilla toteuttavaa energiayhteisöä.

Molemmat kiinteistön sisäisen energiayhteisön mallit ovat tällä hetkellä lainsäädännön sallimia malleja. Hyvityslaskentamallin etuna on, että taloyhtiön osakas voi kilpailuttaa oman sähkösopimuksensa. Malli on osakkaille joustava ja helppo aurinkosähkön tuotantomalli. Hyvityslaskenta ei digitaalisena palveluna edellytä mittaritekniisiä muutoksia asuntojen sähkömittareihin. Taloyhtiötasolla energiayhteisön perustamiseen hyvityslaskentamallilla riittää enemmistö päätös. Taloyhtiön yhtiöjärjestykseen ei tarvitse

muutoksia, mikäli investointi tehdään vastikeperusteisesti. Hyvityslaskenta on kuitenkin nykymuodossaan vielä suhteellisen jäykkä, perustuen ennakkoon ilmoitettavaan jakosuhteeseen ja jälkeempään tapahtuvaan laskentaan. Hyvityslaskentamallissa on kaksi tapaa toimia ylijäämäisen energian myynnissä. Hyvityslaskennan ylijäämä sähkö kohdistetaan ja myydään keskitetysti kiinteistösähkön mittauksen kautta, tai asuntokohtainen ylijäämä sähkö myydään suoraan myös asunnonhaltijan oman sähkösopimuksen kautta. (kuva 11.)



Kuva 11. Energiayhteisön energian jakotavat. (Elenia & VTT 2022.)

Takamittaroinnissa taloyhtiön osakkaat eivät voi kilpailuttaa tai solmia sähkösopimuksia. Sähkömarkkinalain mukaan jokaisella on oikeus valita sähkön toimittaja, joten takamittarointiin mahdollinen siirtyminen vaatii taloyhtiöiden asukkailta yksimielisen päätöksen. Mikäli taloyhtiössä siirryttäisiin takamittarointiin, tarkoittaa se taloyhtiöiltä sähkölaskutuksen hallinnointia sekä sähkömittareiden uusintaa rakennuksissa. Sähkömittareiden vaihtaminen ei ole järkevää, koska asukkaat ovat jo kertaalleen maksaneet verkkoyhtiön älymittareista. Takamittarointi voi tulla kuitenkin kysymykseen uudisrakennuksissa taloyhtiöissä, koska rakennusvaiheessa takamittarointi ei aiheuta ylimääräisiä kustannuksia. Takamittarointijärjestely tulee olla yhtiöjärjestyksessä, mutta se ei voi estää osakkaan irrottautumista takamittaroinnista ja solmia omaa sähkösopimusta. Kustannustehokkaasti toteutettuna tämä kannattaa huomioida rakennusvaiheessa niin, että verkkoyhtiöllä on helppo tarvittaessa asentaa uusia mittareita ja kustannukset takamittaroinnista irtaantuvalla asukkaalle eivät nouse kohtuuttomaksi. Takamittaroinnin etuna taloyhtiöiden asukkaalle voi syntyä säästöjä sähkön perustamaksun osalta, koska yhden sopimuksen alla olevat perusmaksut ovat suhteessa pienemmät kuin erillisten asuntojen sopimukset. Lisäksi isompi ryhmä ja yksittäinen isompi kulutuspiste mittarin

takana voi olla suhteessa edullisempi sähkösopimuksen energian ja siirron osalta kuin yksittäin. (Auvinen & Honkapuro 2020, 6-10.)

Takamittarointi mahdollistaa dynaamisen ja reaaliaikaisen tehon hallinnan sekä joustojen tarjonnan niin energiamarkkinoille kuin osittain jakeluverkkoyhtiöillekin. Takamittarointimallissa voidaan hyödyntää sektori-integraation elementtejä, kuten lämpöenergiaa, sähköä, sähköautojen latausinfraa sekä vedenmittausta.

Mikäli takamittarointia energiayhteisöä käytetään energiapalveluiden tuottamiseen, se tarvitsee erillisen palveluoperaattorin. Tämä taas tuottaa mahdollista uutta liiketoimintaa palveluoperaattoreille. Takamittaroidussa mallissa voidaan myös helpommin toteuttaa vertaisverkkoon perustuvaa mallia, missä voitaisiin tehdä nk. naapurihyvityksiä energiayhteisön jäsenten kesken. Naapurihyvitys tarkoittaa, että jos yhteisön osakas ei saa itse kokonaan käytettyä omaa aurinkosähkösuuttaan, tämä ylijäämä sähkö menee ensin niille naapureille, joilla on sille käyttöä – eli sähkön kulutus on suurempi kuin oma osuus aurinkosähköstä.

Taulukko 4. Energiayhteisöjen tunnistettuja liiketoimintamalleja (Järventausta 2021).

| <b>Funktio<br/>(energiapainotteisista<br/>joustoon keskittyviin)</b> | <b>1A<br/>hyvityslaskenta</b> | <b>1B<br/>takamittarointi</b> | <b>2B<br/>oma verkko</b> | <b>3A<br/>paikallinen<br/>virtuaalinen</b> | <b>3B<br/>hajautettu<br/>virtuaalinen</b> |
|--|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--|---|
| A. Sähkön hankinnan optimointi                                       | (X)                           | X                             | X                        | (X)  | (X)                                       |
| B. Yhteisömuotoisen tuotannon myyminen markkinoille (tai PPA)        | (X)                           | (X)                           | (X)                      | (X)  | X   |
| C. Muualla (esim. kesämökki) olevan tuotannon omakulutus             | (X)                           | (X)                           | (X)                      | (X)  | X   |
| D. Hinta-arbitraasi  | (X)                           | (X)                           | X                        | (X)  | (X)                                       |
| E. Omatuotannon kulutuksen optimointi                                | X                             | X                             | X                        | X  | X   |
| F. Jousto energiamarkkinoille  | (X)                           | X                             | X                        | X  | X   |
| G. Huipputehon alentaminen ja hallinta                               | (X)                           | X                             | X                        | (X)  | -   |
| H. Käyttövarmuuden parantaminen                                      | -                             | (X)                           | X                        | X  | -   |
| I. Jousto jakeluverkkoyhtiölle                                       | -                             | (X)                           | X                        | X  | -   |

A. Energiayhteisön kannalta sähkön hankinnan optimoinnilla tarkoitetaan yhtä jaettua sähköso-  
pimusta valitulta sähkönmyyjältä (kiinteähintainen, spot-hintainen tai räätälöity sopimus), mikä  
auttaa suurempaa joukkoa kilpailuttamaan sähkösopimuksensa paremmin. Tämä malli toimii  
parhaiten takamittaroidussa energiayhteisössä. Energiayhtiöiden kannalta malli kasvattaa

liikevaihtoa normaalia suuremmalla asiakasmäärällä ja pienemmällä asiakashankintakustannuksella. (VTT 2021.)

**B.** Yhteisomisteisen tuotannon myyminen markkinoille tarkoittaa t ylijäämänsähkön (tai lämpöenergian) myymistä sähkönmyyjäyhtiölle. Tuotantoyhteisöissä tuotanto myydään kokonaan sähkönmyyjälle. Energiayhteisö kasvattaa taloudellista hyötyään sähkön myymisestä ja samalla lisää uusiutuvan energian tuotantoa. Energiayhtiön kannalta voidaan ostaa ja myydä paikallista uusiutuvaa energiaa. Malli toimii parhaiten hajautetuissa virtuaalisissa yhteisöissä. (em.)

**C.** Hajautetussa mallissa muualla olevan tuotannon omakulutuksessa sähkönmyyjä tai muu palveluntarjoaja mittaa toisaalta käyttöpaikan kulutuksen ja etänä olevan käyttöpaikan tuotannon ja laskennallisesti jakaa tuotannon kulutuksen mukaan, esimerkiksi kesämökillä tai muualla olevan tuotannon mukaan. Tämä ei vaikuta sähköveroon tai sähkönsiirtoon. Uusiutuvan energian lisääntyvä käyttäminen ja sitä kautta pienempi hiilijalanjälki. Tällä toimintamallilla voidaan vaikuttaa ja parantaa myös rakennuksen E- lukua, mikäli yhteisö omistaa omatuotannon. Pienentämällä rakennuksen E-lukua, mahdollistaa se rakennuttajan kannalta pienemmät energiatehokkuusinvestoinnit muualla. Energiayhtiön kannalta voidaan kasvattaa liikevaihtoa. (em.)

**D.** Hinta-arbitraasi toimintamallin ideana on, että energiayhteisön operaattori optimoi sähkön oston ja myynnin spot-hintojen mukaan käyttäen yhteisön energiaresursseja, kuten esimerkiksi yhteisomisteisten sähkövarastojen avulla. Arbitraasi voitaisiin mahdollistaa esim. lämpö- ja kaasumarkkinoita hyödyntämällä. Energiayhteisön kannalta toimintamalli toisi säästöä sähkölaskuihin ja tarjoaisi energiayhteisölle lisätuottomahdollisuuden. Toimintamallin edut koko markkinan kannalta ovat sähkömarkkinan volatiliiteetin vähentäminen. (em.)

**E.** Toimintamalleissa kaikkien energiayhteisöjen osalta omatuotannon kulutuksen optimointi toimii hyvin jokaisessa energiayhteisötyypissä. Omatuotannon kulutuksen optimoinnissa energiayhteisön maksimoidaan yhteisön oman tuotannon sisäisen kulutuksen ajoittamalla esimerkiksi sähköautojen latausta ja muuta joustavaa kuormaa yhteisössä. Optimointia voidaan tehdä myös erilaisilla viesteillä tai seurannan visualisoinnilla ja näin kannustaa jäseniä joustamaan sähkökulutuksessaan. Ensisijaiset hyödyt energiayhteisölle ovat säästöt veroissa ja siirtomaksuista sekä ostoenergiassa ja paikallisesti uusiutuvan energia käyttäminen. Jakeluverkkoyhtiön kannalta hyödyt voivat olla verkon investointitarpeen lykkäystä, pienentämistä tai kokonaan poistamista. Aurinkosähköjärjestelmien toimittajan kannalta voi tulla kysymykseen kiinteä palvelumaksu tai maksu suhteessa säästöihin sekä ennen kaikkea parempi takaisinmaksuaika houkuttelee lisää asiakkaita esim. Aurinkopaneeleille. (em.)

**F.** Energiayhteisöt voivat tarjota myös joustoa energiamarkkinoille, siten että yhteisön energiaresursseja ohjataan osallistumalla Fingridin reservimarkkinoille, vaikuttamatta kuitenkaan yhteisön perustoimintaan. Energiayhteisön ensisijaiset hyödyt tulevat joustopalveluiden myymisestä.

Palveluntarjoaja eli aggregaattori saa osuuden aggregoimistaan joustojen arvosta. Reservimarkkinat tarvitsevat tietyn kapasiteetin, jotta niihin voidaan osallistua. Energiayhtiön kannalta hyöty tulee mm. tasevastaavan tasevirheen hallinnasta ja kantaverkkoyhtiön kannalta saadaan lisää joustoreservejä, mikä lisää kilpailua reservimarkkinoilla ja laskee jouston hankintakustannuksia. (em.)

**G.** Huipputehon alentaminen ja hallinta toimii energiayhteisöissä siten, että yhteisössä ohjataan kuormia niin, että haluttu liittymisteho ei ylitä. Energiayhteisöille tämä toisi säästöä siirtomaksuissa sekä tuloja joustomarkkinoille myytävistä palveluista. Jakeluverkkoyhtiön kannalta kysymykseen voisivat tulla investointitarpeiden lykkäys, pienentäminen tai kokonaan poistaminen. (em.)

**H.** Energiayhteisöjen yhtenä toimintamallina nähdään myös huolto- ja käyttövarmuuden parantaminen, siten, että energiayhteisöjen energiaresursseja käytetään varavoimana (aggregaatit, energiavarastot, V2H), millä voidaan auttaa lyhentämään tai välttämään sähkökatkoja. Malli voi sisältää myös irtautumisen verkosta tai saarekkeen hallinnan. Kokonaisuudessaan toimitusvarmuutta saadaan parannettua sekä tuloja jakeluverkkoyhtiöltä varavoiman käytöstä. Jakeluverkkoyhtiön näkökulmasta toimitusvarmuus parantuu ja keskeytyssakot saattavat vähentyä. (em.)

**I.** Energiayhteisöt voivat tarjota myös joustoa jakeluverkkoyhtiölle, jolloin yhteisön resursseja ohjataan jakelu-verkkoyhtiön ohjeiden ja tarpeiden mukaisesti verkon pullonkaulojen välttämiseksi. Energiayhteisö hyötyy joustopalveluiden myymisestä tulona. Verkkoyhtiö hyötyy mahdollisesti investointien lykkäydestä, pienentämisestä tai korvaamisesta joustopalveluilla. (em.)

**J.** Energiayhteisöjen kokonaisuuteen voidaan liittää myös sektori-integraation ominaisuuksia kuten sähkö-lämpö-kaasu-integraatioihin liittyvät mahdollisuudet kuten, esim. lämpövarastojen ja sähköautojen hyödyntämistä osan yhteisöä. Energiayhteisö hyötyy mallista kustannussäästöjen ja mahdollisten lisätuottojen muodossa. Energiayhtiöt voivat hyödyntää joustoja sekä sektori-integraatio näkökulmat voivat avata uusia liiketoimintamahdollisuuksia. (em.)

