

PLEASE NOTE! THIS IS PARALLEL PUBLISHED VERSION / SELF-ARCHIVED VERSION OF THE OF THE ORIGINAL ARTICLE

This is an electronic reprint of the original article.

This version *may* differ from the original in pagination and typographic detail.

Author(s): Laakkonen, Ossi

Title: Pientalon sähkönkulutus kuriin: Älyjärjestelmistä helpotusta energiakustannuksiin

Version: final draft

Please cite the original version:

Laakkonen, O. (2022). Pientalon sähkönkulutus kuriin: Älyjärjestelmistä helpotusta energiakustannuksiin. Pulssi-portaali 30.9.2022. <https://karelia.fi/2022/09/pientalon-sahkonkulutus-kuriin-alyjarjestelmista-helpotusta-energiakustannuksiin>

HUOM! TÄMÄ ON RINNAKKAISTALLENNE

Rinnakkaistallennettu versio *voi* erota alkuperäisestä julkaistusta sivunumeroiltaan ja ilmeeltään.

Tekijä(t): Laakkonen, Ossi

Otsikko: Pientalon sähkönkulutus kuriin: Älyjärjestelmistä helpotusta energiakustannuksiin

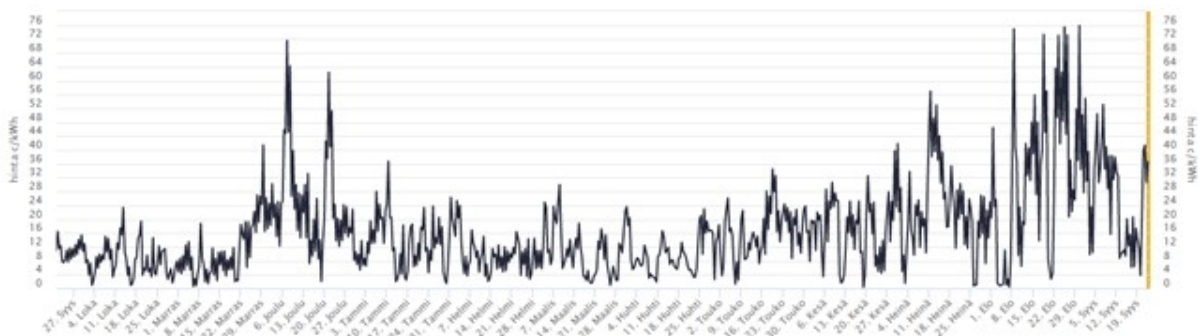
Versio: final draft

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Laakkonen, O. (2022). Pientalon sähkönkulutus kuriin: Älyjärjestelmistä helpotusta energiakustannuksiin. Pulssi-portaali 30.9.2022. <https://karelia.fi/2022/09/pientalon-sahkonkulutus-kuriin-alyjarjestelmista-helpotusta-energiakustannuksiin>

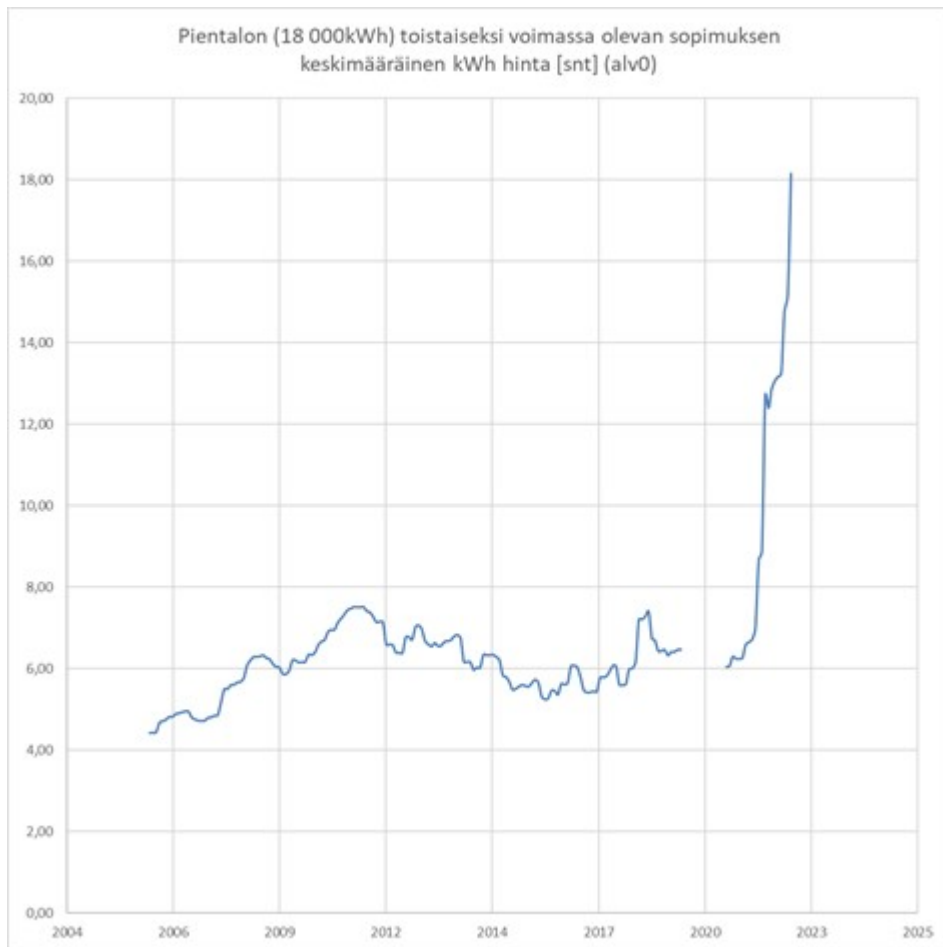
Pientalon sähkönkulutus kuriin: Älyjärjestelmistä helpotusta energiakustannuksiin

