



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), talotekniikka

Sääennustukseen pohjautuvan ennakoivan lämmitysjärjestelmän kannattavuus

Tuukka Tuovinen

Opinnäytetyö, Joulukuu 2022

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2022
Talotekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä
Tuukka Tuovinen

Nimeke
Sääennustukseen pohjautuvan ennakoivan lämmitysjärjestelmän kannattavuus

Toimeksiantaja
Opiskelija-asunnot Oy Joensuun Elli

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, onko sääennustukseen pohjautuvan ennakoivan lämmitysjärjestelmän käytöllä saavutettu säästöjä toimeksiantajan kohteissa, miten järjestelmän käyttö vaikuttaa huonelämpötiloihin sekä olisiko järjestelmän laajempi käyttöönotto kannattava investointi. Kyseinen järjestelmä on viime vuosien aikana otettu käyttöön kolmessa eri toimeksiantajan kohteessa, mutta järjestelmän toimintaa ei ole seurattu tarkasti eikä tästä syystä ole saatu varmuutta siitä, että järjestelmä toimii tarkoitetulla tavalla.

Opinnäytetyössä perehdyttiin kolmen eri kohteen kaukolämmön kulutuslukemiin ja verrattiin kulutuslukemia ennen ja jälkeen järjestelmän käyttöönottoa. Kulutuslukemat normeerattiin lämmitystarvelukua käyttäen vertailun mahdollistamiseksi. Kulutuksien vertailun lisäksi työssä tarkasteltiin uusimman kohteen järjestelmän käytön aikaisia huonelämpötiloja.

Saadut tulokset osoittavat, ettei tällä hetkellä järjestelmää käyttämällä saavuteta toivottunlaisia tuloksia. Järjestelmän käyttö on ollut kokonaisuudessaan tappiollista ja kohteista vai yksi on tuottanut säästöä. Uusimman kohteen huonelämpötiloissa on satunnaista ailahtelua ja keskiarvot ovat hieman korkeat. Lämpötilat pysyvät kuitenkin sallituissa rajoissa.

Kieli
suomi

Sivuja 38
Liitteet 3
Liitesivumäärä 6

Asiasanat
lämmitysjärjestelmät, automaatiojärjestelmät, sääennusteet, energiankulutus (energia-tekniologia)



THESIS
December 2022
Degree Programme in Building Services
Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Tuukka Tuovinen

Title
Profitability of Predictive Heating System Based on Weather Forecasting

Commissioned by
Opiskelija-asunnot Oy Joensuun Elli

Abstract

The purpose of this thesis was to determine whether savings have been achieved by using predictive heating system based on weather forecasting in the client's properties, how the use of the system affects room temperatures and whether the wider deployment of the system would be a profitable investment. The system has been introduced in three different properties of the client over the past few years, but the operation of the system has not been closely monitored and for this reason there has been no assurance that the system will function as intended.

The thesis examined district heat consumption figures of three different properties and compared the consumption readings before and after the introduction of the system. The consumption readings were standardized using heating degree-day figures to allow comparison. In addition to the comparison of consumption, the room temperatures during the use of the system were examined in the newest property.

The results obtained show that currently the system does not achieve the desired results. The use of the system has been loss-making and only one of the properties has produced savings. The room temperatures of the newest property have some random fluctuations and averages are slightly high. However, temperatures remain within the permitted limits.

Language
Finnish

Pages 38
Appendices 3
Pages of Appendices 6

Keywords
heating systems, automation systems, weather forecasts, energy consumption (energy technology)

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Lämmitysmuotoja	6
2.1	Kaukolämpö	6
2.2	Maalämpö	7
3	Vesikeskuslämmitys	10
3.1	Vesikiertoinen patterilämmitys	11
3.2	Vesikiertoinen lattialämmitys	13
4	Lämmitysjärjestelmien automaatio-ohjaus	15
5	Automaation vaikutus lämmitysenergian kulutukseen	16
6	Schneider Electricin sääennustukseen pohjautuva ennakoiva lämmitysjärjestelmä	17
7	Energiankulutuksen seuranta ja normeeraus	21
8	Asumisviihtyvyyteen vaikuttavat tekijät	22
8.1	Huonelämpötila	22
8.2	Huonelämpötilojen toimenpiderajat	23
8.3	Vedon tunne	24
9	Kohteiden esittely	25
10	Työn kulku	26
11	Tulokset	29
11.1	Kaukolämmön kulutus	29
11.2	Huonelämpötilat kohteessa C	32
11.3	Yhteenveto	33
12	Pohdinta	34
	Lähteet	36

Liitteet

Liite 1	Lämmitystarveluvut
Liite 2	Savon Voiman kaukolämpöhinnasto
Liite 3	Laskelmat

1 Johdanto

Jatkuva energiatehokkuusvaatimusten kiristyminen sekä lisääntyvissä määrin maailmanlaajuisesti vaikuttava energian hinnan jyrkkä nousu korostavat energia- ja kustannustehokkaampien lämmitysratkaisujen tärkeyttä entistä enemmän. Energian hinnan nousu vaikuttaa myös Suomessa. Loppuvuodeksi 2022 sähkön hinnan odotetaan jopa kolminkertaistuvan (Parviala 2022). Sähkön lisäksi myös kaukolämmön hinta on noussut jyrkästi. Esimerkiksi energiayhtiö Helenin mukaan kaukolämmön kuluttajahinta tulee nousemaan Helsingin seudulla n. 22 % lokakuun 2022 alusta alkaen (Marttinen 2022).