### 3.3 Kiinteistön sisäisten energiayhteisöjen simulaatioiden tuloksia

Perusskenaario energiayhteisöjen simulaatioille lähdettiin rakentamaan kiinteistöverkon osalta ensin siten, että pohjamitoitus tehtiin ainoastaan kiinteistösähkömittarin kulutusprofiilin avulla. Näin vertailupohja energiayhteisömuotoiselle järjestelmälle voitiin luoda myöhemmin, kun asuntokohtaiset mittarilukemat otettiin mukaan. Profiili on luotu

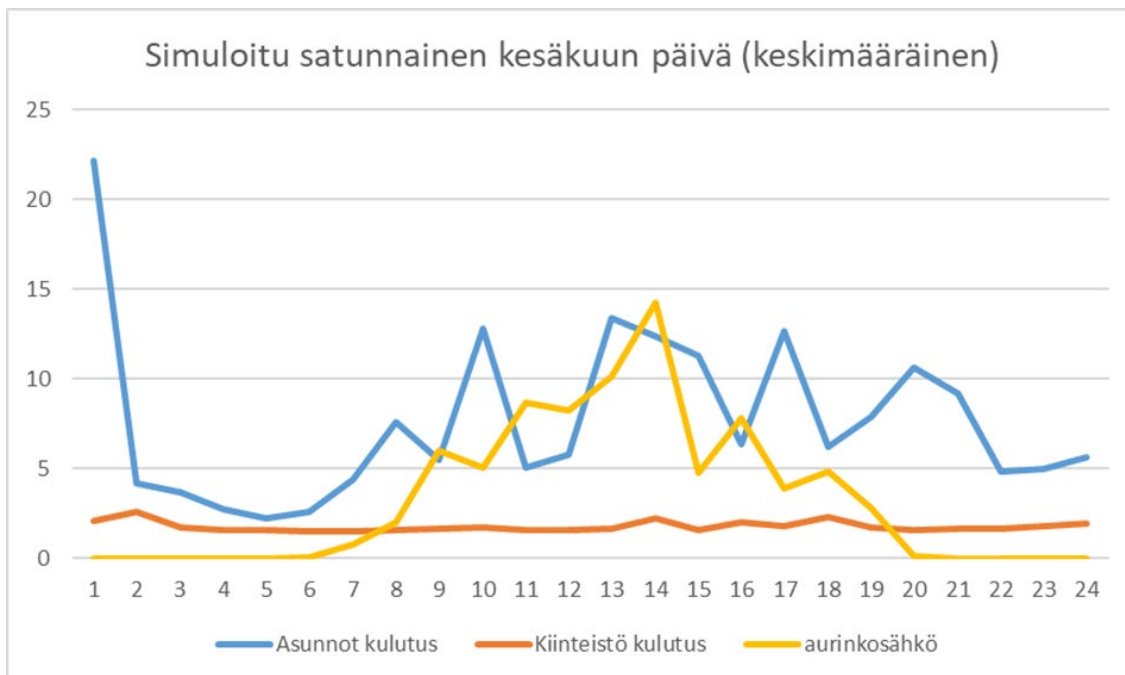


kalenterivuoden ajalta tuntikohtaisina tietueina eli siinä on 8760 yksittäistä kulutusluke-  
maa. Aurinkosähkön kannalta tuntiperusteinen mitoitus on tärkeää, jotta valoisan ajan  
kulutus saadaan simuloitua tarkasti suhteessa järjestelmän tuotantoon Keskimäärin  
tapaustutkimusten kohteiden osalta kulutusjakauma kiinteistön ja asuntojen osalta oli  
luokkaa 30/70 suhteessa. PV-SOL -ohjelmistossa määriteltiin profiilille sopivia erikokoi-  
sia järjestelmiä, jonka jälkeen alettiin mitoittaa itse järjestelmään fyysisesti tapaustutki-  
muskohteisiin.



Kuva 12. Taloyhtiön energiayhteisön järjestelmän mitoitusta katolla

Paikan päällä varmistettiin teknisten tilojen sijainti sekä paneelien mahdolliset asen-  
nuspaikat, esteet ja varjostukset. Lisäksi apuna käytettiin mm. Kansalaisen karttapaikka  
-sovellusta. Kun asennuspaikka oli selvillä, sovittiin sopiva järjestelmä virtuaalisesti  
ohjelmistossa kohteeseen. Simuloinnissa pystytään kartoittamaan koko vuoden tuo-  
tanto suhteessa kulutukseen tuntikohtaisesti.



Kuvio 1. Energiayhteisön simuloitu vuorokauden kulutus- ja tuotantoprofiili.

Kuvio 1. esittää simuloitua taloyhtiön vuorokauden kulutus- ja tuotantoprofiilia, missä aurinkoenergian tuotosta 28 % menee kiinteistön yhteiseen kulutukseen, 68 % asuntojen kulutukseen ja 4 % myyntiin verkkoon yhteisönä tai asuntokohtaisesti.

Tapaustutkimuksen kohteen osalta energiayhteisö mahdollistaa taloyhtiöön 3 – 4 kertaa suuremman järjestelmäkoon (taulukko 5). Tämä vaikuttaa myös kannattavuuteen, koska aurinkosähköjärjestelmien kokoluokan kasvaessa asennettu yksikköhinta W/€ alenee.

Taulukko 5. Tapaustutkimuskohteen energiayhteisöjärjestelmän vertailutaulukko, kaukolämpöön kuuluva taloyhtiö.

|   | Järjestelmän koko | Kerroin |
|---|-------------------|---------|
| Kiinteistösähköön liitetty aurinkosähkö | 5,32 kWp          | 1       |
| Energiayhteisö (omakäyttöaste 95 %)     | 16,72 kWp         | 3,1     |
| Energiayhteisö (omakäyttöaste 90 %)     | 22 kWp            | 4,1     |

Pohjois-Karjalassa on arvioitu aikaisempien selvitysten osalta taloyhtiöiden muodostaman potentiaalilin olevan luokkaa 32 GWh (10 kWp:n järjestelmillä).

Tapaustutkimuskohteiden tulosten osalta voidaan olettaa, että potentiaali olisi mahdollisesti 1,5 – 2 kertainen eli 48 – 64 GWh, mikäli uusiutuvaa energiaa tuotettaisiin energiayhteisömuotoisesti. Sähkölämmitteisissä rivitaloissa potentiaali olisi todennäköisesti vieläkin suurempi.

## 3.4 Kiinteistön sisäisten energiayhteisöjen energiareсурssit

Kommunikoiva energia -hankkeessa simuloitiin myös energiayhteisöjen energiareсурssien hyödyntämistä kuten sähkövarastoja, sähköautoja sekä kulutusjoustossa ohjattavia sähkökuormia.

Sähkön varastoinnilla on ratkaiseva rooli energiamurroksen seuraavassa vaiheessa. Yhdessä lisääntyvän tuuli- ja aurinkovoiman kanssa sähkön varastoinnilla nähdään olevan keskeinen rooli vähähiiliseen yhteiskuntaan siirtyessä. Muuttuvat ja sääriippuvaiset energiantuotantomuodot sekä tulevaisuuden sähköjärjestelmät tarvitsevat ja vaativat yhä enemmän joustavuutta, mihin sähkövarastoilla voidaan tarjota ratkaisuja. Lisäksi sähkövarastot mahdollistavat isompia pientuotantojärjestelmiä kiinteistöihin, kuten omakotitaloihin ja taloyhtiöihin. Sähkövarastojen avulla verkkoon saadaan lisää toimitusvarmuutta, säätövoimaa sekä sähkön laatua parantavia toimintoja, kuten taajuuden ylläpitoa. (Irena 2017, 10–12.)

Energiayhteisön omaan käyttöön ja verkkoon syötetyn energiamäärän lisäksi yhteisöille syntyy uusi rooli energiajoustojen mahdollistajina. Taloyhtiö voidaan liittää osaksi kulutusjoustomarkkinaa, jolloin toimijoille syntyy uusi ansaintamalli.

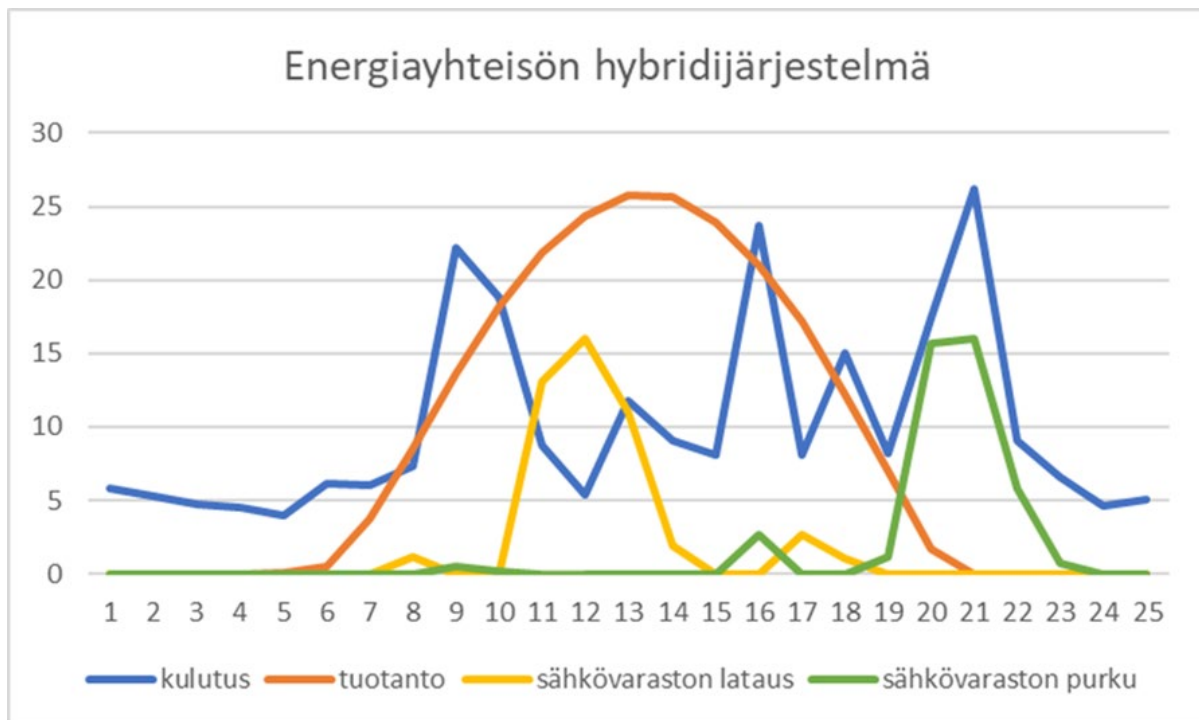
Kiinteistö (energiayhteisö) voidaan liittää osaksi kulutusjoustomarkkinaa, jolloin toimijoille syntyy uusi ansaintamalli, joka saattaa nostaa myös kiinteistön arvoa sekä ja sijoittajien mielenkiintoa. Kun sähkönkulutusta siirretään sopivaan ajankohtaan, voidaan lyhyellä aikajänteellä laskea sähkön hintaa ja pidemmällä aikajänteellä saada aikaan vaikutuksia sähköverkon kannalta sen rakenteeseen sekä kustannustehokkuuteen. Älykäs ohjaus auttaa vielä optimoimaan käytön tehokkuutta, jolloin päästöt alentuvat sekä voidaan välttää tulevaisuudessa uusien huippuvoimaloiden rakentaminen, joiden kustannus on korkeampi kuin joustokapasiteetin rakentaminen ja ylläpitäminen.

Alustaan liitetyt kiinteistöt hyötyvät lisäksi edullisemmasta energiasta, koska ne voivat hyödyntää myös pörssisähkön hinnanvaihteluista. (Kari 2020.)

Energiayhteisöön tai kiinteistöön sijoitettu automaatio säätelee joustoon osallistuvan asuntojen ja tilojen sisäolosuhteita tavalliseen tapaan. Jouston tarpeen ilmetessä, vähennetään tai lisätään joustoon osallistuvien laitteiden kulutusta hetkellisesti ja tehon muutoksissa käytetään pitkiä ramppiaikoja, jotta äkillisiä muutoksia laitteiden toimivuudessa ei ilmene. Käytännössä kiinteistössä ei juurikaan havaita milloin kysyntäjousto tapahtuu. (Määttä, Berg, Härkönen, Kangastie, Österberg & Katajainen 2020, 8–9.) Asiakkaiden joustossa olevia resursseja ovat tällä hetkellä etäohjaukseen kykenevät sähkölämmityskuormat, irtikytkettävät kuormat (pumput, valaistus ja ilmanvaihto), sähkövarastot, sähköautojen latauskuormat sekä varavoimakoneet. (Siilin 2019, 17.)

Useiden yhteisöjen tasolla on enemmän hallittavaa joustoa tarjolla mikä tarjoaa paremman joustokapasiteetin muodostamisen (Hirvonen 2017, 30). Tämän vuoksi on mahdollista, että erilaiset eri toimijoista tai yhteisöistä yhdistetyt aggregoidut kulutusjoustot voisivat muodostaa oman hajautetun energiayhteisön kysyntäjoustomarkkinoille, jolloin ohjattava tehokapasiteetti olisi aina tarpeeksi suuri. Taloyhtiöt voivat muodostaa merkittäviä virtuaalivoimalayksiköitä korttelikohtaisesti tai alueellisesti. Sama koskee myös energiayhteisöissä tuotetun sähkön ylijäämää omasta tuotannosta tai sähkövaraston ja sähköautojen akustojen tarjoamaa reserviä ja joustokapasiteettia. Varsinkin sähköautojen osalta niitä voidaan hyödyntää useassa eri paikassa, kuten kotona tai työpaikalla. Älykkään latauksen ansiosta sähköautot pystyvät luomaan kysyntäjoustoresurssin, mutta myös autoja voidaan käyttää sähkövarastotarkoituksessa. Tämän tyyppinen sähköauton käyttö tai palvelu tarkoittaa sitä, että auton omistajan tulee saada korvaus energiayhteisöltä, kiinteistön omistajalta tai aggregaattorilta, koska lataus- ja purkukerrat lyhentävät sähköauton akun elinikää. (Tampereen teknillinen yliopisto 2018, 14.)

Hankkeen tapaustutkimuksen simulaatiot toteutettiin PV-sol ohjelmistolla ja sähkövarastona simuloinnissa käytettiin Sonnenin permormance 10 sähkövarastoa, jonka purku/latausteho on 16 kW. Tämä yhdistelmä oli simuloituna soveltuvin ratkaisu keskimäärin tapaustutkimuskohteiden kulutusprofiiliin.



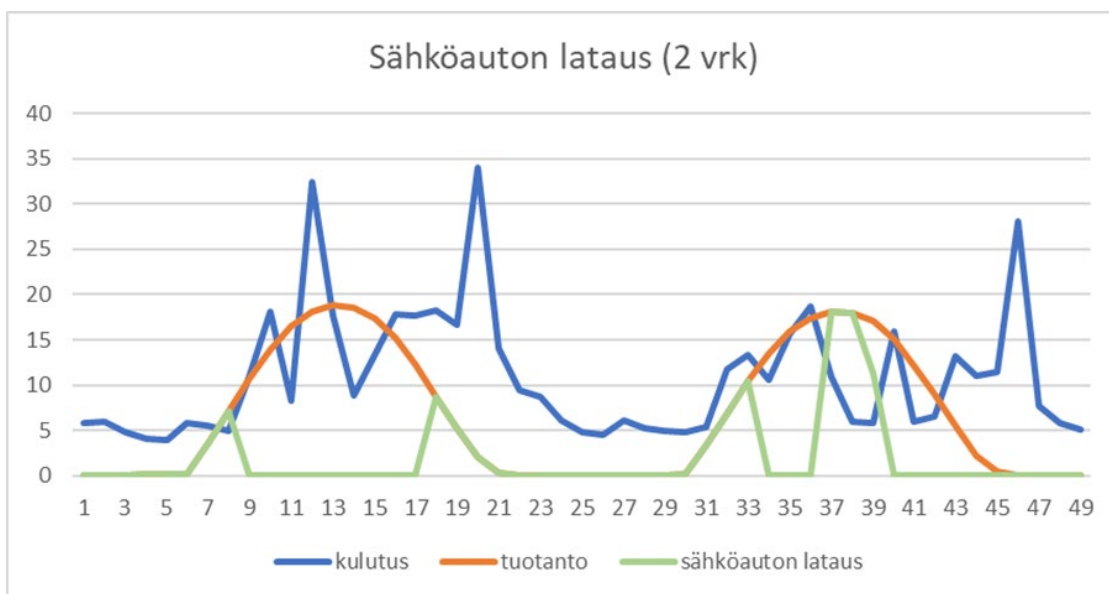
Kuvio 2. Energiayhteisön sähkövarastollisen järjestelmän energiavirrat vuorokauden ajalta.