Kuluvan vuoden aikana sähkön kuluttajahinta on noussut reippaasti ja hinnan nousu on alkanut näkyä sähkölaskuissa. Moni määräaikaisen sähkösopimuksen päättymistä odottava on kauhunsekaisin tuntein etsinyt uutta sopimusta, joka ei olisi hinnaltaan moninkertainen nykyiseen verrattuna. Sähkøyhtiöt tarjoavat pääasiassa pörssisähköä ja harvojen määräaikaisten sopimusten hinnat on laitettu turvalliselle tasolle, joten vaihtoehtoja on vähän. Kuvassa 1 on esitetty pörssisähkön arvonlisäveroton hinta aikavälille 21.9.2021–22.9.2022.



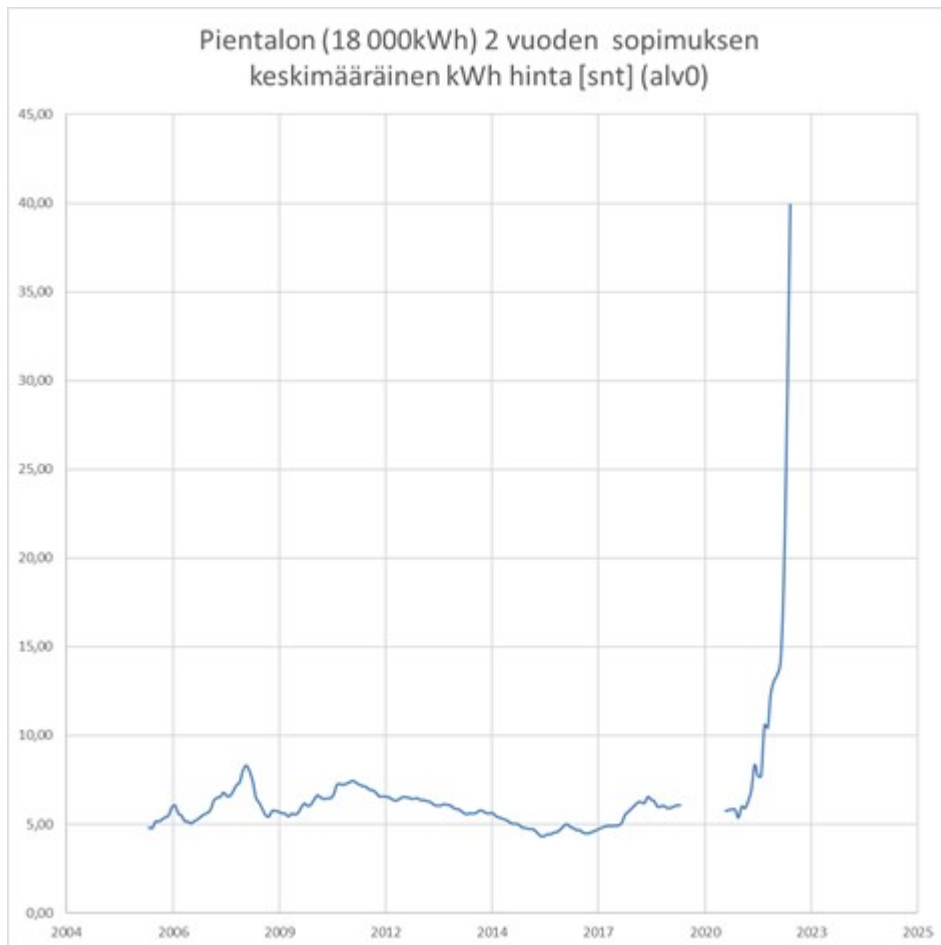
Kuva 1. Pörssisähkön hinta (alv0) 21.9.2021–22.9.2022. Lähde: Sahko.tk
<https://sahko.tk> 22.9.2022.