Opiskelija-asunnot Oy Joensuun Elli on viime vuosien aikana ottanut käyttöön Schneider Electricin sääennustus pohjaisen lämmönsäätöjärjestelmän kolmessa eri kohteessa. Järjestelmän käyttöönoton pääasiallisena tarkoituksena on ollut säästää lämmitysenergian kulutuksessa. Käyttöönoton jälkeen järjestelmän toimintaa ei kuitenkaan ole seurattu tarkasti eikä näin ollen ole saatu varmuutta siitä, saavutetaanko järjestelmän käytöllä toivotunlaisia tuloksia tai miten järjestelmä vaikuttaa huonelämpötiloihin.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, onko järjestelmän käytöllä säästetty lämmitysenergian kulutuksessa sekä millä tavalla järjestelmän käyttö vaikuttaa huonelämpötilojen käyttöön ja sitä kautta asumismukavuuteen. Työn tavoitteena on saada selville, onko järjestelmän käyttöönotto ollut kannattava investointi sekä olisiko järjestelmän käyttöönotto muissakin toimeksiantajan kohteissa kannattavaa niin energiansäästön kuin asumisviihtyvyyden kannalta.

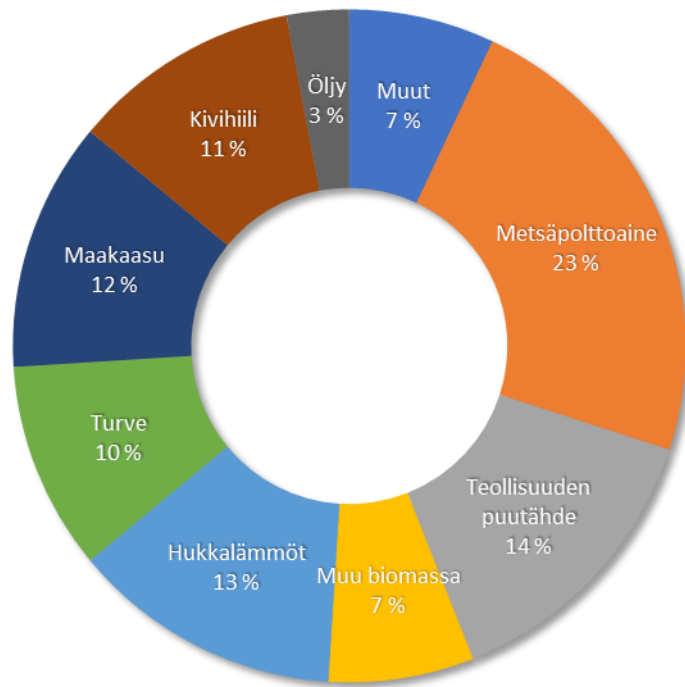
2 Lämmitysmuotoja

2.1 Kaukolämpö

Suomen yleisimmin käytetty rakennusten lämmitysmuoto on kaukolämpö. Noin puolet Suomen kokonaisrakennuskannasta on liitettynä kaukolämpöverkkoon. Kaukolämmöllä lämmitetään suurin osa Suomen liikerakennuksista, julkisista rakennuksista, asuinkerrostaloista ja myös noin puolet rivitaloista. Kaukolämpö on edullinen ja tehokas tapa jakaa lämmitysenergiaa kiinteistöjen käyttöön. Liike- ja asuinrakennusten lisäksi kaukolämpö sopii myös teollisuusprosesseihin sekä joihinkin erityiskohteisiin, kuten sulana pitoon. (LVI 10-10398, 2006, 1.)

Kaukolämpö on järjestelmä, jossa puhdasta kuumaa vettä kierrätetään kaukolämpöverkossa voimalaitokselta tai lämpökeskuksesta asiakkaiden lämmönvaihtimiin ja sieltä takaisin. Kuuma menovesi syötetään menoputkea pitkin kiinteistölle ja jäähtynyt paluuvesi tulee takaisin voimalaitokselle paluuputkea pitkin. Kaukolämpövesi lämmittää kiinteistön lämmönvaihtimissa virtaavan lämmitysveden sekä lämpimän käyttöveden. Lämmönvaihtimessa vesijärjestelmät ovat erotettuna toisistaan, joten ne eivät pääse sekoittumaan keskenään. (Rauman Energia Oy 2022.)

Kaukolämpö tuotetaan lämpökeskuksissa tai sähköä sekä lämpöä tuottavissa voimalaitoksissa. Polttavaa tuotantoa korvataan etenevässä määrin uusiutuvaa ympäristön lämpöä ja hukkalämpöä hyödyntävillä tuotantotavoilla. Tyypillisiä kaukolämmön tuotannossa käytettäviä polttoaineita ovat puu, maakaasu, kivihiili, turve, öljy sekä uusiutuvat energialähteet kuten biokaasu. (Energiateollisuus ry 2022a.) Vuonna 2021 kaukolämpöä tuotettiin yhteensä 39,3TWh. Uusiutuvien energiamuotojen osuus tuotannossa käytetyistä energiamuodoista oli 43 % (kuva 1).



Kuva 1. Kaukolämmön tuotannossa käytetyt energialähteet vuonna 2021 (Energieollisuus ry 2022b, 5).