Kuviossa 2 on simuloitu keskimääräinen heinäkuun kesäpäivä vuorokauden ajalta. Kuviossa voidaan todeta, että sähkövaraston lataukseen menevät aika on neljä tuntia keskipäivällä huipputuotannon aikaan. Kello 20 jälkeen sähkövarastolla voidaan vastata hyvin päivällä varastoidulla energialla illan tuottamaan tehopiikkiin huoneistoissa.

Sähkövaraston avulla energiayhteisön järjestelmäkokoiluokka voidaan kaksinkertaistaa ja kuusinkertaistaa kiinteistösähköjärjestelmään verrattuna. Sähkövarastojen avulla voidaan saavuttaa vieläkin suurempi potentiaali, lähes 3-kertainen, mutta niiden osalta kysymys on lähinnä teoreettisesta maksimisista ja oletuksesta, että kaikki energiayhteisöt olisivat sähkövarastollisia. Pienempien helposti saatavilla olevien akustojen ja inverttereiden ongelma selvässä ylimitoituksessa on yleensä akustojen ja niihin liitettävien invertterien lataus- ja purkutehot. Nämä eivät aina riitä aivan kaiken energian lataukseen tai siirtoon kysynnän kohdatessa eli toisin sanoen verkkoon päin menee edelleen energiaa jonkin verran. Lisäksi pienen kokoluokan akuston kapasiteetti voi täyttyä nopeasti päivän aikana. Kaikki konfiguraatiot eivät toimi aina yksi yhteen järjestelmien ja sähkövarastojen osalta. Tähän nähden kapasiteettia voi joutua kasvattamaan kohutuuttoman paljon saatuaan hyötyn nähden aurinkoenergiasta. Kun akkujen kokoa lisäämään ja lataus/siirtotehoa voidaan kasvattaa, tilanne muuttuu optimaalisemmaksi.

Hankkeessa simuloitiin myös viiden sähköauton vaikutusta energiayhteisön järjestelmään ja kulutusprofiiliin. Vaikka täyssähköautoilla ajetaan tutkimusten mukaan paljon, keskimäärin 23 000 kilometriä vuodessa, otetaan kaupunkiympäristössä tapahtuvaan skenaarioon tässä tutkimuksessa vertailukohdaksi bensiiniajoneuvojen vuosittainen keskimääräinen ajosuorite, 11 200 km. (Tilastokeskus 2019.) Tämän perusteella yhden päivän ajosuorite on n. 27 km. Sähköajoneuvojen latausajankohdiksi oli määritelty kaikkien autojen kohdalta yhteneväisiksi: arkipäivinä klo 17.00 – 07.00, lauantaisin autoa käytetään aamupäivällä klo 9 – 10 välillä sekä illalla kello 16 – 20 välillä, muun ajan auto on latauksessa. Sunnuntaina autoa käytetään klo 13 – 18.00 välillä, muun ajan auto on latauksessa. Tällä latausrytmillä pyrittiin suurin piirtein simuloimaan työssäkäyvän autoilijan kulutuskäyttäytymistä taloyhtiön energiayhteisön kannalta. Kaikissa simuloinneissa käytettiin Nissan Leaf e+ täyssähköautoa. Auton akuston kapasiteetti on 62 kWh ja skenaariossa lataustehoksi oli määritelty n. 7 kW. Auton kulutukseksi oli määritelty 16,1 kWh/100 km. Energiayhteisön kannalta viisi edellä mainituilla ominaisuuksilla olevaa sähköautoa nostaa energiayhteisön kulutusta vuositasolla n. 11,3 MW: a. Soveltuva järjestelmä energiayhteisölle on tässä tapauksessa n. 25 kWp:n kokoinen järjestelmä.

Energiayhteisön aurinkosähköjärjestelmällä voidaan kattaa sähköautojen vuosittain ajetuista kilometreistä n. 37 % (20 658 km). Omakäyttöaste voi olla isompi siinä tapauksessa, mikäli osa taloyhtiön sähköautoista on myös arkipäivisin auringontuottoaikaan latauksessa.



Kuvio 3. Sähköauton latauksen havainnollistaminen energiayhteisössä kahden vuorokauden ajalta.

Kuviossa 3 on havainnollistettu sähköautojen latausta energiayhteisössä 48 tunnin aikana arkipäivänä ja sitä seuraavana lauantaina. Arkipäivän osalta voidaan todeta, että auringonenergialla voidaan vaikuttaa jonkin verran aamusta sekä alkuillasta. Merkittävä tehopiikki tulee klo 19–21 välillä, mikä selittyy normaalilla iltaan kohdistuvalla kuluksella asunnoissa, mutta myös autojen lataustarpeesta kulutuksen suhteen. Mikäli autot voivat latautua päivällä, voidaan aurinkoenergialla kattaa pohjakulutus sekä sähköautojen lataus suurimmilta osin.

### 3.5 Energiayhteisöjen taloudellinen kannattavuus

Tapaustutkimusten kohteiden osalta tehtiin suuntaa antavia kannattavuuslaskelmia energiayhteisöjen osalta. Kannattavuuslaskujen lähtötiedot muodostuivat ostosähkön ja myyntisähkön hinnasta, järjestelmän investointihinnasta (tarjoukset), invertterin vaihtokustannuksista, investointituesta, paneelien vuosittaisesta tehonalenemasta sekä järjestelmän pitoajasta (elinkaari). Lisäksi laskemissa käytettiin tehtyjen simulaatioiden tuloksista aurinkojärjestelmien vuosituotantoa ja omakäyttöastetta. Investoinnin kannattavuutta arvioitiin eri skenaarioissa mm. kolmella eri laskentakorkokannalla sekä viidellä eri sähkön hinnan korotusprosentilla.

Tapaustutkimuskohteissa tehtyjen kannattavuuslaskelmien mukaan voidaan olettaa, että keskimäärin taloyhtiömuotoisen energiayhteisön takaisinmaksuaika on 15 vuotta tai alle, kun järjestelmäkoko on yli 15 kW ja sähkön hinta on yli 12 snt/kWh. Kannattavuus on sitä parempi mitä isommasta järjestelmästä on kyse, sekä järjestelmän omakäyttöasteesta, jotta ostosähkön korvaaminen olisi mahdollisimman suurta. Erityisesti hyvityslaskennan piirissä olevissa taloyhtiössä etenkin asuntokohtaisen kulutuksen korvaaminen on korkean sähkön hinnan takia kannattavaa. Taloyhtiön kiinteistösähkön osalta yleensä riippuu, kuinka suurta on pohjakulutus, jonka mukaan sähkön hinnoittelussa voi olla eroavaisuuksia. Takamittarointimallissa isossa taloyhtiössä keskitetyn sähkönkulutuksen alla, €/kWh kustannus voi olla paljon alemmalla tasolla, jolloin aurinkosähkönkin hyöty saattaa olla pienempi. Tällä hetkellä aurinkosähkön myynti ei ole keskimäärin kannattavaa verkkoon päin, mutta kilpailuttamalla myynti voidaan saada jonkin verran etua. Lähtökohtana tällä hetkellä kuitenkin on, että mitoitus perustuu oman kulutuksen kattamiseen aurinkosähköllä. Yksityiskohtaisempia kannattavuuslaskelmia löytyy mm. opinnäytetyöstä *Taloyhtiöiden energiayhteisöt osana alueellista energiamurrosta Pohjois-Karjalassa* (Blomqvist 2021).

Yleisradion artikkelin mukaan, mikäli aurinkopaneeleja hankittaisiin vain taloyhtiön yhteisiä lamppeja ja laitteita varten, järjestelmän takaisinmaksuaika olisi 17 vuotta. Mikäli järjestelmä mitoitettaisiin energiayhteisömuotoisena myös asukkaiden kulutusta varten, takaisinmaksuaika lyhenisi 13 vuoteen. (Yleisradio 2020.)

Suomen ympäristökeskus laski vuonna 2021, missä ajassa keskimääräiseen helsinkiläiseen kerrostaloyhtiöön hankittu aurinkosähköjärjestelmä maksaa itsensä takaisin. Takaisinmaksuajaksi tuli 15 vuotta, mikäli ylijäämä sähkö luovutetaan ilmaiseksi. Kun ylijäämä sähköstä otetaan tuloa, takaisinmaksuaika tippuu vuodella tai kahdella. (Yleisradio 2021.)

## Sähkövarastollisen ja sähköautot sisältävien järjestelmän kannattavuus

Sähkövarastojärjestelmien kannattavuus ei ole erityisen hyvä nykyhinnoittelun valossa. Tapaustutkimuskohteiden osalta takaisinmaksuajat menivät yli 20 vuoden. Yleensä sähkövarastojen tekninen elinkaari rajoittuu 20 vuoteen. Mikäli yksikkökustannukset laskevat esimerkiksi alle 500 €/kWh, sähkövarastojen kannattavuus paranee merkittävästi. Joka tapauksessa sähkövarastojen taloudellinen käyttö tulee olla monipuolista ja ympärivuorokautista sekä ympärivuotista. Toisin sanoen sähkövarastoja tulee voida käyttää tulevaisuudessa myös kulutus- ja kysyntäjoustossa tai energiayhteisön omien tehohuippujen leikkaamisessa. On kuitenkin hyvä huomioida, että sähkövarastojen uusiin ennustettuihin tulovirtoihin liittyy vielä paljon hinnoitteluriskiä. Sähkövarastot on myös hyvä huomioida mahdollisissa sähköautojen latauksen tehohuipussa esimerkiksi alkutilassa, vaikka tulevaisuuden älylatausratkaisuissa voidaankin tehohuippua loiventaa. Sähkövarasto voi toimia puskurina päivällä ladata aurinkoenergiaa sähköautojen lataukseen, tai puskuroida päivän aikana tasaisesti energiaa sähköautojen lataushuippua varten.

Lähitulevaisuudessa saatetaan ottaa yhä enenevässä määrin käyttöön sähkön tehomaksuelementtejä, mikä tarkoittaa, että kulutuksessa otetaan huomioon siirtomaksun kokonaisenergian (kWh) lisäksi myös muoto (kW). Tehomaksut ja tariffit saattavat täten lisätä merkittävästi sähkövarastojen kannattavuutta, käyttöä ja yleistymistä. Tehomaksu luo energiayhteisöille taloudellisia kannusteita seurata kulutusta ja hallita yhteisön kulutuksen huipputehoa. Sähkövarastoilla voidaan tasata kulutusta tuntien välillä. (Honkapuro ym. 2017, 24–25.)



Sähkövaraston monipuolista käyttöä ja hyötyä tase- ja spot-markkinassa on tarkastellut mm. Mikko Wiksted opinnäytetyössään (2018), missä pienen kokoluokan sähkövaraston käyttöä tarkasteltiin spot-markkinaa vasten. Tarkoituksena oli löytää spot-markkinasta sopivia aamuyön tai aamun edullisimpia tunteja, jolloin sähkövarastoa voitaisiin ladata edullisemmalla sähkön hinnalla ja vastaavasti sähkövarastoa purettaisiin kalliimman sähkön hinnan aikaan. Tutkimuksen mukaan hyöty vaihteli 78 €:n – 152 €:n välillä vuodessa. Sähkövaraston käyttö tasemarkkinassa taas toisi 163 €:n – 318 €:n hyödyt vuodessa. Tulosten mukaan sähkövarastojen säätö sopisi erittäin hyvin tasemarkkinapaikalle. (Wiksted 2018, 9-10.)

Mikäli sähkövarastoja voidaan käyttää yhä monipuolisemmin eri tarkoituksiin esimerkiksi edellä mainituilla tavoilla ja niiden yksikköhinta laskee, tulee niiden kannattavuus merkittävästi nousemaan pientuotannon ohella.

Kommunikoiva energia -hankkeen havaintoja tukee Tampereen yliopiston tutkimus, jonka mukaan jo pienikin lasku akun investointikustannuksessa parantaa sen kannattavuutta merkittävästi. Akusta aurinkosähköjärjestelmän rinnalla tulisi pelkkään aurinkosähköjärjestelmään investointia kannattavamaksi melko pienelläkin akun investointikustannuksen laskulla. Jotta sähkövarastojen monipuoliset ja positiiviset vaikutukset saataisiin, tulisi harkita akkuinvestoinnin tukemista toistaiseksi aurinkosähköjärjestelmän rinnalla. Mahdollinen tukimalli voisi olla verotukseen kohdistuva tuki tai suoraan investointikustannukseen kohdistuva tuki. Kuten aurinkosähköpaneelien osalta, myös sähkövarastojen osalta on oletettavaa, että investointikustannukset tulevat laskemaan, joten kannattavuus tulee parantumaan myös tätä kautta.

Verkon kannalta olisi hyödyllistä, mikäli sähkövarastoa ohjattaisiin minimoimaan huipputehoja. Nykyinen hinnoittelumalli ei kannusta tähän, vaikka yhteisö käyttäisi PJ-tehotariffia, jolla tehon alentamisesta saataisiin edes pieni taloudellinen hyöty. Tämänhetkinen verkkopalvelumaksu koostuu perusmaksusta, kulutukseen perustuvasta maksusta ja mahdollisesta tehoon perustuvasta maksusta. Perusmaksun suuri painotus ohjaa yhteisöjä siirtymään kiinteistön sisäiseen yhteisömalliin. Mikäli perusmaksun painotusta vähennettäisiin ja siirrettäisiin sitä kulutukseen ja tehoon perustuviin maksuihin, paikallisen hajautetun yhteisön perustamisesta tulisi tällöin kannattavampaa. Painotus kulutukseen perustuvassa maksussa kannustaa lisäämään aurinkosähkön tuotantoa, kun taas painotus tehomaksussa kannustaisi käyttämään sähkövarastoa järkevästi aurinkosähkön rinnalla. Komponenttien sopivalla painotuksella ja optimoinnilla voitaisiin luoda toimintamalli, jossa energiayhteisön perustaminen olisi kannattavaa ja

kannusteet ohjaisivat yhteisöä luomaan enemmän joustoa järjestelmään. (Järven-  
tausta ym. 2023)

Peruseriaatteena, mikäli aurinkosähköjärjestelmää kasvatetaan sähköautoja varten, kannattavuus paranee, koska yksikkökustannus pienenee isommassa järjestelmässä samalla kun järjestelmän omakäyttöaste nousee. Älykkäällä latauksen ohjauksella auton akuston käytöllä voidaan saavuttaa säästöjä erityisesti siinä tapauksessa, jos sähkön laskutusperiaatteissa on käytössä tehomaksu.

Kannattavuuslaskelmissa on olennaista, että tietyt muuttujat, kuten sähkön keskimääräinen hinta, joudutaan kiinnittämään, jotta vaikutuksia olisi helpompi arvioida. Sähkön hintaan liittyy kuitenkin paljon epävarmuustekijöitä oletetun järjestelmän elinkaaren aikana ja hinnat ovat jatkuvassa muutoksessa, joten keskimääräistä sähkön hintaa voi olla vaikea määrittää. Sähkön hinnoittelun rakenteen ja tason muutoksilla on todella iso vaikutus kannattavuuslaskelmien tuloksiin. Yhtenä kannattavuuden mittarina voidaan pitää myös LCOE (levelized cost of energy) – menetelmää, missä selvitetään millä hinnalla sähköä saadaan aurinkosähköjärjestelmästä. Laskentamenetelmän avulla voidaan laskea eri energiantuotantomuodoille keskenään vertailukelpoisia tuotantohintoja (eur/MWh). Energialähteiden LCOE-hintaan vaikuttavat laitteiston hinta, pääomakustannukset, huolto- ja ylläpitokustannukset, polttoainekustannukset ja tuotetun energian määrä.

