

# **Projektin loppuraportti**

## **Sähkölämmitys osana sähköis- tyvää energiajärjestelmää**

**Pirkko Harsia, Kari Kallioharju, Sakari Uusitalo**

## Sisällys

1.	Tausta .....	3
1.1.	Tavoite .....	3
1.2.	Tausta aiheelle .....	3
2.	Projektin vaiheet/osaprojektit .....	5
2.1.	Selvitykset ja kyselyt .....	5
2.1.1.	Ohjausratkaisut ja -järjestelmät .....	5
2.1.2.	Suunnittelijat ja urakoitsijat .....	5
2.1.3.	Sähköalan koulutus .....	7
2.1.4.	Maallikot .....	7
2.2.	Mittaukset .....	9
2.3.	Aineistokehitys .....	9
2.3.1.	Esimerkkiratkaisut .....	9
2.3.2.	Opiskeluaineisto .....	10
2.4.	Verkkokurssi .....	12
3.	Arvio hanketyöskentelystä .....	13
3.1.	Hyödyntäminen .....	13
3.2.	Tulosten arviointi .....	13
3.3.	Jatkotutkimusaiheita .....	14

Liite 1: Sähkölämmitys -kyselyn yhteenveto sähkösuunnittelijoille ja -urakoitsijoille

Liite 2: Ilmalämpöpumpun vaikutus sähkölämmitystalon sisäolosuhteiden vaihteluun

Liite 3: Opiskeluaineiston sisältöjä

## 1. Tausta

### 1.1. Tavoite

Hankkeessa tavoitteena oli tehdä sähkölämmitykseen liittyvä osaamiskartoitus sekä yhteistyössä alan yritysten kanssa kehittää tyypillisten käyttökohteiden malliratkaisuja, jotka soveltuisivat käytettäväksi 2020-luvun matalaenergiataloissa ja myös olemassa olevien tyypillisten sähkölämmitysratkaisujen energiaremonteissa. Lopputuloksena oli tavoitteena olla suunnittelua, toteutusta ja käyttöä käsittelevä koulutusaineisto tutkinto- ja täydennyskoulutuksen tarpeisiin.

### 1.2. Tausta aiheelle

Rakennetun ympäristön ratkaisut ovat keskeinen osa energiajärjestelmän muutosta kohti hiilineutraaliutta. Polttoon perustuva lämmöntuotanto on merkittävästi vähenevässä ja uudet ratkaisut ovat laajasti sähköön perustuvia. Erilaisten lämpöpumppuratkaisujen lisäksi tulisi nykyistä paremmin tunnistaa ns. kuivan sähkölämmityksen (huonekohtaisen sähkölämmityksen) mahdollisuudet erityisesti pienissä, energiatehokkaissa rakennuksissa. Sähkölämmityksen helppo ohjattavuus soveltuu hyvin myös kysyntäjoustotarpeisiin, kiinteistöjen tehohallintaan sekä omatuotannon hyödyntämiseen, jotka kaikki ovat osa tulevaisuuden älykästä sähköenergiajärjestelmää.

Sähkölämmitys on yleisin pientalojen lämmitysmuoto, jota erityisesti on käytetty 1980-1990 -luvuilla sekä vapaa-ajan rakennuksissa. Näissä rakennuksissa on näköpiirissä lähivuosina laajat perusparannustarpeet ja erityisesti energiatehokkuuden parantamistoimenpiteet. Nämä rakennukset on toteutettu laajasti melko samoilla periaatteilla ja niihin on mahdollista myös luoda tuotteistettuja malliratkaisuja, jolloin myös korjauksia voisi tehokkaasti toteuttaa.

Sähkölämmityksen asema 2010-luvulla on ollut heikko, johtuen erityisesti E-lukulasennasta ja energiamuotokertoimista. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudistus on meneillään (EU parlamentti hyväksynyt maaliskuussa 2023). Uudistus on tuomassa mukanaan laajasti vaatimuksia olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantamiseen sekä uudiskohteiden vaatimusten tiukennuksia. Kansallisia vaatimuksia laadittaessa tulee olla hyvä näkemys siitä, miten uusiutuvaa sähköä käytävistä lämmitysratkaisuista, sähkö mukaan luettuna, saadaan toteutettua kokonaisvaltaisesti tavoitteet täyttäviä ratkaisuja ja mitkä ovat eri ratkaisuvaihtoehtojen kokonaisvaikutukset.

Sähkölämmityksen tilanne erityisesti 2010 -luvulla on aiheuttanut sen, että sekä sähkölämmitykseen liittyvä osaaminen että kehitystyö ovat jääneet jälkeen eikä alalla ole

paljoakaan uutta tarjottavaa erityisesti ohjausratkaisuihin. Esimerkiksi lattialämmityksen käyttö nZEB-rakennuksissa, joissa lämmityksen tarve on pääosin hyvä vähäinen, vaatii uutta ajattelua ja kokonaisvaltaisia ratkaisuja. Talven 2022-2023 energiakriisi ja sähköenergian voimakkaasti vaihteleva hinta toivat aivan uutta kysyntää älykkäille ratkaisuille, joilla voitaisiin entistä paremmin hyödyntää sähkön hintamuutoksia. Hybridilämmityksien lisääntyminen, joissa perinteiden sähkölämmityksen lisäksi käytetään ilmalämpöpumppuja, vaatii eri järjestelmien säätöjen yhteensovittamista ja ennakkoivaa ohjausta.

Verkkoyhtiöiden sähkön kulutusmittaukset, joihin ollaan siirtymässä uuden mittarisukupolven vaihdon myötä, tuovat uusia mahdollisuuksia, mutta myös palvelurajoituksia ja uutta tarvetta lämmityksenkin ohjauksille.

Omatuotannon hyödyntäminen, lämpöpumput ja sähköautojen lisääntyminen edellyttävät myös järjestelmien kokonaisvaltaista tarkastelua sekä ohjauspalveluiden toteuttamista.

## 2. Projektin vaiheet/osaprojektit

### 2.1. Selvitykset ja kyselyt

#### 2.1.1. Ohjausratkaisut ja -järjestelmät

Hankkeen osana tehtiin opinnäytetyö ”Sähkölämmityksen ohjausratkaisujen markkinakatsaus”<sup>1</sup>, jonka osana tehtiin järjestelmätoimittajakysely ja -haastatteluita. Kyselyn lähtökohdaksi tehtiin myös ohjauseriaatteita kuvaava esitys <https://youtu.be/JOHTh5gR-uQ>. Kysely ja esitys tehtiin myös englanninkielisenä versiona, jotta niihin olisi voinut vastata myös maahantuojien päämiehet.

Kyselyyn saatiin vastauksia kuudelta alan toimijalta. Vastauksissa oli hyvin rajallisesti tekniseen suunnitteluun liittyviä aineistoja, vaikka niitä erityisesti pyydettiin. Opinnäytetyössä näitä vastauksia täydennettiin haastatteluin.

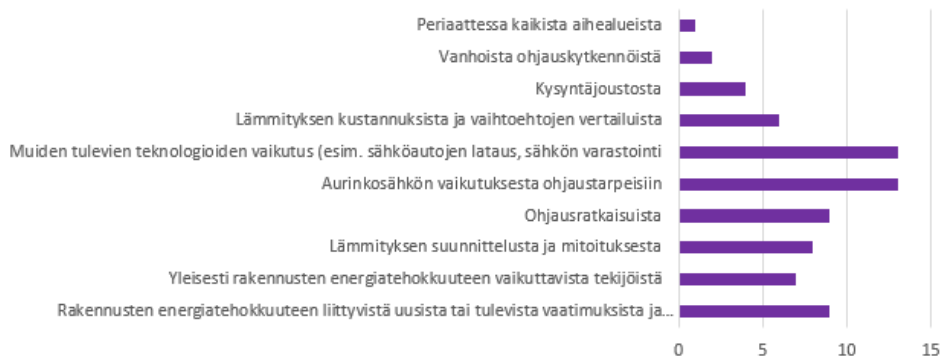
#### 2.1.2. Suunnittelijat ja urakoitsijat

Sähkösuunnittelijoille ja -urakoitsijoille tehtiin kysely, jossa pyrittiin selvittämään sitä, miten sähkölämmitys näkyy heidän toiminnassaan sekä myös, millaista uutta osaamista alan toimijat tarvitsisivat. Kysely lähetettiin ”Löydä sähkömies”-palvelun yrityksille (n=228) STUL:n kautta. Kyselyyn vastasi 15 henkilöä/yritystä. Kyselyn perusteella tarvetta olisi erityisesti mallisuunnitelmille, joissa olemassa oleviin kohteisiin lisätään uusia järjestelmiä tai älykkäitä ohjausratkaisuja (Kuva 1). Vastausten perusteella voidaan olettaa olevan lisäosaamistarvetta myös yleisesti energiatehokkuutteen liittyvälle.

---

<sup>1</sup> Virta, Mika, Sähkölämmityksen ohjausratkaisujen markkinakatsaus. TAMK 2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2022061417863>

## Mihän seuraavista aiheista voisi olla tarve lisäosaamiselle?

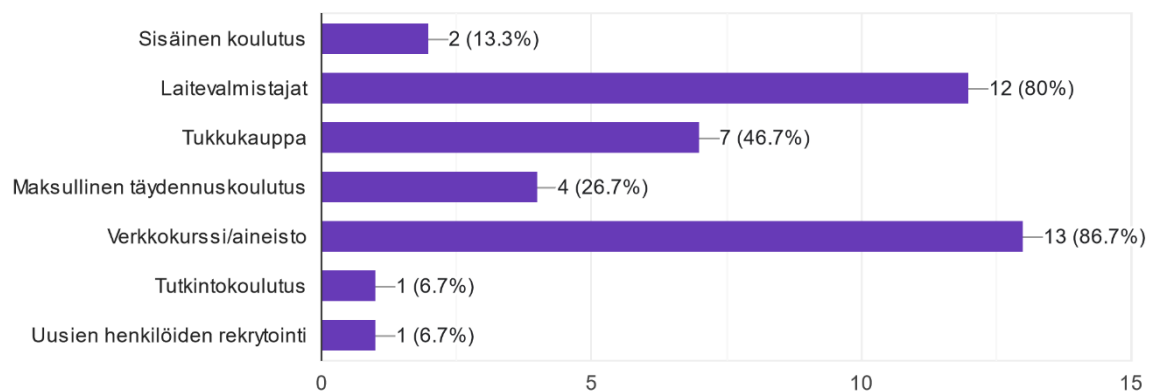


Kuva 1 Suunnittelija- ja urakoitsijakyselyssä vastaukset lisäosaamista koskevaan kysymykseen.’