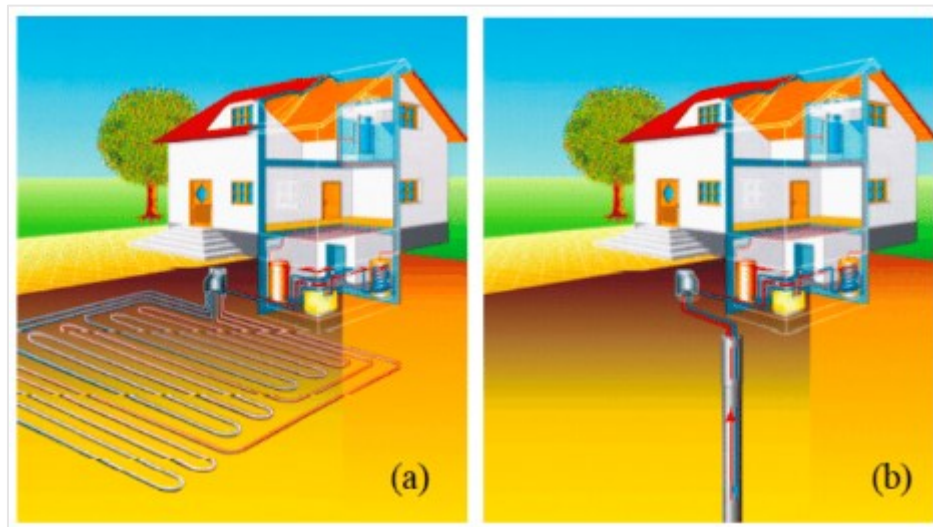
Öljyn käyttö on erittäin vähäistä verrattuna muihin energialähteisiin ja sitä käytetäänkin suurimmaksi osaksi vain varapolttoaineena sekä kovien pakkasten aikaan. Kivihiilen energiakäyttö lopetetaan Suomessa vuoteen 2029 mennessä. Myös turpeen käyttö kaukolämmöntuotannossa tulee vähenemään huomattavasti vuoteen 2030 mennessä. (Energieollisuus ry 2022a).

2.2 Maalämpö

Omakotitaloa rakentavista yli puolet valitsee maalämmön talonsa lämmitysmuodoksi. Maalämpö kasvattaa etenevissä määrin osuutta myös suurten asuinrakennusten (rivi- ja kerrostalot) lämmitysmuotona. Maalämpö on ympäristöystävällinen ja elinkaareltaan edullisin lämmitysmuoto. Maalämpöä käytettäessä energiahintojen muutokset eivät vaikuta lämmityskustannuksiin samalla tavalla kuin esimerkiksi öljylämmitystä käytettäessä. Lämmitysmuodon omavaraisuus onkin yksi sen suosioon vaikuttavista tekijöistä. (Gebwell Oy 2022a.)

Maalämpö on maa- ja kallioperään sekä vesistöihin auringonpaisteen, sateiden ja lämpimän ilman kautta varastoitunutta aurinkoenergiaa (RT 50-10755, 2001, 2). Maalämpö on tehokasta, ympäristöystävällistä ja puhdasta energiaa. Sen keräämiseen tarvitaan vain noin neljännesosa sähköä, joka sekin voi olla uusiutuvaa energiaa riippuen hankintatavasta. Maalämpö on monipuolinen lämmitysmuoto, joka sopii niin uudisrakentamiseen kuin myös lämmitysremonttiin, kun käytetään vesikiertoista lämmönjakotapaa kuten esimerkiksi lattia- tai patterilämmitystä. (NIBE Energy Systems Oy 2022.)

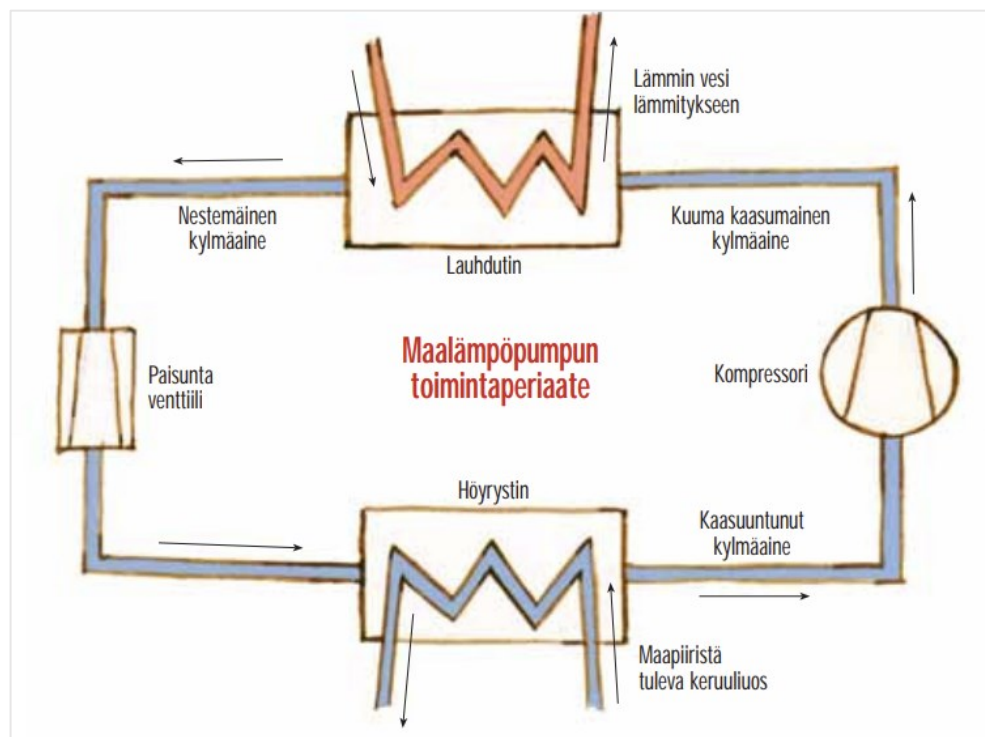
Jotta maalämpöä saadaan hyödynnettyä, porataan maahan energiakaivo tai maahan kaivetaan metrin syvyyteen lämmönkeruuputkisto (kuva 2). Energiakaivo on tyypillisesti noin 100–350 metriä syvä. Kaivon reikään upotetaan putki, jossa kiertää lämmönkeruuneste eli maaliuos. Maaliuos on useimmiten 70 % vettä ja 30 % bioetanolia. (Thermia Finland Oy 2022.)



Kuva 2. Lämmönkeruuputkisto ja energiakaivo (Rodrigo-Illarri, Jin, Blum, Bayer & Grathwohl 2010, 1).

