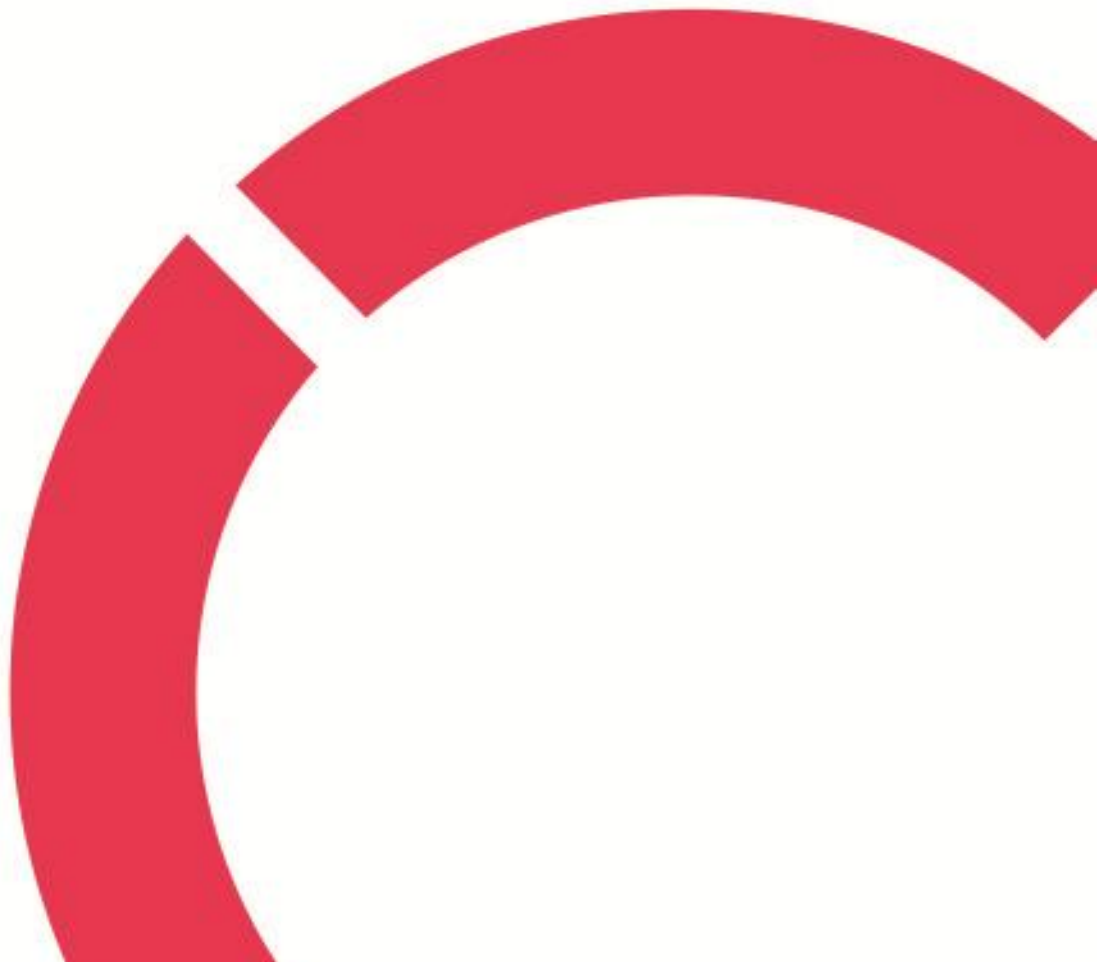


Hardi Rõustik

**KIINTEISTÖIHIN ASENNETTAVIEN AKKUVARASTOJEN
KÄYTTÖ JA SÄHKÖTURVALLISUUSVAATIMUKSET**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikka koulutus
Helmikuu 2026**



Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Huhtikuu 2026	Tekijä/tekijät Hardi Rõustik
Koulutus Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikka		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
Työn nimi KIINTEISTÖIHIN ASENNETTAVIEN AKKUVARASTOJEN KÄYTTÖ JA SÄHKÖTURVALLISUUSVAATIMUKSET		
Työn ohjaaja Kari Saaranen		Sivumäärä 27 + 3
Työelämäohjaaja		
<p>Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin kiinteistöihin asennettavia akkuvarastoja, niiden käyttötapoja sekä sähköturvallisuuteen ja paloturvallisuuteen liittyviä huomioita. Työn tavoitteena oli kuvata, miksi kotiakkuja käytetään, mitä turvallisuuteen liittyviä erityispiirteitä niihin liittyy sekä miten turvallisuus huomioidaan suunnittelussa, asennuksessa ja käytössä. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja sitä täydennettiin verkkokyselyllä kotiakkujen käyttäjille.</p> <p>Kyselyyn saatiin 44 vastausta, joista 43 vastaajalla oli käytössä kotitalouteen asennettu akkuvarasto. Vastaajista suurin osa ilmoitti asennuksen tehdyksi sähköalan ammattilaisen toimesta ja valtaosa koki akkuvaraston turvalliseksi osaksi kotinsa sähköjärjestelmää. Käyttäjien tieto pääkytkimen tai erotuslaitteen sijainnista ja poiskytkennästä vikatilanteessa oli pääosin hyvä. Sen sijaan huolto- ja tarkastuskäytännöt näyttäytyivät epäselvempinä, ja vain pieni osa vastaajista ilmoitti akkuvarastolle tehdyn huollon tai tarkastuksen.</p> <p>Tulosten perusteella turvallisuuden kannalta korostuvat kirjallinen ohjeistus, selkeä huolto- ja tarkastuspolku sekä merkinnät ja varautumisen käytännöt, jotka tukevat toimintaa poikkeustilanteissa. Työn tuloksena esitettiin kehittämissuhteita kotiakkujärjestelmien turvallisen käytön ja varautumisen parantamiseksi.</p>		
Asiasanat Akkuvarastot, asennustyö, kiinteistöt, maadoitus, oikosulkuvirta, sähköturvallisuus, suojaus, varavoima.		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date April 2026	Author Hardi Rõustik
Degree programme Bachelor of Engineering, Electrical and Automation Engineering		
Name of thesis USE OF BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEMS INSTALLED IN BUILDINGS AND ELECTRICAL SAFETY REQUIREMENTS		
Centria supervisor Kari Saaranen	Pages 27 + 3	
Instructor representing commissioning institution or company		
<p>This thesis examined battery energy storage systems (BESS) installed in buildings, their typical use cases, and key aspects related to electrical and fire safety. The aim of the study was to describe why residential battery systems are adopted, what safety-related characteristics they introduce, and how safety is addressed in system design, installation, and everyday operation. The thesis was carried out as a literature review and complemented with an online survey targeted at residential battery users.</p> <p>The survey received 44 responses, of which 43 respondents had a battery energy storage system installed in a household setting. Most respondents reported that the system had been installed by an electrical professional, and the majority perceived the battery system as a safe part of their home electrical installation. Respondents generally knew the location of the main switch or isolator and how to switch the system off safely in a fault situation. However, maintenance and inspection practices appeared less clear, and only a small part of the respondents reported that maintenance or an inspection had been carried out.</p> <p>Based on the findings, safety can be supported by providing written user instructions, defining a clear maintenance and inspection pathway, and ensuring appropriate labelling and preparedness practices for abnormal situations. The outcome of the thesis is a set of development suggestions aimed at improving safe operation and preparedness related to residential battery systems.</p>		

<p>Key words Battery storage, buildings, commissioning, earthing, electrical safety, installation work, protection, short-circuit current, standby power.</p>
--

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

AC

Vaihtosähkö (Alternating Current). Kiinteistöjen sähköverkko on yleensä vaihtosähköä, ja akkuvarasto liitetään siihen invertterin avulla.

Akkuvarasto

Kiinteistöön asennettava energian varastointijärjestelmä, jossa sähköenergia varastoidaan akustoon ja sitä ladataan sekä puretaan järjestelmän ohjauksen mukaan.

Akusto

Akuista tai akkukennoista koottu kokonaisuus, joka varastoi sähköenergiaa. Kiinteässä asennuksessa akusto on osa akkuvarastojärjestelmää.

BESS

Battery Energy Storage System. Akkuvarastojärjestelmä, joka sisältää akuston lisäksi ohjauksen, suo-
jaukset ja liittymän sähköverkkoon.

BMS

Battery Management System. Akuston hallintajärjestelmä, joka valvoo ja ohjaa akuston toimintaa (esim. lämpötiloja ja jännitteitä) ja voi rajoittaa käyttöä turvallisuuden vuoksi.

DC

Tasasähkö (Direct Current). Akusto toimii tasasähköpuolella, ja akkuvarastojärjestelmä sisältää yleensä sekä DC- että AC-osan.

Energianhallinta

Toiminnot, joilla ohjataan kiinteistön tuotantoa, kulutusta ja varastointia. Akkuvarastossa energianhallinta ohjaa tyypillisesti latausta ja purkua.

ESS

Energy Storage System. Victronin dokumentaatiossa käytetty termi järjestelmäkokonaisuudesta (invertteri/laturi, ohjaus ja akusto), jonka avulla energiaa varastoidaan ja puretaan asetusten ja käyttötilojen mukaisesti.

Erottaminen

Turvallisuustoimenpide, jossa järjestelmä tai sen osa tehdään jännitteettömäksi huollon tai vikatilanteen ajaksi erotuslaitteen avulla.

Erotuslaite

Laite, jolla akkuvarastojärjestelmä tai sen osa voidaan erottaa sähköisesti muusta järjestelmästä turvalista työskentelyä ja vikatilanteita varten.

Google Forms

Verkkokyselytyökalu, jolla tässä työssä kerätään anonyymi kyselyaineisto kotiakkujen käyttäjiltä.

Invertteri

Laite, joka muuntaa akuston tasasähkön vaihtosähköksi ja mahdollistaa akkuvaraston liittämisen kiinteistön sähköverkkoon.

Käyttöönottotarkastus

Tarkastus, jolla varmistetaan, että sähköasennus on toteutettu vaatimusten mukaisesti ja turvallisesti ennen käyttöönottoa.

Kohdekortti

Pelastus- ja varautumiskäytössä käytettävä kohteen tietokortti, johon kootaan akkuenergiavaraston oleelliset tiedot (esim. sijainti, hätäkatkaisu, järjestelmän tyyppi ja yhteystiedot) poikkeustilanteiden toiminnan tukemiseksi.

Maadoitus

Sähköasennuksen osa, jolla pyritään varmistamaan turvallisuus vikatilanteissa sekä suojauksen toiminta liittämällä järjestelmä maahan.

Oikosulkuvirta

Virta, joka syntyy vikatilanteessa oikosulussa. Akkujärjestelmissä oikosulkuvirrat voivat olla suuria, jolloin suojauksen mitoitus korostuu.

Potentiaalintasaus

Toimenpide, jolla eri johtavat osat yhdistetään samaan sähköiseen potentiaaliin sähköiskun vaaran pienentämiseksi.

Saarekekäyttö

Tilanne, jossa kiinteistö tai sen osa toimii irti sähköverkosta ja akkuvarasto (invertterin kautta) ylläpitää syöttöä valituille kuormille.