Vastaajien näkemysten mukaan käyttökelpoisimpia osaamisen lisäämis- ja päivittämistapoja olisivat verkkoaineistot ja -kurssit. Laitevalmistajien ja -maahantuojien sekä tukkukaupan rooli nähdään myös tärkeäksi. Alalla yleisesti tarjolla olevat ”tuotepäivät” ja vastaavat tilaisuudet ovat totuttuja tapoja uudenkin tiedon hankkimiseen. Tuloksista voidaan kuitenkin nähdä myös tarvetta avata esimerkiksi ammattikorkeakoulujen verkkoaineistoja hyödyntämisen laajentamiseksi (kuva 2).

## Mistä tai keneltä voisitte hankkia lisätietoa

15 responses



Kuva 2 Sähkösuunnittelijoiden ja -urakoitsijoiden vastauksia koskien sähkölämmitykseen liittyvän lisätiedon hankkimiseen. n=15.

Yhteenveto vastauksista on liitteessä 1.

### 2.1.3. Sähköalan koulutus

Toisen asteen ammatilliselle koulutukselle on valtakunnalliset perusteet <sup>2</sup>, jossa sisältö painottuu keskeisesti laitteiden asentamisosaamiseen, vaikka mainittuna on myös ”osaa mitoittaa sähkölämmityksen tehontarpeen pienehköön tilaan” ja ”ymmärtää lämpötilan pudotuksen vaikutuksen energian säästössä”.

Sähkölämmityksen osuutta ammattikorkeakoulujen sähköalan koulutuksessa selvitetiin aluksi käymällä läpi opetussuunnitelmia ja opintojaksokuvauksia. Lisäksi ammattikorkeakouluille tehtiin erillinen kysely, joka lähetettiin sekä sähkötekniikan alan opettajille että myös LVI-talotekniikan opettajille (yhteensä 42 henkilöä). Vastauksia saatiin 11 opettajalta seitsemästä ammattikorkeakoulusta. Sähkölämmitykseen liittyvät opinnot ovat tyypillisesti muutaman opintopisteen laajuisina osina eri opintojaksoissa. LVI-talotekniikan opinnoissa sitä käsitellään pääosin lämpöpumppujen osalta. Rakennustekniikan ja energiatekniikan opinnoissa sähkölämmitystä käsitellään hyvin vähän. Tähän toisin syynä on jo se, että talotekniikan opintoja on niissä ylipäätään hyvin vähän, tyypillisesti enintään 5 opintopistettä. Opetusaineistona käytössä ovat erityisesti ST-kortit, Sähköinfon kirjat ja valmistajien ohjeet.

Vastausten mukaan käyttöä olisi ajantasaisille opetusaineistoille kaikille kysytyille teemoille. Erityisesti tarvetta olisi järjestelmien uudistamiseen ja ohjausratkaisuihin liittyvälle aineistolle.

*Taulukko 1. Vastaukset kysymykseen ”Mille aineistolle mielestäsi olisi opetuksessa tai oman osaamisen kehittämisessä käyttöä?”. n=11*

<i>Aineistoaihe</i>	<i>Vastausten määrä</i>
<i>Sähkölämmityksen suunnittelu ja toteutus tilalämmitykseksi</i>	6
<i>Olemassa olevien lämmitysratkaisujen uudistaminen</i>	7
<i>Lämmityksen ohjausratkaisut ml. tieto olemassa olevista ohjauksista</i>	8
<i>Lämpöpumput sähkölämmitysmuotona</i>	4
<i>Uudet energiatehokkuusvaatimukset, lainsäädäntö, yms.</i>	5
<i>Sulanapitoratkaisut</i>	4
<i>Teollisuuden lämmitysratkaisut</i>	3
<i>Lämmityksen rooli älykkäässä sähköjärjestelmässä</i>	7

### 2.1.4. Maallikot

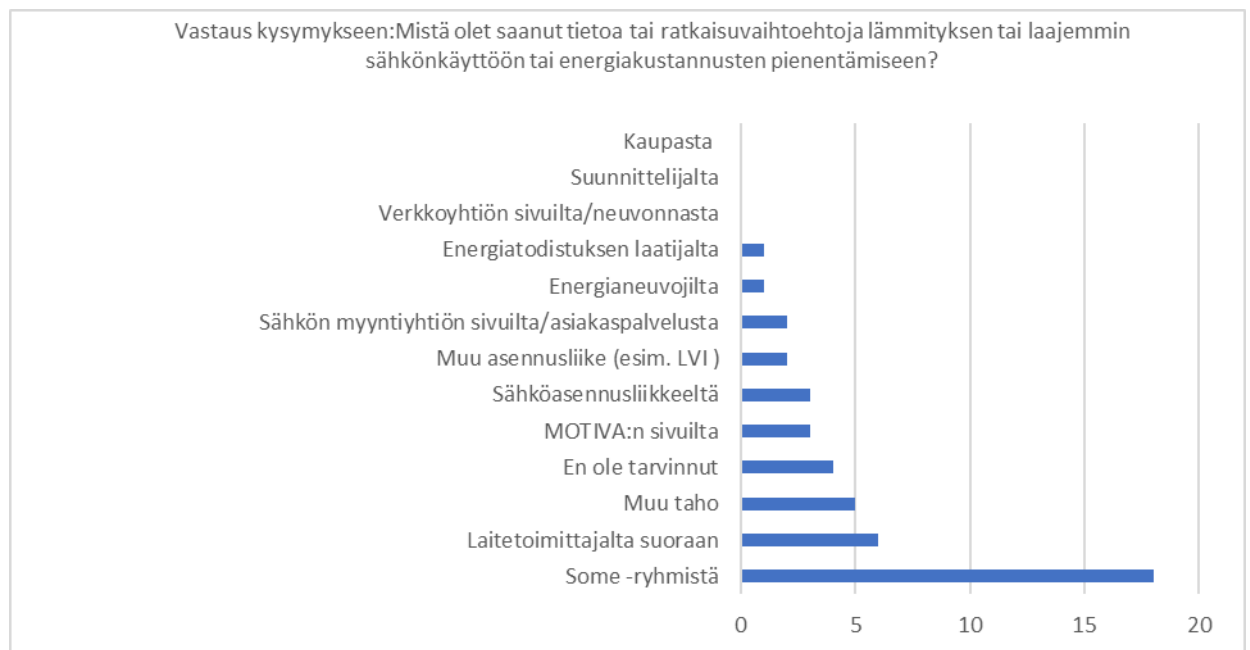
Talven 2022 -2023 aikana energiakriisi, sähkön hinnan voimakas vaihtelu ja hinnoittelumallien muutos toivat aivan uudella tavalla sähkölämmitykseen liittyvät ohjausratkaisut keskiöön. Tuntihintaan perustuvilla ohjausratkaisuille sekä olemassa olevien rat-

<sup>2</sup> <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/amatillinen/1724174/tutkinnonosat/1725063>

kaisujen muutoksille tuli runsaasti kysyntää ja maallikot etsivät tietoa monessa eri kanavasta. Osana hanketta seurattiin tätä keskustelua mm. Facebook-ryhmissä. Mallikoille tehtiin lyhyt kysely, jossa tavoitteena oli saada näkemyksiä kysymyksiin:

- *miten energiakriisitalvesta on selvitty*
- *kuinka hyvin osataan käyttää taloteknisiä järjestelmiä ja erityisesti lämmitysjärjestelmää*
- *millaisia ohjeita ja dokumentteja laitteiston haltijoilla on laitteistostaan*
- *mitä ohjeistuksia käyttäjät haluaisivat sähkön käyttöön liittyen*
- *mistä käyttäjät saavat tietoa järjestelmiensä käyttöön ja hoitoon liittyen*
- *millaisia palveluita erityisesti käyttäjät haluaisivat?*

Kyselyyn saatiin 27 vastausta. Kyselyn vastauksista käy ilmi se, miten keskeinen tiedon hankkimiskanava some-ryhmät ovat; lähes kaikki vastaajat ilmoittivat hankkivansa lämmitykseen liittyvää tietoa niistä. Vain yksittäiset vastaajat ovat hyödyntäneet mm. energiatodistuksen laatijan, joiden tehtäviin se on nimetty, tai sähkö/talotekniikkaurakoitsijan apua (kuva 3).



*Kuva 3. Vastaukset maallikkokyselyn kysymykseen tiedonhankinnasta.*

Tämän kyselyn ja keskustelujen seurannan pohjalta voidaan johtopäätöksenä todeta, ettei sähkö- tai koko talotekniikka-ala tavoita tavallisia kuluttajia oikean tiedon välittämiseksi ja aiheita on syytä tutkia syvällisemmin. Samalla voisi myös arvioida, mikä riski mm. sähköturvallisuudelle ovat erilaiset ”maallikko-ohjeet”, joita some-palstoilla jaetaan. Toinen aihepiiri, joka vaatisi lisätarkastelua, ovat eri toimijoiden väliset roolit, miten ne on suunniteltu ja miten ne toteutuvat nykyisellään. Erityisesti energiatodistuksen merkitys ja niiden laatijoiden tehtävämäärittely sekä parannusohjeiden sisältö ja



laatu vaatisivat tarkastelua. Tämän suppean kyselyn pohjalta todellisuus ei vastaa säädösten henkeä.

## 2.2. Mittaukset

Lämmityskaudella 2022 – 2023 tehtiin seurantamittauksia yhteistyössä loma-asuntohankkeen kanssa. Erityisesti seurattiin lattialämmityksen ohjaamista epäjatkovana ja ohjauksen vaikutusta olosuhteisiin. Mittaustuloksien tarkempi tulosten yhteenveto laaditaan loma-asuntotutkimuksen tulosten yhteydessä. Talven aikana tuli selkeästi esiin tarve lisätutkimukselle hybridilämmitysten, erityisesti sähkölämmitys + ilmalämpöpumppu, ohjauksista ja hybridilämmityksen ostoenergian säästöpotentiaalista. Tätä aihetta selvitettiin osana hanketta esimerkkikohteen dynaamisen energia- ja olosuhdesimuloinnin avulla sekä sähköpatteri- että lattialämmitysratkaisuille. Energia- ja olosuhdesimuloinneista on yhteenvetoraportti liitteessä 2.

## 2.3. Aineistokehitys

### 2.3.1. Esimerkkiratkaisut

Hankkeessa oli tavoitteena laatia tyypillisten sähkölämmityskohteiden esimerkkiratkaisuja sekä uudis- että perusparannuskohteisiin yhteistyössä keskeisimpien sähkölämmitysratkaisuja toimittavien yritysten kanssa. Ratkaisujen kehitystyön pohjaksi tehtiin selvitystyötä opinnäytetyössä ja pyrittiin saamaan esimerkkisuunnitelmia, suunniteluohjeita yms. Lisäksi osallistuttiin Sähkölämmitysfoorumi ry:n hallituksen toimintaan asiantuntijajäsenenä.