Maalämmön siirrosta kiinteistön lämmitykseen vastaa maalämpöpumppu, jonka toimintaperiaate on samankaltainen kuin jääkaapin (kuva 3). Maalämpöpumppu siirtää maaperästä lämpöä lämmitysjärjestelmään sekä lämpimään käyttöveeseen, kun taas jääkaappi siirtää lämpöä ympäröivään huoneilmaan. Maalämpöpumppu toimii niin, että lämmönkeruuputkistossa kulkeva maaliuos (keruuliuos)

kulkee höyrystimeen, missä se kohtaa maalämpöpumpun kylmäaineen, joka höyrystyy. Kaasuuntunut höyry kuljetetaan kompressoriin, jonka tehtävänä on puristaa kaasu korkeaan paineeseen ja tällä tavoin lämmittää se. Tämän jälkeen kaasu ohjautuu lauhduttimeen, jossa kiertovesi jäähdyyttää kylmäaineen nesteen ja kaasun seokseksi, samalla vapauttaa lämpönsä lämmitysjärjestelmälle ja lämpimälle käyttövedelle. Tämän jälkeen kylmäaine ohjataan paisunta-venttiiliin, missä sen paine laskee ja tekee siitä uudelleen täysin nestemäistä. Prosessi alkaa uudelleen, kun kylmäaine kohtaa lämpimän maaliuoksen höyrystimessä. (Gebwell Oy 2022b.)



Kuva 3. Maalämpöpumpun toimintaperiaate (Motiva 2012, 3).

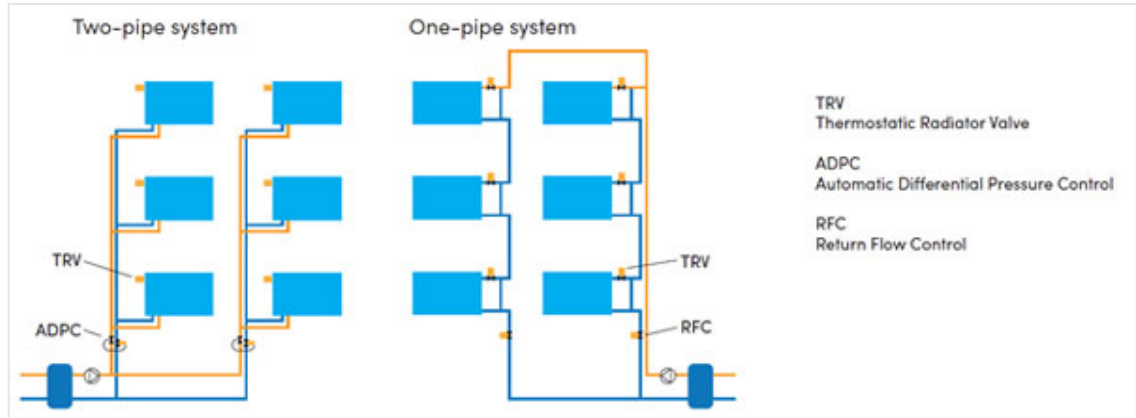
Tilojen lämmityksen lisäksi maalämpöä voidaan käyttää myös IV-koneen tuloilman esilämmitykseen. Tämä voidaan toteuttaa ohjaamalla lämmönjakopattereille tai lattialämmitykseen menevä lämmitysvesi omana piirinään IV-koneen vesikiertoisien lämmityspatterin kautta. Esilämmitys voidaan toteuttaa myös erillisen maaputkiston avulla (Energiatehokas koti 2020). Tuloilman esilämmityksen periaate esitettynä alla olevassa säätökaaviossa (kuva 4).

höyry tai ilma. Näistä yleisimmin käytössä on vesi, sen hyvän lämmönsiirtokyvyn takia. (Seppänen 2001, 119.)

Lämmitysverkoston putket ovat yleisimmin terästä, kuparia tai muovia. Tärkeän osan putkistoa muodostavat sen eri varusteet kuten erilaiset venttiilit, lämpömittarit, suodattimet ja muut komponentit (Seppänen 2001, 119). Vesikeskuslämmitys on mahdollista toteuttaa joko patterilämmityksenä, lattialämmityksenä tai näiden yhdistelmänä. Vesikeskuslämmityksen hyviin puoliin kuuluu lämmitysenergianlähteen vaihdon helppous ja mahdollisuus käyttää eri lämmönlähteitä rinnakkain. (Motiva 2022e.)