SFS 6000

Pienjännitesähköasennusten standardisarja, jota käytetään tässä työssä akkuvarastojen asennus- ja turvallisuusvaatimusten tarkasteluun.

SJV2024

Fingridin sähkövarastoja koskevat järjestelmätekniset vaatimukset, joita hyödynnetään työssä, kun tarkastellaan verkkoon liittämisen ja järjestelmän toiminnan vaatimuksia.

Sähköturvallisuus

Periaatteet ja toimenpiteet, joilla ehkäistään sähkön aiheuttamia vaaroja (esim. sähköisku, ylikuumentuminen ja paloriski) asennuksen, käytön ja huollon aikana.

Turvakytkin

Aurinkosähköjärjestelmän kytkin, jolla voidaan katkaista syöttö järjestelmästä kiinteistön sähköverkkoon. Turvakytkin ei välttämättä tee tasasähköpuolta jännitteettömäksi, koska paneelit voivat tuottaa sähköä valon vaikutuksesta.

Varavoima

Toiminto, jossa akkuvarasto voi syöttää valittuja kuormia sähkökatkon tai häiriötilanteen aikana.

Ylivirtasuojaus

Suojaus, jolla estetään johtimien ja laitteiden vaarallinen kuumentuminen ylikuormitus- ja oikosulkutilanteissa.

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 AKKUVARASTOT KIINTEISTÖISSÄ	3
2.1 Akkuvarastojen käyttökohteet kiinteistöissä.....	4
2.2 Tyypillinen järjestelmäkokonaisuus.....	5
2.3 Tekniset ratkaisut ja käytötavat.....	6
2.4 Yhteys sähköturvallisuuteen	6
2.5 Energianhallinta ja ohjauksen rooli kiinteistössä	7
2.6 Käyttötilat ja käyttäjän näkökulma turvallisuuteen	7
3 SÄHKÖTURVALLISUUS JA VAATIMUKSET.....	9
3.1 Suojaus sähköiskuilta ja vaarallisten kosketusjännitteiden estäminen	9
3.2 Ylivirtasuojaus, oikosulkuilanteet ja johtojärjestelmien mitoitus	10
3.3 Suojaus lämmön vaikutuksilta ja paloturvallisuuden sähkötekninen näkökulma	10
3.4 Erottaminen, maadoitus, tarkastukset ja akustokohtaiset vaatimukset.....	11
3.5 Merkinnät, dokumentointi ja käyttöohjeet.....	11
3.6 Käyttöönottotarkastukset ja toiminnan varmistaminen	12
3.7 Turvallinen käyttö ja huolto arjessa	13
3.8 Sijoittaminen ja pelastustoiminnan edellytykset.....	14
4 TUTKIMUSMENETELMÄT	15
4.1 Aineisto.....	15
4.2 Verkkokyselyn toteutus	15
4.3 Aineiston analyysi.....	16
4.4 Luotettavuus	16
4.5 Eettisyys ja tietosuojat	16
5 TULOKSET.....	18
5.1 Vastaajien taustat ja järjestelmän käyttötapa	18
5.2 Turvallisuusohjeistus ja toiminta poikkeustilanteissa	18
5.3 Koettu turvallisuus.....	19
5.4 Käytössä havaitut poikkeamat.....	20
5.5 Huolto ja tarkastukset	20
5.6 Avoimet vastaukset: huolia ja kokemuksia	21
6 TULOSTEN VERTAILU VAATIMUKSIIN JA LÄHTEISIIN	22
6.1 Ohjeistus ja dokumentointi suhteessa standardeihin ja valmistajien ohjeisiin.....	22
6.2 Poiskytkentä, erotus ja käyttäjän toimintavalmius	22
6.3 Koettu turvallisuus, poikkeamahavainnot ja riskikuva	23
6.4 Huolto ja tarkastukset suhteessa vaatimuksiin ja ohjeisiin	23
6.5 Sijoittaminen ja varautuminen pelastusnäkökulmasta	24
6.6 Luotettavuus ja rajoitteet	24
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISEHDOTUKSET	25
7.1 Johtopäätökset tutkimuskysymyksittäin	25

7.2 Kehittämisehdotukset	26
7.3 Yhteenveto	27
LÄHTEET	28
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. Sähkövaraston käyttötarkoituksia	3
KUVAT	
KUVA 1. Paikallisesti tuotetun energian varastointi akkuvarastoon.....	4
TAULUKOT	
TAULUKKO 1. Akkuvaraston liittyminen järjestelmään (n = 43)	18
TAULUKKO 2. Asennuksen toteuttanut ammattilainen (n = 43).....	18
TAULUKKO 3. Ohjeistus asennuksen yhteydessä (n = 43)	19
TAULUKKO 4. Tieto turvallisesta poiskytkennästä vikatilanteessa (n = 43)	19
TAULUKKO 5. Tieto pääkytkimen tai erotuslaitteen sijainnista (n = 43).....	19
TAULUKKO 6. Koettu turvallisuus (n = 43).....	19
TAULUKKO 7. Havaitut poikkeamat (n = 43)	20
TAULUKKO 8. Tieto huollon tarpeesta (n = 43).....	20
TAULUKKO 9. Huolto tai tarkastus tehty (n = 43)	20

1 JOHDANTO

Sähköjärjestelmän murros, uusiutuvan energian lisääntyminen ja sähkön hinnan vaihtelut ovat lisänneet tarvetta energian varastoinnille myös kiinteistöissä. Yhä useammassa kohteessa tuotetaan sähköä paikallisesti esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmällä, ja samalla pyritään hallitsemaan kulutushuippuja, parantamaan omavaraisuutta sekä lisäämään toimitusvarmuutta. Kiinteistöihin asennettavat akkuvarastot ovat yksi ratkaisu, jolla sähköä voidaan varastoida ja käyttää myöhemmin silloin, kun kulutus tai sähkön hinta sitä edellyttää. Akkuvarastoja hyödynnetään myös sähkökatkon aikana tai muissa häiriötilanteissa sekä energianhallinnan tukena, kun kiinteistössä pyritään ohjaamaan kulutusta ja tuotantoa suunnitelmallisesti.

Akkuteknologian yleistyminen tuo kiinteistöjen sähköjärjestelmiin kuitenkin myös uusia teknisiä ja turvallisuuteen liittyviä haasteita. Akkuvarasto lisää kiinteistön sähköjärjestelmään merkittävän energiamäärän (kilowattitunteina mitattuna), jota voidaan purkaa kuormille myös silloin, kun tuotantoa ei ole tai sähköverkossa on häiriö, jonka toiminta perustuu tasasähköön ja tehoelektroniikkaan. Sähköturvallisuuden näkökulmasta korostuvat esimerkiksi ylivirta- ja oikosulkusuojauksen mitoitus, erotus- ja kytkentäratkaisut, maadoitus ja potentiaalintasaus sekä turvallinen käyttö ja huolto. Lisäksi akkuvarastot sisältävät tyypillisesti ohjaus- ja valvontatoimintoja, jotka vaikuttavat siihen, miten järjestelmä käyttäytyy normaali- ja vikatilanteissa. Käytännössä turvallisuus toteutuu vain, jos vaatimukset huomioidaan jo suunnittelussa, asennustyössä ja käyttöönottotarkastuksissa ja jos käyttäjillä on riittävä ohjeistus päivittäiseen käyttöön.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on muodostaa käytännönläheinen kokonaiskuva kiinteistöihin asennettavien akkuvarastojen käytöstä ja niihin liittyvistä sähköturvallisuusvaatimuksista. Työssä selvitetään, mitkä tekijät ovat lisänneet akkuvarastojen käyttöä kiinteistöissä ja millaisia teknisiä ratkaisuja ja käyttötapoja niihin on kehitetty. Lisäksi tarkastellaan, millaisia sähköturvallisuuteen liittyviä haasteita ja erityisominaisuuksia akkuvarastot aiheuttavat sekä miten turvallisuuteen liittyvät vaatimukset otetaan huomioon suunnittelussa, asennustyössä ja päivittäisessä käytössä. Työn lähtökohtana on yhdistää vaatimukseen perustuva tarkastelu ja käytännön näkökulma: kirjallisuudessa ja ohjeistuksissa esitettyjä vaatimuksia verrataan kerättyihin käyttäjien kokemuksiin anonyymillä verkkokyselyllä.

Työn tutkimuskysymykset ovat:

1. Mitkä tekijät ovat johtaneet akkuvarastojen käyttöön kiinteistöissä ja millaisia teknisiä ratkaisuja ja käyttötapoja niihin on kehitetty?
2. Millaisia sähköturvallisuuteen liittyviä haasteita ja erityisominaisuuksia akkuvarastot aiheuttavat?
3. Miten akkuvarastojen turvallisuuteen liittyvät erityisvaatimukset otetaan huomioon niiden suunnittelussa, asennustyössä ja päivittäisessä käytössä?

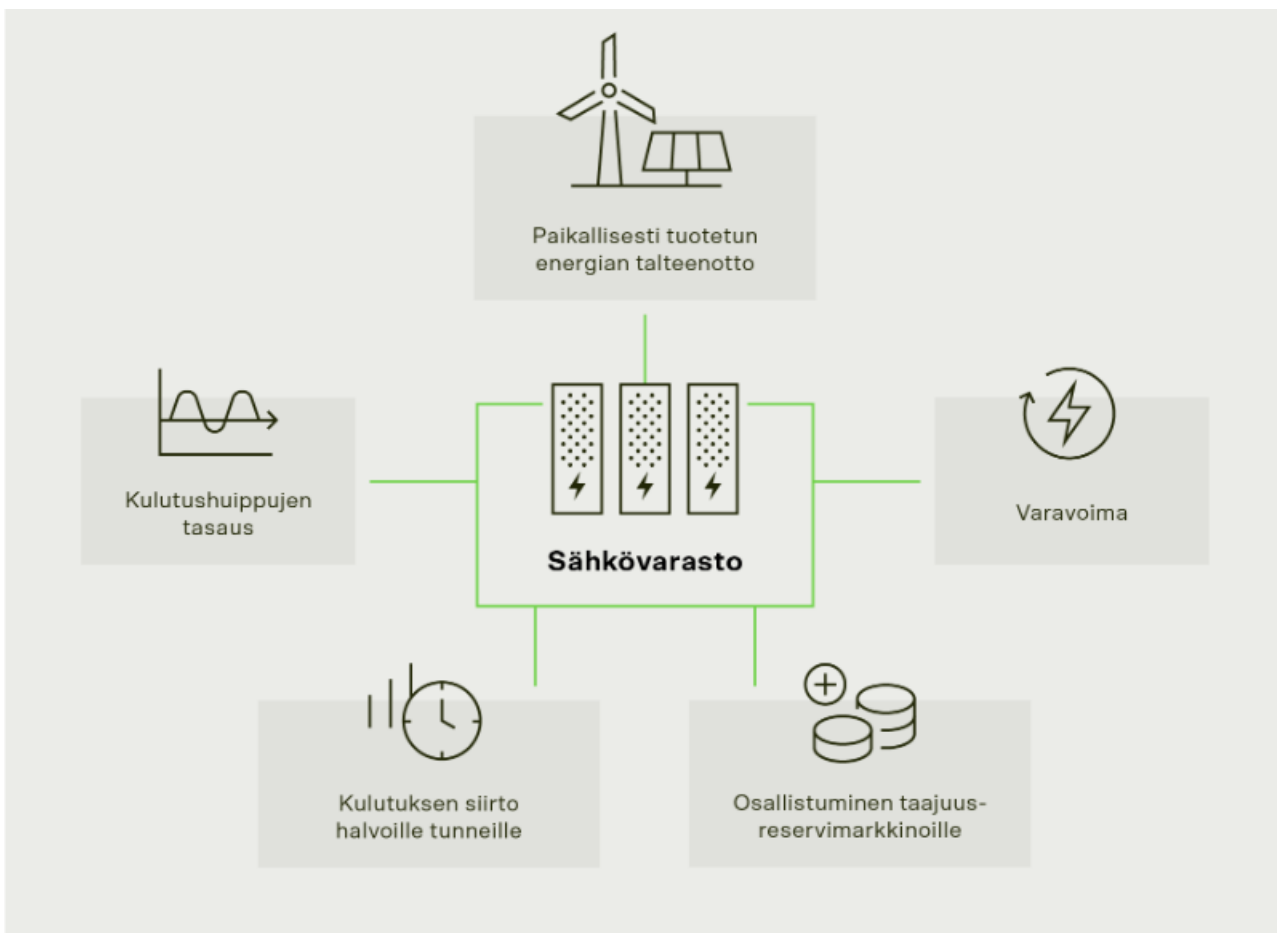
Työ rajattiin kiinteistöihin asennettaviin akkuvarastoihin ja niiden sähköturvallisuuteen. Työssä ei käsitellä akkujen sähkökemialla tai kennotekniikkaa yksityiskohtaisesti eikä tehdä laajaa taloudellista kannattavuus- tai markkina-analyysiä. Aurinkosähköjärjestelmät huomioidaan siltä osin kuin ne liittyvät tyypillisiin kiinteistöakkujen toteutuksiin ja turvallisuuskysymyksiin. Työn tietoperusta rakentuu ensisijaisesti sähköasennuksia ohjaavista standardeista ja kansallisista vaatimuksista sekä viranomaislähteistä. Lisäksi hyödynnetään ajantasaisia teknisiä lähteitä, joiden avulla kuvataan akkuvarastojen käytötarkoituksia ja toteutustapoja. Empiirinen aineisto kerättiin verkkokyselyllä kotiakkujen käyttäjiltä, ja tulokset analysoitiin sekä määrällisesti (jakaumat) että laadullisesti (teemoittelu).