Määräaikaisten sopimusten keskihinnat ovat nousseet selvästi ja nykyinen epäselvä maailmantilanne ei todennäköisesti laske hintoja totutulle tasolle lähitulevaisuudessakaan. Kuvassa 2 toistaiseksi voimassa olevien sopimusten keskihinta aikavälillä 1.3.2006–1.9.2022 ja kuvassa 3 kaksivuotisten määräaikaisten sopimusten keskihinta samalla aikavälillä.



Kuva 2.

Toistaiseksi voimassa olevien sähkösopimusten keskihinta (alv0) aikavälillä 1.3.2006–1.9.2022. Lähde: Energiavirasto.
<https://energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>, 22.9.2022.



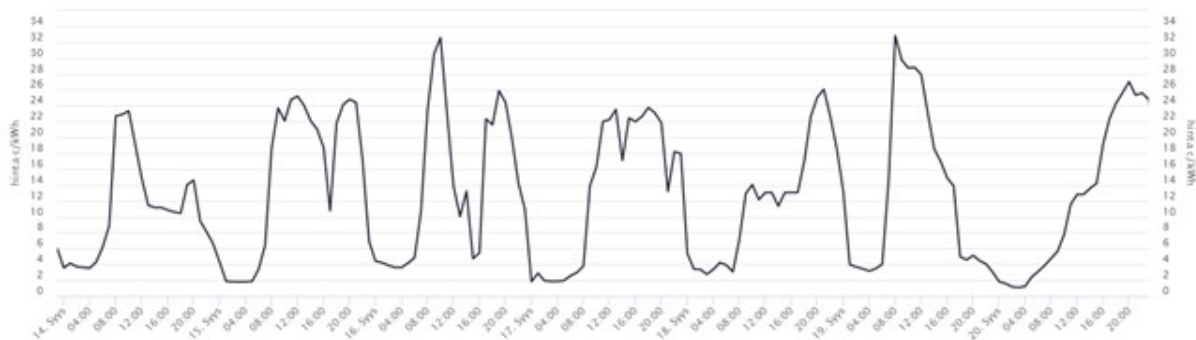
Kuva 3.

Kaksivuotisten määräaikaisten sähkösopimusten keskihinta (alv0) aikavälillä 1.3.2006–1.9.2022. Lähde: Energiavirasto.

<https://energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>, 22.9.2022.

Pörssisähkösopimuksen keskihinta määräytyy jokaisen kuluttajan oman kulutuskäyttämisen perusteella. Keskihinta lasketaan painottamalla tuntikohtaista SPOT-hintaa tuntikohtaisella kulutuksella. Näin ollen keskihintaan on mahdollista vaikuttaa ohjaamalla kulutusta halpojen tuntien ajalle. Hintoihin lisätään sopimuskohtaiset toimitus- ja kuukausimaksut sekä verot.

Kun tarkastellaan tarkemmin pörssisähkön vuorokausikäyttämistä (kuva 4), voidaan todeta, että kulutuksen ajoittaminen yöaikaan on kustannusten kannalta järkevää. Tätä tapaa onkin hyödynnetty paljon yöpäivä -sähkösopimuksissa, jolloin yösähkön hinta on ollut selvästi edullisempaa kuin päiväsähkön. Näiden sopimusten suosio on kuitenkin hiipunut hintaeron kavennuttua lähes olemattomiin sekä yöpäiväsähkösopimuksen kalliimman kuukausimaksun vuoksi.



Kuva 4. Pörssisähkön arvonlisäveroton hinta 14.–20.9.2022. Lähde: Sahko.tk. <https://sahko.tk>, 22.9.2022.

Lisäämällä älyä kodin järjestelmiin, voidaan kulutus ajoittaa vielä tarkemmin, ja sitä voidaan ohjata vuorokauden edullisimmille tunneille. Tulevaisuudessa sähkön hinta määritetään 15 minuutin tarkkuudella, jolloin automaation tarve korostuu kuormien ohjauksessa.