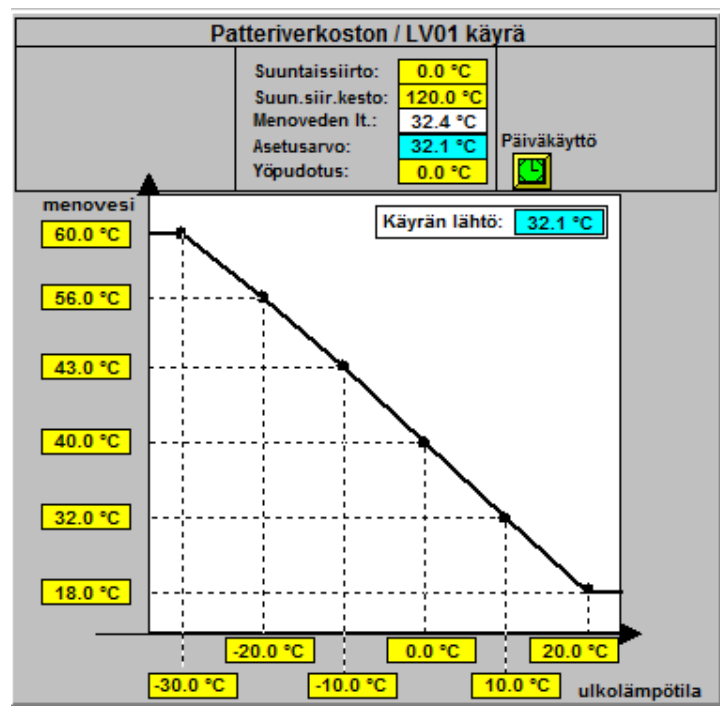
3.1 Vesikiertoinen patterilämmitys

Keskuslämmityksen verkostossa kiertävästä vedestä lämpö siirretään huoneeseen lämmönluovuttimien kautta. Rakenteeltaan lämmönluovuttimet voivat olla hyvinkin erilaisia. Yleisimmin käytössä oleva lämmönluovutin on lämpöpatteri, joka tyypillisesti sijoitetaan ulkoseinälle ikkunan alle. Pattereiden lämmönsiirtoverkostoon kytkemiseksi käytetään yleensä niin sanottua kaksiputkikytkentää, jossa patterit kytketään rinnan. Kun tätä kytkentätapaa käytetään, kaikkiin pattereihin johdetaan saman lämpöistä vettä. Mitoitustilanteessa myös pattereilta lähtevä vesi on kaikkialla saman lämpöistä. Toinen mahdollinen kytkentätapa on yksiputkikytkentä, jossa patterit kytketään sarjaan. Yleensä tätä tapaa käytettäessä vesivirta ei kokonaisuudessaan kulje jokaisen patterin kautta, vaan päävirta kierrätetään osittain patterin kautta. (Seppänen 2001, 119–121.) Kumpikin kytkentätapa esitettynä alla olevassa kuvassa (kuva 5).



Kuva 5. Kaksi- ja yksiputkikytkentä (Talotekniikkainfo 2020).

Patteriverkostossa kierrätettävän veden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilaa mukailien, säätökäyrän mukaan. Veden lämpötilaa nostetaan sitä mukaa, mitä kylmempää ulkona on. Lämmityksen tarkempi säätö toteutetaan pattereissa olevilla termostaattiventtiileillä. Niiden avulla estetään mahdollinen yliämpö, mikäli huoneeseen tulee lämpöä toisista lämmönlähteistä, esimerkiksi auringosta tai muista lämpökuormista. (Motiva 2022e.) Alla esimerkkinä kuva Joensuun Ellin kohteen säätökäyrästä (kuva 6). Kuvasta näkee, miten ulkolämpötilan ollessa esimerkiksi -10°C säädetään menoveden lämpötilaksi 43°C .



Kuva 6. Lämmitysjärjestelmän säätökäyrä.

Kaukolämmitys, lämpöpumppulämmitys, öljy- ja maakaasulämmitys, varaava tai osittain varaava sähkölämmitys sekä lämmitys kiinteällä polttoaineella sopivat vesikiertoisien patterilämmitysjärjestelmän lämmöntuottotavoiksi. Järjestelmän lämmöntuottotavan vaihtaminen on kohtalaisen vaivatonta. (LVI 12-10343, 2002, 1.) Tulee kuitenkin muistaa, että vaihtamisesta aiheutuu aina lisäkustannuksia. Tästä syystä energiamuodon valintaa kannattaa harkita tarkasti (Motiva 2022e).

3.2 Vesikiertoinen lattialämmitys

Vesikiertoinen lattialämmitys on yleisin uudisrakennuksissa käytettävä lämmitysratkaisu (Motiva 2021). Lattialämmitystä voidaan käyttää rakennuksen ainoana lämmönjakotapana tai se voidaan yhdistää muiden lämmönjakotapojen, esimerkiksi pattereiden rinnalle. Sen kanssa voidaan myös käyttää mitä tahansa lämmöntuotantomuotoa. (RT 52-10801, 2003, 2.)

Lattialämmityksessä käytetään 12–20 mm muoviputkistoa, jossa kierrätetään noin 25–42-asteista vettä (kuva 7). Uudisrakennuksissa putkisto asennetaan usein kiinni betonirakenteisen valun raudoitukseen, tällöin se yleensä sijaitsee syvällä lattiarakenteessa ja on tästä syystä reagoitakyvyltään hidas. Asennettaessa kipsilevyrakenteisiin putkisto asennetaan kolminkertaisen kipsilevyrakenteen keskimmäiseen kerrokseen tai vaihtoehtoisesti ensimmäisen kipsilevykerroksen päälle valetaan ohut kipsivalukerros. (Motiva 2021.)



Kuva 7. Lattialämmitysputkisto ja jakotukit (MuoviTech 2022, 12)

Lattialämmityksen kytkentä toteutetaan jakotukkikytkennällä, jossa jokaisen huoneen lattialämmitysputket lähtevät menojakotukilta ja palaavat paluujakotukille. Järjestelmän venttiilit ovat myös koottuna menojakotukille. Huonelämpötilan säätö tapahtuu muuttamalla putkistossa virtaavan veden lämpötilaa ja virtaamaa. Järjestelmässä kiertävän veden lämpötila säätyy keskitetysti ulkolämpötilan mukaan lämmönjakokeskuksen säätöautomatiikan avulla. Huonekohtainen säätö tapahtuu huonetermostaatin avulla. Termostaatti havaitsee huonelämpötilan ja antaa huonekohtaiselle venttiilille käskyn avautua tai sulkeutua lämpötilan mukaan. (Harju 2010, 157–158.)

Lattialämmitys soveltuu lämmönjakotavaksi miltei kaikentyyppisiin rakennuksiin ja lattiarakenteisiin, edellyttäen rakenteiden tarpeeksi hyvää lämmöneristävyyttä. Lattialämmitys voidaan asentaa myös perusrakenteissa, jos rakenteiden lämmöneristyskyky sekä lattiarakenne vastaavat tai ne muutetaan vastaamaan nykyisiä säädöksiä ja asennuksen teknisiä vaatimuksia. Ikkunoiden lämmöneristävyyden tulee myös kiinnittää huomiota, sillä lattialämmityksen yhteydessä niiden läheisyydessä saattaa esiintyä epämiellyttävää vetoa ja kylmän tuntua. (RT 52-10801, 2003, 2.)