Työ etenee siten, että ensin kuvataan akkuvarastojen käyttöä kiinteistöissä ja niihin liittyviä tyypillisiä teknisiä ratkaisuja. Tämän jälkeen tarkastellaan akkuvarastoihin liittyviä sähköturvallisuusvaatimuksia ja riskitekijöitä standardeihin sekä ohjeistuksiin perustuen. Menetelmäluvussa kuvataan kyselytutkimuksen toteutus ja analyysitapa. Tuloksissa esitettiin kyselyn havainnot, joita verrataan teoriaosuudessa esitettyihin vaatimuksiin. Lopuksi työssä esitettiin johtopäätökset ja kehittämisehdotukset, joiden tavoitteena on tukea akkuvarastojen turvallista suunnittelua, asennusta ja käyttöä kiinteistöissä.

2 AKKUVARASTOT KIINTEISTÖISSÄ

Akkuteknologian kehittyminen, paikallisen sähköntuotannon yleistymisen sekä sähkön hinnan vaihtelu ovat lisänneet kiinteistöihin asennettavien akkuvarastojen kiinnostavuutta. Akkuvaraston idea on siirtää energiankäyttöä ajallisesti: energiaa varastoidaan silloin, kun sitä on saatavilla edullisesti tai runsaasti, ja puretaan myöhemmin kulutuksen kannalta tarkoituksenmukaisena hetkenä. Näin akkuvarasto voi kasvattaa omakäyttöä ja lisätä kiinteistön energiajoustoa. (Cactus Oy 2024.)

Kiinteistöakkujen käyttöönoton taustalla korostuvat usein kolme tavoitetta: omakäytön lisääminen, kulutushuippujen hallinta ja varautuminen sähkökatkoihin. Omakäytössä akku varastoi esimerkiksi aurinkosähkön ylituotantoa ja mahdollistaa energian käytön myöhemmin. Huippujen hallinnassa akku toimii tehopuskurina ja voi pienentää hetkellistä verkosta otettavaa tehoa. Varavoimakäytössä järjestelmän tavoitteena on ylläpitää kriittisiä kuormia häiriötilanteissa. (Cactus Oy 2024; Tesla)



KUVIO 1. Sähkövaraston käyttötarkoituksia (mukaillen Cactus Oy 2024)

2.1 Akkuvarastojen käyttökohteet kiinteistöissä

Omakäytön lisääminen on akkuvaraston tyypillinen käyttökohte erityisesti silloin, kun kiinteistössä on aurinkosähköjärjestelmä. Aurinkosähkön tuotanto ajoittuu usein keskipäivään, kun taas kulutus painottuu monissa kotitalouksissa aamuun ja iltaan. Akkuvarasto tasoittaa tuotannon ja kulutuksen eroa ja voi lisätä paikallisesti tuotetun energian hyödyntämistä. Tällöin verkkoon siirtyvän energian osuus voi pienentyä ja omavaraisuus kasvaa. (Cactos Oy 2024.)

Kotitalouksien akkuenergiavarastoja hankitaan usein aurinkopaneelien yhteyteen varastoimaan tuotettua energiaa myöhempää käyttöä varten. Akkuenergiavarastoa voidaan käyttää myös sähkön hintapiikkien tasoittamiseen sekä sähkökatkosten aikana. Lisäksi akkuenergiavarastojen käyttöä kuvataan myös reservimarkkinoille osallistumisen näkökulmasta, vaikka toteutus ja vaatimukset riippuvat järjestelmästä ja käyttötavasta. (Rytkönen 2025.)



KUVA 1. Paikallisesti tuotetun energian varastointi akkuvarastoon (mukaiillen Cactos Oy 2024)

Kulutushuippujen hallinta liittyy tilanteisiin, joissa kuormitus nousee hetkellisesti korkeaksi ja sähkönkäyttöä halutaan tasata. Akkuvarasto voi purkaa energiaa kuormituspiikin aikana ja latautua myöhemmin, kun kuormitus on pienempi. Tämä on tarpeen etenkin kohteissa, joissa on samanaikaisesti useita suuria kuormia tai joissa kulutusta ohjataan sähkön hinnan mukaan. Käyttötapa vaikuttaa siihen, painottuuko mitoitus enemmän energiakapasiteettiin vai purkutehoon. (Cactos Oy 2024.)

Varavoima ja käyttövarmuus ovat käyttötapoja, joissa akkuvaraston rooli liittyy häiriötilanteisiin ja kriittisten kuormien ylläpitoon. Toteutustavasta riippuen järjestelmä voi syöttää koko kiinteistöä tai vain valittuja piirejä. Varavoimatoiminnossa korostuvat turvallinen erotus verkosta sekä hallittu paluu verkkokäyttöön, jotta järjestelmä ei muodosta vaaraa esimerkiksi huolto- tai vikatilanteissa. (Tesla; Fingrid Oyj 2025.)

2.2 Tyypillinen järjestelmäkokonaisuus

Kiinteistöakku on yleensä kokonaisuus, jossa yhdistyvät akusto, tehoelektroniikka, ohjaus ja liityntä kiinteistön sähköverkkoon. Akusto muodostuu kennoista tai moduuleista ja siihen liittyy akustonhallintajärjestelmä, joka valvoo toimintaa ja rajoittaa käyttöä turvallisten rajojen puitteissa. Järjestelmän toiminta perustuu tyypillisesti automatiikkaan, joka ohjaa latausta ja purkua asetettujen tavoitteiden mukaan. Kokonaisuus ei siis ole pelkkä akku vaan sähköjärjestelmään integroitava järjestelmä. (Cactus Oy 2024.)

Aurinkosähköjärjestelmässä tuotanto tapahtuu tasasähköpuolella, ja vaihtosuuntaaja muuntaa paneelien tuottaman tasavirran kiinteistön käyttämäksi vaihtovirraksi. Ohjeistuksessa korostetaan, että järjestelmässä voi olla myös akusto, erityisesti silloin kun sähköä halutaan hyödyntää myöhemmin. (Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto 2023.)

Järjestelmä liitetään kiinteistön vaihtosähköverkkoon invertterin kautta, jolloin akuston tasasähköpuoli ja kiinteistön vaihtosähköpuoli kytkeytyvät hallitusti yhteen. Invertterin ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten järjestelmä käyttäytyy häiriötilanteissa ja miten mahdollinen varavoimatoiminto toteutuu. Mikäli järjestelmä tukee saarekekäyttöä, vaatimukset turvalliselle verkosta erottautumiselle ja käytönhallinnalle korostuvat. (Tesla; Fingrid Oyj 2025.)

Kiinteistön puolella järjestelmä liittyy jakokeskukseen tai erilliseen alakeskukseen. Toteutus riippuu järjestelmän koosta, varavoimasta ja siitä, syötetäänkö koko kiinteistöä vai vain rajattuja kuormia. Sähköasennuksen kannalta tärkeimpänä on suojauksen ja erotuksen suunnittelu, johtojärjestelmien mitoitus sekä maadoitus- ja potentiaalintasausratkaisut, jotta järjestelmä toimii turvallisesti myös poikkeus-tilanteissa. (SFS 6000-5-52; SFS 6000-5-54; SFS 6000-5-57.)

TAB:n kiinteitä akustoja käsittelevässä teknisessä aineistossa tuodaan esiin, että akkuasennuksiin liittyvät standardit ja vaatimukset, joita huomioidaan järjestelmän valinnassa ja toteutuksessa. (TAB 2022.) Tämän vuoksi akkuvaraston turvallisuutta voidaan tarkastella sekä sähköasennusstandardien (esim. SFS 6000 -sarja) että valmistajan dokumentaation kautta, jolloin vaatimustenmukaisuus ja käytännön toteutus tukevat toisiaan. (TAB 2022.)

2.3 Tekniset ratkaisut ja käyttötavat

Tekniset ratkaisut voidaan jäsentää sen mukaan, painottuuko järjestelmä omakäyttöön, tehonhallintaan vai varavoimaan. Omakäytössä mitoitus perustuu usein vuorokausirytmiiin ja siihen, kuinka paljon energiaa halutaan siirtää tuotannosta kulutukseen. Tehonhallinnassa korostuu purkuteho ja ohjauksen kyky reagoida kuormitusmuutoksiin. Varavoimassa korostuvat kuormien valinta, käyttötilojen hallinta ja turvallinen toiminta häiriötilanteissa. (Cactus Oy 2024; Tesla.)

Monet kiinteistöakkujärjestelmät toimivat automaattisesti ja tarjoavat käyttäjälle näkymän järjestelmän tilaan, kuten varaustilaan, hälytyksiin ja käyttötilaan. Turvallisuuden kannalta käyttäjän tulisi lisäksi tietää, miten järjestelmä voidaan erottaa vikatilanteessa ja miten toimitaan, jos järjestelmä antaa hälytyksiä. Käyttäjäkokeemukset ohjeistuksen selkeydestä ja turvallisista toimintatavoista ovat myös tämän työn myöhemmässä kyselyosuudessa. (Tesla; Cactus Oy 2024.)