Kodin sähkölaitteet ja automaatio

Kodin sähkölaitteet ja -järjestelmät ovat olleet perinteisesti niin sanotusti ”tyhmiä”, jolloin mahdollisuus automaation käyttöön tai jopa ajastamiseen on hankalaa, ellei mahdotonta. Uudemmat kodit sisältävät erinäisen määrän automaatiota (taloautomaatio), jota voidaan hyödyntää energiakustannusten pienentämisessä. Parhaimmassa tapauksessa taloautomaatio mahdollistaa hyvinkin monipuolisen kulutuksen ajastamisen käyttäen hyödyksi internetin avoimia tietolähteitä, kuten sähkön SPOT-hintaa ja jopa sääennusteita. Tällöin lämmitystä voidaan ajoittaa ennakoivasti edullisille tunneille, kun tiedossa on sään kylmeneminen ja lämmitystarpeen lisääntyminen lähitunteina.

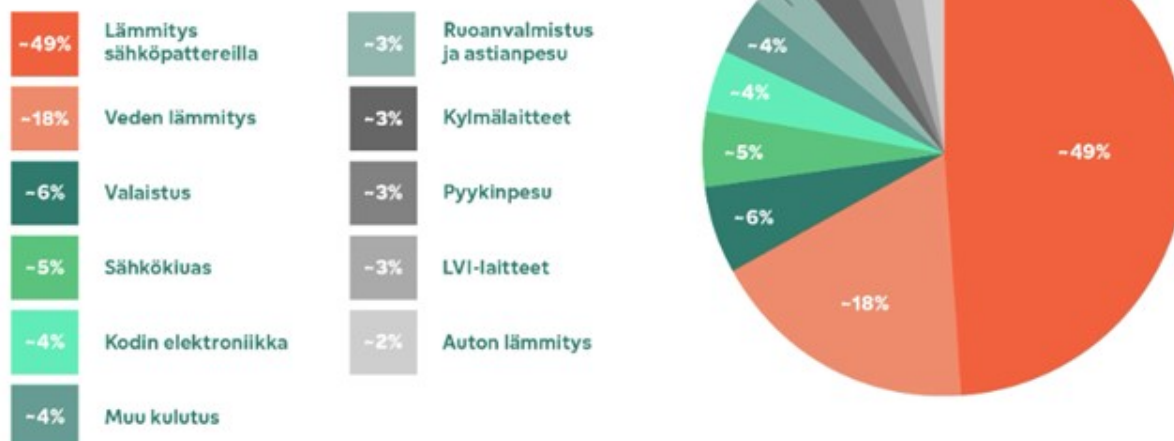
Erityyppisiin sähkölämmityksen ohjausratkaisuihin voi tutustua Mika Vuovirran (2022) opinnäytetyössä [Sähkölämmityksen ohjausratkaisujen markkinakatsaus](#) ja Pirkko Harsian (2019) raportissa [Sähkölämmityksen ohjauskytkennät](#).

Sähkölämmitteisen omakotitalon sähkönkulutus jakautuu karkeasti kuvan 5 esittämällä tavalla. Sähkönsäästö ja kulutuksen ajoittaminen kannattaa kohdistaa suurimpiin kulutuskohteisiin eli lämmitykseen sekä käyttöveden lämmitykseen, jotka yhdessä muodostavat melkein 70% omakotitalon kokonaiskulutuksesta. Toki muunkin kulutuksen pienentäminen pienentää

kokonaiskulutusta, mutta helpoiten pienentämisessä pääsee alkuun keskittymällä suurimpiin kulutuskohteisiin.

Neljän hengen sähkölämmitteinen omakotitalo (120 m²), vuotuinen sähkönkulutus

Yhteensä n. 19 700 kWh



Kuva 5. Neljän hengen sähkölämmitteinen omakotitalo (120 m²), vuotuinen sähkönkulutus. Lähde: Fortum. <https://yhdedssa.fortum.fi/sahkonkulutus>, 22.9.2022.

Miten sähkölaskua voi sitten pienentää? En ota tässä artikkelissa kantaa kulutuksen pienentämiseen koska siihen löytyy internetistä todella paljon ohjeistusta. Esimerkiksi [Motivan](#) sivuilta löytyy paljon materiaalia ja työkaluja sähkönkulutuksen seurantaan ja pienentämiseen.

Kulutuksen vähentämisen ohella sähkölaskun pienentämiseen on myös toinen vaihtoehto, eli kulutuksen ajoittaminen edullisille tunneille. Tähän sisältyy kaksi vaatimusta:

1. Sähkö sopimuksen täytyy olla pörssisähkösopimus, jolloin sähkön hinta määräytyy SPOT-hinnan mukaan (lisäksi tulee palvelumaksu sekä siirtomaksu + verot).
2. Talon sähköjärjestelmän tulee mahdollistaa kulutusten ohjaaminen ja ajastaminen.