Hankkeen tapaustutkimuskohteiden LCOE-hinnat hyvityslaskentamallissa olivat keskimäärin 0,06 – 0,07 €/kWh (sähkön kokonaishinta). Takamittarointimallissa päästiin alle 0,05 €/kWh LCOE-hintaan.

Tampereen yliopiston tutkimusraportin *”Energia yhteisön perustamisen kannattavuus ja vaikutukset sidosryhmille”* mukaan yhä voimakkaammin kasvava pientuotannon määrä aiheuttaa verkolle kustannuksia, kun sen täytyy pystyä vastaanottamaan ja siirtämään merkittäviä määriä ylijäämäsähköä. Kustannus tästä koituu kaikille asiakkaille nousevien verkkopalvelumaksujen muodossa. Harkintaan voisivat jatkossa tulla verkko-yhtiöiden oikeus periä ylijäämäsähkön välittämisestä kustannuksia vastaavaa maksua nykyisen kiinteän hintakaton sijaan. Pientuotannon tukemiseksi on mahdollista kuitenkin käyttää myös muita keinoja. Syötettävään energiamäärään (kWh) perustuva korkea maksu heikentäisi merkittävästi pientuotannon kannattavuutta, mutta toisaalta verkolle haasteita aiheuttavat korkeat tehot. Mikäli ylijäämäsähkön syötöstä voitaisiin periä tehoon perustuvaa maksua, tämä ei heikentäisi yksittäisten voimaloiden

kannattavuutta, joiden ylijäämätehot ovat melko pieniä. Se kuitenkin kannustaisi hankkimaan sähkövarastoja isomman voimalan rinnalle, jolla verkkoon syötettävää tehoa voitaisiin rajoittaa. (Järventausta ym. 2023.)

Kuntien ja kaupunkien rakentamisen ohjauksella voitaisiin ohjata enemmän paikallisten energiayhteisöjen muodostumista siten, että uudet rakennukset tai kiinteistöryhmät sijaitsevat saman kiinteistön rajojen sisäpuolella, jolloin voidaan perustaa kiinteistön sisäinen energiayhteisö, kun verkkoon päin on kiinteistössä vain yksi liityntäpiste.

Tampereen yliopiston selvityksen mukaan verkkoyhtiöiden kannattaisi tulevaisuudessa harkita energiayhteisöille erillistä tariffia, joka kannustaisi toimimaan jakeluverkon kautta ja ohjaisi yhteisöä toimimaan verkon kannalta järkevästi. Tällainen tariffi vaatii kuitenkin jatkotutkimusta, jotta voidaan selvittää vaikutukset eri osapuolien kannalta. (Järventausta ym. 2023.)

## 3.6 Kiinteistön sisäisten energiayhteisöjen elinkaariarvioinnit

Kommunikoiva energia -hankkeen toisen työpaketin keskeisenä tavoitteena oli laskea digitaalisten palveluiden hiilijalanjälkeä. Tavoitteena oli myös arvioida energiayhteisöjen hiilijalanjälkeä elinkaariarviomenetelmin. Hankkeessa tehty tutkimus keskittyi suunnitteilla olevien aurinkoenergiayhteisöjen elinkaariarviointiin Pohjois-Karjalassa. Korkeiden energian hintojen ja uusien lakimuutosten vuoksi aurinkosähkön tuotanto ja energiayhteisön liiketoimintamallit ovat saaneet yhä enemmän huomiota Suomessa. Tehyjen elinkaariarviointien tavoitteena on ymmärtää aurinkosähkөөn perustuvien paikallisten kiinteistöjen sisäisten energiayhteisöjen elinkaaren hiilijalanjälkeä. Tavoitteena on luoda ymmärrys siitä, miten paikalliset energiayhteisöt edistävät hiilijalanjäljen vähentämistä verrattuna perinteisiin aurinkosähkөjärjestelmiin ja keskimääräiseen verkkosähkөөn.

Tämän soveltavan tutkimuksen metodologisessa osassa on simuloitu aurinkosähkөjärjestelmiä ja kiinteistön sisäisen energiayhteisön toimintaa kahdessa taloyhtiössä, jotka harkitsevat parhaillaan energiayhteisöjen perustamista. Energiayhteisöjen lämmitysjärjestelmiä ovat biomassaan perustuva kaukolämpö ja suora sähkö. Energiayhteisöjen

sähkövirrat perustuvat sähköyhtiöltä saatuihin tuntikohtaisiin kulutustietoihin, ja niiden aurinkosähkötuotantoa on simuloitu PV\*Sol-sovelluksella.

Energiayhteisöjen elinkaariarvioinnit laadittiin SimaProssa soveltamalla Eco Invent 3.8:n käytävissä olevia energiainfrastruktuuriprosesseja ja hyödyntämällä PV\*Solilla luotuja energiavirtasimulaatioita. Yhdistämällä nämä kaksi työkalua on voitu tutkia, miten suunniteltu energiayhteisön liiketoimintamalli sekä yhteiset hyödyt ja omavaraisuuden lisääminen vaikuttavat kulutetun sähkön hiilijalanjälkeen.

Tulokset sisältävät aurinkosähköenergiayhteisöjen energiavirta- ja elinkaari-vaikutussimulaatiot eli aurinkosähkövoimaloiden koon, sähkövirrat ja kulutetun sähkön CO<sub>2e</sub>-päästöt. Päätelmät tiivistävät keskeisiä huomioita liittyen energiayhteisöjen hiilijalanjäljen dynamiikkaan, kuten infrastruktuuriprosessien (akkuvarastot, sähköajoneuvot) lisävaikutuksiin ja vältettyihin vaikutuksiin, joita saavutetaan keskimääräisen verkkosähkön ja fossiilisten polttoaineiden korvaamisella yksityisautoissa.

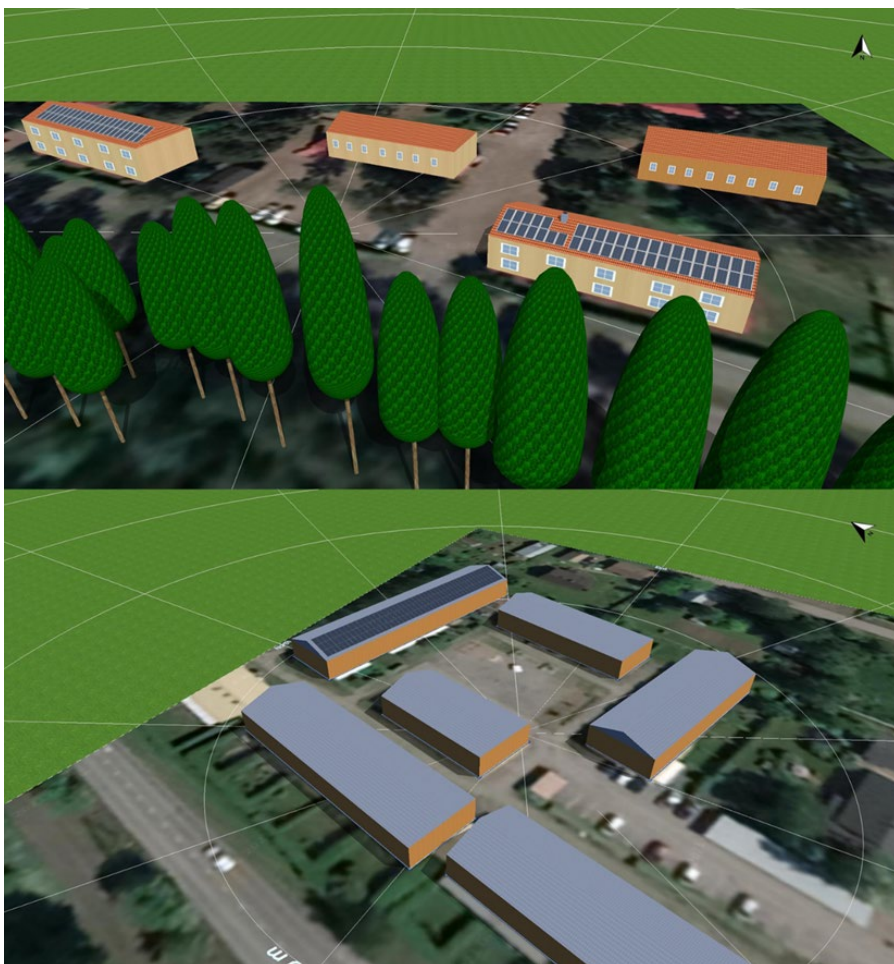
Hankkeen tapaustutkimuksessa selvitettiin kahta Joensuussa sijaitsevaa asunto-osa-kyhtiötä mahdollisina sijoituspaikkoina energiayhteisöille. Molemmat ovat ilmaisseet vahvaa kiinnostusta energiayhteisön liiketoimintamallia kohtaan, ja toinen on jo päättänyt yhteisön perustamisesta.

Vanamokadun mahdollinen yhteisö sijaitsee Joensuussa. Taloyhtiöön kuuluu yhdeksän taloa, joissa oli 43 asuntoa ja 91 asukasta vuonna 2020. Taloyhtiön yhteinen sähkönkulutus sisältää sähkösaunan, pesuhuoneen, kuivaushuoneen, teknisen tilan (pumput, säätimet jne.), 39 ajoneuvon lämmityspistokkeen ja pihavalojen kulutukset. Rakennukset lämpiävät kaukolämmöllä, joka tuotetaan pääosin metsäbiomassalla. Vanamokadun energiayhteisö muodostetaan hyödyntämällä sähkönsiirtoyhtiön energiamittausta eli yhteisö kuuluu hyvityslaskennan piiriin.

## Energiavirtasimulaatioiden päävaiheet

Energiavirtasimulointeihin sisältyi 1) aurinkosähköjärjestelmien mitoitus nykyisen kahdessa taloyhtiössä ja 2) energiayhteisömallin mukaisten energiavirtojen simulointi. Simulaatiot toteutettiin PV\*Sol Premium -ohjelmistolla. (TheValentinSoftware 2023). Energiavirtasimulaatiot suoritettiin PV\*Sol -ohjelmistolla samankaltaisesti kuin tämän raportin kappaleissa 3.3 ja 3.4 kuvatut energiayhteisöjen simulaatiot. Energiayhteisöjen energiaprofiilien perusteella määriteltiin kolme kokoluokkaa, joita simuloitiin PV Sol -ohjelmistolla, ja joille luotiin omat energiataseet. Energiataseen avulla määriteltiin

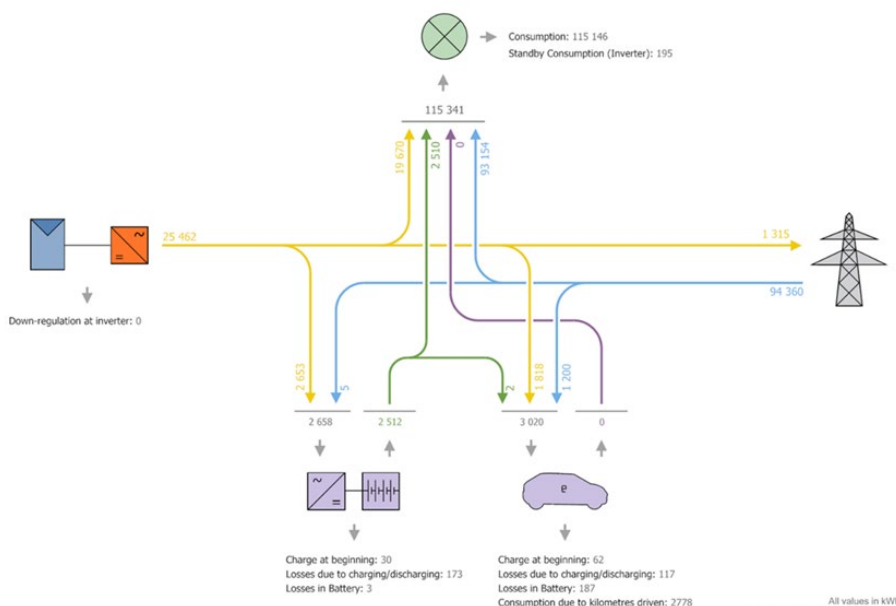
yhteisöjen sähkön tuotantoa, omaa kulutusta, omavaraisuutta, häviöitä ja säteilyä. Ylijäämät simuloitiin myytäväksi verkkoon (joko yhteisylijäämänä tai yksittäisten asuntojen ylijäämänä).



Kuva 13. 3D-mallinnus Vanamokadun (yllä) ja Korppilanpuiston (alla) aurinkosähkövoimaloista.

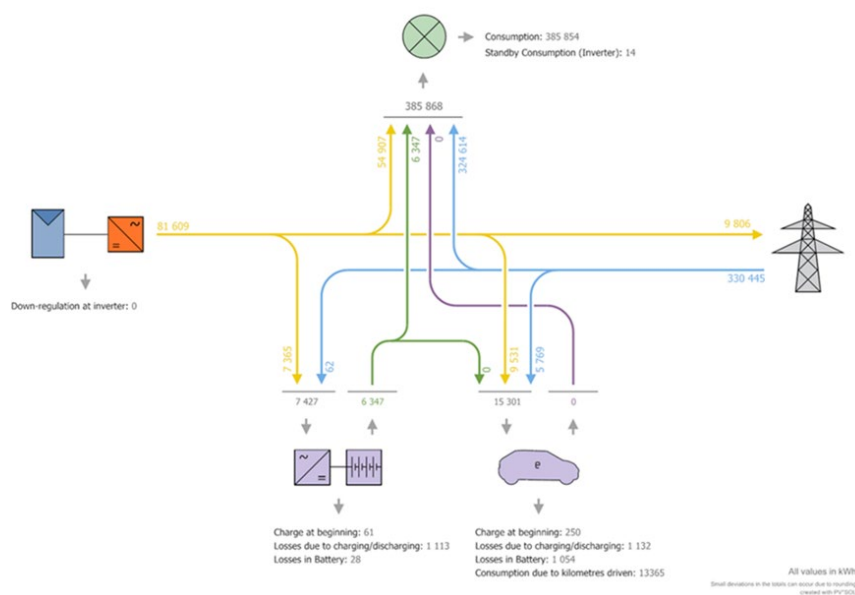
## Energiayhteisöjen skenaariot

Energiayhteisöskenaariot laadittiin simuloimalla kolmea kokoluokkaa molemmille yhteisöille. Raportissa on esitetty edistyneimmät skenaariot osoittaaksemme uusiutuvaan verkkosähköön, omaan aurinkosähkötuotantoon, sähkön varastointiin ja sähköajoneuvoihin perustuvien vähähiilisten järjestelmien potentiaalia. Kuviossa 4 on simuloitu Vanamokadun tapausta 33,4 kWp aurinkosähkölaitteilla, 95 prosentin aurinkosähkön omakäytöllä ja 20 prosentin omavaraisuudella, sekä sähköautolla (62 kWh; 15 000 km/a, josta 9000 km aurinkosähköllä).



Kuvio 4. Energiayhteisöskenaario Vanamokadun asunto-osakeyhtiölle.