2.4 Yhteys sähköturvallisuuteen

Akkuratkaisut vaikuttavat suoraan kiinteistön sähköasennuksen turvallisuuteen, koska järjestelmään liitetään uusi energianlähde ja -varasto sekä tehoelektroniikkaa. Sähköturvallisuuden teemoja ovat sähköiskun estäminen, ylivirta- ja oikosulkutilanteiden hallinta, erotus ja kytkentä, maadoitus sekä käytönottotarkastukset. Lisäksi kiinteiden akustojen asennuksiin liittyy järjestelmäkohtaisia vaatimuksia, jotka täydentävät yleisiä sähköasennusvaatimuksia. (SFS 6000-4-41; SFS 6000-4-43; SFS 6000-4-46; SFS 6000-5-57; SFS 6000-6.)

2.5 Energianhallinta ja ohjauksen rooli kiinteistössä

Kiinteistöakkujen käyttö ei rajoitu pelkästään energian varastointiin, vaan järjestelmän toiminta riippuu usein ohjauksesta ja mittauksesta. Käytännössä moni ratkaisu sisältää energianhallintatoimintoja, joiden avulla latausta ja purkua ohjataan esimerkiksi aurinkotuotannon, kulutuksen tai sähkön hinnan perusteella. Tällöin akkuvarasto toimii osana laajempaa kokonaisuutta, jossa päätöksiä tehdään automaattisesti. Käyttäjän näkökulmasta tämä voi näkyä “älykkäänä” toimintana, mutta samalla se voi vaikeuttaa järjestelmän ymmärtämistä, jos ohjauslogiikkaa ei ole selitetty selkeästi. (Cactus Oy 2024; Tesla.)

Omakäyttöön painottuvassa järjestelmässä tavoite voi olla ladata akku täyteen silloin, kun tuotantoa on, ja purkaa sitä ilta-aikaan. Huippujen hallintaan painottuvassa järjestelmässä tavoite voi olla rajoittaa hetkellistä tehoa. Varavoimatoiminnossa ohjauksen tulee lisäksi hallita käyttötilat luotettavasti ja estää vaaralliset siirtymät. Näiden tavoitteiden yhdistäminen samaan järjestelmään vaatii, että käyttötilat ja niiden ehdot ovat selkeitä sekä käyttäjälle että asentajalle. (Cactus Oy 2024; Tesla.)

Victronin ohjeistuksessa energian varastointi kuvataan kokonaisuutena, jossa sähköverkkoliitäntä, invertteri/laturi, ohjauslaite ja akusto muodostavat yhden järjestelmän. Järjestelmän tarkoituksena on varastoida esimerkiksi aurinkosähköä akustoon päivän aikana ja käyttää energiaa myöhemmin, kun tuotanto ei enää riitä. (Victron Energy 2024.) Järjestelmässä korostuu ohjauksen rooli, koska lataus ja purku tapahtuvat käyttötilan ja asetusten mukaan, eivät pelkästään “akun ollessa kytkettynä”. (Victron Energy 2024.)

2.6 Käyttötilat ja käyttäjän näkökulma turvallisuuteen

Kotiakun toiminnassa on yleensä useita käyttötiloja, kuten normaali käyttö ja varavoimatila, joilla on turvallisuuden kannalta erilaisia vaikutuksia. Normaali käyttötila on se, jossa akku lataa ja purkaa ohjauksen mukaan ja järjestelmä toimii verkkokytkettynä. Poikkeustilanteissa käyttäjä kohtaa usein tilanteita, joissa järjestelmä antaa hälytyksiä, kytkeytyy rajoitettuun tilaan tai siirtyy varavoimakäyttöön. Näissä tilanteissa turvallinen toiminta riippuu siitä, ymmärtääkö käyttäjä, mitä järjestelmä tekee ja mitä hänen pitäisi tehdä. Jos tieto rajoittuu pelkkään “hälytys tuli sovellukseen” -tasoon, riskinä on, että käyttäjä tekee vääriä johtopäätöksiä tai ei reagoi lainkaan. (Tesla; Cactus Oy 2024.)

Turvallisuuden kannalta käyttäjän olisi hyvä tietää vähintään kolme asiaa: miten järjestelmän tila tarkistetaan, miten järjestelmä erotetaan vikatilanteessa ja milloin on syytä ottaa yhteyttä huoltoon tai sähköalan ammattilaiseen. Käyttäjän tieto ja toiminta eivät korvaa teknisiä suojauksia, mutta ne vaikuttavat siihen, miten järjestelmässä toimitaan poikkeustilanteessa ja miten riskejä hallitaan arjessa.

(Tesla.)

Verkkokyselyllä selvitetään myöhemmissä luvuissa, millaista ohjeistusta käyttäjät ovat saaneet ja miten he toimivat poikkeustilanteissa.

3 SÄHKÖTURVALLISUUS JA VAATIMUKSET

Akkuvarastojen sähköturvallisuus perustuu samoihin periaatteisiin kuin muissakin pienjännitesähkö-asennuksissa: vaarallisen kosketusjännitteen estäminen, vikavirtojen hallinta, laitteiden ja johtimien ylikuormituksen ehkäisy sekä järjestelmän turvallinen erotus ja käyttö. Akkuvarasto tuo kiinteistöön kuitenkin tasasähköön ja tehoelektroniikkaan liittyviä erityispiirteitä, joiden vuoksi suojausratkaisut ja käyttöönottotarkastukset korostuvat. Turvallisuus ei synny yhdestä komponentista, vaan se muodostuu kokonaisuudesta, jossa huomioidaan suojausmenetelmät, asennustapa, merkinnät ja käyttöohjeet. (SFS 6000-1; SFS 6000-5-57.)

Akkuvarastojärjestelmässä on yleensä sekä vaihtosähkö- että tasasähköpuoli, ja lisäksi ohjaus- ja valvontatoimintoja. Siksi turvallisuus liittyy samanaikaisesti sähköiskun estämiseen, ylivirta- ja oikosulkuilanteisiin, lämmön vaikutuksiin sekä erotus- ja kytkentäjärjestelyihin. Kiinteistöympäristössä vaatimusten täytyminen varmistetaan käytännössä suunnittelulla, toteutuksella ja tarkastuksilla. (SFS 6000-4-41; SFS 6000-4-42; SFS 6000-4-43; SFS 6000-6.)

3.1 Suojaus sähköiskuilta ja vaarallisten kosketusjännitteiden estäminen

Suojaus sähköiskulta perustuu siihen, että normaali- ja vikatilanteissa ihmiselle vaarallinen kosketusjännite estetään. Tämä toteutetaan perussuojauksella (jännitteisten osien kosketuksen estäminen) ja vikasuojauksella (automaattinen poiskytkentä, suojajohtimet ja suojapotentiaalintasaus). Akkuvarastojärjestelmissä korostuu lisäksi se, että järjestelmä voi ylläpitää jännitteitä myös poikkeustilanteissa, joten erotus ja selkeä käyttötila vaikuttavat turvallisuuteen. (SFS 6000-4-41; SFS 6000-4-46.)

Kiinteistöakun toteutuksessa sähköiskusuojauksen kannalta tärkeitä ovat myös asennuspaikan ja laitteiston mekaanisen suojauksen ratkaisut. Akkuyksiköt, kaapeloinnit ja kytkentälaitteet tulee sijoittaa ja suojata siten, että jännitteisiin osiin ei päästä käsiksi vahingossa ja että huolto- ja käyttötoimet voidaan tehdä turvallisesti. Jos järjestelmään liittyy varavoimatoiminto, on varmistettava, että verkosta erottautuminen tapahtuu hallitusti ja että järjestelmän käyttötilat ovat käyttäjälle ymmärrettäviä. (SFS 6000-4-46; Fingrid Oyj 2025.)

3.2 Ylivirtasuojaus, oikosulkutilanteet ja johtojärjestelmien mitoitus

Ylivirtasuojaus on akkuvarastojen sähköturvallisuuksessa tärkeä osa, koska järjestelmässä voi esiintyä suuria virtoja ja oikosulkutilanteiden energiataso voi olla huomattava. Ylivirtasuojauksen tarkoituksena on estää johtimien ja laitteiden vaarallinen kuumeneminen sekä rajata vikojen vaikutuksia. Suojausratkaisut valitaan siten, että ne toimivat luotettavasti ja katkaisevat virran vaaditussa ajassa. (SFS 6000-4-43.)

Johtojärjestelmien mitoituksessa huomioidaan kuormitettavuus, asennustapa ja ympäristöolosuhteet sekä se, että akkuvarastojärjestelmässä on useita käyttötiloja (lataus, purku ja mahdolliset lyhytaikaiset tehopiikit). Tasasähköpuolen kaapelointi ja suojaus tulee suunnitella niin, että järjestelmä pysyy hallittavana myös vikatilanteissa. Kun akkuvarasto liitetään osaksi laajempaa kokonaisuutta, myös järjestelmän käyttäytyminen häiriöissä ja suojausten toiminta nousevat esiin järjestelmäteknisten vaatimusten näkökulmasta. (SFS 6000-5-52; Fingrid Oyj 2025.)

3.3 Suojaus lämmön vaikutuksilta ja paloturvallisuuden sähkötekninen näkökulma

Suojaus lämmön vaikutuksilta tarkoittaa sähköasennuksen näkökulmasta sitä, että laitteet ja johtimet eivät kuumene vaarallisesti eivätkä aiheuta syttymisriskiä ympäristössään. Akkuvarastojen kohdalla tämä liittyy sekä normaaliin kuormitukseen että vikatilanteisiin, joissa ylivirta tai huono liitos voi nostaa lämpötilaa. Sähköturvallisuukselta olennaista on, että suojalaitteet, johtimien mitoitus ja asennustapa pitävät lämpötilan turvallisena kaikissa käyttötiloissa. (SFS 6000-4-42; SFS 6000-4-43.)

Litiumioniakkujen paloturvallisuuteen liittyy erityispiirteitä, jotka näkyvät etenkin lämpökarkaamiseen liittyvissä tilanteissa. Lämpökarkaamisen yhteydessä muodostuvat savukaasut voivat olla myrkyllisiä ja helposti syttyviä, jolloin savukaasujen hallinta vaikuttaa altistumisriskin ja leimahdusvaaran pienentämiseen. LION-hankkeessa todetaan, että tutkitun tiedon mukaan litiumioniakkupalojen sammuttamiseen toimivin keino on vesi. (Rytkönen 2025.)

Asennuspaikan olosuhteet vaikuttavat siihen, miten lämpö poistuu ja miten laitteisto toimii pitkäaikaisesti. Akkuyksikön sijoittelu, riittävä ilmanvaihto ja valmistajan ohjeiden mukaiset etäisyydet ovat turvallisuuden perusedellytyksiä. Järjestelmässä olevat valvonta- ja hälytystoiminnot sekä automaattiset

rajoitukset voivat ehkäistä vaaratilanteita, mutta ne eivät korvaa sähköasennuksen vaatimustenmukaisuutta. (SFS 6000-5-51; SFS 6000-5-57.)