Ensimmäinen vaatimus, sähkö sopimus, on helppo hoitaa koska käytännössä kaikki sähköä myyvät yritykset tarjoavat pörssisähkösopimusta. Toisen kohdan vaatimus voi ollakin hankalampi, mutta ei kuitenkaan mahdoton toteuttaa.

Seuraavassa esitellään yksi tapa toteuttaa älykäs kulutuksen ohjaus 1980-luvun lopulla rakennettuun omakotitaloon, joka ei ole alun perin sisältänyt taloautomaatiota, eikä kyllä mitään muutakaan älyä.

Esimerkkikohde: 1980-luvun sähkölämmitteinen omakotitalo

Kohde on 80-luvun lopun sähkölämmitteinen omakotitalo, jonka asumispinta-ala on 124 m² ja jonka pääasiallinen lämmitysmuoto on sähköllä toimiva varaava lattialämmitys. Lisäksi kohteessa on ilmalämpöpumppu, leivinuuni ja takka, joita käytetään lämmityskaudella. Kohteen sähkönkulutus on vaihdellut 14 000 – 17 000 kWh:n välillä viimeisen 3 vuoden aikana.

Kohteessa on alun perin ollut 2-aikasähkö, joten sekä lämminvesivaraajalle ja lattialämmitykselle löytyy valmiiksi kontaktorit (kytkimet), joita on aiemmin ohjattu sähkömittarin tariffiohjauksella mutta joita ei ole yksiaikasähköön siirtymisen vuoksi käytetty viime vuosina. Näitä kontaktoreita voidaan suoraan hyödyntää, kun kuormien ohjaukseen tuodaan älyä.

Kohteen lattialämmityksen teho on noin 10 kW ja lämminvesivaraajan teho 3 kW. Lisäksi mukaan on otettu autotallin sähköpatterit, joiden teho on yhteensä 1 kW. Näitä arvoja käytetään myöhemmin kustannusvertailussa.

Älykäs kulutusten ohjaus

Jotta sähkönkulutusta voidaan ajoittaa pörssisähkön edullisimmille tunneille, tarvitaan ÄLYÄ. Yksinkertaisimmillaan älyn lisääminen voidaan tehdä vaihtamalla lattialämmityksen termostaatit älykkäisiin versioihin. Vaihtoehtoja löytyy useita ja niiden ominaisuudet tukevat esimerkiksi pörssisähkön edullisten tuntien hyödyntämistä ajastamisen lisäksi. Termostaatit vaativat Wifi-verkon, jonka kautta ne hakevat hintatietoa ja jonka kautta niitä voidaan ohjata myös puhelinsovelluksella. Älytermostaatteja löytyy sekä kuukausimaksullisia että -maksuttomia. Älytermostaatteja on saatavilla esimerkiksi seuraavilta toimittajilta: [Themo](#), [Netatmo](#) ja [Devi](#). Lisää löytyy vertailusta [Paras älytermostaatti 2022](#).



Kuva 6. Themo-älytermostaatti ja kännykkäsovellus. Lähde: Themo.
<https://www.themo.io>.