Korppilanpuiston energiayhteisöskenaario (kuvio 4.) kuvaa uusiutuvien energiajärjestelmien kasvua 100 % uusiutuvaan sähköön, sisältäen 100 kWp aurinkosähköjärjestelmän, 67 kWh energiavaran ja 5 sähköautoa (62 kWh, 15 000 km/a). Verkkosähkön oletetaan olevan uusiutuvaa tuulisähköä, ja sähköllä korvataan fossiilista liikennettä (henkilöauto, EURO 5, bensiini). Tämän skenaarion tavoitteena on maksimoida omavaraisuus ja myydä ylijäämät yhteisön ulkopuolelle.



Kuvio 5. Energiayhteisöskenaario Korppilanpuiston asunto-osakeyhtiölle.

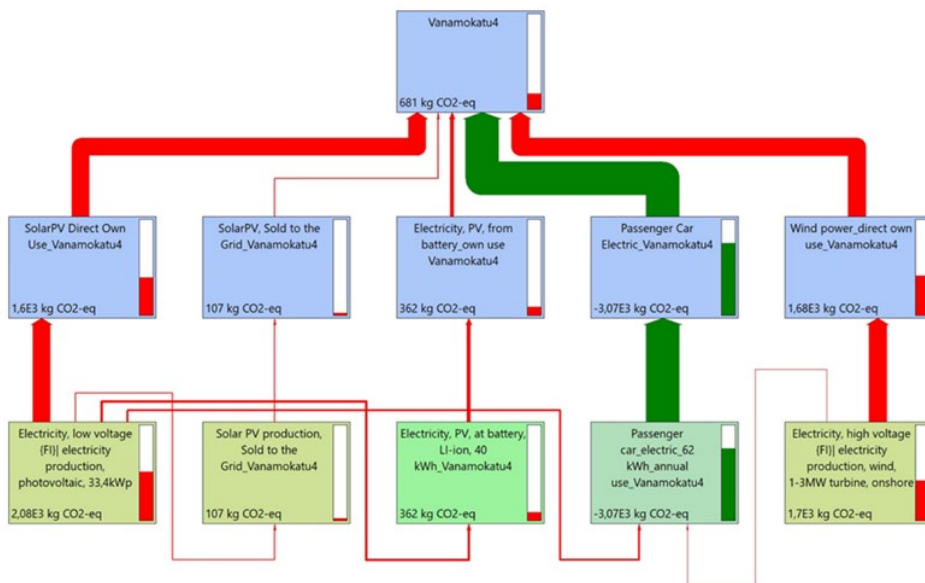
## Energiayhteisöjen elinkaariarvioinnit

Energiayhteisöjen elinkaariarvioinnit perustettiin SimaProhon hyödyntämällä PV\*Sol-simulaatioiden energiavirtadataa.

- Toiminnallinen yksikkö oli 1 kWh energiayhteisön kuluttamaa (tai myymää) sähköä, ja ilmastovaikutus arvioitiin IPCC 2021 GWP100 -metodilla.
- Analyysit tehtiin noudattaen IEA:n Task 12 mukaista menetelmää aurinkosähköjärjestelmien ja energian varastoinnin elinkaariarvioinnista (Frischknecht, Stolz, Krebs, et al. 2020, 13–22).
- EcoInvent 3.8:n infrastruktuuriprosesseja hyödynnettiin aurinkosähköakuissa (ml. invertterit), akkuvarastossa ja sen komponenteissa sekä sähköautossa ja akussa. Infrastruktuuriprosessit skaalattiin IEA:n Task 12 (emt.) mukaisesti vastaamaan kunkin skenaarion järjestelmäkokoja. Hankkeessa sovellettiin EcoInvent-prosesseja suomalaiselle verkko- ja tuulisähkölle.
- Sähköntuotantoprosessi iteroitiin osaprosesseiksi, jotka kuvaavat suoraa omaa käyttöä, akkuvaraston kautta käyttöä ja verkkoon myyntiä. Tämä iterointi alatuotteiksi tehtiin infrastruktuurin vaikutusten sisällyttämiseksi tiettyihin sähkövirtoihin.
- Infrastruktuurin ja sähköprosessien luomisen jälkeen PV\*Solilla simuloidut energiayhteisöskenaariot luotiin SimaProssa kokoonpanoina, jotka heijastavat yhteisöjen vuotuista toimintaa ja sähkövirtoja.

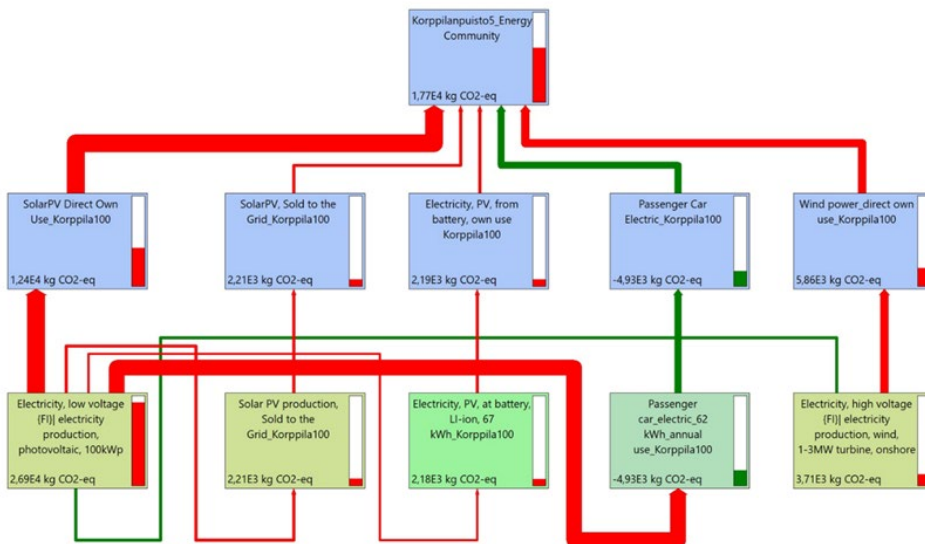
## Vaikutustenarvioinnin tulokset

Ilmastovaikutusten arvioinnit (kuviot 6 ja 7) osoittavat, että uusiutuvaan verkkosähköön perustuvat energiayhteisöt voivat saavuttaa pienen hiilijalanjäljen. Niiden vaikutus riippuu paljon korvatusta energiasta.



Kuvio 6. Sankey -kaavio Vanamokadun energiayhteisön ilmastovaikutuksista.

Hiilidioksidiekvivalenttipäästö vuodessa on 3,7 t CO<sub>2</sub>e (32 g CO<sub>2</sub>e/kWh). Mikäli fossiilisen polttoaineen korvaaminen liikenteessä (kuvion 6 vihreä virta) huomioidaan, 0,68 t CO<sub>2</sub>e (5,8 g CO<sub>2</sub>e/kWh).



Kuvio 7. Sankey -kaavio Korppilanpuiston energiayhteisön ilmastovaikutuksista.

Vuosittainen hiiliekvivalenttipäästö on 22,7 t CO<sub>2</sub>e (58,6 g CO<sub>2</sub>e/kWh) Mikäli fossiilisen polttoaineen korvaaminen liikenteessä (kuvion 7 vihreä virta) huomioidaan, 17,7 t CO<sub>2</sub>e (45,9 g CO<sub>2</sub>e/kWh).



## Päätelmät

Ilmastovaikutusten arvioinnit osoittivat, että energiayhteisöinä toimivat taloyhtiöt voivat saavuttaa vähähiilisen energijärjestelmän. Koska yhteisöt eivät kuitenkaan olleet omavaraisia, niiden olisi perustuttava uusiutuvaan verkkosähköön. Lisäksi potentiaalisia päästövähennyksiä voitaisiin saavuttaa (yhteis)sähköautoilla, jotka korvaisivat fossiilisten polttoaineiden käyttöä.

Nyky aikaisten uusiutuvien energialähteiden infrastruktuuriprosessit (kuten aurinkosähköpaneelit, akut ja ohjausyksiköt sekä ajoneuvojen laturit) voivat kasvattaa uusiutuvan sähkön pientuotannon elinkaarihiilijalanjälkeä mittakaavaedusta hyötyvää uusiutuvan sähkön massatuotantoa suuremmaksi. Toisaalta prosessien skaalaaminen saattaa johtaa infrastruktuuriprosessien vaikutusten yliarviointiin. LCI-tietoa tarvitaan nykyistä tarkemmalla tasolla erikokoisista uusiutuvan energian infrastruktuuriprosesseista ja niiden elinkaaren loppuvaiheista.

Tutkimus ei myöskään vielä sisältänyt kattavia analyyseja lämmitysenergiasta tai energiayhteisön dynamiikasta ja mahdollisuuksista sopeuttaa tuotantoa ja kulutusta yhteiskunnan tarpeiden mukaan. Tämä järjestelmän joustavuus edellyttää dynaamisia simulointeja ja elinkaariarviointityökalujen integrointia suoraan energiayhteisön tietojärjestelmiin.

## 4 Energia\* -sovellus

Energiayhteisön sujuva toiminta edellyttää mahdollisimman läpinäkyvää ja luotettavaa energian tuotanto- ja kulutustietojen käsittelyä. Yhteisön osakkaiden täytyy halutessaan nähdä helposti oma energiankulutuksensa sekä yhteinen energian tuotanto ja sen jakautuminen osakkaiden kesken. Kommunikoiva energia -hankkeessa kehitetyn Energia\* -sovelluksen lähtökohtana onkin kiinteistön energian tuotannon sekä kulutuksen tarkkojen tietojen kerääminen, hyödyntäminen ja jakaminen osakkaiden kesken. Kerätyn tiedon perusteella on mahdollista toteuttaa yhteisön toiminnan kannalta keskeinen kustannusten jako ja tulevaisuudessa mahdollinen laskutus jäsenten kesken. Sovellus mahdollistaa lähes reaaliaikaisen energiantuotannon ja kulutuksen hallinnan ilman ulkopuolista palveluntarjoajaa. Energia\* -sovelluksen on tarkoitus olla kerätyn tiedon käsittelyn ja hallinnan ratkaisu, eli verkkopalvelu, jolla tuotannon ja kulutuksen mitattujen tietojen käsittely on helppoa, eikä vaadi asiantuntijaosaamista. Sovelluksen kehitystyössä kiinnitettiin erityistä huomiota sen toimivuuteen, helppokäyttöisyyteen, tiedon visualisointiin ja sen ymmärrettävyyteen. Sovelluksen kehitykseen osallistui hankkeen henkilöiden lisäksi useita opiskelijaryhmiä kolmelta Karelia-ammattikorkeakoulun tietojenkäsittelyn koulutuksen kurssilta.

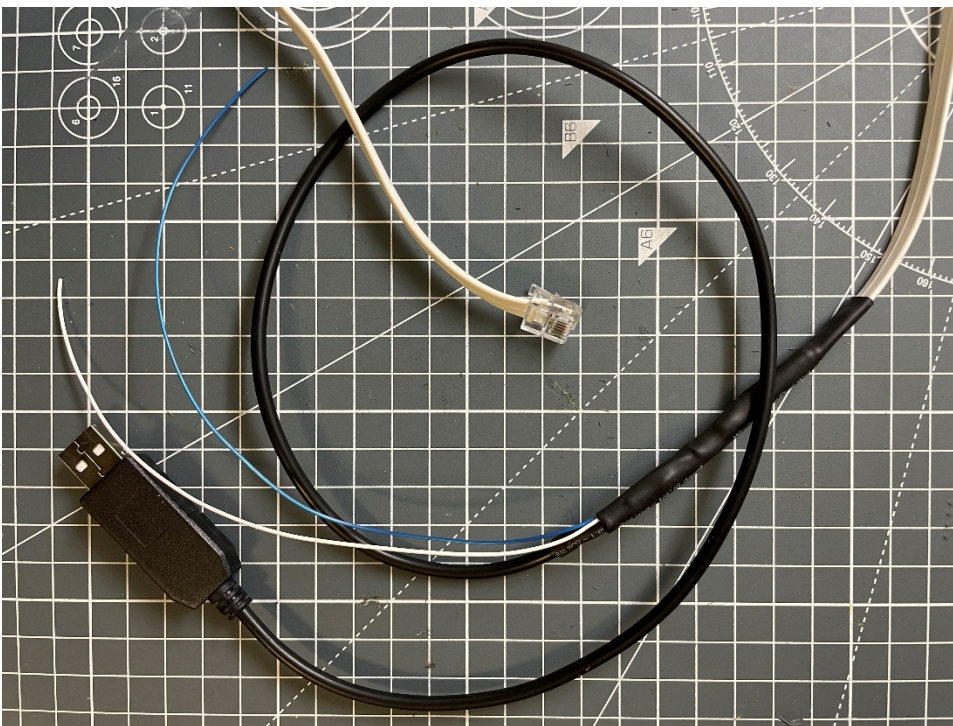
Energia\* -sovellus on suunnattu uusille energiayhteisöille, jotka haluavat helppokäyttöisen energiahallintaratkaisun. Tuotteen käyttäjiä tulevat olemaan yhteisön hallinnoijat sekä sen jäsenet. Energiayhteisön jäsenelle on tärkeää saada tietää, kuinka paljon hän kuluttaa sähköä ja kuinka paljon se maksaa, kuinka paljon aurinkovoimala tuottaa ja mihin tuotanto käytetään. Nämä tiedot, sekä niiden historiatiedot löytyvät sovelluksesta helposti. Lisäksi tuotetun energian jakoperusteiden säätäminen jäsenten kesken on hallinnoijan tehtävissä yksinkertaisesti.

Kiinteistöjen energiantuotanto ja -kulutustietoja kerätään energiamittareiden olemassa olevien väyläratkaisuiden ja rajapintojen avulla. Kerätyt tiedot lähetetään InfluxDB-tietokantaan jatkohyödyntämistä varten. Energia\* -sovellus toimii sekä tietokannan paikallisella versiolla, tai pilvessä toimivalla Influx Cloud DB -versiolla.

### 4.1 Pilotointikohteet

Hankkeessa pilotoitiin Kamstrup OMNIA sähkömittareita yhteistyössä Pohjois-Karjalan Sähkö Oy:n (PKS) ja Kamstrup A/S:n kanssa. Mittarit eivät olleet vielä täysin valmiita

tuotantokappaleita. Ne oli varustettu HAN-väylällä (**DSMR P1**) mutta väylä tarvitsi toimiakseen ulkoisen virransyötön (5V). Standardinmukaisissa mittareissa ulkoista virransyöttöä ei enää tarvita. HAN-väylän tietojen lukemiseen käytettiin valmiita USB-porttiin kytkettäviä sovittimia (kuva 14). Ulkoisen virran syötön tarpeen johdosta eivät valmiina saatavat HAN-väylä sovittimet toimineet mittareissa, vaan niiden RJ12 kaapeleita oli muokattava. Erillisestä virtalähteestä, esim. suoraan Raspberryn 5V linjasta tai usb-virtalähteestä syötetään 5V jännite pinniin 6, ja yhdistetään maapinniin 1. Mittari tarvitsee lisäksi datan lähetykspyynnön (data request), joka tehdään kytkemällä pinnien 2 ja 6 välille 1 kOhm vastus. Pilotoitavat mittarit olivat Suomen ensimmäiset ja niitä oli asennettu noin 100kpl PKS:n alueelle, joista 18kpl osallistui tähän projektiin. Mittareita ei ollut saatavilla laboratorio-olosuhteisiin, joten kehitystyö tehtiin todellisten pilottikohteiden laitteistoilla.