3.4 Erottaminen, maadoitus, tarkastukset ja akustokohtaiset vaatimukset

Erottaminen ja kytkentä vaikuttavat suoraan turvalliseen käyttöön ja huoltoon, koska niiden avulla järjestelmä voidaan tehdä hallitusti jännitteettömäksi. Akkuvarastossa erotus ei koske vain yhtä laitetta, vaan koko järjestelmää, jossa voi olla useita energialähteitä ja käyttötiloja. Siksi erotusratkaisujen selkeys, merkinnät ja käytettävyys ovat tärkeitä erityisesti vikatilanteissa sekä huolto- ja kunnossapitotöissä. (SFS 6000-4-46; SFS 6000-5-57.)

Pelastustoimen näkökulmasta on tärkeää huomioida, että pelkkä vaihtosähköpuolen turvakytkin ei tee aurinkopaneeleja tai tasasähköpuolen komponentteja jännitteettömiksi. Turvakytkin katkaisee ainoastaan syötön aurinkosähköjärjestelmästä kiinteistön sähköverkkoon, mutta paneelit tuottavat sähköä niin kauan kuin ne saavat valoa. (Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto 2023.)

Maadoitus ja potentiaalintasaus vähentävät sähköiskun vaaraa ja parantavat suojalaitteiden toimintaedellytyksiä vikatilanteissa. Akkuvaraston liityntä kiinteistön sähköjärjestelmään toteutetaan siten, että suojajohtimien ja potentiaalintasausten jatkuvuus sekä liitosten luotettavuus varmistetaan. Ratkaisujen toimivuus varmistuu käyttöönottotarkastuksissa, joissa todetaan muun muassa suojauksen toiminta ja asennuksen vaatimustenmukaisuus ennen käyttöönottoa. (SFS 6000-5-54; SFS 6000-6.)

Kiinteiden akustojen asennuksia koskevat vaatimukset kokoavat akustojärjestelmän erityiskysymyksiä, kuten asennustapaa, suojausta, erotusta ja käytön turvallisuutta. Akkuvaraston turvallinen toteutus edellyttää, että akustokohtaiset vaatimukset yhdistetään yleisiin sähköasennusvaatimuksiin ja että lopputulos dokumentoidaan ja tarkastetaan. Tämä luo pohjan työn empiiriselle osuudelle, jossa käyttäjäkyselyn avulla tarkastellaan ohjeistuksen tasoa, käyttötilojen ymmärrettävyyttä ja turvallisia toimintatapoja kotiakkujen käyttäjien näkökulmasta. (SFS 6000-5-57; SFS 6000-6.)

3.5 Merkinnät, dokumentointi ja käyttöohjeet

Tekninen turvallisuus ei toteudu pelkästään suojalaitteilla, vaan myös sillä, että järjestelmästä on olemassa ymmärrettävät merkinnät ja dokumentaatio. Akkuvaraston yhteydessä käyttäjälle ja huollolle tulee olla selvää, mistä järjestelmä voidaan erottaa, mitä osia järjestelmään kuuluu ja miten käyttötilat vaikuttavat järjestelmän toimintaan. Jos erotuslaite tai pääkytkin ei ole helposti löydettävissä, vikatilanteen hallinta vaikeutuu. Lisäksi monissa järjestelmissä on sekä AC- että DC-puoli, jolloin “pois päältä” ei aina tarkoita sitä, että koko järjestelmä olisi jännitteetön. (SFS 6000-4-46; SFS 6000-5-57.)

Dokumentoinnissa korostuvat myös käyttöönottovaiheen tiedot: mitä on asennettu, miten järjestelmä on liitetty, ja miten suojaus on toteutettu. Käyttöönottotarkastukset ja mittaukset ovat osa sitä ketjua, jolla asennuksen turvallisuus varmistetaan ennen käyttöä. Kun järjestelmää käytetään vuosia, dokumentaatio auttaa myös huoltoa ja myöhempää muutostyötä, koska järjestelmän “historia” on nähtävissä. (SFS 6000-6; SFS 6000-5-57.)

TAB:n kiinteitä akustoja käsittelevässä teknisessä aineistossa tuodaan esiin, että akkuasennuksiin liittyy standardeja ja vaatimuksia, joita huomioidaan järjestelmän valinnassa ja toteutuksessa. (TAB 2022.) Tämän vuoksi akkuvaraston turvallisuutta voidaan tarkastella sekä sähköasennusstandardien (esim. SFS 6000 -sarja) että valmistajan dokumentaation kautta, jolloin vaatimustenmukaisuus ja käytännön toteutus tukevat toisiaan. (TAB 2022.)

3.6 Käyttöönottotarkastukset ja toiminnan varmistaminen

Käyttöönottotarkastuksilla varmistetaan, että asennus on toteutettu vaatimusten mukaisesti ja että suojaustoiminnot toimivat. Käytännössä tämä tarkoittaa, että tarkastuksissa todetaan esimerkiksi suojausratkaisujen toiminta, liitosten oikeellisuus ja dokumentoinnin riittävyys. Akkuvarastojärjestelmissä tarkastusten merkitys korostuu, koska järjestelmä voi sisältää useita toimintatiloja ja automaattisia ohjauksia, jotka vaikuttavat sähköjärjestelmän käyttäytymiseen. (SFS 6000-6.)

Jos akkuvarasto liittyy myös laajempaan sähköjärjestelmään tai tuottaa järjestelmäpalveluiden kannalta merkityksellisiä toimintoja, tarkasteluun voi tulla mukaan myös järjestelmätekniinen näkökulma. Tällöin huomio kiinnittyy muun muassa tiedonvaihtoon, mittauksiin ja siihen, miten järjestelmä toimii häiriötilanteissa ja palautuu niistä. Kiinteistömittakaavassa tämä näkyy usein käytännön vaatimuksina: järjestelmän tulee käyttäytyä ennakoitavasti ja turvallisesti myös silloin, kun ulkoinen verkko häiriintyy. (Fingrid Oyj 2025.)

3.7 Turvallinen käyttö ja huolto arjessa

Turvallinen käyttö tarkoittaa arjessa sitä, että käyttäjä ymmärtää järjestelmän normaalin toiminnan sekä osaa toimia poikkeustilanteissa. Monissa järjestelmissä käyttäjä seuraa tilaa sovelluksen kautta, mutta sovellus ei aina kerro, mikä toimenpide on oikea. Turvallisuutta parantaa, jos käyttäjällä on kirjalliset ohjeet esimerkiksi hälytyksen tulkinnasta, erotuksen tekemisestä ja siitä, milloin huoltoon tulee ottaa yhteyttä. Lisäksi huoltoon liittyvät käytännöt vaikuttavat turvallisuuteen: tarkastetaanko järjestelmää määräajoin, ja onko käyttäjällä käsitys siitä, mitä huolto käytännössä tarkoittaa. (Tesla.)

Huollon näkökulmasta riski syntyy usein pienistä asioista: löystyneet liitokset, vaurioituneet kaapelit, puutteelliset merkinnät tai epäselvät käyttötilat. Akkuvaraston turvallisuus perustuu siihen, että järjestelmä pysyy hallittavana ja että vikatilanteisiin on suunnitellut toimintatavat. Tässä työssä kyselyaineistoa käytetään kuvaamaan, millaisena ohjeistus ja käytönhallinta näyttäytyvät käyttäjille ja miten ne vertautuvat vaatimuksiin ja hyviin käytäntöihin. (SFS 6000-4-46; SFS 6000-6; Tesla.)

LION-hankkeen liitteissä esitetään myös toimintamalli litiumioniakkuenergiavarastopalon ensitoimille, tiedustelulle ja jälkivartiointille. Ohjekortissa korostetaan muun muassa turvallisen etäisyyden määrittämistä, sähkönsäädin hätäkatkaisusta sekä jälkivartiointin tarvetta siihen saakka, kunnes akkujen lämpötila on laskenut riittävän alas. (Rytkönen 2025.)

Valmistajien asennus- ja käyttöohjeissa korostetaan, että järjestelmä sisältää osia, joita käyttäjä ei voi huoltaa itse, ja että huolto kuuluu pätevälle henkilöstölle. Victronin invertteri-/laturituotteen ohjeessa todetaan, ettei laitteessa ole käyttäjän huollettavia osia ja että huoltotyöt tulee tehdä pätevän henkilön toimesta. (Victron Energy 2025.) Tämä tukee sitä, että turvallinen käyttö edellyttää selkeitä käyttöohjeita, asianmukaisia merkintöjä sekä käyttäjälle annettua tietoa siitä, milloin on otettava yhteys huoltoon tai sähköalan ammattilaiseen. (Victron Energy 2025.)

TAB:n litiumakkujen käyttöohjeessa korostetaan, että ohje sisältää asennukseen, käyttöön ja ylläpitoon tarvittavat tiedot ja että ohjeeseen tulee perehtyä huolellisesti ennen tuotteen asennusta ja käyttöä. (TAB 2021.) Tämä tukee sitä, että turvallinen käyttöönotto ei perustu pelkästään sähköasennuksen tekniikan ratkaisuihin, vaan myös siihen, että käyttäjä saa riittävän ohjeistuksen ja tietää, miten poikkeustilanteissa toimitaan. (TAB 2021.)

3.8 Sijoittaminen ja pelastustoiminnan edellytykset

Pelastusopisto on julkaissut suosituksen litiumioniakkuenergiavarastojen sijoittamisesta ja paloturvallisuudesta. Suositus on kohdennettu pelastuslaitosten onnettomuuksien ehkäisyyn ja varautumisen asiantuntijoille sekä kuntien rakennusviranomaisille, ja siinä käsitellään sijoittamista, paloturvallisuuteen liittyviä ratkaisuja sekä pelastustoiminnan edellytysten huomiointia. (Pelastusopisto 2025.) Suosituksessa esitetään myös kohdekorttimalli, jota suositellaan käytettäväksi osana pelastussuunnitelmaa ja pitämään saatavilla kohteesta sähköisesti tai paperisena. (Pelastusopisto 2025.)

LION-hankkeen loppuraportissa todetaan, että Suomessa ei ole erillistä, yksityiskohtaisesti akkuenergiavarastoihin kohdistuvaa sääntelyä, ja käytännössä turvallista toteutusta ohjaavat voimassa oleva lainsäädäntö sekä standardit ja ohjeistukset. (Rytkönen 2025.) Raportissa korostetaan myös sijoittamisen merkitystä ja todetaan, että kotitalouksien akkuenergiavarastoja ei tulisi asentaa asumistiloihin, ja että ulos erilleen kiinteistöstä sijoittamista pidetään paloturvallisuuden kannalta suositeltavana ratkaisuna. (Rytkönen 2025.) Sijoitusratkaisussa vaikuttavat lisäksi tilan olosuhteet, järjestelmän kotelointi sekä se, miten kohteen turvallisuus ja pelastustoiminnan edellytykset varmistetaan ennakolta. (Pelastusopisto 2025.)

Käytännön varautumista tukevat ohje- ja kohdekorttimallit, joissa kuvataan esimerkiksi akkuenergiavaraston perustiedot, akkukemia, koko, paloturvallisuusratkaisut sekä yhteystiedot hätätilanteissa. Kohdekortin tarkoitus on parantaa tilanteenhallintaa ja varmistaa, että tarvittava tieto on saatavilla myös poikkeustilanteissa. (Pelastusopisto 2025.)