4 Lämmitysjärjestelmien automaatio-ohjaus

Lämmityksen säädöllä pyritään pitämään huonelämpötila halutussa arvossa riippumatta sisä- ja ulkolämpötilan muutoksista. Ulkolämpötilaan vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi sääolosuhteiden muutokset, vuodenaika ja vuorokaudenaika. Sisälämpötilaan vaikuttaa ilmaislämmön määrä, jota saadaan muun muassa rakennuksen käyttäjistä, auringosta sekä elektroniikkalaitteiden tuottamasta lämmöstä. (Harju 2014, 15.)

Vanhoissa automaatiojärjestelmissä käytettiin ulkolämpötilakompensoitua automatiikkaa. Tällä säädettiin menoveden lämpötilaa ulkoilman lämpötilan mukaan. Kaikki laitteet olivat analogisia, eikä laitteita verkotettu keskenään. Niitä ei voinut myöskään ohjata tai lukea yhdestä päätelaitteesta, vaan niiden seuranta vaati aina paikan päällä käyntiä. (Harju 2014, 15.)

Nykyiset automaatiojärjestelmät ovat kehittyneempiä kuin aiemmat. Ulkolämpötilan lisäksi uudet järjestelmät voivat ottaa huomioon esimerkiksi huonelämpötilan, sääennusteen tai jopa sähkön hinnan ja tehon tarpeen muutokset. Lämmitystä voidaan myös ohjata erityyppisillä aikaohjelmilla. (Motiva 2019.) Huonekohtainen lämpötilansäätö toteutetaan myös nykyisissä järjestelmissä termostaattisten patteriventtiilien avulla. Uusien järjestelmien säätimet ovat digitaalisia ja johdotus toimii kahteen suuntaan niin, että säädettävästä kiinteistöstä saadaan tietoa ulos. Saatua tietoa voidaan käyttää esimerkiksi keskusvalvomossa, jossa järjestelmän toimintaa voidaan valvoa ja säätää reaaliajassa. (Harju 2014, 15.) Nykyiset vesi- ja energiamittarit eivät myöskään vaadi paikan päällä käyntiä, vaan ne on mahdollista lukea etänä. Etäluenta vähentävät lukuvirheitä sekä parantaa tietojen laatua ja helpottaa niiden analysointia. (Kamstrup 2022.)

5 Automaation vaikutus lämmitysenergian kulutukseen

Noin neljäsosa koko Suomessa käytetystä energiasta kuluu rakennusten lämmitykseen. Kaikista yleisin lämmitystapa on kaukolämpö, jonka tuotanto yhdistettynä sähköntuotantoon on tehokas energiantuotantotapa, mutta tuotannosta aiheutuvien kasvihuonepäästöjen suuruus riippuu käytetystä polttoaineesta. Uudisrakennukset ovat vanhoja rakennuksia energiatehokkaampia, mutta rakennuskanta uudistuu hitaasti. Tästä syystä olemassa olevien rakennusten energiakorjaukset ovat tärkeä keino vähentää lämmityksestä aiheutuvia kasvihuonepäästöjä. (Suomen ympäristökeskus 2018.)

Automaatiolla on mahdollista vaikuttaa suuresti rakennuksen energiankulutukseen. Energiaa voidaan säästää lämmitysjärjestelmän tarpeenmukaisen käytön avulla, jolla tarkoitetaan automaatioon yhdistettyjen järjestelmien ohjausta muuttuvien käyttötarpeiden mukaan. Ohjauksessa huomioidaan, että erityyppiset rakenteet ja lämmönjakojärjestelmät reagoivat muutoksiin eri tavoin. (Koutsi – HSY:n verkkokurssit 2022a.)

Automaation avulla pystytään pienentämään kulutushuippuja ja tätä kautta säästämään kustannuksissa. Esimerkiksi ennen kovaa pakkasta rakennusta voidaan alkaa lämmittämään ennakoidusti. Tällä tavalla sään pakastuessa lämmitystehon tarve on pienempi. Lämmönkäytön ohjaukseen on saatavilla tekoälyyn pohjautuvia järjestelmiä, jotka eivät edellytä suuria muutostöitä ja ne pystytään ottamaan käyttöön rakennuksen normaalin käytön aikana. Kaukolämmön tehohuippuja on toistaiseksi mahdollista tasoittaa ainoastaan rakennuskohtaisesti, eikä esimerkiksi koko verkon tasolla. (Koutsi – HSY:n verkkokurssit 2022a.)

Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista 718/2020 määrää, että rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmät tulee suunnitella niin, että niillä voidaan ohjata ja valvoa rakennuksen energiankulutuksen kannalta keskeisessä roolissa olevia järjestelmiä ja laitteita energiankäytön optimoimiseksi. Järjestelmien tulee osaltaan