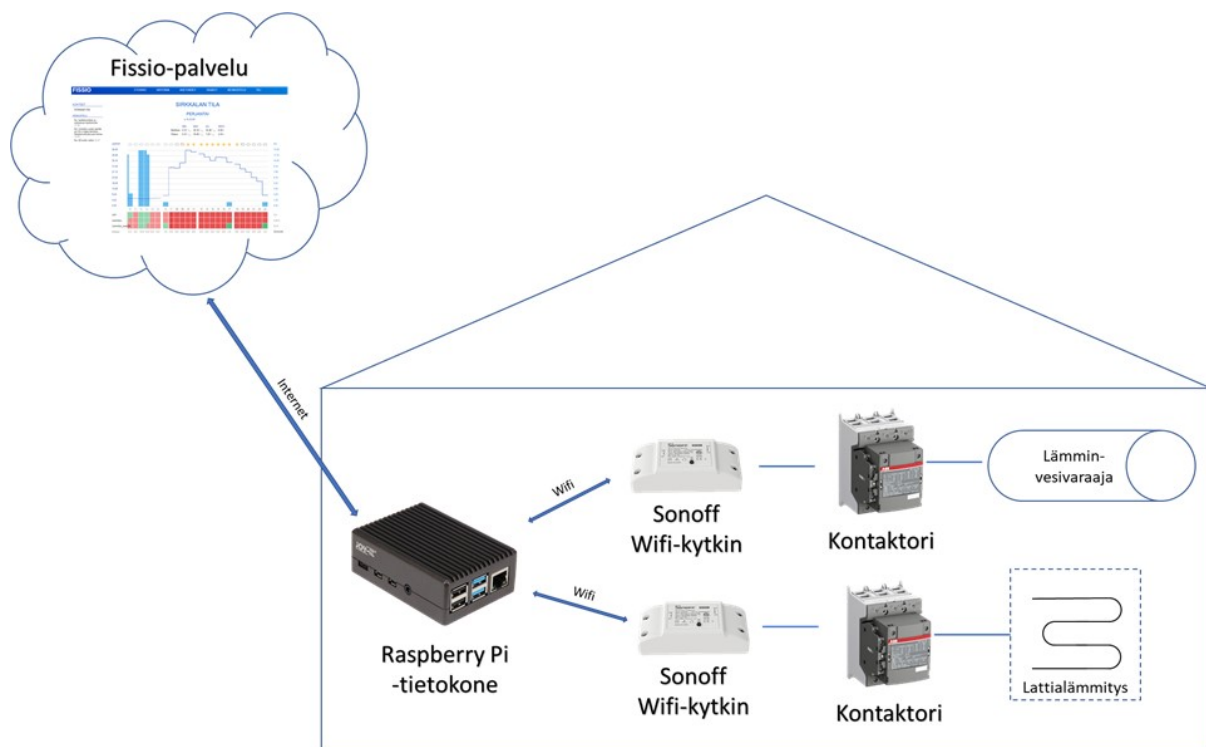
Lämminvesivaraajan ohjaamiseen nämä eivät kuitenkaan sovellu, vaan siihen tarvitaan hieman erilainen ratkaisu. Onneksi näitäkin ratkaisuja löytyy useita, sekä kuukausimaksullisia että -maksuttomia, avaimet käteen sekä tee-se-itse -malleja. Esimerkiksi [Cozify Zen](#), [ABB Free-@Home](#), [Sonoff](#), sekä paljon muita. Älykkään termostaatit ja muut älylaitteet on yleensä mahdollista liittää myös kodin viihdejärjestelmään, kuten [Google Home](#), [Microsoft Connected Life](#), [Amazon Alexa Smart Home](#), [Cozify ION](#) jne.

Avaimet käteen -tyyppisessä ratkaisussa kaikki laitteet ja palvelut tulevat valmiina pakettina kaupalliselta toimittajalta. Sähköasentajan vaatima asennus ei yleensä kuulu hintaan vaan se pitää hoitaa itse. Toimitukseen kuuluu ohjauslaite, joka kytketään sähkökeskukseen, sekä yleensä pilvipalveluna toimiva sovellus, jolla aikataulutusta ja muita parametreja voidaan muokata web-selaimen kautta tai erillisellä kännykkäsovelluksella. Tämän tyyppisessä ratkaisussa kustannuksia tulee sekä laitteesta että kuukausittaisista palvelumaksuista. Järjestelmien hinnat lähtevät muutamista sadoista euroista ja kuukausimaksut ovat alkaen 5-10 euroa.

Toinen vaihtoehto on käyttää avoimia palveluita ja kaupallisia laitteita, jotka tukevat avoimia rajapintoja ja ovat ohjelmoitavissa, jolloin niistä voidaan rakentaa älykäs ohjausjärjestelmä. Yhtenä esimerkkinä tästä on suomalainen [Fissio](#)-palvelu, joka sisältää sekä pilvipalveluna toimivan järjestelmän älykkään ohjauksen rakentamiseen, että valmiit ohjelmistot Raspberry Pi -laitteella toteutettavaan kodin älykkääseen ohjaimeen. Palvelu sisältää paljon muitakin ominaisuuksia, joita valistunut omakotitalon asukas voi hyödyntää. Tee-se-itse -järjestelmän tapauksessa sähkömiestä tarvitaan kytkemään ohjauslaite sähkökeskukseen. **Kytkenään saa tehdä vain alan ammattilainen!**

Fissio-pohjaisen järjestelmän toteutus

Esimerkkikohteeseen toteutettiin älykäs sähköjärjestelmä Fissio-palvelua käyttäen. Kohteen varaava lattialämmitystä sekä lämminvesivaraajaa ohjataan käyttämään pörssisähkön edullisimpia tunteja vuorokausittain. Itse järjestelmä koostuu kuvan 7 mukaisista palveluista ja laitteista.



Kuva 7. Älykkään sähköjärjestelmän toteutusarkkitehtuuri.