Pelastustoimen näkökulmasta on tärkeää huomioida, että pelkkä vaihtosähköpuolen turvakytkin ei tee aurinkopaneeleja tai tasasähköpuolen komponentteja jännitteettömiksi. Turvakytkin katkaisee ainoastaan syötön aurinkosähköjärjestelmästä kiinteistön sähköverkkoon, mutta paneelit tuottavat sähköä niin kauan kuin ne saavat valoa. (Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto 2023.)

Tämän vuoksi varautumista tukevat selkeät merkinnät, erotusjärjestelyt ja kohteesta saatavilla oleva tieto, jotta poikkeustilanteessa voidaan toimia hallitusti ja minimoida sähköiskun sekä palotilanteen riskit. (Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto 2023; Pelastusopisto 2025.)

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä opinnäytetyössä käytetään kahta aineistolähdettä: kirjallista lähdeaineistoa sekä anonyymillä verkkokyselyllä kerättävää aineistoa kotiakkujen käyttäjiltä. Kirjallisen aineiston avulla kuvataan akkuvarastoihin liittyviä turvallisuusvaatimuksia ja tyypillisiä toteutustapoja. Kyselyaineiston avulla tarkastellaan, millaisena kotiakkujen turvallisuus ja turvallisuustietoisuus näyttäytyvät käyttäjien näkökulmasta.

4.1 Aineisto

Kirjallinen aineisto koostuu standardeista, viranomaisohjeista, järjestelmäteknisistä vaatimuksista sekä teknisistä taustalähteistä. Standardit määrittävät sähköasennusten turvallisuusperiaatteet ja akustojen asennuksiin liittyvät vaatimukset. Järjestelmätekniisiä vaatimuksia hyödynnetään silloin, kun tarkastellaan akkuvaraston toimintaa sähköjärjestelmän ja verkkoon liittämisen näkökulmasta. Lisäksi teknisillä lähteillä taustoitetaan akkuvarastojen käyttötapoja ja järjestelmäratkaisuja kiinteistöissä. (SFS 6000-5-57; Fingrid Oyj 2025; Cactos Oy 2024.)

Empiirinen aineisto kerättiin verkkokyselyllä. Kohderyhmänä ovat henkilöt, joilla on käytössä kotitalouteen asennettu akkuvarasto. Kysely on anonyymi, eikä vastaajilta kerätä nimiä, sähköpostiosoitteita tai muita suoria tunnistetietoja.

4.2 Verkkokyselyn toteutus

Kysely toteutettiin Google Forms -työkalulla. Kyselyn alussa esitetään tutkimustiedote ja pyydettiin suostumus osallistumiseen. Jos suostumusta ei anneta, kysely päättyy. Lisäksi kohderyhmä varmistetaan kysymyksellä, onko vastaajalla käytössä kotitalouteen asennettu akkuvarasto; jos vastaus on "ei", kysely päättyy.

Kysely sisälsi monivalintakysymyksiä ja yhden avoimen kysymyksen. Monivalintakysymyksillä kartoitettiin muun muassa akkujärjestelmän käyttötapaa (aurinkosähkö ja/tai varavoima), asennuksen toteuttajaa, turvallisuusohjeistuksen saamista, tietoa erotuksesta tai pois kytkennästä poikkeustilanteessa,

käytössä havaittuja poikkeamia sekä huoltoon liittyviä käytäntöjä. Avoimessa kysymyksessä vastaaja voi kuvata lyhyesti huoliaan tai kokemuksiaan akkuvaraston turvallisuudesta. Avoimen vastauksen yhteydessä vastaajia ohjeistetaan olemaan kirjoittamatta nimiä, osoitteita tai muita tunnistetietoja.

Kysely jaettiin kotiakkujen käyttäjille sopivissa kanavissa, kuten aiheeseen liittyvissä verkkoyhteisöissä ja keskustelufoorumeilla. Julkaisun yhteydessä käytetään lyhyttä saateviestiä, jossa kerrotaan kyselyn tarkoitus, vastaamisen vapaaehtoisuus ja anonymiteetti.

4.3 Aineiston analyysi

Monivalintakysymysten vastaukset analysoidaan kuvailevasti ja esitetään jakaumina, kuten prosenttiosuuksina. Tarvittaessa tehdään yksinkertaisia vertailuja, esimerkiksi turvallisuusohjeistuksen saamisen ja käyttäjän erotustiedon tai koetun turvallisuuden välillä. Näin voidaan tarkastella, liittyykö ohjeistuksen saaminen käyttäjän parempaan valmiuteen toimia poikkeustilanteessa.

Avoimet vastaukset analysoidaan teemoittelemalla. Vastaukset luokitellaan sisältönsä perusteella esimerkiksi ohjeistukseen, käyttötilanteisiin, huoltoon, hälytyksiin ja poikkeamiin liittyviin teemoihin. Teemoittelun avulla voidaan tiivistää, millaisia toistuvia havaintoja ja huolia käyttäjät nostavat esiin.

4.4 Luotettavuus

Kysely perustuu vapaaehtoiseen vastaamiseen, joten aineistoa tarkastellaan kuvailevana otoksena. Luotettavuutta parannetaan pitämällä kysely lyhyenä, muotoilemalla kysymykset yksiselitteisesti ja tarjoamalla "en tiedä" -vaihtoehto silloin, kun vastaajalla ei välttämättä ole tietoa. Tuloksia tulkitaan varovaisesti, ja raportissa kuvataan myös aineiston rajoitteet, kuten vastausmäärä ja jakelukanavien vaikutus vastaajajoukkoon.

4.5 Eettisyys ja tietosuojat

Kysely on vapaaehtoinen ja anonymi eikä kerää suoria tunnistetietoja. Vastaajille kerrotaan kyselyn alussa tutkimuksen tarkoitus, vastaamisen vapaaehtoisuus ja se, mihin vastauksia käytetään. Vastaukset tallennetaan suojattuun ympäristöön, ja pääsy aineistoon on vain opinnäytetyön tekijällä. Aineisto säilytetään opinnäytetyön arvioinnin ajan ja poistetaan sen jälkeen.

5 TULOKSET

Tässä luvussa esitetään verkkokyselyn tulokset. Kyselyyn saatiin yhteensä 44 vastausta, joista 43 vastaajalla oli käytössä kotitalouteen asennettu akkuvarasto. Tulokset raportoidaan akkuvaraston käyttäjien vastauksista (n = 43). Yksi vastaus (ei akkuvarastoa) jätettiin tulosten tarkastelun ulkopuolelle.

5.1 Vastaajien taustat ja järjestelmän käyttötapa

Vastaajista lähes puolet kertoi akkuvaraston liittyvän sekä aurinkosähköjärjestelmään että sähköverkon varavoimaan (48,8 %). Pelkästään aurinkosähköjärjestelmään liittyviä akkuvarastoja oli 37,2 % ja pelkkään sähköverkon varavoimaan liittyviä 14,0 %.

TAULUKKO 1. Akkuvaraston liittyminen järjestelmään (n = 43)

Vastaus	n	%
Molemmat	21	48,8
Aurinkosähköjärjestelmä	16	37,2
Sähköverkon varavoima	6	14,0

Asennuksen toteuttajaa kysyttäessä suurin osa vastaajista ilmoitti akkuvaraston asentaneen sähköalan ammattilainen (90,7 %). Kolme vastaajaa ilmoitti, ettei asennusta tehnyt ammattilainen (7,0 %), ja yksi vastaaja ei tiennyt asennuksen toteuttajaa (2,3 %).

TAULUKKO 2. Asennuksen toteuttanut ammattilainen (n = 43)

Vastaus	n	%
Kyllä	39	90,7
Ei	3	7,0
En tiedä	1	2,3

5.2 Turvallisuusohjeistus ja toiminta poikkeustilanteissa

Suurin osa vastaajista oli saanut asennuksen yhteydessä ohjeet turvallisesta käytöstä (79,1 %). Ohjeistus oli useammin suullista (46,5 %) kuin kirjallista (32,6 %). Ohjeita ei ollut saanut 16,3 % vastaajista ja 4,7 % ei muistanut ohjeistusta.

TAULUKKO 3. Ohjeistus asennuksen yhteydessä (n = 43)

Vastaus	n	%
Kyllä, suulliset ohjeet	20	46,5
Kyllä, kirjalliset ohjeet	14	32,6
En saanut ohjeita	7	16,3
En muista	2	4,7

Poikkeustilanteissa toimimisen kannalta kysyttiin sekä turvallisesta poiskytkennästä että erotuslaitteen/pääkytkimen sijainnista. Valtaosa vastaajista kertoi tietävänsä, miten akkuvarasto kytketään turvallisesti pois päältä vikatilanteessa (93,0 %). Osittain asian koki tietävänsä 4,7 % ja yksi vastaaja (2,3 %) ei tiennyt.

TAULUKKO 4. Tieto turvallisesta poiskytkennästä vikatilanteessa (n = 43)

Vastaus	n	%
Kyllä	40	93,0
Osittain	2	4,7
En	1	2,3

Lisäksi 95,3 % vastaajista ilmoitti tietävänsä, missä akkuvaraston pääkytkin tai erotuslaite sijaitsee. Yksi vastaaja (2,3 %) ei tiennyt ja yksi (2,3 %) ei ollut varma.

TAULUKKO 5. Tieto pääkytkimen tai erotuslaitteen sijainnista (n = 43)

Vastaus	n	%
Kyllä	41	95,3
En	1	2,3
En ole varma	1	2,3

5.3 Koettu turvallisuus

Vastaajia pyydettiin arvioimaan, onko akkuvarasto turvallinen osa kotinsa sähköjärjestelmää. Suurin osa vastaajista koki akkuvaraston turvalliseksi (76,7 %). Melko turvalliseksi sen arvioi 18,6 % ja 4,7 % ei ollut varma.

TAULUKKO 6. Koettu turvallisuus (n = 43)

Vastaus	n	%
Kyllä	33	76,7
Melko turvallinen	8	18,6

En ole varma	2	4,7
--------------	---	-----

5.4 Käytössä havaitut poikkeamat

Käytössä havaittuja poikkeamia kysyttiin monivalintana. Suurin osa vastaajista ei ollut havainnut mitään poikkeavaa (90,7 %). Neljä vastaajaa (yhteensä 9,3 %) ilmoitti yksittäisiä poikkeamia, jotka liittyivät hajuhavaintoon, hälytyksiin, laitteen kuumenemiseen tai ohjauksen toimintaan.

TAULUKKO 7. Havaitut poikkeamat (n = 43)

Vastaus	n	%
En	39	90,7
Purkukäskyt eivät tule aina perille.	1	2,3
Hajua	1	2,3
Hälytyksiä	1	2,3
Laitteen kuumenemista	1	2,3

5.5 Huolto ja tarkastukset

Huoltoon liittyvissä kysymyksissä tulokset jakautuivat selvästi. Vastaajista 53,5 % ilmoitti tietävänsä, että akkuvarasto tarvitsee säännöllistä huoltoa. 34,9 % vastasi “ei” ja 11,6 % valitsi “en tiedä”.