Kuva 14. Muokattu USB-HAN väyläsovitin (FTDI Chip 5 V TTL UART Logic Level Signals (for ISKRA EN MT382 EN ME382 Kamstrup 162 382 en351). Ulkoinen virransyöttö tapahtuu kuvassa näkyvien sinisen ja valkoisen langan kautta, lähetykspyynnön käynnistävä 1 kOhm vastus on sijoitettu kutistesukan sisälle.



Kuva 15. HAN-väylään kytketty USB-sovitin, Raspberry 4 tietokone ja 4G-reititin omakotitalon sähkökeskuksen yhteydessä.

Sovellusta kehitettiin ja pilotoitiin kahdessa kohteessa. Ensimmäisen vaiheen kehitystä ja testausta tehtiin Kontiolahdella sijaitsevassa omakotitalossa, jonne oli asennettu pilotoitava sähkömittari. Tässä kohteessa kehitettiin ja testattiin sähkömittaritiedon kerääminen ja tietokantaan lähettäminen, testattiin ja valittiin soveltuvimmat laitteistot sekä varmistettiin tietoturvallisuus. Varsinainen pilotointi tehtiin kahdesta rivitalosta koostuvassa asunto-osakeyhtiössä Tohmajärvellä. Kohteessa luettiin sähkönkulutustiedot kuudesta asunnosta ja kiinteistön yhteisestä mittarista. Lisäksi kerättiin aurinkovoimalan tuotantotiedot invertteriltä.



Kuva 16. Pilottikohteen sähkömittarit.



Kuva 17. Pilottikohteen sovittimet USB-hubiin kytkettyinä, sekä 4G-reititin.

## 4.2 Rivitaloasunto-osakeyhtiön energiankulutustietojen hallintasovellus

### Sähkön kulutus- ja tuotantotietojen kerääminen

Sähkölukemien kulutustietojen ja invertterin tuotantotietojen keräys toteutettiin Linux-tietokoneilla. Tietojen keruu tehtiin asunto-osakeyhtiön lukitussa teknisessä tilassa, jonne oli vain rajoitettu pääsy. Aluksi tiedonkeruu toteutettiin Raspberry 4 -koneilla, mutta pian alkuvaiheen jälkeen siirryttiin käyttämään aktiivikäytöstä poistettuja kannettavia tietokoneita, joihin asennettiin Linux-käyttöjärjestelmä (Ubuntu 18.04 / 20.04). Käyttämällä hieman tehokkaampia tietokoneita oli mahdollista käyttää sujuvammin etähallinnan mahdollistavaa Teamviewer-ohjelmistoa.

Varsinainen tietojen keruu toteutettiin NodeRed-sovelluksella. NodeRed:in flow-koodit ovat vapaasti saatavilla [GitHubissa](#). NodeRed toimii useissa eri käyttöjärjestelmissä ja on saatavissa osoitteesta <https://nodered.org/>.

Sähkönkulutustietoja kerättiin Tohmajärven kunnan omistamasta asunto-osakeyhtiöstä. Yksittäisten asuntojen kulutustietojen keräämiseen tutkimusta varten saatiin lupa kuudelta asukkaalta. Kerättäviä tietoja käsiteltiin Karelian tietosuojapolitiikan mukaisesti.

Jokainen mittariin kytkettävä DSMR-USB sovitin tarvitsee yhden USB-portin, joten ne kytkettiin USB-hubiin ja tämä kytkettiin tietokoneeseen. Mittarista kerättävä tieto tallennettiin tietokantaan kunkin USB-sovittimen tunnuksen mukaisesti ilman asuntotunnuksia ja tietojen noutotaajuus oli kerran viidessä minuutissa. Minimi tietojen noutoväli oli näillä mittareilla 10 sekuntia, mutta kerran viidessä minuutissa oli riittävä tässä vaiheessa.

Asunto-osakeyhtiön aurinkopaneeleiden tuotantotiedot kerättiin suoraan invertterin tarjoamasta rajapinnasta. Tietojen noutotaajuus oli sama kerran viidessä minuutissa ja tietojen keruu toteutettiin myös NodeRed:illä.

### Taustatietojen kerääminen

Sovelluksen käytettävyyttä parantamaan kerättiin myös monenlaisia taustatietoja. Tämä tapahtui myös NodeRed:issä ja koodi on saatavilla [GitHubissa](#). Säätiedot

noudetaan ilmatieteenlaitoksen avoimesta rajapinnasta. Ilmatieteenlaitoksen energiasäännusteen (Ilmanet.fi) käyttöön saatiin lupa ja tiedot noudetaan palvelun rajapinnasta.

Pörssisähkön tuntihintatietojen noutaminen tehtiin Nord Poolin tarjoamasta rajapinnasta, jonka käyttöön tarvittava lupa ja avaimet saatiin PKS:n avulla. Loppuvaiheessa siirryttiin kuitenkin käyttämään EU:n avointa tietopalvelua **ENTSO-E**, josta rekisteröitymisen jälkeen on vapaasti saatavilla mm. pörssisähkön tuntihinnat.

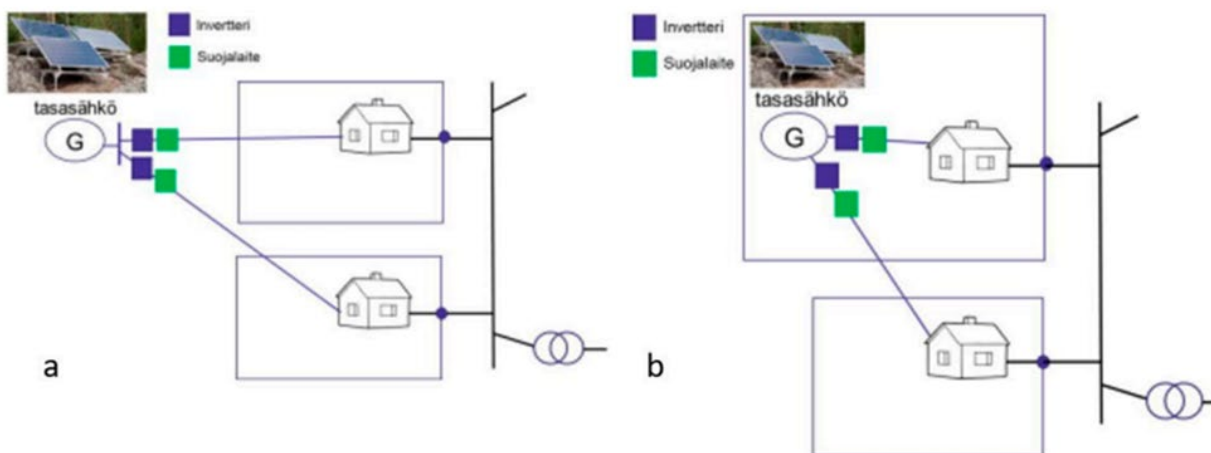
## Sovelluksen käyttöönotto

Sovelluksen käyttöönotto on suhteellisen helppoa, mutta vaatii vielä tässä vaiheessa jonkin verran tietoa ja kokemusta tietokannoista ja NodeRed-sovelluksesta. Sovellus on suunniteltu siten, että sen käyttäminen ei vaadi maksullisten pilvipalveluiden käyttämistä. Käyttö vaatii kuitenkin minimissään Raspberry-tietokoneen, HAN-väylä sovittimen ja internetyhteyden. Sovelluksesta ja sen pilotoinnista on kerrottu myös hankkeen julkaisemassa **videossa**.

## 5 Kiinteistörajat ylittävät energiayhteisöt

Suurin potentiaali energiayhteisöjen osalta on tällä hetkellä lain sallimissa kiinteistön sisäisissä energiayhteisöissä. Energiayhteisöjen merkittävin potentiaali on kuitenkin tulevaisuuden kiinteistörajat ylittävissä virtuaalisissa paikallisissa sekä hajautetuissa energiayhteisöissä.

Kommunikoiva energia -hankkeen aikana tuli muutamia selvityspyyntöjä kiinteistörajat ylittävistä yhteisistä energiaresursseista, mitkä voitaisiin mahdollisesti toteuttaa fyysisellä erillislinjalla. Energiayhteisösimulaatioita kiinteistörajat ylittävistä energiayhteisöistä nähty kohteissa tarpeelliseksi vielä tässä vaiheessa tehtävän, mutta lähitulevaisuudessa erillislinjalla vedettävät yhteiset energiaresurssit voivat tulla alueellisesti ajankohtaisemmiksi eri yritysten taholla.



Kuva 18. Lain sallimat vaihtoehdot erillislinjasta kiinteistörajat ylittävissä energiayhteisöissä (Järventausta 2021.)

Kuvassa 18 on lain sallimat erillislinjan toimintamallit, missä tuotantopaikka pitää olla erotettuna omalla invertterillään ja suojareleellä kulutuspaikoille. Tuotantopaikka voi sijaita toisen kulutuspaikan kiinteistöllä tai sitten erillisellä kiinteistöllä.

Kiinteistörajat ylittävässä energiayhteisössä jokaisen kulutuskohteen tuotantolaitoksen täytyy olla fyysisesti erillään muista voimaloista, jottei rengasverkkoa muodostu.



Erillisen linjan rakentaminen on sallittua ainoastaan tuotantolaitoksen ja käyttöpaikan välillä. Tällöin voi olla epäselvää, onko kyseessä energiayhteisöstä vai ainoastaan erillisen linjan hyödyntämisestä osana yksittäisten asiakkaiden pientuotantoa. (Pylväläinen 2022.)

Elias Pylväläinen toteaa diplomityössään *”Kiinteistörajat ylittävän energiayhteisön toteutusvaihtoehdot”*, että nykyinen lainsäädäntö käsittelee kiinteistörajat ylittäviä energiayhteisöjä puutteellisesti. Kiinteistörajat ylittävistä energiayhteisöjen on vain määritelmä erillisestä linjasta nykyisessä sähkömarkkina-laissa. Tämän hetkinen lainsäädäntö tunnistaa vain kiinteistöjen sisäiset- ja kiinteistöryhmät energiayhteisöiksi, mitkä luokitellaan täten oikeushenkilöksi. Kiinteistörajat ylittävää energiayhteisöä ei taas voida luokitella lainsäädännön mukaan oikeushenkilöksi, koska se koostuu useammasta tontin omistajasta, joilla on omat liittymät sähköverkkoon. Nykyisen lainsäädännön puitteissa sallitaan kuitenkin erillisen linjan rakentamisen kiinteistörajojen ylitse ilman paikallisen jakeluverkkoyhtiön lupaa tai ilmoitusta linjan sijainnista. Mikäli erillislinjalla toteutettavaa yhteisöä perustetaan, tonttien omistajien oikeusturvan vuoksi jokaisen kannattaa tehdä sopimus vastuiden jaosta ja korvausvelvollisuuksista tontin omistajan kanssa, mihin tuotantolaitos sijoitetaan. Kiinteistörajat ylittävän energiayhteisön perustaminen on mahdollista, vaikka sitä ei jakamistaloutta toteuttavaksi energiayhteisöksi tällä hetkellä luokitella. (Pylväläinen 2022.)

Tampereen yliopiston tutkimuksesta käy ilmi, että aurinkosähköjärjestelmän asentaminen on pääsääntöisesti kannattavaa energiayhteisömuotoisena. Tuotannon mitoitus on tärkeää tehdä oikein, jotta hyödyt voidaan maksimoida. Tutkimuksen tulosten mukaan erillisen linjan rakentaminen energiayhteisön yhteyteen ei pääsääntöisesti ole kannattavaa tällä hetkellä. Kannattavuuteen vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi siirtotariffin tyyppi eli onko kyseessä PJ-tehotariffi vai yleistariffi. Erillisen linjan toimintamallia ei voida suoraan käyttää nykyistä sääntelyä laajemmin ennen kuin toimintamallin käytön laajentamisen vaikutukset on selvitetty riittävällä tasolla. Energian jakamisen ratkaisujen monipuolistuessa, myös erillisellä linjalla voidaan saada enemmän hyötyä hajautetulle energiayhteisöille ja aktiivisille asiakkaille. (Järventausta ym. 2023.)

Nykyisessä lainsäädännössä hajautettuja energiayhteisöjä ei vielä tunnisteta. Tämän tyyppisiä energiayhteisöjä voidaan perustaa olemassa olevassa kansallisessa toimintakehikossa, mutta niihin ei sovellu nimenomaista sääntelyä, joilla hajautettujen energiayhteisöjen yleistymistä voitaisiin edistää. Nykyinen sääntely ei mahdollista sitä, että energiaa voitaisiin jakaa yhteisöjen kesken alueellisesti taikka koko valtakunnan

alueella siten, että sähköverkosta otettu ja itsetuotettu sähköenergia netottuisivat suoraan tasejakson sisällä. Tämä on mahdollista tällä hetkellä vain kiinteistönsisäisten energiayhteisöjen osalta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.)

Työ- ja elinkeinoministeriön selvitysraportti (2023) toteaa hajautettujen energiayhteisöjen osalta, että reunaehtona sähkön netotukselle tasejakson sisällä on direktiivin yleisperusteluiden mukaisesti se, että sähkön jakaminen ei saa vaikuttaa sähkönsiirtoihin liittyvien verkkomaksujen, tariffien ja muiden maksujen keruuseen. Vastaava ajatus on myös uudessa sähkömarkkinamallia koskevassa ehdotuksessa aktiivisten asiakkaiden osalta. Siirtomaksut tulevat maksettavaksi verkon käytön perusteella, mutta verojen osalta on epäselvää, onko verokohtelu yhtenevää kiinteistön sisäisten ja hajautettujen energiayhteisöjen välillä ja mikä katsotaan arvolisäveron perusteena olevaksi palveluiden vastikkeelliseksi myynniksi hajautetun energiayhteisön ja aktiivisen asiakkaan energian jakamisen osalta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023.)

Kommunikoiva energia -hankkeessa keskityttiin erityisesti hankkeen aikaisen lainsäädännön sallimiin energiayhteisömuotoihin sekä niiden kehittämiseen ja edistämiseen. Hankkeessa toteutettiin kaksi toimeksiantoa opinnäytteinä, joissa tarkasteltiin myös pintapuolisesti tulevaisuuteen katsoen virtuaalisten energiayhteisöjen toimintaa sekä vertaisverkkojen mahdollisuuksia virtuaalisissa energiayhteisöissä. Tarkemmat tulokset ovat luettavissa hankkeen [Thinglink-materiaalisivustolta](#).