Järjestelmän äly sijaitsee pilvipalveluna toimivassa Fissio-palvelussa, joka sisältää järjestelmän älykkääseen ohjaukseen tarvittavan älyn sekä tiedonkeruun eri järjestelmistä, kuten pörssisähkön tuntihinta ja paikallissää. Ohjaustieto tuodaan internetin välityksellä talossa

sijaitsevaan Raspberry Pi -tietokoneeseen, joka ohjaa kuormia Wifi-kytkimen ja kontaktorin välityksellä. Raspberry Pi -laite ja siihen asennettu Fissio-sovellus pystyvät ohjaamaan kuormia monin eri tavoin. Esimerkkitapauksessa ohjaukset välitetään talon oman Wifi-verkon kautta kytkimille. Vaihtoehtoisesti Raspberry Pi -tietokoneeseen voidaan liittää erillinen relekortti, jolloin ohjaukset menevät laitteen digitaalisen I/O -liitännän kautta relekortille, joka ohjaa kontaktoria. Tässä tapauksessa kaikki laitteet on kytketty toisiinsa kaapeleilla. On myös mahdollista liittää Raspberry Pi tietokoneeseen IR-lähetin, jolloin voidaan ohjata esimerkiksi ilmalämpöpumppua langattomasti, aivan kuten kaukosäätimellä.

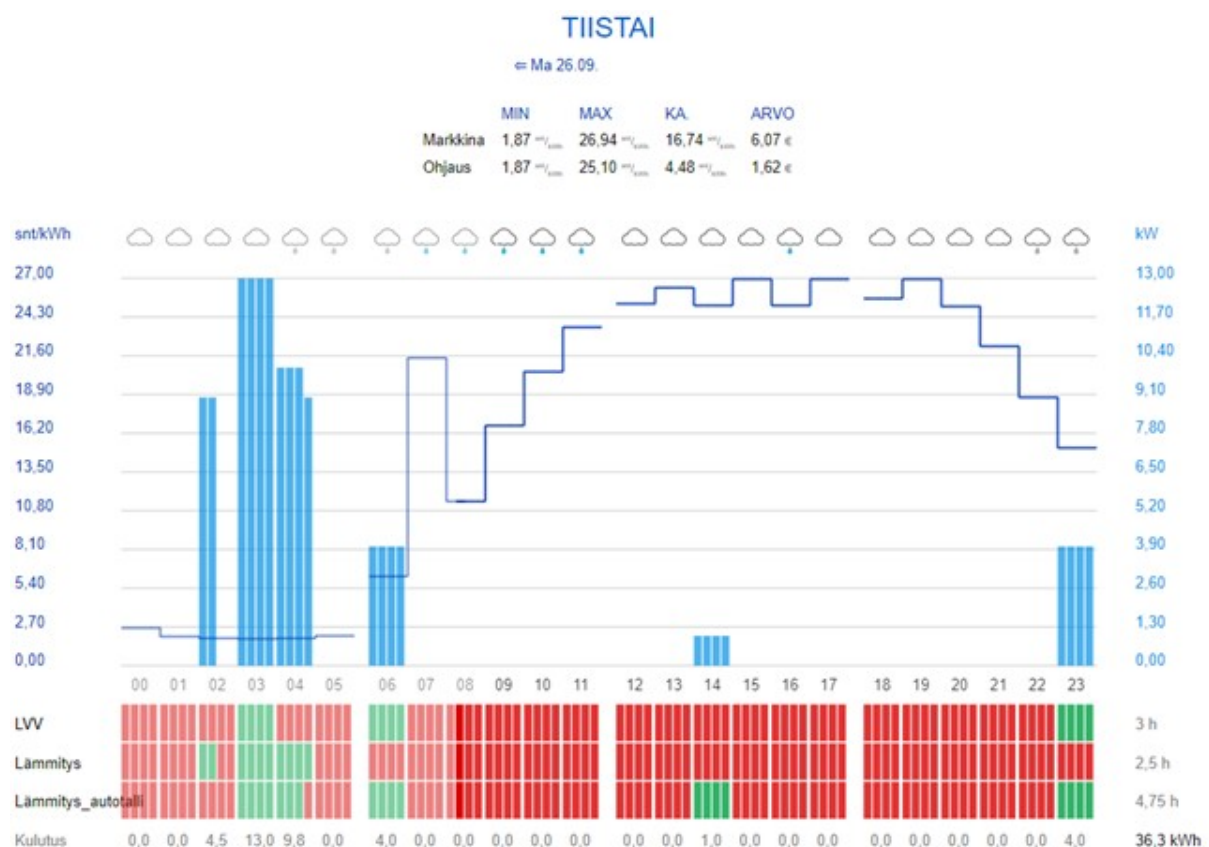
Fissio-palvelu ja Raspberry Pi -tietokoneen Fissio-sovellus sisältävät tuen hyvin suurelle määrälle älylaitteita, joita voidaan käyttää kodin sähkö- ja viihdelaitteiden ohjaukseen sekä olosuhteiden seuraamiseen. Pienellä sovelluksen muokkauksella on mahdollista liittää järjestelmään esimerkiksi älyvalaisimia, jolloin perinteisen päälle/pois -ohjauksen lisäksi voidaan luoda myös erilaisia skenaarioita, joissa valaistuksen voimakkuus tai sävy vaihtelee eri kriteerien mukaan (ulkolämpötila, sähkön hinta, kellonaika jne.). Lisäksi voidaan huomioida läsnäolotieto, jolloin voidaan ohjata valoja, lämmitystä tai vaikkapa ilmastointia sen mukaan onko kukaan kotona. Fissio-järjestelmä on hyvin avoin, ja kuka vaan voi kehittää siihen uusia ominaisuuksia.