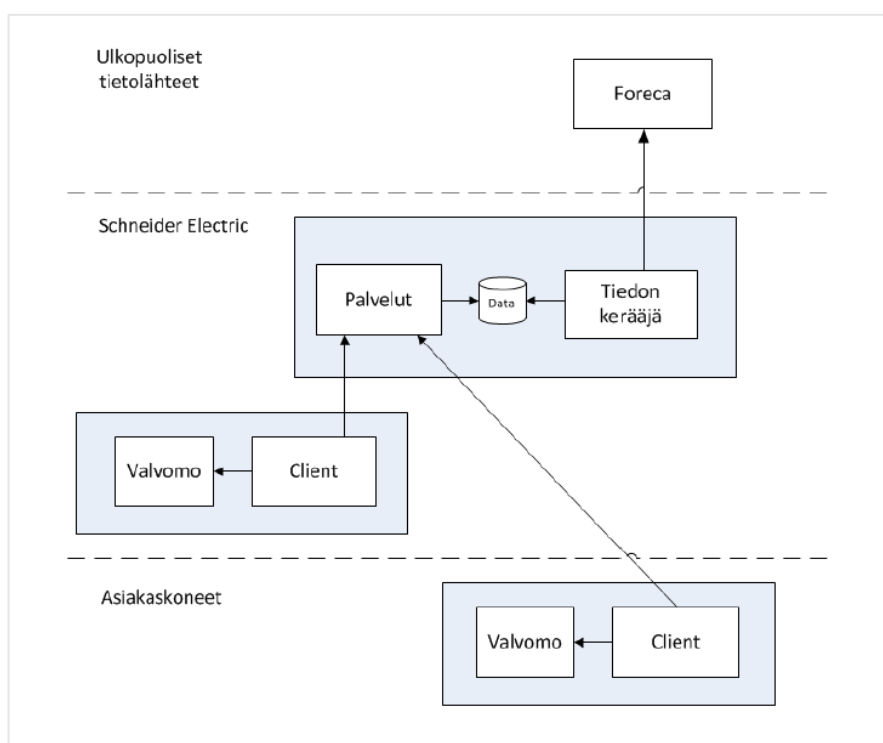
varmistaa, että hyvä, terveellinen ja turvallinen sisäilmasto aikaansaadaan energiatehokkaasti. (Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista 718/2020, 5§.) Energiankäytön optimoimiseksi järjestelmät tulee mitoittaa ja suunnitella toimimaan yhdessä rakennuksen muiden teknisten järjestelmien kanssa. Mitoituksessa ja suunnittelussa tulee ottaa huomioon sisäolosuhteille asetetut tavoitetasot, rakennustyyppi sekä energiansäästömahdollisuus. (Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista 718/2020, 6§.)

Asetuksessa määrätään myös, että järjestelmissä tulee olla rakennukseen kuuluvat, eri käyttäjäryhmille soveltuvat käyttöliittymät, jotta järjestelmän asianmukainen käyttö ja helppokäyttöisyys voidaan varmistaa. Järjestelmien toiminoissa tulee olla tapa, jolla voidaan esittää tieto rakennuksen energiatehokkuudesta sekä mahdollisista poikkeamista rakennuksen olosuhteiden tavoitearvoista. (Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista 718/2020, 9§.)

6 Schneider Electricin sääennustukseen pohjautuva ennakoiva lämmitysjärjestelmä

Schneider Electricin sääennustukseen pohjautuva ennakoiva lämmitysjärjestelmä tarkkailee tulevia sääolosuhdemuutoksia sääennustuksen perusteella ja säättää lämmitysjärjestelmää ennakoidusti. Säädön avulla pyritään madaltamaan kulutushuippuja sekä vähentämään tarpeetonta lämmitystä. Järjestelmä hyödyntää Forecalta saatavaa sääennustedatataa ja sitä ohjataan tarpeen mukaan 4, 8, 12, tai 24 tunnin sääennusteen pohjalta. Sääennusteesta saatavia tietoja ovat mm. lämpötila, pilvisuus, sateen toden näköisyys, määrä sekä olomuoto, tuulen suunta, tuulen nopeus, suhteellinen kosteus, auringon säteily ja hyytävyyssarvo. (Schneider Electric 2020.)

Sääennusteen arvot saadaan järjestelmän hyödynnettäväksi ValuesToBMS-järjestelmää käyttäen. Järjestelmän ideana on tuottaa ja välittää sääennustukseen liittyviä arvoja siihen liitettyihin valvomoihin. ValuesToBMS järjestelmässä valvomo-PC:lle asennetaan client (asiakasohjelma), jonka tehtävänä on huolehtia arvojen välittämisestä valvomoon. Tietyin väliajoin client kysyy palvelulta arvoja ja saa vastauksena kaikki arvot, jotka sille on konfiguroitu sekä polut, joihin ne tulee kirjoittaa. Sääennustepalvelu hyödyntää sääennustedatataa, josta kyseinen palvelu tuottaa sääennusteisiin liittyviä arvoja, joko suoraan sääennusteesta tai saaduista arvoista laskennallisesti johtamalla. Järjestelmän web-käyttöliittymän kautta pystytään valitsemaan, mitä arvoja välitetään minnekkin valvomoon ja minne ne valvomoissa kirjoitetaan. Palvelurajapintaan on mahdollista kutsua käyttäjiä internetin yli, joten clienttejä pystytään asentamaan myös asiakkaiden tietokoneilla oleviin valvomoihin. (Schneider Electric 2020.) Järjestelmän toimintaperiaate esitettynä alla olevassa kuvassa (kuva 8).



Kuva 8. ValuesToBMS-toimintaperiaate (Schneider Electric 2020).

Joensuun Elli käyttää Schneider Electricin lämmönsäätöjärjestelmien ohjaukseen ja valvontaan StruxureWare- (kuva 9) ja TAC Vista (kuva 10) -valvomoita.

Valvomoista valitaan esimerkiksi, mitä sääennusteen arvoja lämmön säädössä otetaan huomioon sekä monenko tunnin ennakointia käytetään.

The screenshot shows the StruxureWare Building Operation interface. The top navigation bar includes 'ALUEKUVIA' and a notification 'You are running a demo license'. The main content area displays a grid of building addresses in Joensuu, Finland, such as 'Länsikatu 18C', 'Suvikuja 8A', and 'Nojakankaari 12-16'. A sidebar on the left includes 'Testihälytys', 'Vesimittariuikemat', and 'Aurinkosähkö'. The bottom section shows an alarm log with details for 'Poistopuhallin PF17 ristiriitahälytys'.

Kuva 9. StruxureWare pääkuva.

The screenshot shows the TAC Vista interface. The top navigation bar includes 'Schneider Electric' and 'Automatic refresh'. The main content area displays a map of Joensuu, Finland, with various buildings and streets labeled, such as 'Ellin kiinteistöt' and 'JOENSUU'. A sidebar on the left shows 'Folders' and 'TAC Vista'. The bottom section shows an alarm log with details for 'TALLO-SILKOID-OVET_A3IH'.