## 5.1 Virtuaalisen energiayhteisön pilotti

Hankkeen kehitystyön ja verkostojen myötä avautui myös ainutlaatuinen mahdollisuus osallistua virtuaalisten energiayhteisöjen kehittämiseen. Hankkeen loppupuolella Karelia-ammattikorkeakoulu sitoutui toteuttamaan virtuaalisen energiayhteisön pilottia kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa Kommunikoiva energia -hankkeen roolina oli määritellä datan paikalliseen lähes reaaliaikaiseen keruuseen soveltuvat teknologiat sekä testata hankkeessa kehitettyjä mittalaitteistoja ja mittausten menetelmiä. Pilotissa kaksi opiskelijataloa muodostaa paikallisen virtuaalisen energiayhteisön, jossa toisen talon aurinkopaneelien tuottamaa energiaa voidaan hyödyntää molemmissa kiinteistöissä. Pilotissa ovat mukana Joensuun Elli, sähkönjakeluyhtiö Caruna, Pohjois-Karjalan sähkö ja Karelia-ammattikorkeakoulu. Yhden Joensuun Ellin opiskelijatalon kattolla energiaa tuottaa 80 aurinkopaneelia. Pilotissa testataan, voiko paneelien tuottama energiaa käyttää alueen toisessa opiskelijatalossa. (Caruna 2023.) Pilotti kestää

vuoden 2025 loppuun asti, ja toisen vaiheen kehitystyö ja seuranta toteutuu Karelian omilla resursseilla, mikäli toimintaan ei saada käynnistettyä uutta kehityshanketta.

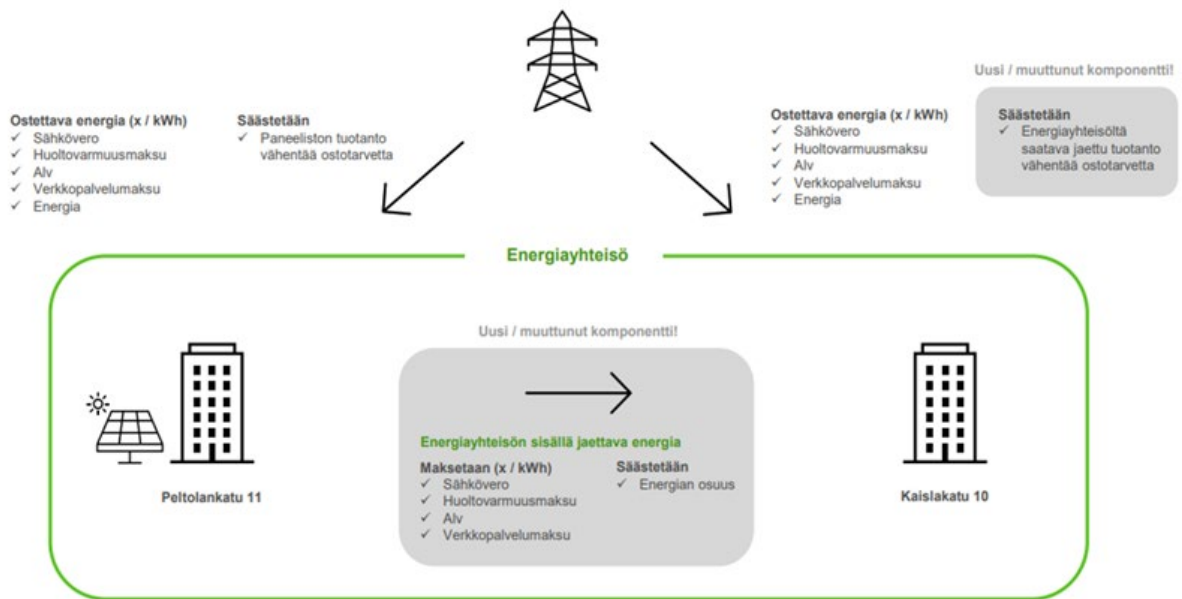
Uudessa pilotissa energiaa jaetaan eri osoitteissa sijaitsevien sähkön käyttöpaikkojen välillä, mikä ei aiemmin ole ollut mahdollista. Nykyinen lainsäädäntö sallii energiayhteisöt vain samalla tontilla ja sähköliittymillä sijaitseville kiinteistöille. Pilotointi pystytään suorittamaan Energiaviraston luvalla. Taloyhtiö jakaa aurinkopaneelien tuottamaa energiaa asukkaille ja vähentää tarvetta ostaa sähköä. Jos paneelit tuottavat energiaa yli asukkaiden tarpeen, sähkönmyyjä ostaa ylimääräisen tuotannon. (Caruna 2023.)

Pilotissa halutaan varmistaa, että markkinatoimijoilla on kyky ja työkalut toteuttaa virtuaalinen ja skaalautuva energiayhteisömalli jo olemassa olevalla infrastruktuurilla. Samalla kerrytetään kokemusta siitä, miten virtuaalinen energiayhteisö palvelee asiakkaita. Pilotin tarkoituksena on myös näyttää lopputulosten perusteella suuntaa uudelle lainsäädännölle ja viitekehykselle virtuaalisten energiayhteisöjen osalta. (Caruna 2023.)

Kommunikoiva energia -hankkeen ensisijainen tehtävä oli ensimmäisessä vaiheessa valmistella varsinaista pilottia ja testimielessä tuottaa dataa ja tutkimustietoa hankkeessa kehitetyillä ratkaisuilla ja menetelmillä sekä varmistaa datankeruun häiriöttömyys. Virtuaalisen energiayhteisön pilotti on kaksivaiheinen ja varsinainen pilotin kehittämisen aloitus datankeruun ja tiedon analysoinnin osalta on tarkoitus aloittaa seuraavan mahdollisen kehittämishankkeen aikana. Varsinaisen pilotin datankeruuseen tarvitaan 1-2 kalenterivuoden yhtämittainen katkeamatonta jakso, koska kyseessä on säriippuvainen uusiutuvan energian tuotanto. Seuraavassa hankkeessa pilotissa tullaan varsinaisen datan analysoinnin ohella toteuttamaan mm. digitaalinen kaksonen virtuaaliselle energiayhteisölle sekä tutkitaan vertaisverkon elementtejä energiayhteisöissä. Tarkoituksena on tuottaa tietoa pilotin lohkoketjuteknologiaan perustuvien vertaisverkkojen hyödyntämisestä energiayhteisöissä. Pilottia pyritään hyödyntämään ja kehittämään mahdollisimman paljon myös muiden kansallisten kuin kansainvälisten hankkeiden kautta. Toisessa vaiheessa pyritään luomaan ja kehittämään erilaisia liiketoimintamalleja, esimerkkisimulaatioita erityisesti kiinteistörajat ylittävälle energiayhteisöille.

Kommunikoiva energia -hankkeessa toteutetun Energia\*-sovelluksen osalta kehitystyötä jatketaan pilotin toisessa vaiheessa virtuaaliselle energiayhteisölle soveltuvaksi alustaksi. Tavoitteena on tuottaa monipuolisesti hyödynnettävää tutkimustietoa ja käytännön kehittämistyötä yhteistyökumppaneiden ja muiden tahojen käyttöön pilotin datan analysoinnista sekä edistää hajautettujen energiayhteisön edistymistä. Pilotin

toisen vaiheen varsinaisen datan avulla pyritään luomaan virtuaaliselle energiayhteisölle hiilijalanjälki elinkaariarviointien kautta.



Kuva 19. Pilotoitava paikallinen virtuaalinen energiayhteisö (mukaillen Kohonen 2023.)

## 7 Yhteenveto

Sähkön kulutus ja tuottaminen syö resurssejamme, vaati meiltä entistä enemmän luovia ja kestäviä ratkaisuja: kuinka huolehdimme sähkön saatavuudesta, ja miten voimme parantaa omaa energiatehokkuuttamme. Energiayhteisöt tuovat energijärjestelmäämme uudenlaisen jakamistalouden muodon. Energiayhteisöiden myötä energian tuottajien ja käyttäjien on mahdollista olla osana entistä kestävämpää sähkötuotantoa. Energiayhteisöt voivat parantaa kiinteistöjen energiaomavaraisuutta ja lisätä sähkötuotannon taloudellisuutta, sekä joustavuutta kulutukseen niin asukkaille, kuin myös taloyhtiölle.

Energiayhteisö on pitkäaikainen ratkaisu, jolla tehostetaan itse tuotetun energian paikallista kulutusta ja parannetaan tuotannon taloudellisuutta, sekä tarjotaan yhä useammalle kansalaiselle mahdollisuus osallistua energiatuotantoon. Energiayhteisö pitää huolen jäsenistään takaamalla tasa-arvoisen ja taloudellisen tavan jakaa itse tuotettua sähköä.

Energiayhteisöt yleistyvät maailmanlaajuisesti vauhdilla, ja ovat uusi markkina-alue myös monelle suomalaiselle teknologia- ja palvelutoimijalle. Energiayhteisöjen kehittämisen kannalta olisi tärkeää, että viranomaisen määritteli kansallisessa lainsäädännössä energiayhteisöt yhä enemmän mahdollistavalla, ei rajoittavalla tavalla. Energiayhteisöjä pitäisi tarkastella laajasti koko energiatoimialan kehityksen kannalta sekä kansallisen ja kansainvälisen kilpailukyvyyn ja uuden liiketoiminnan näkökulmasta. Energiayhteisöjen osalta tarvitaan enemmän kokeiluja ja pilotteja mitä tulee virtuaalisiin ratkaisuihin. Niiden kehittymisen kannalta olisi erityisen tärkeää, että niitä mahdollistettaisiin matalalla kynnyksellä.

Energiayhteisöjen vahvuutena ovat yhteisomisteiset voimalat tai yhteisen järjestelmän käyttö, mitkä parantavat yleensä järjestelmien käyttöastetta ja sitä kautta myös järjestelmien hyötysuhdetta pienempiin yksityisomisteisiin järjestelmiin nähden. Energiayhteisöjen tulevaisuuden mahdollisuudet ohjata yhä enemmän tuotantoa ja kulutusta edistää tuotannon ja kulutuksen yhteensovittamista. Energiayhteisöjen tuottama lähienergia pienentää sähkön siirron häviöitä, ympäristövaikutuksia sekä maankäytön jälkeä. (Kolehmainen 2019, 16-17.)

Energiayhteisöt ilmiönä liittyvät energiantuotannon murrokseen ja digitalisaatioon, mutta ennen kaikkea ihmisten käyttäytymisen muuttumiseen. Ensisijainen hyöty energiayhteisöön kuulumisesta nähdään olevan saavutettavilla kustannussäästöillä, mutta teknologisten ratkaisuiden, taloudellisen kannattavuuden ja liiketoimintamallien takana ihmisten motivaatiot energiayhteisöjä kohtaan voivat liittyä vahvasti myös ympäristöarvoihin sekä energiaomavaraisuuden kautta pienempään riippuvuuteen ulkopuolisesta energiantuotannosta. Nämä seikat on hyvä huomioida, kun mietitään palveluntuottajan näkökulmasta hyötynäkökulmia, laatua sekä lisäarvoa palveluille ja tuotteille.

Verkkoyhtiö hyötyy lähienergian tuotannosta pienentyneiden häviöiden ansiosta, koska tuotanto tapahtuu lähempänä kulutusta ja siten myös sähkön siirtoa tapahtuu vähemmän. Energiayhteisöjen kuormien ohjaamisella saavutetaan myös isoja hyötyjä. Kun kuormia ohjataan sellaiseen ajankohtaan, jolloin muuta kulutusta on vähän, saavutetaan häviöiden sekä huipputehon pienentymistä. Huipputehon pieneneminen voi joissakin tapauksissa tarkoittaa verkon vahvistamisinvestointien lykkäämistä tai jopa hylkäämistä kokonaan. Tästä on hyötyä myös asiakkaille, sillä asiakkaat lopulta maksavat verkon investoinnit sähkönsiirtomaksuina (Vaittinen 2010, 33–35.) Energiayhteisöissä, kuten taloyhtiöiden kiinteistöissä tai energiayhteisöjen (esim. korttelitaso) välisten kiinteistöjen kuormitusten välinen jousto ja risteily vähentää kiinteistökohtaista huippukysyntää ja vähentää kuormitusten vaihtelevuutta. Tämä voi mahdollistaa pientuotannon tai sähkövaraston suhteellisesti pienemmät kapasiteetit, jolloin järjestelmät voidaan mitoittaa teknistaloudellisesti paremmin omakäyttöasteen nostamiseksi kuin yksittäisen kiinteistön, mikä lisää merkittävästi tuotetun energian arvoa. (Kolehmainen 2019, 16.)

Energiamurros muuttaa merkittävästi sähkön käyttöä ja tuotantoa. Siihen vaikuttavat suuresti pientuotannon lisääntyminen, energiatehokkuuden parantuminen, kysyntäjousto, energiavarastot, lämpöpumput ja sähköajoneuvojen yleistyminen. Nämä kaikki edellä mainitut hajautetut energioresurssit ovat integroitavissa energiayhteisöihin ja voivat olla esimerkiksi osa yhtä yksittäistä taloyhtiötä. Taloyhtiöiden osalta nähdään merkittävästi potentiaalia hajautettujen energioresurssien hyödyntämisen osalta, koska taloyhtiöissä ei ole tehty juurikaan merkittäviä toimenpiteitä hajautettujen energioresurssien integroinnin osalta.

Energiayhteisöjen kannattavuus parantuu eri järjestelmien ja niiden yhdistelmien käytöasteen monipuolistumisen myötä. Isoin askel on otettu tällä hetkellä hyvityslaskennan sallimisella kiinteistön sisäisissä energiayhteisöissä, joka parhaimmillaan avaa myös muita mahdollisuuksia energiayhteisöjen osalta laajemmassa kontekstissa.

Energiayhteisöjen kannalta pientuotantoratkaisujen hintojen odotetaan alentuvan jatkossakin. Sähkövarastolliset järjestelmät eivät ole kustannuksiltaan tai käyttöasteeltaan vielä sillä tasolla, että ne voisivat yleistyä merkittävässä määrin taloyhtiöiden energiayhteisöissä. Sähkövarastojen monipuolinen käyttö kulutus- ja kysyntäjoustoissa energian varastoimisen lisäksi nostaa niiden kannattavuutta ja hyötyastetta. Hyötysuhteen osalta laitteistojen odotetaan kehittyvän, mutta niiden käyttöasteen nostamisen osalta tarvitaan lisää kehitystyötä. Energiaratkaisuiden osalta tuleekin kiinnittää vielä enemmän huomiota niiden mahdollisimman monipuolisiin ja uusiin käyttötapoihin sekä palvelumahdollisuuksiin. Energiayhteisöjen osalta huomioita voidaan kiinnittää myös uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden teknologioiden eri hankintamalleihin, jossa riskiä voidaan hajauttaa palveluntarjoajan ja energiayhteisön kesken. Uusiutuvan energian ratkaisuilla on lisäksi kiinteistön ja asuntojen arvon nousuun liittyviä tekijöitä. Taloyhtiön energiayhteisö voi vaikuttaa asuntojen arvon kehitykseen tai ainakin lisätä mahdollisesti taloyhtiön houkuttelevuutta asuntoa ostaessa tai myydessä.