Tee-se-itse -järjestelmän tapauksessa vastuu järjestelmän toiminnasta on käyttäjällä eikä toimintatakuuta ole, joten järjestelmän valvonta ja ylläpito vaatii aikaa ja osaamista. Järjestelmä ei sovellu käyttäjälle, joka ei itse pysty tai osaa ylläpitää järjestelmää. Lämmitys ja lämpimän veden saanti ovat perustarpeita, ja jos jotain menee vikaan, ei korjaaja voi odottaa päiväkausia, varsinkaan kovilla pakkasilla.

Järjestelmän hyödyt

Esimerkkijärjestelmän toteutuneet hyödyt eli kustannussäästö selviää sitten kun yksi lämmityskausi on mennyt ja dataa löytyy koko lämmityskauden ajalta. Lyhytaikaisen seurannan perusteella voidaan kuitenkin arvioida, että ajoittamalla sähkön kulutusta halvimmille tunneille, säästöä voi saada helposti useita euroja per päivä, jolloin kuukausisäästö voi olla jopa satoja euroja pahimman lämmityskauden aikana. Kuvassa 8 yhden syyspäivän kulutusten ajoitus pörssisähkön hinnan mukaisesti, jonka

seurauksena päiväkohtainen keskihinta 16,74 snt/kWh tippuu kulutuspainotteiseen keskihintaan 4,48 snt/Kwh. Kustannussäästö tässä tapauksessa on 4,45€. Huomioitavaa on, että tässä laskennassa on mukava vain älykkään ohjauksen perässä olevat kuormat, kaikki muu kodin kulutus tulee vielä tämän päälle ja vaikuttaa myös keskihinnan muodostumiseen. Lämmityksen osalta ulkolämpötila vaikuttaa lämmityksen päälläoloaikaan, jolloin tämän hetken 2-3 tunnin lämmitysjakso kasvaa -30° pakkasessa jo 10 tuntiin per vuorokausi ja säästöt kasvavat samassa suhteessa.



Kuva 8. Yhden syyspäivän laskennallinen kulutus, säästö ja ohjauksen ajoitus. Lähde: Fissio.fi.

Sähkölaskuun voi vaikuttaa

Sähkön hinnan nousu on tekemässä omakotiasujan kukkaraan suuren loven. Onneksi jokainen pystyy omia käyttötottumuksia muuttamalla ja teknisillä ratkaisuilla vaikuttamaan kodin sähkölaskun suuruuteen, jotkut enemmän, toiset valitettavasti vähemmän. Helpoimmillaan ja halvimmillaan voidaan vaihtaa lämmityksen termostaatit joko ajastettaviin tai älykkäästi toimiviin, jolloin pörssisähkön vaihtelua voidaan

hyödyntää kustannuksia pienennettäessä. Älykäs ohjausjärjestelmä mahdollistaa termostaattien lisäksi myös muiden suurten kuormien ajastuksen, kuten esimerkiksi lämminvesivaraajan tai lämpöpumpun toiminnan ajastuksen. Älykäs järjestelmä mahdollistaa myös ennakoinnin sään muutoksiin, jolloin varsinkin varaavien lämmitysjärjestelmien tapauksessa voidaan pörssisähkön edulliset tunnit käyttää hyödyksi jo ennen sään kylmenemistä.

Jokainen koti on erilainen ja sähköjärjestelmien toteutukset ovat erilaisia, joten yhtä oikeaa ratkaisua ei ole. Ammattilaiset pystyvät auttamaan, ja netti on pullollaan esimerkkejä ja ohjeita tee-se-itse -harrastajille.

Kirjoittaja:

Ossi Laakkonen, projektipäällikkö, Digital Twin -hanke, Karelia-ammattikorkeakoulu