Selvityskyselystä ilmeni, ettei järjestelmätoimittajilla juurikaan ole saatavilla esimerkkisuunnitelmia tai yleisiä suunniteluohjeita. Niiden kehittämistä ja laatimisesta tehtiin hyvin kohtuulliset kustannukset sisältävä tarjous. Toimittajat eivät kuitenkaan ilmeisesti nähneet tarpeelliseksi niiden laadintaa, koska yksikään taho ei niistä ollut halukas neuvottelemaan. Osalla järjestelmätoimittajia on omia ”valtuutettuja asentajia”, mutta tarkemmin ei saatu selville, millaisilla ohjeilla ja perehdytyksillä he asennuksia suunnittelevat tai tekevät. Esimerkkisuunnitelmien laatiminen ilman, että käytössä olisi järjestelmätoimittajan suunniteluohjeita on kuitenkin hyvin hankalaa. Tämän vuoksi päädyttiin yleisimmin kuvaamaan älykkääseen säätöön ja ohjaamiseen liittyviä näkökulmia, joita uusia ratkaisuja toteutettaessa olisi syytä tarkastella. Lisäksi opiskeluaineistoon liitettiin aiemmissa hankkeissa laadittuja esimerkkejä lähinnä suunnitelman sisältöesimerkeiksi.

Hankkeen aikana ilmeni, että Sähkötieto ry:ssä oli käynnissä ST-ohjeiston 7:n (Sähkölämmityksen ohjaus ja säätö) päivitys. Ohjeisto on laadittu 2000-luvun alussa (kirjoitta-

jana Pirkko Harsia), jolloin sen tarkoitus oli esittää uudistuksia vakioituihin sähkölämmityskytkentöihin. Ohjeisto on aiemmin kertaalleen päivitetty ja muutettu lähinnä kuvaamaan vanhoja vakioratkaisuja. Hankeryhmä teki ohjeiston päivitysversioon kommentointilausunnon sekä oman ehdotuksensa ohjeiston sisällöksi. Päivityksen tilanne on auki hankkeen päättymisajankohtana. Lisäksi annettiin korjausehdotuksia ST-kortti 55.01 ”Sähkölämmityksen mitoitus” sisältöön, koska sitä kyselyn mukaan myös oppilaitokset käyttävät opetusaineistona.

### 2.3.2. Opiskeluaineisto

Hankkeessa laadittiin aiempia koulutusaineistoja hyödyntäen ja sisältöjä päivittäen opiskeluaineisto TAMK:n Moodle-alustalle. Aineisto soveltuu sekä ammattikorkeakoulukoulutuksen opiskeluaineistoksi että täydennyskoulutukseen. Hankkeessa hyödynnettiin myös Tampereen ammattikorkeakoulun useiden tutkimus- ja selvityshankkeiden tuloksia sekä aiemmin kehitettyjä aineistoja sekä pientalojen sähköteho-oppaan (SÄTE-opas) ja JOUSTO 2035 hankkeiden yhteydessä tehtyjä selvityksiä.

Aineisto sisältää kuusi sisältökokonaisuutta (Liite 3):

- ”Sähkölämmitys”
  - o yleistä tietoa rakennusten lämmittämisestä ja sähkölämmityksen osuudesta
- ”Sähkölämmitysratkaisut”
  - o yleisimpien sähkölämmitystapojen suunnitteluun ja toteutukseen liittyvää perustietoa, suunnitteluesimerkkejä mallisuunnitelmineen
- ”Sähkölämmitys ja energiamurros”
  - o näkemyksiä sähkölämmityksen roolista muuttuvassa energajärjestelmässä
  - o lämmitysjärjestelmämuutosten vaikutuksia sähköenergiajärjestelmän näkökulmasta
  - o kysyntäjoustoan liittyvää tietoa
- Sulanapitoratkaisut
  - o tavanomaisimpien sulanapitoratkaisujen suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä ohjeita
  - o osiossa on hyödynnetty laitevalmistajan ohjeita (Ensto BT), jotka pitkälti perustuvat Pirkko Harsian tekemään opiskeluaineistoon.
- Älykkäät ohjausratkaisut
  - o näkökulmia sähkölämmityksen ohjaamiseen ja säätämiseen
- Lisäaineistoja
  - o osioon tallennetaan linkkejä aiemmin tehtyihin aiheeseen liittyviin aineistoihin

- o osioon voidaan liittää myös esimerkiksi laite- ja järjestelmätoimittajien suunnitteluohjeita, aihetta syventäviä videoita yms.

Aineisto koostuu pääosin H5P-työkalulla tehdyistä interaktiivisista esityksistä, joissa on myös kertaavia oppimistehtäviä. Lisäksi on harjoitustehtäviä ja harjoitus-työmalleja, joitain ppt-esityksiä ja myös raporttityyppisiä syventäviä aineistoja. Liitteessä on kahden osion sisällöistä tarkempi kuva. H5P-työkalua on käytetty esimerkiksi ppt-esitysten sijaan siksi, että ne pystytään upottamaan Moodle-alustalle.

Aineistosta pyydettiin palautetta niiltä opettajilta, jotka vastasivat oppilaitoskyselyyn.



*Kuva 4 Opiskeluaineiston osat*

### Tulosten hyödyntäminen

Koulutusaineisto on laadittu TAMK:n Moodle-alustalle, johon muidenkin korkeakoulujen opettajat pääsevät kirjautumaan HAKA-kirjautumisella. Aineiston kirjautumistiedoista lähetetään ohje alan opettajille toukokuun 2023 aikana. Aineistosta tehdään myös tiedote TAMK:n talotekniikan sivuille.

Aineiston varmuuskopio tallennetaan STEK:n saavutettavaan verkkosijaintiin.

## 2.4. Verkkokurssi

Hankkeen aihepiiriin liittyen toteutettiin kevään 2023 aikana CampusOnline<sup>3</sup> - palvelussa kurssi ”Energian käyttö asuinrakennuksessa” Motivan myöntämällä rahoituksella. Kurssille ilmoittautui 63 opiskelijaa laajalti eri ammattikorkeakouluista ja monista eri tutkinto-ohjelmista. Sen suoritti loppuun 31 opiskelijaa. Opiskelijoiden antama palaute niin pienryhmätyöpajoissa kuin palautekanavilla oli hyvin positiivista (69 % vastaajista piti sitä erittäin hyödyllisenä kurssina) ja kaikkien palautetta antaneiden mielestä kurssi tulisi olla jatkossakin tarjonnassa. Erityisen positiivista oli se, että kurssin suoritti hyvin monen eri tekniikan alan opiskelija (mm. rakennustekniikka, energia- ja ympäristötekniikka, konetekniikka, tuotantotalous) ja erityisesti muut kuin sähkötekniikan opiskelijat olivat hyvin innostuneita kurssiin liittyneestä laajasta sähkön käyttöön ja lämmitykseen liittyvästä HARKKA-selvitystehtävästä. Palautteissa mainittiin mm.

- *Hyvä kurssi jossa näki eri lämmitysmuotojen merkitys energian kulutuksessa*
- *Kurssi oli todella mielenkiintoinen, koska siitä saa varmasti kukin jotain konkreettista hyötyä, kun pääsee itse käytännössä tekemään. Työpajoihin voisi tuoda esim. jonkun visuaalisen piirteen mukaan esityksiin kuten powerpointin.*
- *Hyvä kurssi!*
- *Mielenkiintoinen ja käytännönläheinen kurssi.*
- *Konkreettista tekemistä josta jäi todella positiivinen kuva.*
- *Mielenkiintoinen kurssi, raportin esittäminen olisi voitu tehdä powerpoint esityksellä.*

---

<sup>3</sup> <https://campusonline.fi/>

### 3. Arvio hanketyöskentelystä

#### 3.1. Hyödyntäminen

Aineistoa voidaan käyttää alan koulutuksessa nykyisessä muodossaan. Aineisto on opettajien saatavilla, mutta sitä ei pystytä alkuperäisen suunnitelman mukaan laittamaan yleisesti saataville esimerkiksi aiemmin käytössä olleelle DIGMA-alustalle, koska sen käyttö lakkautetaan kesällä 2023. Laajempi käytettävyys edellyttäisi aineiston sijoittamisen sellaiselle alustalle, johon voidaan helposti luoda lukuoikeuksia. Aineiston pohjalta voidaan laatia myös erillinen verkkokurssi esimerkiksi CampusOnline-tarjontaan. Laaditun aineiston hyödyntämisestä Sähkölämmitysfoorumin sivujen kautta ei ole löytynyt yhteistyömuotoja.

#### Yhteiskunnalliset ja välilliset vaikutukset

Hankkeen aikana on keskusteltu mm. kysyntäjoustopuusta ja sähkölämmityksen roolista lisääntynyt merkittävästi. Tämän johdosta käytiin syksyllä 2022 kertomassa näkemyksistä Eduskunnan energiaryhmälle. Lisäksi Energiateollisuus ry:n kanssa on käyty useita palavereita liittyen erityisesti sähkölämmityksen ohjattavuuteen ja uuden sähköenergiamittarisukupolven hyödyntämismahdollisuuksiin sekä tarpeista uusien vakioitujen ohjausratkaisujen kehittämiseen. Näihin tapaamisiin on hanketyö antanut hyvää pohjatietoa, jota muualta ei juurikaan ole saatavilla. Lisäksi on seurattu tiiviisti EU-tason säädöskehitystä ja niiden vaikutuksia myös sähkölämmitykseen.

#### 3.2. Tulosten arviointi

Erytyisesti energiakriisi teki selväksi sen, että hankkeen aihe ja tavoite oli tarpeellinen.

*”Hankkeessa tuodaan lisänäkemyksiä sähkölämmityksen käyttömahdollisuuksista osana älykästä, hiilineutraalia energijärjestelmää. Olemassa olevien rakennusten perusparantaminen kustannustehokkaasti vaikuttaa osaltaan myös kansantalouteen.*

*Alan osaamisen parantaminen on edellytys uusien ratkaisujen kehittämiseksi sekä tarjoamiselle asiakkaille.”*

Hankkeen tavoitteissa kuitenkin yliarvioitiin alan yritysten valmius olla kehittämässä yhteistä, avointa aineistoa ja alan yleistä osaamista. Erytyisesti ohjausratkaisujen osalta perinteiset toimijat ovat vasta heränneet siihen, millaisia uusia älykkäitä ratkaisuja tarvitaan, jotta sähkölämmitys säilyy yhtenä vaihtoehtona energiatehokkaissa rakennuksissa. Selkeästi näkyy myös se, miten viime vuosikymmenen energiatehok-

kuusvaatimusten sisältämä ”viesti” sähkölämmityksen roolista on vaikuttanut kiinnostukseen sähkölämmitykseen liittyvien palveluiden ja suunnittelun kehittämiseen. Nyt voisi todeta, että sähköala on jättänyt noin ½ miljoonaa eli suuren osan pientalojen omistajista yksin selviämään uudistustarpeista.