TAULUKKO 8. Tieto huollon tarpeesta (n = 43)

Vastaus	n	%
Kyllä	23	53,5
En	15	34,9
En tiedä	5	11,6

Kun kysyttiin, onko akkuvarastolle tehty huolto tai tarkastus, vain 11,6 % vastasi “kyllä” ja 88,4 % “ei”. Tämä viittaa siihen, että vaikka huollon tarve tunnustetaan osalla vastaajista, huolto- tai tarkastustoimenpiteet eivät vielä ole monessa kohteessa toteutuneet (esimerkiksi järjestelmien uutuus voi vaikuttaa tähän).

TAULUKKO 9. Huolto tai tarkastus tehty (n = 43)

Vastaus	n	%
Ei	38	88,4
Kyllä	5	11,6

5.6 Avoimet vastaukset: huolia ja kokemuksia

Avoimeen kysymykseen vastasi 25 vastaajaa. Avoimissa vastauksissa näkyi useita toistuvia teemoja:

- **Ei huolia / ei havaintoja:** moni kertoi, ettei turvallisuuteen liittyviä huolia tai ongelmia ole ollut käytön aikana.
- **Ohjeistus ja vastuut:** osa nosti esiin epävarmuutta siitä, pitäisikö järjestelmästä ilmoittaa esimerkiksi pelastusviranomaisille tai vakuutusyhtiölle, ja miten vastuut jakautuvat.
- **Ohjauksen toiminta:** muutama vastaaja kuvasi haasteita järjestelmän ohjauksessa tai “älytoiminnoissa” (esimerkiksi ohjauksen luotettavuus tai toiminta alkuvaiheessa).
- **Huolto ja tuki:** esiin nousi myös valmistajan/myyjän tuen vaihteleva taso sekä se, että vertais-tuki koettiin hyödylliseksi ongelmatilanteissa.
- **Sijoitus ja olosuhteet:** joissakin vastauksissa kuvattiin akuston sijoituspaikkaa ja olosuhteiden hallintaa (esimerkiksi lämpötilan hallinta), mikä liitettiin turvallisuuden tunteeseen.

Avoimet vastaukset tukivat monivalintakysymysten tuloksia erityisesti siinä, että suurin osa vastaajista koki järjestelmän turvalliseksi eikä ollut havainnut poikkeamia, mutta samalla ohjeistukseen, huoltoon ja poikkeustilanteisiin liittyvä varautuminen herätti yksittäisissä vastauksissa kysymyksiä.

6 TULOSTEN VERTAILU VAATIMUKSIIN JA LÄHTEISIIN

Tässä luvussa kyselytuloksia tarkastellaan suhteessa kirjallisuusosuudessa esitettyihin vaatimuksiin ja ohjeistuksiin. Vertailun avulla arvioidaan, miten akkuvarastojen turvallisuuteen liittyvät käytännöt näyttäytyvät kotiakkujen käyttäjien kokemuksissa. Tulokset perustuvat kotiakun käyttäjien vastauksiin (n = 43).

6.1 Ohjeistus ja dokumentointi suhteessa standardeihin ja valmistajien ohjeisiin

Kyselyssä suurin osa vastaajista ilmoitti saaneensa asennuksen yhteydessä ohjeet akkuvaraston turvalisesta käytöstä, mutta ohjeistus oli useammin suullista kuin kirjallista. Tämä havainto liittyy siihen, että turvallinen käyttöönotto ja käyttö perustuvat paitsi teknisiin ratkaisuihin myös siihen, että käyttäjällä on tieto järjestelmän käyttötiloista, poikkeustilanteiden toimintaohjeista sekä yhteystiedoista. Käyttöönottotarkastusten ja dokumentoinnin näkökulmasta sähköasennuksen vaatimustenmukaisuus osoitetaan ennen käyttöönottoa, mutta käyttäjälle annettava ohjeistus on osa käytön aikaisen turvallisuuden kokonaisuutta. (SFS 6000-6.)

Valmistajien ohjeissa korostuu, että järjestelmä sisältää osia, joita käyttäjä ei voi huoltaa itse ja huolto-työt kuuluvat pätevälle henkilöstölle. Tällainen rajausta lisää tarvetta selkeälle ohjeistukselle siitä, milloin käyttäjän tulee ottaa yhteys huoltoon ja miten toimitaan hälytyksissä tai poikkeamissa. (Victron Energy 2025.) TAB:n litiumakkujen käyttöohjeessa painotetaan käyttöohjeisiin perehtymistä ennen asennusta ja käyttöä, mikä tukee tulkintaa siitä, että ohjeiden saatavuus ja ymmärrettävyys ovat osa turvallista käyttöönottoa. (TAB 2021.)

6.2 Poiskytkentä, erotus ja käyttäjän toimintavalmius

Kyselytulosten perusteella valtaosa vastaajista ilmoitti tietävänsä, miten akkuvarasto kytketään turvalisesti pois päältä vikatilanteessa ja missä pääkytkin tai erotuslaite sijaitsee. Tämä on linjassa sähköasennusten turvallisuusperiaatteiden kanssa: järjestelmä pitää voida tehdä hallitusti jännitteettömäksi huolto- ja poikkeustilanteita varten. (SFS 6000-4-46; SFS 6000-5-57.)

Pelastusalan ohjeistus tuo vertailuun lisänäkökulman erityisesti aurinkosähköön liittyvissä järjestelmissä. Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohjeessa todetaan, että turvakytkin katkaisee syötön järjestelmästä kiinteistön sähköverkkoon, mutta se ei tee aurinkopaneelien tasasähköpuolta jännitteettömäksi, koska paneelit voivat tuottaa sähköä valon vaikutuksesta. (Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto 2023.) Tämä tarkoittaa, että käyttäjän kokemus “pois päältä” voi käytännössä viitata AC-puolen erotukseen, vaikka DC-puolella jännitteisyys voi säilyä. Vertailun kannalta tämä korostaa merkintöjen, käyttötilojen selkeyden ja ohjeistuksen tarvetta etenkin huollon ja pelastustoiminnan näkökulmasta. (Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto 2023; SFS 6000-4-46.)

6.3 Koettu turvallisuus, poikkeamahavainnot ja riskikuva

Vastaajien arvio akkuvaraston turvallisuudesta oli pääosin myönteinen, ja poikkeamahavainnointia ilmoitettiin vähän. Yksittäiset havainnot liittyivät hälytyksiin, hajuhavaintoon, kuumenemiseen tai ohjauksen toimintaan. Sähköasennusten näkökulmasta tällaiset havainnot ovat olennaisia, koska ne voivat viitata ylikuormitukseen, lämpötilakuormitukseen, liitosten kuntoon tai järjestelmän ohjaukseen liittyvään toimintaan. (SFS 6000-4-42; SFS 6000-4-43.)

Pelastusopiston LION-aineistossa litiumioniakkujen palotilanteisiin liittyy lämpökarkaamisen ja savukaasujen kaltaisia piirteitä, ja raportissa tuodaan esiin, että poikkeustilanteissa tarvitaan selkeitä toimintamalleja sekä riittävää varautumista. (Rytkönen 2025.) Vaikka kyselyssä poikkeamia raportoitiin vähän, vertailun näkökulmasta poikkeamien harvinaisuus ei poista tarvetta ohjeistaa käyttäjää toimimaan hälytyksissä ja epänormaaleissa havainnoissa (esimerkiksi haju tai kuumeneminen) sekä ottamaan yhteys huoltoon. (Rytkönen 2025; Victron Energy 2025.)

6.4 Huolto ja tarkastukset suhteessa vaatimuksiin ja ohjeisiin

Kyselyssä huoltoon ja tarkastuksiin liittyvät vastaukset erosivat selvästi muista turvallisuuteen liittyvistä teemoista. Vaikka osa vastaajista ilmoitti tietävänsä, että akkuvarasto tarvitsee säännöllistä huoltoa, vain pieni osa kertoi, että huolto tai tarkastus on tehty. Tämä tulee erottaa käyttöönottotarkastuksesta: sähköasennusten käyttöönotossa vaatimustenmukaisuus varmistetaan käyttöönottotarkastuksilla ennen käyttöönottoa, mutta tämä ei suoraan kuvaa käytön aikaista huoltoa tai järjestelmän kunnossapitoa. (SFS 6000-6.)

Valmistajien ohjeistuksissa huoltoon liittyvä vastuunjako näkyy siten, että järjestelmässä on osia, joita käyttäjä ei huolla itse ja huolto kuuluu ammattilaiselle. (Victron Energy 2025; TAB 2021.) Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohjeessa korostetaan lisäksi, että järjestelmä on turvallinen oikein asennettuna, käytettynä ja asianmukaisesti huollettuna, mutta vaurioituessaan tai virheellisesti toteutettuna järjestelmän osat voivat muodostaa paloriskin. (Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto 2023.) Vertailun perusteella huoltoon liittyvän tiedon selkeys ja käytännön toteutus ovat osa turvallisuuden kokonaisuutta, vaikka käyttäjän perusosaaminen erotuksen osalta olisi hyvä.

6.5 Sijoittaminen ja varautuminen pelastusnäkökulmasta

Pelastusopiston suosituksessa korostetaan akkuenergiavarastojen sijoittamisen ja pelastustoiminnan edellytysten huomiointia sekä tiedon saatavuutta poikkeustilanteessa, esimerkiksi kohdekorttimallin avulla. (Pelastusopisto 2025.) Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje puolestaan painottaa sitä, että järjestelmä voi olla osittain jännitteinen myös syötön katkaisun jälkeen, mikä lisää merkintöjen ja toimintamallien merkitystä erityisesti pelastustoiminnan ja huollon näkökulmasta. (Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto 2023.) Sähköasennusstandardien tekninen turvallisuus ja pelastusalan varautumisohjeet täydentävät toisiaan: turvallisuus muodostuu teknisistä ratkaisuista sekä tiedosta ja toimintatavoista poikkeustilanteissa. (SFS 6000-4-46; SFS 6000-5-57.)

6.6 Luotettavuus ja rajoitteet

Kyselyaineisto perustuu vapaaehtoiseen vastaamiseen ja kuvaa niiden kotiakun käyttäjien kokemuksia, jotka päättivät vastata. Tuloksia tarkastellaan kuvailevina, eikä niitä yleistetä kaikkiin kotiakun käyttäjiin. Lisäksi osa kysymyksistä mittaa vastaajan omaa arviota osaamisestaan (esimerkiksi poiskytkentä vikatilanteessa), mikä ei välttämättä vastaa todellista toimintaa poikkeustilanteessa. Tulokset antavat kuitenkin vertailun kannalta hyödyllistä tietoa siitä, missä teemoissa käyttäjät kokevat varmuutta (erotus ja pääkytkimen sijainti) ja missä on enemmän epäselvyyttä (huolto ja kunnossapito). (SFS 6000-6.)

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISEHDOTUKSET

Tässä luvussa esitetään opinnäytetyön johtopäätökset ja kehittämisehdotukset tutkimuskysymysten perusteella. Työssä tarkasteltiin, miksi akkuvarastoja käytetään kiinteistöissä ja millaisia toteutuksia niihin liittyy, mitä erityispiirteitä akkuvarastot tuovat sähköturvallisuuden näkökulmasta sekä miten turvallisuus huomioidaan suunnittelussa, asennuksessa ja käytössä. Johtopäätökset perustuvat kirjalliseen aineistoon sekä kotiakkujen käyttäjille toteutettuun verkkokyselyyn (n = 43).