Oman tuotannon ja energian varastoimisen lisäksi, energiayhteisöjen kannalta kulutusjousto tulee olemaan keskeisessä roolissa taloyhtiöille laitteistojen hyötysuhteen ja käyttöasteen parantamisessa sekä kustannusten leikkaamisessa. Kulutusjouston kannalta tarvitaan aggreointimalleja niin joustojen kuin ylijäämäisen uusiutuvan energian tuotannon kannalta. Kulutusjouston kannalta korttelitason tai alueellisen tason energiayhteisöillä voi olla merkittävä rooli verkon tasapainottamisessa. Yleisesti ottaen joustopalveluiden ja siinä tarvittavien alustojen ja teknologian ympärille nähdään rakentuvan suuri liiketoimintamahdollisuuksien potentiaali. Dynaamisten joustomarkkinoiden luominen vaatii paljon yhteistyötä eri tahojen kanssa, jotta liiketoiminta on kannattavaa ja kehitettävissä. Taloyhtiöiden energiayhteisöjen kannalta kysyntäjouston mahdollistaminen tuo paremman ymmärryksen kiinteistötason kulutuksesta, mikäli sitä voidaan jokaisen toimesta seurata. Kommunikoiva energia- hankkeessa on luotu tätä varten juuri digitaalisia työkaluja, millä yhteisön energioresurssija voidaan seurata ja jatkossa myös hallita. Parhaimmillaan jousto tapahtuu kiinteistöverkon sisällä omassa virtuaalivoimalassa asuntojen tai asuinrakennusten välillä, jolloin jakeluverkkoon päin voidaan parhaassa tapauksessa loiventaa kulutus- tai kysyntähuippuja. Tämä parantaa osaltaan myös sähkön toimituksen varmuutta ja sähköverkon luotettavuutta.

Energiayhteisöjen on ennustettu mahdollistavan nykyisten pientuotannon ratkaisujen teknologian kehittymisen sekä niihin liittyvien palvelujen kysynnän kasvun. Nämä yhdessä luovat markkinaa uudentilaisille palveluille. Energiayhteisöjen kannalta kannustimet muodostuvat säästetystä energiasta, energian myymisestä sekä mahdollisesta

energian joustosta. Tällä hetkellä suurin taloudellinen kannuste on energiansäästöissä ja ostosähkön korvaamisessa. Sähköä voidaan myydä verkkoon, mutta rahallinen korvaus on pientä ja regulaatio estää vielä isompien määrien myymisen. Eri toiminta- ja palvelumallit sekä kansalliset ja EU:n tavoitteet lisätä energiayhteisötoimintaa luovat kuitenkin koko ajan lisää kannustimia energian monipuolisempaan hyödyntämiseen.

Työ- ja elinkeinoministeriön selvityksessä (2023) todetaan, että nimenomaan tulevaisuuden hajautetut energiayhteisöt voivat aiempaa paremmin palvella kuluttajien mahdollisuuksia osallistua aktiivisesti sähkömarkkinoille, kun sähkön netotus tasejakson sisällä mahdollistetaan myös hajautetuissa energiayhteisöissä. Lisäksi kustannusvastaavat erillistariffit tai tariffirakenteet, jotka muuten huomioivat energiayhteisöjen ja aktiivisten asiakkaiden vaikutukset järjestelmään, ohjaisivat energiayhteisöjen osallistumista sähkö- ja lisäpalvelumarkkinoille mahdollisimman tehokkaasti. Hajautettujen energiayhteisöiden hyödyt yhteisön jäsenille tulevat pääosin taloudellisen hyödyn kautta. Ilman taloudellista hyötyä yhteisöjä tuskin syntyisi. Energiayhteisö voi mahdollistaa investoinnit omaan uusiutuvaan sähköntuotantoon tai esimerkiksi paremman energiatehokkuuden. Nykyisessä sääntelykehyksessä hajautettujen yhteisöjen taloudellinen hyöty syntyy pääosin mittakaavahyötyjen kautta. Mikäli sähkön jakaminen mahdollistetaan hajautetuille energiayhteisöille, kasvavat myös yhteisön jäsenten saamat taloudelliset hyödyt, kun verrataan yhteisön sisällä tuotetun sähkönenergian hintaa avoimelta toimittajalta ostetun sähkön hintaan edellyttäen, että itsetuotettu sähkö on halvempaa. (Työ ja elinkeinoministeriö 2023.)

Toimivien ja kannattavien palvelu- ja toimintamallien välille tarvitaan monen eri alan poikkitieteellistä yhteis- ja kehitystyötä. Tähän tarpeeseen voivat vastata korkeakoulut, järjestöt ja alan yritykset, joiden kautta voidaan toteuttaa tutkimus-kehittämis- ja innovaatiotyötä, tarjota koulutusta sekä varmistaa työvoiman saatavuus ja osaaminen. Energiamurroksessa tarvitaan laajaa osaamista sekä eri toimialojen keskinäistä yhteistyötä. Älykkään energiantuotannonosalta tarvitaan energiatekniikan ja ympäristötekniikan osaamista, talotekniikan hallintaa, digitalisaatioon liittyvää osaamista, liiketaloudellista osaamista ansaintamallien kehittämiseen sekä viestinnällistä mediaosaamista. Kommunikoiva energia -hankkeen havaintojen perusteella kehitystä ja tutkimusta tarvitaan automaation kokonaisvaltaisesta ja optimaalisesta syventämisestä energiantuotantoon, energiatehokkuuteen ja energianvarastointiin. Lisäksi vertaisverkkojen toimintamalleihin, digitaalisiin alustoihin ja toimivan sähkökaupparakennan sekä jousto- ja joustojen hyödyntämiseen kehittämiseen tarvitaan tutkimusta, mallinnuksia ja mahdollisia pilottikohteita.



Yleisemmällä tasolla hanke on tuonut alueellisesti lisää ymmärrystä ja tunnettavuutta energiayhteisökäsitteelle ja ilmiölle. Tunnettavuuden ja tiedon kautta voidaan luoda lisää positiivista vaikutusta ympäristöön ja odotuksiin energiayhteisöjä kohtaan, mikä voi herättää paikallista yhteistä mielenkiintoa ja hyväksyttävyyttä energiavalintoihin ja energiayhteisöjen muodostumiseen. Kommunikoiva energia -hankkeen tulosten hyödyntämistä pyritään kohdentamaan tulevaisuudessa yhä enemmän virtuaalisiin paikallisiin ja hajautettuihin energiayhteisöihin sekä lohkoketjuteknologiaan perustuviin energiayhteisöiden vertaisverkkoihin. Energian digitalisointi tulee olemaan avainasemassa myös kaikille osapuolille kannattavissa energiayhteisöratkaisuisissa.

# Lähteet

Airaksinen, J., Annala, S., Bröckl, M., Honkapuro, S., Lassila, J., Manninen, J., Partanen, J., Rautiainen, T., Saario, M., Vanhanen, J. & Värre, U. 2019. Selvitys sähkön omatuotantoon, energiayhteisöihin ja energiahankkeiden lupamenettelyihin liittyvistä kysymyksistä. Valtioneuvoston selvitys.

Auvinen, K. & Honkapuro, S. 2020. Aurinkosähköä taloyhtiöiden asukkaille - Mittaushaasteista kohti digitaalisia energiayhteisöpalveluja. Aalto-yliopisto. Kauppakorkeakoulu.

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-8988-1>

Blomqvist, K. 2021. Taloyhtiöiden energiayhteisöt osana alueellista energiamurrosta Pohjois-Karjalassa. Opinnäytetyö. Uusiutuvan energian koulutus, YAMK. Karelia-ammattikorkeakoulu.

<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021052711667>

Caruna. 2023. Joensuussa opiskelija-asuntokehteissa pilotoidaan uudentyyppistä energiayhteisöä. Mediatiedote. <https://caruna.fi/ajankohtaista/joensuussa-opiskelija-asuntokehteissa-pilotoidaan-uudentyyppista-energiayhteisoa>

Elenia & VTT. 2021. Energiayhteisökäsikirja. Elenia. <https://www.elenia.fi/files/7de35936c413685a502e8cfe531bdcle42653201/elenia-energiayhteisokasikirja.pdf>

Frischknecht, R., Stolz, P., Krebs, L., de Wild-Scholten, M., Sinha, P., Fthenakis, V., Kim, H.C., Raugei, M., Stucki, M. 2020, Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessment of Photovoltaic Systems, International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12, Report T12-19:2020.

Heiskanen, E., Matschoss K., Laakso, S., Rinkinen, J. & Apajalahti, E. 2021. Energiamurroksen jännitteet kansalaisten arjessa. *Alue ja Ympäristö*, 50(1), 124–138. <https://doi.org/10.30663/ay.102992>

Hirvonen, J. 2017. Towards zero energy communities: Increasing local and renewable energy utilization in buildings through shared energy generation and storage. Aalto-yliopisto. Insinööritieteiden korkeakoulu. *Energiatekniikka*. Artikkeliväitöskirja. <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/26235>.

Honkapuro, S., Haapaniemi, J., Haakana, Juha., Lassila, J., Partanen, J., Lummi, K. Rautiainen, A., Supponen, A., Koskela, J., Järventausta, P. 2017. Jakeluverkon tariffirakenteen kehitysmahdollisuudet ja vaikutukset, Loppuraportti, Lappeenrannan ja Tampereen teknillinen yliopisto.

[https://energia.fi/files/1712/Jakeluverkon\\_tariffirakenteen\\_kehitysmahdollisuudet\\_ja\\_vaikutukset\\_-\\_loppuraportti\\_LUT\\_TUT\\_20170818.pdf](https://energia.fi/files/1712/Jakeluverkon_tariffirakenteen_kehitysmahdollisuudet_ja_vaikutukset_-_loppuraportti_LUT_TUT_20170818.pdf).

Hyysalo, S. 2017. Keitä ovat aktiiviset energiakansalaiset? Lähienergia. 5.1.2017. <https://lahienergia.org/kuluttajista-vauhtia-energiamurrokseen-osa-15-keita-ovat-aktiiviset-energiakansalaiset/>

Irena. 2017. Electricity storage and renewables: Costs and markets to 2030. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA\\_Electricity\\_Storage\\_Costs\\_2017.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf)

Järventausta, P. 2021. Lähienergiayhteisöt ja tulevaisuuden bisnesmallit. Esitys Kommunikoiva energia hankkeen -webinaarissa.

Järventausta, P., Koskela, J., Lummi, K. 2023. Energiayhteisön perustamisen kannattavuus ja vaikutukset sidosryhmille. Tampereen yliopisto.

Kari, M. 2020. Kiinteistösijoittajan odotukset ja epävarmuudet virtuaalivoimalaitoksen hankinnassa. Opinnäytetyö. Älykkäät palvelut digitaalisessa ympäristössä (YAMK). Hämeen ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202002182542>

Kohonen, V. 2023. Energiayhteisöpilotin esitys pilottia toteuttaville sidosryhmille. Ei julkaistu.  
Kolehmainen, M. 2019. Energiayhteisöjen toimintamallit ja lainsäädäntö Suomessa. Lappeenranta teknillinen yliopisto. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201903189199>

Kounelis, I. Giuliani, R., Geneiatakis, D., Di Gioia, R. Karopoulos. G., Steri, G., Neisse, R., Nai-Fovino, I. 2017. Blockchain in Energy Communities. [https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC110298/del.344003.v09\(1\).pdf](https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC110298/del.344003.v09(1).pdf).

Lahti, V. & Selosmaa, J. 2013. Kaikki jakoon! kohti uutta yhteisöllistä taloutta. Jyväskylä: Atena kustannus, 13-15.

Lukkarinen, J., Faehnle, M., & Salo, M. 2021. Tulevaisuuden energiakansalaisia etsimässä: Energia ei ole vain edelläkävijöiden asia. CORE. 1.3.2021. <http://www.collaboration.fi/2021/03/01/tulevaisuuden-energiakansalaisia-etsimassa-energia-ei-ole-vain-edellakavijoiden-asia/>

Lukkarinen, J., Marttila, T., Saarikoski, H., Auvinen, K., Faehnle, M., Hyysalo, S., Kangas, H., Lähteenoja, S., Peltonen, L. & Salo, M. 2020. Taloyhtiöistä tulevaisuuden energiatuottajia – Muutospolut vuoteen 2035 ja murrosareena tiedon yhteistuotannon menetelmänä. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 39/2020. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5217-7>

Määttä, T., Berg, E., Härkönen, K., Kangastie, T., Österberg, A., Katajainen, A. 2020. Energiaviisaat-Virtuaalivoimalaitos-opas2020. <https://energiaviisaat.fi/wp-content/uploads/2020/11/Energiaviisaat-Virtuaalivoimalaitos-opas2020.pdf>. 20.01.2021.

Pylväläinen, E. 2022. Kiinteistörajat ylittävän energiayhteisön toteutusvaihtoehdot. Sähkötekniikan diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022112166279>.

Reis, I., Gonçalves, I., Lopes, C. H. A. 2021 Business models for energy communities: A review of key issues and trends, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 144.

Siilin, K. 2019. Asiakkaiden sähkövarastojen joustomahdollisuudet energiayhtiölle ja jouston asiakasarvolupaukset. Tampereen teknillinen yliopisto. Tekniikka ja luonnontieteet. Diplomityö. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-201908142886>

Soiero, M., Ferreira, D. 2020. Community renewable energy: Benefits and drivers. [https://www.researchgate.net/publication/347931258\\_Community\\_renewable\\_energy\\_Benefits\\_and\\_drivers/fulltext/5ff0a72745851553a014e5f2/Community-renewable-energy-Benefits-and-drivers.pdf](https://www.researchgate.net/publication/347931258_Community_renewable_energy_Benefits_and_drivers/fulltext/5ff0a72745851553a014e5f2/Community-renewable-energy-Benefits-and-drivers.pdf).

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

The Valentin Software. 2023. The design and simulation software for photovoltaic systems. <https://valentin-software.com/en/products/pvsol-premium/>

Työ- ja elinkeinoministeriön 2023. Energiayhteisöt ja erilliset linjat. Energiayhteisöryhmän loppuraportti. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-653-6>

Vaittinen, O. 2010. Pienvoimantuotannon aggregointi virtuaaliseksi voimalaitokseksi. Aalto yliopiston teknillinen korkeakoulu. Sähkötekniikan laitos. Diplomityö. <https://aalto.fi/handle/123456789/3333>.

Viljanen, A., Pienimäki, M., Hämäläinen, L. 2020. Yhteisöenergian käsikirja. Kuinka edistän paikallista uusiutuvaa yhteisöenergiaa. Thermopolis Oy. <http://co2mmunity.eu/wp-content/uploads/2020/04/Co2mmunity-handbook-FI-Yhteis%C3%B6energian-k%C3%A4sikirja-Soumi-V1.1.pdf>.

VTT & Tampereen yliopisto. 2021. Prosumer Centric Energy Communities Towards Energy Ecosystem (ProCemPlus). <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2238-0>

Wiksted, M. 2018. Sähkövarastot osana virtuaalivoimalaitosta. Opinnäytetyö. Sähkö- ja automaatiotekniikka. Metropolia ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201805097445>

Yleisradio. 2020. Tässä kerrostalossa tuotetaan itse osa sähköstä – ja näin saatat asua pian siinäkin, sillä uudistus tekee aurinkosähköstä nykyistä houkuttelevampaa. <https://yle.fi/uutiset/3-11594666>.

Yleisradio. 2021. Oikeus torppasi verottajan: aurinkosähköä voi myydä taloyhtiöstä ilman kallista alv-paperisotaa – taloyhtiö pakotti viranomaiset ottamaan kantaa. <https://yle.fi/a/3-11873408>.