Hanke kuitenkin tuotti aineiston, jota ainakin alan opetuksessa voidaan hyödyntää ja jatkokehittää. Lisäksi aineistoon on tallennettu tietoa siitä, miten on toteutettu laajasti suuri osa sähkölämmityskohteista 1980-1990 -luvulla. Näiden kohteiden peruskorjauksissa on tälle näkemykselle oma paikkansa.

### 3.3. Jatkotutkimusaiheita

Hankeen pohjalta nousi esiin aiheita, joita olisi syytä selvittää ennen kuin uuden rakennusten energiatehokkuusvaatimukset laaditaan Suomeen EU-säädösten pohjalta:

- Energiatodistusten laatijan rooli energiatehokkuusneuvonnassa
  - annetaanko lain mukaista neuvontaa<sup>4</sup>
  - millaista neuvontaa on sisällöltään ja perusteiltaan
- o hybridilämmitysten toiminta ja ohjaus sähkölämmityskohteissa
- o lämmitysjärjestelmien suunnittelun, asentamisen ja erityisesti käyttöohjeiden tekijöiden vastuut ja velvoitteet
- o energia todellinen kulutus verrattuna E-lukulaskentaan
  - mistä merkittävät erot johtuvat.

#### Projektiryhmä

Tampereen ammattikorkeakoulun projektiryhmään kuuluu Talotekniikan koulutuksen opettajista Pirkko Harsia, Kari Kallioharju ja Sakari Uusitalo.

---

<sup>4</sup> *Todistuksessa annetaan suosituksia toimista, joilla voidaan parantaa kustannustehokkaasti rakennuksen energiatehokkuutta, ellei kyseessä ole uudisrakennus tai rakennus, jolle ei tällaisia toimia voida osoittaa. Todistuksessa voidaan lisäksi antaa muita tietoja rakennuksen energia- ja ympäristöominaisuuksista.* (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013 12§)

Liite 1. Sähkölämmitys -kyselyn yhteenveto sähkösuunnittelijoille ja -urakoitsijoille

## Kyselyn aihe ja laajuus

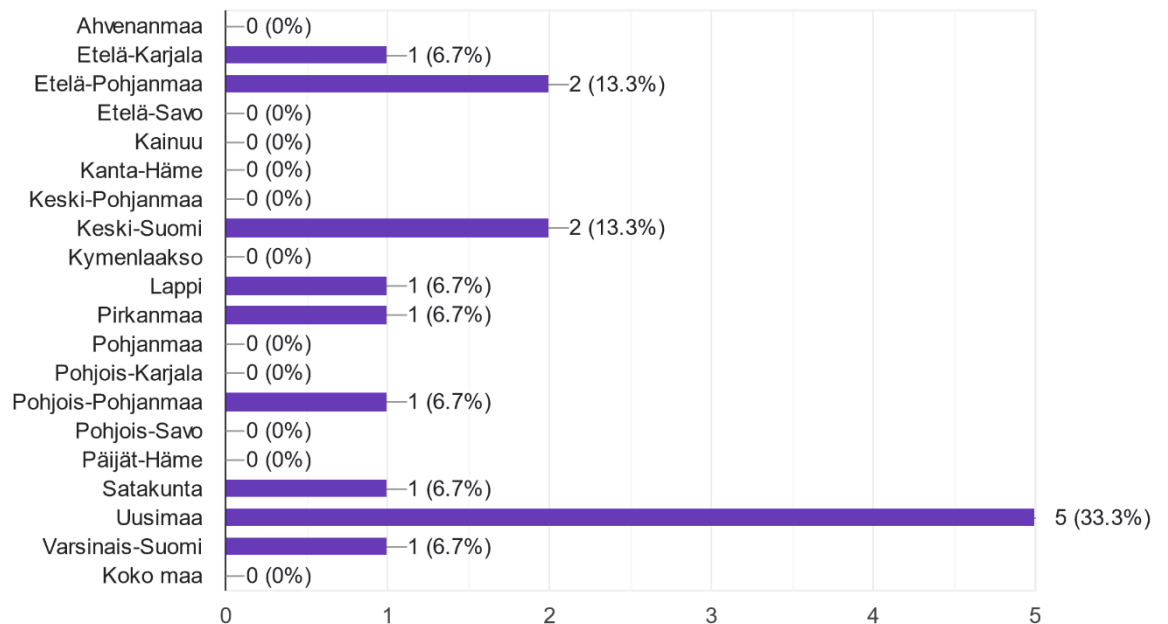
Kysely lähetettiin STUL:n avustuksella ”Löydä sähkömies” (<https://www.loydasahko-mies.fi/>) -palvelussa mukana oleville yrityksille. Palvelussa mukana olevat yritykset ovat tarjoamassa asiantuntija- ja asennuspalveluita yksittäisille henkilöasiakkaille, joita pääosin sähkölämmityskohteet ovat.

## Vastaajien taustatiedot

Kyselyyn saatiin 15 vastausta. Kuvassa 1 on esitetty vastaajien maantieteellinen toimialue. Vastaajien pääasiallinen toimialue oli kaupunkialueet ja vain yksi vastaajista toimi pelkästään maaseutualueella.

Pääasiallinen toimialue (voit valita useita)

15 responses



Kuva 5 Kyselyyn vastaajien toimialue

Yrityksistä 60 % teki sekä suunnittelua että urakointia ja 40 % vain asennuksia. (kuva 2).

Tekeekö yrityksenne

15 responses

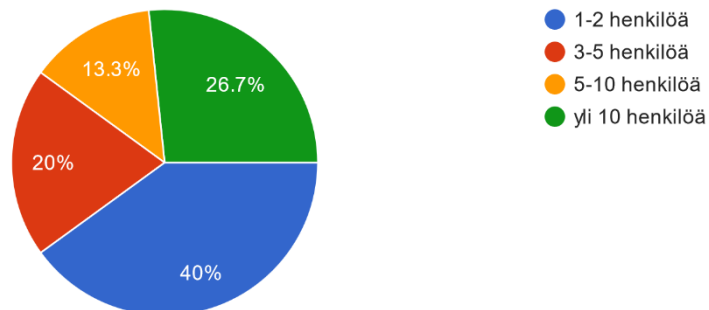


Kuva 6. Vastaukset kysymykseen yrityksen tehtäväalueesta. n= 15.

Vastanneet yritykset olivat eri suuruisia henkilöstömääränsä osalta. (kuva 3)

Yrityksen koko, asentajat + työnjohto + suunnittelu (ilman taloushallintoa)

15 responses



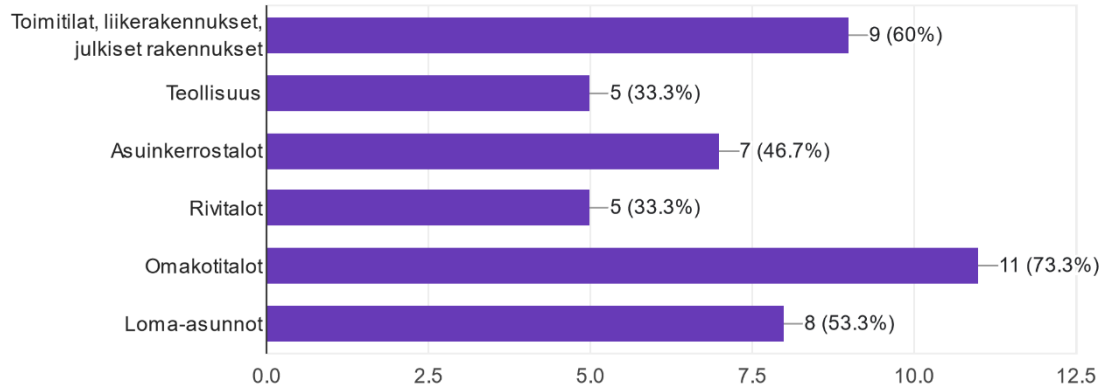
Kuva 7. Vastausten jakautuminen yrityksen kokoa koskevaan kysymykseen. n = 15.

Yritysten toimialueen kattoivat hyvin monenlaisia työkohteita. Kuitenkin suurin osa teki myös omakotitalojen ja loma-asuntojen sähkötöitä. (kuva 4). Työkohteet ovat sekä uudiskohteita, peruskorjauksia että remonteja. (kuva 5)



**Pääasialliset työkohteet**

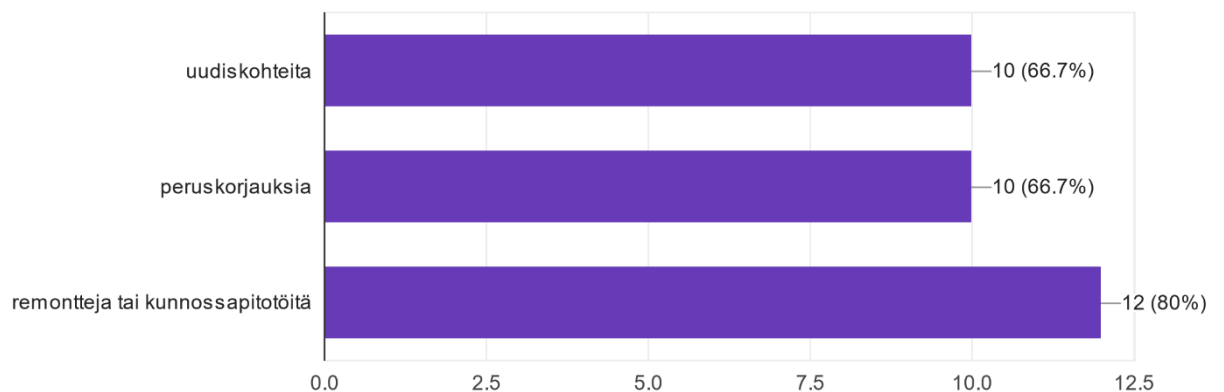
15 responses



Kuva 8. Yritysten työkohteet

**Ovatko työkohteet ensisijaisesti**

15 responses



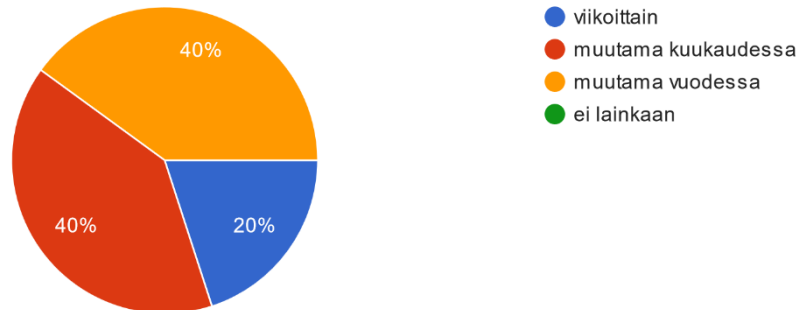
Kuva 9 Työkohteiden tyyppi

**Sähkölämmitykseen liittyvät kysymykset**

Vastaajien mukaan sähkölämmitykseen liittyviä kysymyksiä on asiakkailta tullut melko harvoin. (kuva 6). Kyselyiden määrä on jonkin verran lisääntynyt talven 2022 aikana (kuva 7). Niiden aiheet ovat liittyneet valtaosin järjestelmien uudistamista tai täydentämisestä sekä ilmalämpöpumppujen asentamista (kuva 8).