7.1 Johtopäätökset tutkimuskysymyksittäin

1) Miksi akkuvarastoja käytetään, millaisia tekniikoita ja sovelluksia on?

Akkuvarastojen käyttö kiinteistöissä liittyy ennen kaikkea energianhallintaan ja joustoon. Akkuvarastolla pyritään hyödyntämään paikallista tuotantoa (esimerkiksi aurinkosähkö) ja siirtämään kulutusta ajallisesti siten, että energiaa varastoidaan silloin, kun tuotantoa on saatavilla, ja käytetään myöhemmin. Kyselyn perusteella suuri osa vastaajien järjestelmistä liittyi aurinkosähköön tai aurinkosähkön ja varavoiman yhdistelmään, mikä tukee käsitystä siitä, että kotiakku on usein osa laajempaa kiinteistön energijärjestelmää. Teknisesti järjestelmä muodostuu akustosta, tehoelektroniikasta, ohjauksesta ja liittynästä kiinteistön sähköverkkoon, jolloin ohjauksen toiminta ja käyttötilat vaikuttavat sekä hyötyihin että turvallisuuteen. (Cactus Oy 2024; Victron Energy 2024; Tesla.)

2) Mitä sähköturvallisuuden liittyviä erityispiirteitä akkuvarastoilla on?

Akkuvarasto tuo kiinteistön sähköjärjestelmään uuden energialähteen ja usein myös tasasähköpuolen, joka poikkeaa perinteisestä vaihtosähköjärjestelmästä. Sähköturvallisuuden kannalta korostuvat suo-
jauksen ja erotuksen suunnittelu, ylivirtasuojaus, johtojärjestelmien mitoitus sekä maadoitus ja potentiaalintasaus. (SFS 6000-5-52; SFS 6000-5-54; SFS 6000-4-46; SFS 6000-5-57.) Pelastusalan ohjeistuksessa nostetaan esiin myös se, että aurinkosähköjärjestelmässä turvakytkin ei tee tasasähköpuolta jännitteettömäksi, koska paneelit voivat tuottaa sähköä valon vaikutuksesta. Tämä korostaa merkintöjen ja ohjeistuksen merkitystä tilanteissa, joissa “pois päältä” voi tarkoittaa eri asioita AC- ja DC-puolella. (Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto 2023.)

Paloturvallisuuden näkökulmasta litiumioniakkujen erityispiirteitä ovat lämpökarkaamiseen liittyvät ilmiöt, savukaasujen riskit sekä poikkeustilanteiden hallinnan tarve. Vaikka kyselyssä poikkeamavainantoja raportoitiin vähän, kirjallisuus osoittaa, että varautumisen ja toimintamallien merkitys on suuri tilanteissa, joissa järjestelmä hälyttää tai käyttäjä havaitsee poikkeavaa. (Rytkönen 2025; Pelastusopisto 2025.)

3) Miten erityispiirteet huomioidaan suunnittelussa, asennuksessa ja käytössä?

Kyselytulosten perusteella käyttäjillä oli hyvä tieto pääkytkimen tai erotuslaitteen sijainnista sekä poiskytkennästä vikatilanteessa, ja asennukset olivat pääosin sähköalan ammattilaisten toteuttamia. Tämä viittaa siihen, että perusratkaisut (erotus ja käytön hallinta) ovat monissa kohteissa selkeitä käyttäjän näkökulmasta. (SFS 6000-4-46; SFS 6000-6.) Sen sijaan huoltoon ja tarkastukseen liittyvissä vastauksissa korostui epäselvyys ja vähäinen toteutuminen. Tämä osoittaa, että käytön aikaisen kunnossapidon ja vastuiden selkeys on turvallisuuden kannalta olennainen kehityskohde. (SFS 6000-6; Victron Energy 2025; TAB 2021.) Pelastusopiston suosituksissa sijoittamisen ja varautumisen merkitys korostuu erityisesti pelastustoiminnan näkökulmasta, ja esimerkiksi kohdekorttimallin kaltaiset käytännöt täydentävät sähköteknisiä ratkaisuja. (Pelastusopisto 2025.)

7.2 Kehittämisehdotukset

Tulosten ja kirjallisuuden perusteella voidaan tunnistaa seuraavat kehittämiskohteet, jotka tukevat kotiakkujen turvallista käyttöönottoa ja käyttöä:

1. Kirjallinen ohjeistus asennuksen yhteydessä

Suullisen ohjeistuksen lisäksi käyttäjälle tulisi luovuttaa kirjallinen ohje, jossa kuvataan järjestelmän käyttötilat, poiskytkentä vikatilanteessa, erotuslaitteiden sijainti, hälytystilanteiden toimintaohje sekä huollon yhteystiedot. (Victron Energy 2025; TAB 2021.)

2. Huolto- ja tarkastuspolun selkeyttäminen

Käyttäjälle tulee kertoa selkeästi, tarvitaanko järjestelmälle määräaikaishuoltoa, millä aikavälillä ja kuka sen tekee. Lisäksi voidaan antaa käyttäjälle tarkistuslista, mitä asioita voi itse seurata (esim. hälytykset, näkyvät vauriot, ilmanvaihto ja olosuhteet). (SFS 6000-6; Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto 2023.)

3. Merkinnät ja opasteet AC- ja DC-puolen jännitteisyydestä

Aurinkosähköön kytkeytyvissä järjestelmissä on perusteltua korostaa DC-puolen jännitteisyyttä

ja varmistaa, että erotusjärjestelyt sekä varoitusmerkinnät ovat selkeitä huolto- ja pelastustoimintaa varten. (Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto 2023; SFS 6000-4-46.)

4. **Varautumisen dokumentit poikkeustilanteisiin**

Kohdekortin ja lyhyen hätätilanneohjeen hyödyntäminen parantaa tilanteenhallintaa. Dokumentteissa voidaan kuvata järjestelmän perustiedot, hätäkatkaisun sijainti, yhteystiedot ja toimintaohje hälytyksille. (Pelastusopisto 2025; Rytönen 2025.)

5. **Sijoittamisen ja olosuhteiden huomiointi suunnitteluvaiheessa**

Sijoituspaikan, ilmanvaihdon ja saavutettavuuden huomiointi pienentää riskejä ja parantaa pelastustoiminnan edellytyksiä. (Pelastusopisto 2025.)

6. **Käyttötilojen ymmärrettävyys (normaali ja varavoima)**

Jos järjestelmässä on varavoima- tai saareketoiminto, käyttäjälle tulee selkeästi kuvata käyttötilojen merkitys ja rajoitukset sekä se, miten järjestelmä käyttäytyy sähkökatkon aikana. (Victron Energy 2024; Tesla.)

7.3 Yhteenveto

Työn perusteella kotiakkujen turvallinen toteutus muodostuu sekä sähköteknisistä ratkaisuksista (suojaus, erotus, maadoitus ja tarkastukset) että käytön aikaisista toimintatavoista (ohjeistus, huolto ja varautuminen). Kyselyn perusteella käyttäjien perustieto erotuksesta on hyvä, mutta huolto- ja tarkastuskäytäntöjen selkeyttäminen sekä kirjallisen ohjeistuksen lisääminen parantaisivat turvallisuutta ja varautumista poikkeustilanteisiin.

LÄHTEET

Cactus Oy. 2024. *Sähkövarastot: Kaikki, mitä sinun tulee tietää BESS-järjestelmästä*. Julkaistu 11.4.2024. Saatavissa: <https://cactus.com/fi/artikkelit/sahkovarastot>. Viitattu 10.2.2026.

Fingrid Oyj. 2025. *Sähkövarastojen järjestelmätekniset vaatimukset (SJV2024)*. Julkaistu 15.1.2025. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/sjv2024.pdf>. Viitattu 22.2.2026.

Fingrid Oyj. *Reservimarkkinat ja säätösähkö*. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/reservit-ja-saatosahko/>. Viitattu 22.2.2026.

Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto, Turvallisuuspalvelualue. 2023. *Aurinkosähköjärjestelmien paloturvallisuusohje*. Ohje, 18.1.2023. Saatavissa: https://pelastuslaitokset.fi/sites/default/files/2023-01/Aurinkos%C3%A4hk%C3%B6j%C3%A4rjestelmien_paloturvallisuusohje_S_18012023.pdf. Viitattu 29.3.2026.

Pelastusopisto. 2025. *Litiumioniakkuenergiavarastojen sijoittaminen ja paloturvallisuus*. Saatavissa: <https://www.pelastusopisto.fi/wp-content/uploads/Litiumioniakkuenergiavarastojen-sijoittaminen-ja-paloturvallisuus-12-2025.pdf>. Viitattu 23.2.2026.

Rytkönen, K. 2025. *Litiumioniakkujen elinkaaren paloturvallisuus- ja varautumisohjeet (LION) -hanke: Loppuraportti*. Pelastusopiston julkaisu, B-sarja: tutkimusraportit, B12/2025. Saatavissa: https://info.smedu.fi/kirjasto/sarja_B/B12_2025.pdf. Viitattu 23.2.2026.

SFS. 2022. SFS 6000-1:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Peruseriaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-4-41:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-4-42:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-42: Suojausmenetelmät. Suojaus lämmön vaikutuksilta.* Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-4-43:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-43: Suojausmenetelmät. Ylivirtasuojaus.* Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-4-46:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-46: Suojausmenetelmät. Erottaminen ja kytkentä.* Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-5-51:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-51: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Yleiset säännöt.* Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-5-52:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät.* Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-5-54:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-54: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojajohtimet.* Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-5-56:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-56: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Turvajärjestelmät.* Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-5-57:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-57: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Kiinteiden akustojen asennukset.* Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-6:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 6: Tarkastukset.* Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-7-712:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-712: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Aurinkosähköjärjestelmät.* Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-7-716:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-716: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Pienoisjännitteisen tasasähkötehon jakelu tietotekniikan ja tietoliikennetekniikan kaapeloinnin kautta.* Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS. 2022. SFS 6000-7-722:2022. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-722: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö*. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

TAB. 2022. *TAB stationary batteries*. Saatavissa: https://www.tab.si/pdf/TAB_STATIONARY_BATTERIES.pdf. Viitattu 29.3.2026.

TAB. 2021. *TAB Li-ion batteries: User manual*. Saatavissa: <https://www.tabspain.com/wp-content/uploads/2021/11/manual-tab-li-ion-monoblock.pdf>. Viitattu 29.3.2026.

Tesla. *Powerwall – kodin energiavarasto*. Saatavissa: https://www.tesla.com/fi_fi/powerwall. Viitattu 10.2.2026.

Victron Energy. 2024. *ESS design and installation manual*. Saatavissa: https://www.victron-energy.com/upload/documents/Energy_Storage_System/6292-ESS_design_and_installation_manual-pdf-en.pdf. Viitattu 29.3.2026.

Victron Energy. 2025. *MultiPlus-II / Quattro-II manual (230 V)*. Saatavissa: https://www.victron-energy.com/upload/documents/MultiPlus-II_230V/32424-MultiPlus-II_Quattro-II-pdf-en.pdf. Viitattu 29.3.2026.