Kuinka paljon asiakkailta on aiemmin tullut yhteydenottoja sähkölämmitykseen liittyen?

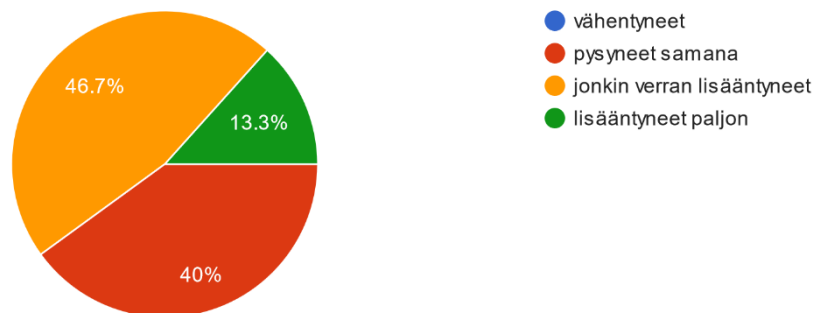
15 responses



Kuva 10 Vastausten jakauma sähkölämmityksen liittyvien kyselyiden määrästä.

Onko sähkölämmitykseen liittyvät asiakkaisen yhteydenotot viimeisen puolen vuoden aikana

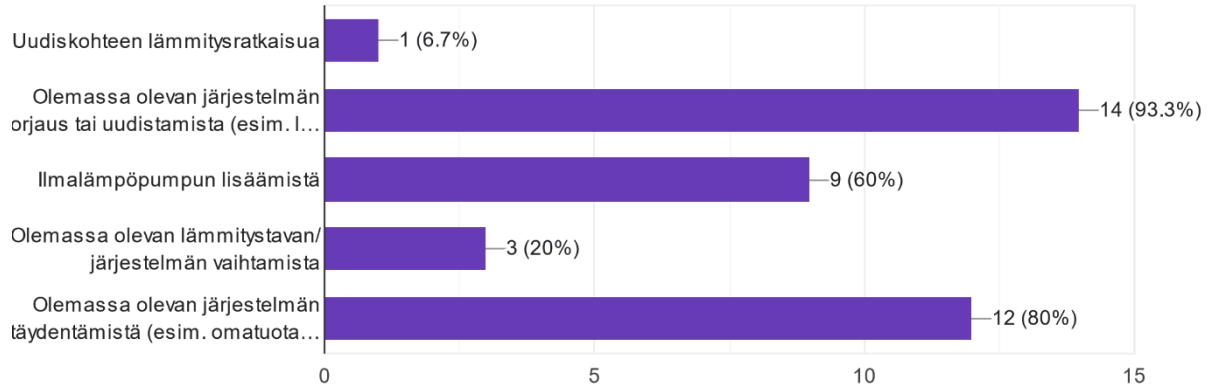
15 responses



Kuva 11. Kyselyiden määrän muutos talven 2022 aikana.

**Mitä yhteydenotot koskevat**

15 responses

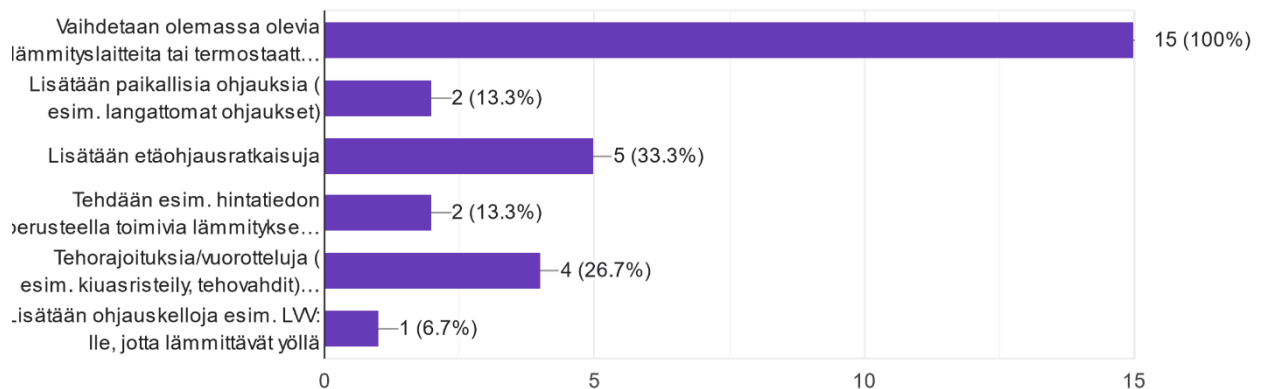


*Kuva 12. Asiakkaiden yhteydenottojen aiheita.*

Kyselyn mukaan yritykset pääosin tekevät olemassa olevien kohteiden uudistuksissa termostaattien vaihtoja. Muutamat vastaukset sisälsivät myös muita ratkaisuja. (kuva 9).

**Jos suunnittelette tai teette sähkölämmitykseen olemassa olevan järjestelmän uudistuksia, niin mitä seuraavia ratkaisuja käytätte?**

15 responses



*Kuva 13 Vastaajayritysten tekemiä toimenpiteitä sähkölämmityskohteissa.*

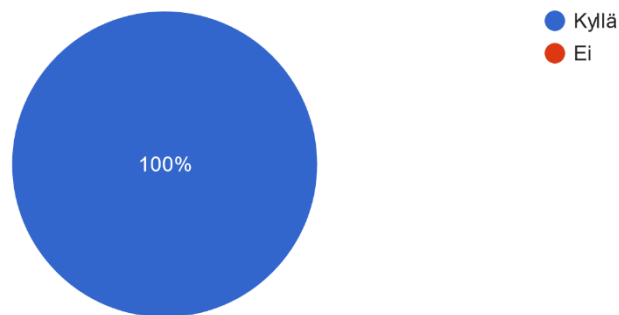
**Kehitys- ja osaamistarpeet**

Kyselyssä oli myös kysymyksiä liittyä sähkölämmitysosaamiseen ja kehittämistarpeisiin.

Alalla tarvitaan selvästi lisää uusia toteutus esimerkkejä sähkölämmityskohteisiin vastaajien näkemyksen mukaan (kuva 10). Tarvetta olisi sekä uusiin ohjausratkaisuihin että järjestelmien laajentamiseen liittyen.

Onko mielestäsi sähköalalla tarvetta saada uusia toteutus esimerkkejä sähkölämmityksen uudistamiseen ?

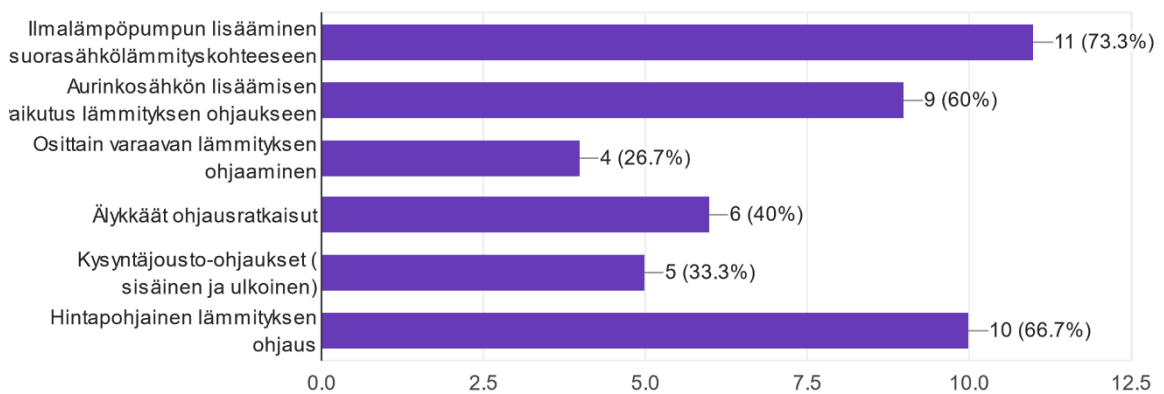
15 responses



Kuva 14 Toteutus esimerkkitarve.

Jos olisi, niin mille näistä

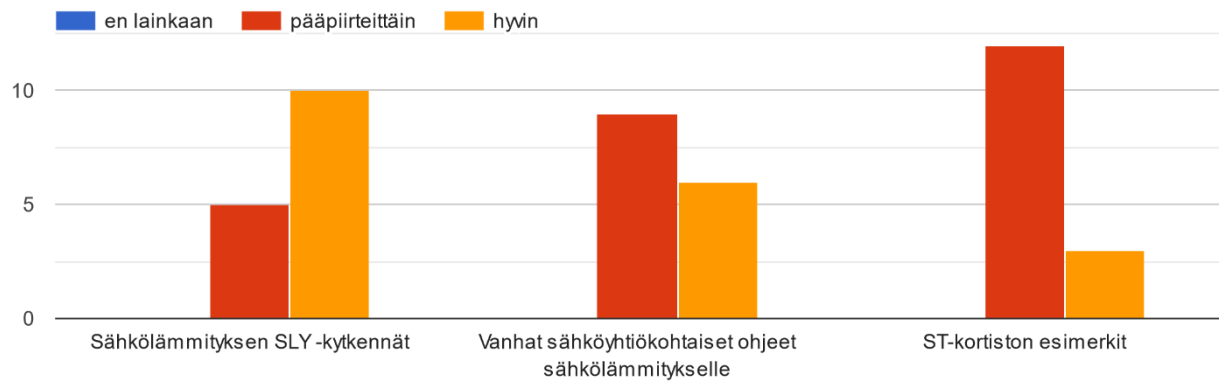
15 responses



Kuva 15 Esimerkkitarpeiden aiheita

Olemassa olevat vakioratkaisut ja vanhat ohjeet tunnettiin vastausten mukaan melko hyvin.

Kuinka hyvin tiedät vanhat sähkölämmityksen ohjaussuositukset?

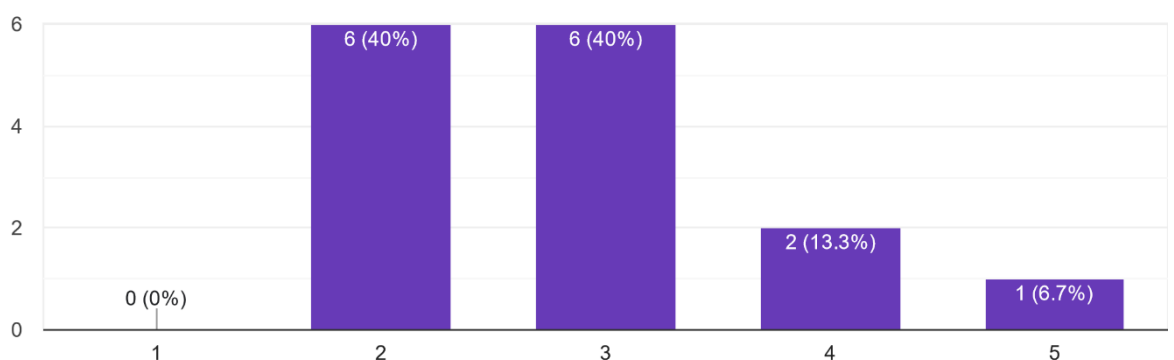


*Kuva 16 Vanhojen ohjaukseen liittyvien ohjeiden tuntemus.*

Vastaajat arvioivat oman tai yrityksensä työntekijöiden osaamistarpeet melko vähäisiksi (kuva 13). Lisäosaamistarpeet jakautuivat hyvinkin laajalle aihealueelle. (kuva 13). Lisäosaamistarpeet ovat kuitenkin hyvin laajalti eri aihealueisiin, vaikkakin erityisesti uusien osajärjestelmien lisäämisen aiheuttamat haasteet edellyttäisivät lisätietoa. (kuva 14).

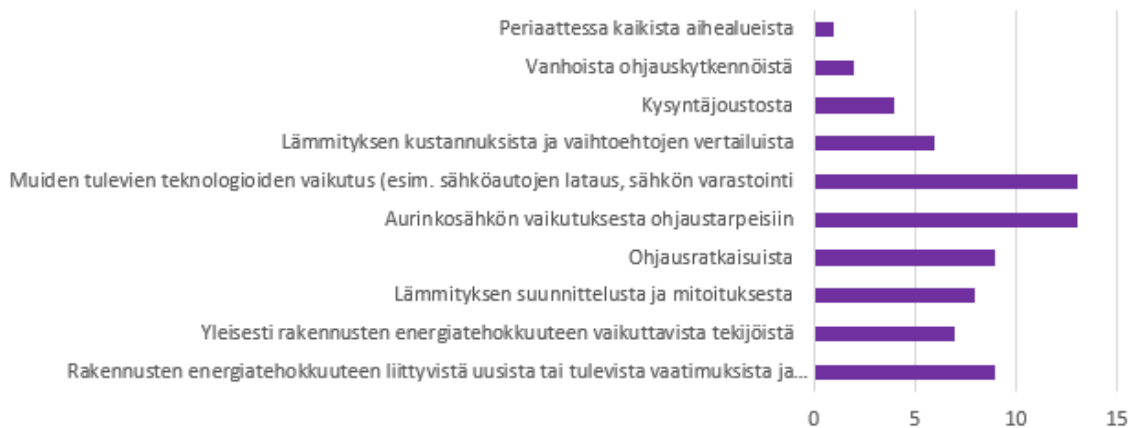
Miten arvioisit osaamistarvetta (omaa tai yrityksesi muiden työntekijöiden) liittyen sähköperusteisiin (sisältää myös lämpöpumput) lämmitysratkaisuihin?

15 responses



*Kuva 17 Vastaajien arvio osaamistarpeista omassa yrityksessään.*

Mihin seuraavista aiheista voisi olla tarve lisäosaamiselle?

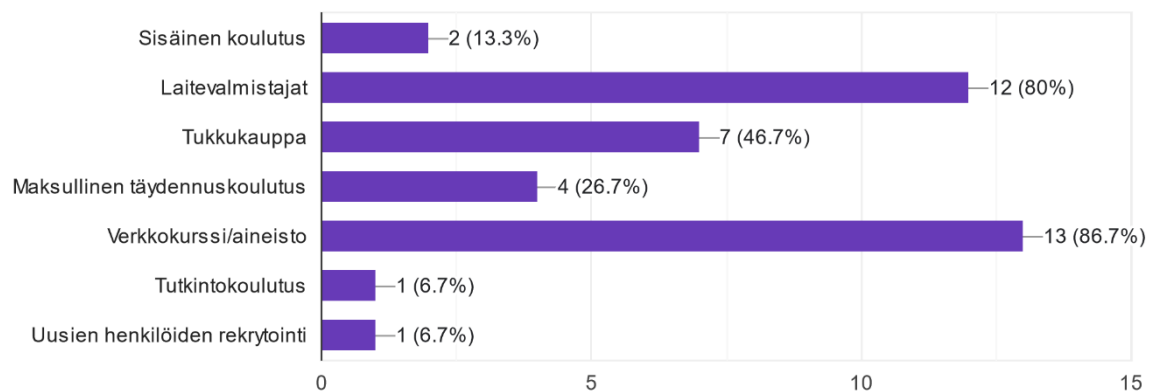


Kuva 18 Vastaajien mukaan lisätiedon tarve.

Lisätiedon levitystapana laitevalmistajien rooli on tärkeä. Lisäksi tarvetta vastausten perusteella olisi verkkokurssi-tyyppiselle aineistolle (kuva 15)

Mistä tai keneltä voisitte hankkia lisätietoa

15 responses



Kuva 19 Uuden tiedon hankintakanavat vastaajien mukaan.

Avoimet vastaukset

” Aurinkoenergian pientuotannon ja sähköauton lataamisen yhteensovittaminen hintaperusteisella ohjauksella alkaa olemaan kysytyimpiä asioita myös lämmityksen ohella ja veikkaan että ensi vuonna myös sähkön varastointi hintaperusteisesti ja lämmityksen ohjaus saman tavan mukaan tulee kysytyimmäksi asiaksi koska sen trendi on jo

*nyt kasvamassa kallistuneen energianhinnan myötä. Näiden asioiden ympärille rakentuva sähkölämmityksen ohjaus on sähkön säästön tulevaisuus”*

*” Sähkölämmityksestä on turhaan tehty lähes ”rikollista”, enemmän ongelmana on ollut päättäjienme osaamattomuus sähköntuotannon lisäämiseksi.”*

*” Meillä on niin pieni sähkölämmityksen osuus. Muutamia patterin vaihtoja sekä lämpöpakettien vaihtoja. Etten osaa auttaa enempää.”*

*” Eläköityminen lähellä”.*

## Kyselyn yhteenveto ja pohdintaa

Kyselyn vastauksista ilmenee, että sähkölämmitys on sähköalan toimijoiden osalta melko ”sivuroolissa” oleva aihealue. Kuitenkin osaamistarpeita nähdään olevan erityisesti uusien teknisten ratkaisujen ja järjestelmien uudistamisen ja lisäämisen osalta. Hybridiratkaisujen lisääntyminen ja lämpöpumppujen tuleminen yhä olennaisemmaksi osaksi myös sähkölämmitystalojen lämmitystä aiheuttaa uuden tiedon tarpeita. Energiamurroksen mahdollisuudet ja vaikutukset sähköalalle ei juurikaan tuli kyselyn vastauksissa esiin.

Kyselyn perusteella voidaan kuitenkin todeta, että yhteisille, uusille malliratkaisuille olisi tarvetta.

Lämmitysjärjestelmille ei nykyisissä vaatimuksissa aseteta vastuullista suunnittelijaa. Oli lämmitysratkaisu mikä tahansa, toteutuu se usean eri toimijan ratkaisusta eikä kenenkään olen vastuuta sen kokonaistoiminnasta. Erilaisten älykkäiden ohjausratkaisujen lisääntyminen tarjoaisi myös sähköalalle mahdollisuuksia uusien palveluiden kehittämiseen ja tarjoamiseen. Nyt ne ovat jääneet muutaman yrityksen suljettujen ratkaisujen tarjonnaksi.

Iso kysymys seuraaville vuosille on se, miten uudistetun rakennusten energiatehokkuusdirektiivin mahdolliset tiukatkin vaatimukset toteutetaan sadoissa tuhansissa sähkölämmitysasunnoissa perustellusti ja kokonaisratkaisuiltaan järkevästi. Tähän sähköalalla tulisi olla kehitettynä ratkaisuja.

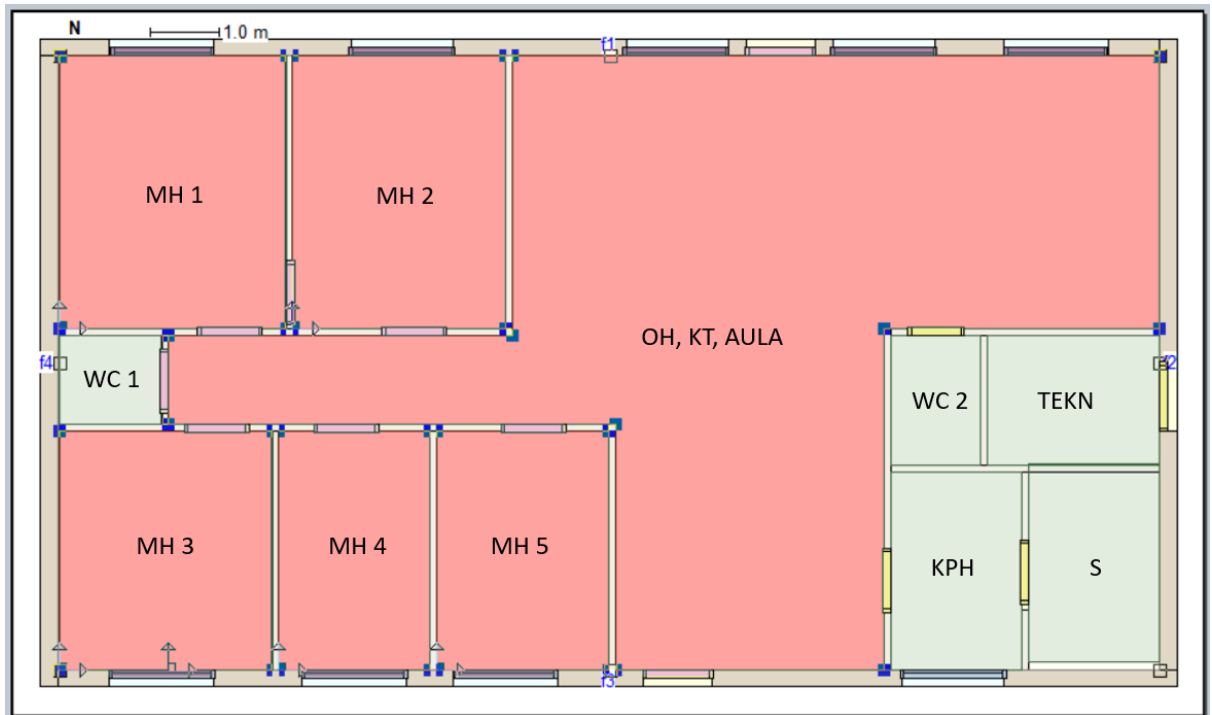
## Ilmalämpöpumpun vaikutus sähkölämmitystalon sisäolosuhteiden vaihteluun

Osana hanketta tarkasteltiin IDA-ICE olosuhdemallinnusohjelmistolla, miten sähköpatteri ja

-lattialämmityksen vuosienergiankäyttö muuttuu omakotitalossa ilman ilmalämpöpumppua (ILP) ja ilmalämpöpumpun kanssa tyypillisillä lämmityslaitteiden lämpötilasetteluilla. Lisäksi jokaisesta olosuhdesimuloinnista tarkastettiin kohteen jossain keskeisessä tilassa esiintynyt vuoden matalin sisälämpötila. Tarkastelun tarkoituksena oli selvittää, ovatko tyypilliset ohjaustavat ja asetteluarvot energiankäytön kannalta tarkoituksenmukaista, miten ne vaikuttavat sisäolosuhteisiin ja tulisiko ohjausmenetelmiä ilmalämpöpumppukohteissa kehittää.

Mallinnettavana kohteena oli 80-luvun tyypillinen painovoimaisella ilmanvaihdolla varustettu omakotitalo, jonka käyttövesiprofiilia oli muutettu rakentamismääräysten profiilista enemmän todellista vedenkäyttöä vastaavaksi (300 litran lämminvesivaraaja). Talo sijoitettiin Tampereen säävyöhykkeelle. Lämmityslaitteet oli mitoitettu vastaamaan oikeita laitteita ja niiden sijoittelua. Niitä säädettiin huonetermostaattiohjauksella. Ilmalämpöpumppu oli valittu siten, että se vastasi tyypillistä kotitalouksista löytyvää ilmalämpöpumppua teholtaan ja mitoitukseltaan. Ilmalämpöpumppu oli asennettu lämmittämään talon suurta yhtenäistä tilaa (OH, KT, AULA). Koska ilmalämpöpumppukohteissa ihmiset kuitenkin yleensä pyrkivät hyödyntämään ilmalämpöpumppua mahdollisimman paljon lämmityksessä, oli ilmalämpöpumppumallinuksissa asetettu makuuhuoneiden ovet auki. Pelkin sähkölämmittimin lämmitetyssä talossa väliovet oli suljettu. Omakotitalon mallinnettu pohjakuva on esitetty kuvassa 1. Ilmalämpöpumppulla varustettujen ratkaisujen mallinuksissa avatuilla väliovilla luotu tilakokonaisuus on esitetty kuvassa punaisella. Punaiset tilat ovat myös sisälämpötilatarkastelun kannalta ns. keskeisiä tiloja.





Kuva 1. Mallinnettu omakotitalo. Ilmalämpöpumpulla varustettujen ratkaisujen mallinuksissa avatuilla väliovilla luotu tilakokonaisuus on esitetty kuvassa punaisella.

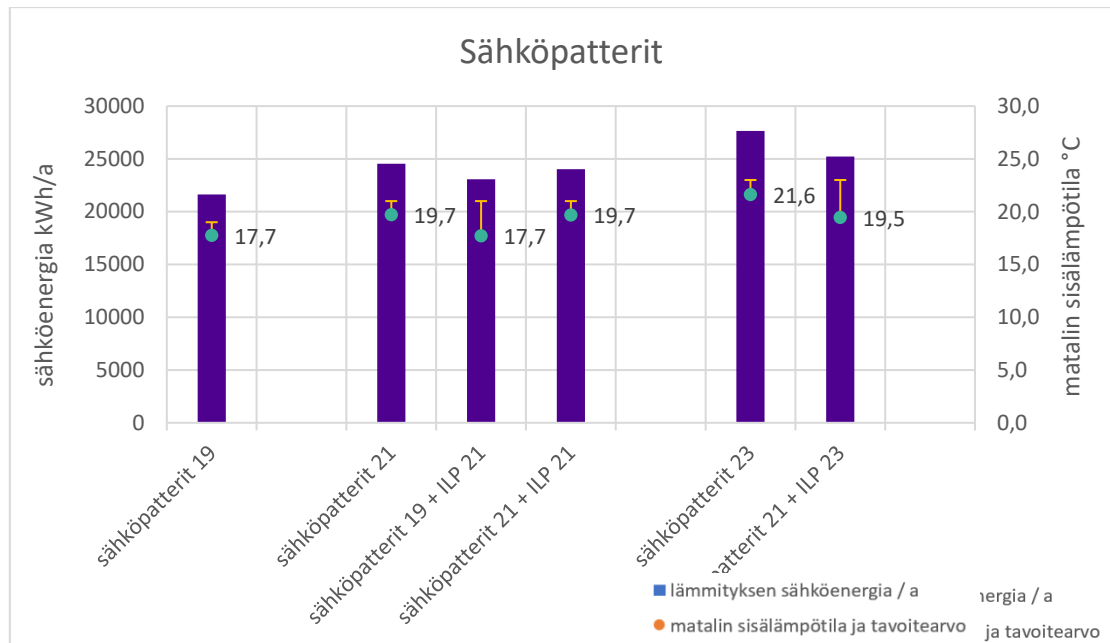
Mallinnettuja tilanteita olivat sekä sähköpattereilla että lattialämmityksellä termostaattien lämpötila-asettelut 19 °C, 21°C ja 23 °C. Perusteluina valituille asetteluille on, että:

1. energiansäästön vuoksi monessa pientalossa on sisälämpötilaa alennettu (19 °C)
2. vaatimustenmukainen sisälämpötila tulisi olla 21 °C ja
3. usein kodit ovat liian lämpimiä (23 °C).

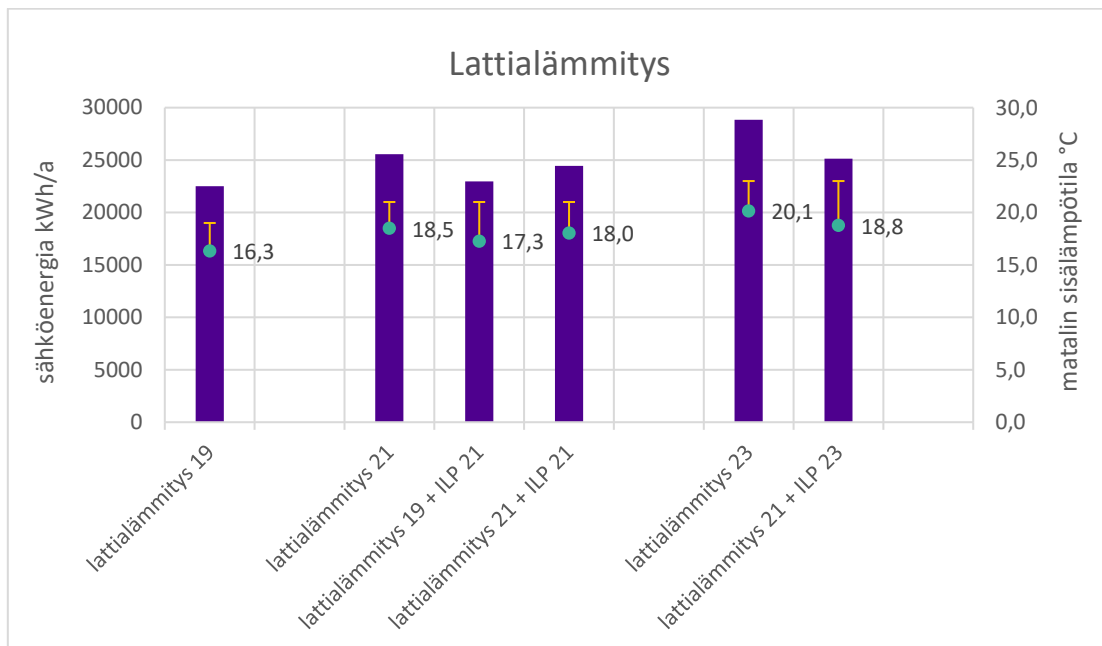
Ilmalämpöpumpulla varustettujen omakotitalojen lämmityksen asetteluarvot ovat hyvin kirjavia, jolloin myös ilmalämpöpumpun vaikutus lämmitysenergiankäyttöön on vaihtelevaa. Sen vuoksi ilmalämpöpumpulla varustetun omakotitalon mallinuksia tarkasteltiin asetusarvoilla (lämmittimet/ILP) 21/21 °C, 19/21 °C ja 21/23 °C. Perusteluina valituille asetteluille on, että:

1. ilmalämpöpumpun ja lämmitysjärjestelmän toimintaa ei aina ymmärretä, jolloin ilmalämpöpumpun ja lämmitysjärjestelmän asetteluarvot pidetään samoina (21/21 °C)
2. yleisen tietämyksen mukaanärkevin tapa olisi laskea ilmalämpöpumpun lämmittämien tilojen lämmittimien asetusarvoja pari astetta lämpöpumpun tuottaman, halutun sisälämpötilan asetusarvon alle (19/21 °C)
3. ilmalämpöpumppu koetaan usein niin energiatehokkaaksi tukilämmitysmuodoksi, että sen asettelu nostetaan mukavuussyistä sähkölämmittimien yläpuolelle olemassa olevan lämmityksen asetusarvoja muuttamatta (21/23 °C)

Mallinnuksien tulokset on esitetty sähköpatterilämmitykselle kuvassa 2 ja lattialämmitykselle kuvassa 3. Vuosienergiankulutus sisältää lämmityksen sähköenergian ja lämpimän käyttöveden (sininen palkki). Oranssilla on esitetty mallinnustapauksen jonkin keskeisen tilan matalin sisälämpötila ja tavoiteltu asetusarvo vuoden aikana.



Kuva 2. Sähköpatteritalon mallinnuksiin perustuva lämmityksen vuoden sähköenergiankäyttö (lämmitys+LKV) eri lämmityksen asetteluarvoilla. Lämmityksen sähköenergia sinisellä ja jonkin keskeisen tilan matalin sisälämpötila ja asetusarvo oranssilla.



*Kuva 3. Lattialämmitystalon mallinnuksiin perustuva lämmityksen vuoden sähköenergiankäyttö (lämmitys+LKV) eri lämmityksen asetteluarvoilla. Lämmityksen sähköenergia sinisellä ja jonkin keskeisen tilan matalin sisälämpötila ja asetusarvo oranssilla.*

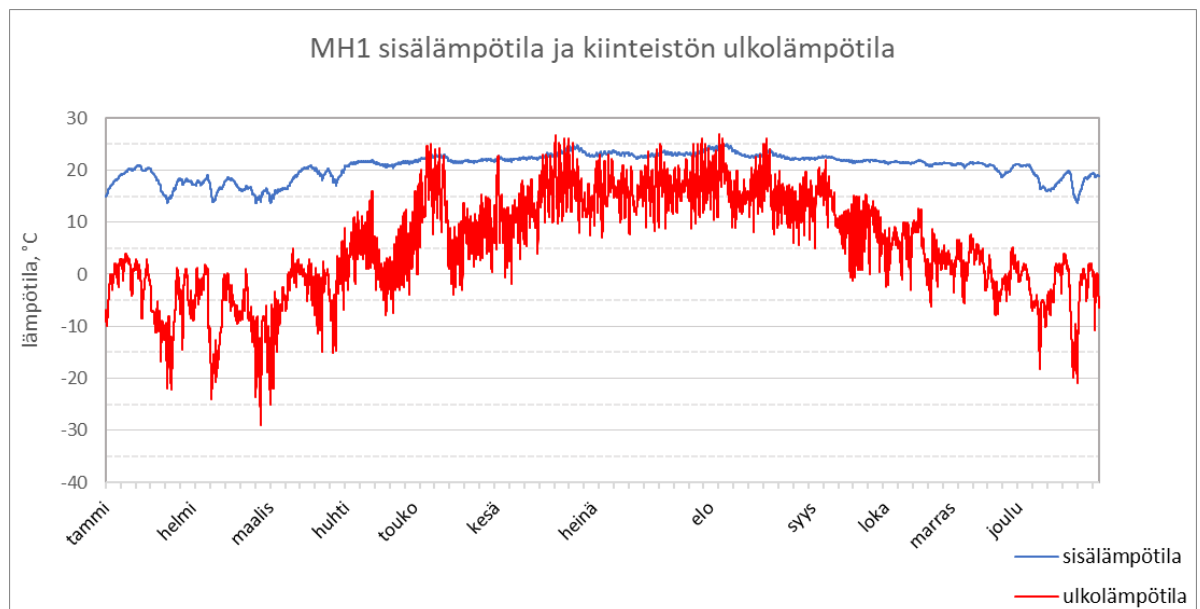
Ensimmäinen havainto mallinnoista on se, että energiankäyttö luonnollisesti laskee, kun sisälämpötilaa alennetaan. Sähkölämmittimillä lämmitettäessä sähköenergiankäyttö pienenee hieman alle 6 % sisälämpötilan laskiessa yhden celsiusasteen. Ilmalämpöpumpun lisääminen vaikuttaa energiankäyttöön aina alentavasti, mutta energiankäytön pieneneminen on voimakkaasti riippuvainen sähkölämmityksen ja lämmittimien lämpötilan asetusarvoista ja vaihtelee välillä 2 - 13 %.

Lämpötilan osalta tuloksista voidaan havaita, että sisälämpötilat vaihtelevat voimakkaimmin mallinnoissa, joissa taloa pyritään lämmittämään mahdollisimman paljon ilmalämpöpumpulla. Mallinnoista tarkasteltu vuoden sisälämpötila havaittiin aina tilassa, joka oli avointen väliovien vuoksi lämpöpumpun vaikutusalueella. Pelkillä sähkölämmittimillä mallinnetuissa vaihtoehdoissa vuoden alin huonelämpötila kävi sähköpattereilla hetkellisesti 6 - 7 % alle asetusarvon ja lattialämmityksellä 12-14 % alle asetusarvon. Kun lämmitys pyrittiin toteuttamaan ensisijaisesti ilmalämpöpumpulla, putosi vuoden matalin hetkittäinen sisälämpötila sähköpatteritalossa 15 - 16 % ja lattialämmitystalossa n. 18 % alle asetusarvon.

Mallinnustulosten ja ihmisten viime talvena tekemien säästötoimenpiteiden vuoksi osana mallinnustyöpakettia tehtiin vielä yksi todellista käyttötilannetta kuvaava olosuhdesimulointi, jossa pyrittiin luottamaan lähes täysin ilmalämpöpumpun lämmitystehon riittävyyteen keskeisissä tiloissa. Viimeinen tarkastelu tehtiin ainoastaan lattialämmi-

tystaloon. Mallinnuksessa lattialämmityksen huonetermostaattien asetusarvo asetettiin 15 °C ja ilmalämpöpumppu 23 °C. Ainoastaan kylpyhuoneen ja saunan lattialämmitystermostaatit asetettiin 21 °C. Tällaisella mallinnuksella kohteen lämmityksen sähköenergiankäyttö putosi 8,5 % verrattuna pelkkään 21 °C lattialämmitykseen, mutta hetkellisesti keskeisten tilojen lämpötila pääsi laskemaan arvoon 13 - 14 °C. Ainoastaan saunan ja kylpyhuoneen lämpötila pysyi läpi vuoden yli 18 ° celsiusasteessa.

Tarkempi tarkastelu makuuhuoneen 1 (MH1) osalta osoittaa, että lämpötilan alenemisen kannalta tässäkin mallinnustapauksessa haasteellisimpia ajankohtia ovat ne, joissa ulkolämpötila muuttuu nopeasti (kuva 4).



*Kuva 4. MH1:n vuoden sisälämpötila ja kiinteistön ulkolämpötila mallinnuksessa, jossa lattialämmitystermostaatit oli asetettu arvoon 15 °C ja ilmalämpöpumppu 23 °C.*

Alimmillaan MH1:n lämpötila käy vuoden aikana 13,6 celsiusasteessa, vaikka lokakuun alun ja maaliskuun lopun välinen keskilämpötila huoneessa on 18,9 °C. Huomioitavaa kuitenkin on, että keskilämpötila on merkittävästi alle ilmalämpöpumpun asetusarvon (23 °C), joka johtuu ilmalämpöpumpun riittämättömästä mitoituksesta lämmitystilavuuteen nähden. Mallinnuksien perusteella on hankala sanoa, paljonko 8,5 % energiansäästöä verrattuna 21 °C lattialämmitysmallinnukseen tulee puhtaasti ilmalämpöpumpusta ja paljonko lämpötilan alenemisesta, mutta kuten mallinnukset osoittivat, sähkölämmitysratkaisuissa 1 °C asetustilalämpötilan alentaminen pienensi energiankulutusta noin 6 %.

## Pohdinta

Tarkastelujen perusteella voidaan todeta, että tilakohtaisen sähkölämmityksen muodosta riippumatta järjestelmään lisätty tyypillinen ilmalämpöpumppu ei ole sisäolosuhteiden ylläpidon kannalta kovin luotettava lämmönlähde, jos ulkolämpötila alenee nopeasti. Todellisuudessa tällaisia käyttötilanteita ei välttämättä koeta kuitenkaan yhtä rajuina kuin mallinuksissa, koska sähkölämmitystaloissa suositaan myös tulisijoja tukilämmitysmuotona.










Suurin haaste lämmitysjärjestelmän toiminnan kannalta vaikuttaisi olevan nykyinen suorasähkölämmityksen ja ilmalämpöpumppujen ohjauslogiikka, joka perustuu yksittäisten lämmityslaitteiden erilliseen ohjaamiseen reaaliaikaisella lämpötilatiedolla, eli laitekohtaisella termostaatilla. Oman haasteensa saattaa tuoda vielä lattialämmityskohteiden ohjaus pelkällä lattian lämpötilalla, jota ei tässä selvityksessä tarkasteltu. Ilmalämpöpumppujen ja ylipäätään lämpöpumppujen lisääntyessä olisi tärkeää, että ne olisi integroitu osaksi muuta lämmitysjärjestelmää, jota ohjattaisiin reaaliaikaisen sisälämpötilan lisäksi myös ennakoivasti esimerkiksi rakennuksen lämpökäyttäytymiseen ja sääennusteeseen perustuen. Haasteita ennakoitavuuteen voi aiheuttaa esimerkiksi lämmitysjärjestelmän ulkopuoliset lämmönlähteet, kuten tulisijojen käyttö, mutta toisaalta myös niiden huomiointi osana ohjausta voisi olla mahdollista.

Mallinnusten tulokset herättivät kysymyksiä erityisesti siitä, kuinka suuria ilmalämpöpumpun hyödyt todellisuudessa ovat verrattuna sisälämpötilan alentamiseen, miten ilmalämpöpumppu vaikuttaa asumismukavuuteen ja miten lämmitysjärjestelmän kokonaisdynamiikkaa voisi parantaa. Aihetta olisi hyvä tutkia lisää todellisissa kohteissa seurantamittauksin, haastatteluin ja esimerkiksi ohjausratkaisuja pilotoiden.






## Liite 3: Opiskeluaineiston sisältöjä

### SÄHKÖLÄMMITYSRATKAISUT






#### Lämpö ja lämmitys

-  Lämmön tunteminen
-  Lämmön siirtyminen
-  Lattialämmityksen periaate
-  ppt-esitys lattialämmityksen toiminnasta
-  Lämmityksen mitoitus
-  Lämpöhäviöiden laskenta, esimerkki, ppt-aineistona
-  Lämmitysenergian tarpeen laskenta
-  Mitoitustehtävä
-  Mitoitustehtävän piirroksiset

#### Sähkölämmitysratkaisut

-  Sähkölämmitystavat
-  Vaatimukset asennuksille ja laitteille
-  Sähkölämmitysratkaisu
-  Lattialämmitys
-  Esimerkkejä lämmityssuunnitelmista

Kansiossa on esimerkkejä siitä, miten erilaisia sähkölämmitysratkaisuja on toteutettu. Niitä voi hyödyntää esimerkiksi saneerattaessa vanhoja kohteita.




























-  Lämmityksen mitoitustehtävä
-  Tehtäviä lattialämmityksestä
-  Muut sähköiset tilalämmitystavat
-  Käytävien lämmitys
-  ENSTO Pro-esimerkkejä

#### Harjoitustyöesimerkki sähkölämmityksen suunnittelusta

-  Tehtävänto

### + ÄLYKKÄÄT OHJAUSRATKAISUT



-   Lämmityksen ohjaus ja säätö 
-   SLY-ohjaus 
-   Sähkölämmityksen ohjaus ja säätö, syventävä aineisto 
-   Esimerkkejä sähkölämmityksen ohjausratkaisuista 
-   tehtävä 1 Liite: Rivitaloyhtiön ohjauksen muutos 
-   tehtävä 2 liite: SLY-kytkennän muutos 
-   Syventävä lisäaineisto: Sähkötehojen hallinta 
-   SL Ohjausratkaisuista 
-  **Piilotettu opiskelijoilta**
-   Lisäaineisto: Laitteiden ohjaustapoja 