State	Count	Priority	Last Change	Object ID	Text	Linked Object	Triggered	User
	2	2	9/28/2022 9:06:45 AM	TALLO-SILKOID-OVET_A3IH	OVET A3 HÄLYTYS		9/27/2022 6:05:46 PM	No user
	3	2	9/28/2022 9:54:36 AM	VALASTUKSET/SISÄVALOT-PORRASH	P... EI NOUKKITA OHJALUSTA		9/27/2022 1:57:24 PM	No user
	4	2	9/28/2022 8:47:89 AM	TALLO-ERILLIS-UOIK-UOIKOIKSH	TALO B...HÄLYTYS (Oon puoli)		9/27/2022 1:08:89 PM	No user

Kuva 10. TAC Vista pääkuva.

Sääennusteesta saadut arvot välitetään lämmitysjärjestelmän ohjauksesta vastaaville automaatiokeskukselle, joka monesti on valvonta-alakeskus (VAK) tai muu alakeskus (AK). Automaatiokeskuksen (kuva 11) tehtävänä ohjata lämmönjakokeskuksen (kuva 12) toimintaa.



Kuva 11. Automaatiokeskus.



Kuva 12. Lämmönjakokeskus.

Automaatiokeskus ohjaa lämmönjakokeskusta säätämällä sen toimilaitteita, kuten venttiileitä ja pumppuja sekä lähettää tilatietoa takaisin valvomoihin. Toimilaitteita säätämällä automaatiokeskus vaikuttaa lämmitysjärjestelmän veden lämpötiloihin sekä virtausnopeuksiin.

7 Energiankulutuksen seuranta ja normeeraus

Energiankulutuksen seuranta on energiankäytön tehostamisen lähtökohta. Sääolosuhteet muuttuvat vuosittain ja ne vaikuttavat rakennusten lämmitystarpeeseen ja energiankulutukseen. Tämän takia, kulutusseurannan mahdollistamiseksi, täytyy lämmitysenergiankulutus ensin normeerata (säädörjata). Kulutusta normeerattaessa käyttöveden lämmittämiseen kuluva lämmitysenergian osuus täytyy erottaa normeerattavasta lämmitysenergiankulutuksesta, sillä se ei ole samalla tavalla ulkolämpötilaan verrannollinen. (Koutsu – HSY:n verkkokurssit 2022b.)

Lämmitysenergian kulutuksen normeerauksessa lämmön kulutus muutetaan vastaamaan niin sanotun ”normaalivuoden” lämpötilojen mukaista lämmitystarvetta (Koutsu – HSY:n verkkokurssit 2022b). Toteutuneita lämmitysenergian kulutuksia normeerataan lämmitystarvelukua (astepäiväluku) käyttäen. Normeerattua kulutusta voidaan käyttää, kun verrataan saman rakennuksen eri ajanjaksojen kulutuksia sekä eri paikkakunnilla sijaitsevien rakennusten ominaiskulutuksia. (Ilmatieteen laitos 2022.) Lämmitystarveluvun käyttö perustuu lämmityksen energiankulutuksen sekä sisä- ja ulkolämpötilojen erotuksen verrannollisuuteen (Motiva 2016, 1). Normeerauksessa käytettävät toteutuneet kuntakohtaiset lämmitystarveluvut sekä normaalivuoden lämmitystarveluvut ovat saatavilla valmiiksi laskettuina ilmatieteen laitoksen verkkosivuilla (Ilmatieteen laitos 2022). Normaalivuoden sekä muiden tässä opinnäytetyössä käsiteltävien ajanjaksojen lämmitystarveluvut ovat esitettynä liitteessä 1.

Ilmatieteen laitos saa lämmitystarveluvut laskemalla yhteen kuukauden päivittäisten sisä- ja ulkolämpötilojen erotuksen. Kaikista yleisimmin käytetty S17-

lämmitystarveluku lasketaan sisälämpötilan ja ulkolämpötilan vuorokausikeskiarvon erotuksen perusteella käyttäen sisälämpötilan oletusarvona 17°C. Kuukauden lämmitystarveluku saadaan laskemalla yhteen kuukauden vuorokausien lämmitystarveluvut ja vuoden lämmitystarveluku saadaan vastaavasti laskemalla yhteen vuoden kuukausien lämmitystarveluvut. Vertailuarvo eli normaali vuoden lämmitystarveluku on vuosien 1981–2010 keskimääräinen lämmitystarveluku. Lämmitystarvelukujen yksikkö on °Cvrk. (Ilmatieteen laitos 2022.)

8 Asumisviihtyvyyteen vaikuttavat tekijät

8.1 Huonelämpötila

Kaikista tärkein sisäilman viihtyvyystekijöistä on lämpötila. Ihmisten lämpöviihtyvyydessä on yksilöllisiä eroja, mutta suurin tyytyväisten osuus saavutetaan, kun huonelämpötila on 21–22 celsiusastetta (Sisäilmayhdistys ry 2008). Huonelämpötilojen suunnitteluarvona lämmityskaudella käytetäänkin 21 celsiusastetta (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017, 4 §). Huonelämpötilan lisäksi lämpöaistimukseen vaikuttavat mm. Ilmankosteus, vaatetus, toiminnan laatu, lämpösäteily sekä ilman virtausnopeus (Hengitysliitto 2022).

Liian matala sekä liian korkea huonelämpötila vaikuttavat negatiivisesti asumisviihtyvyyteen (Hengitysliitto 2022). Ympäristöministeriö määrääkin uusien rakennusten kohdalla ”Rakennuksen huonelämpötilan on oltava suunniteltuna käyttöaikana viihtyisä, eivätkä ilman liike, lämpötilasäteily, lämpötilan vaihtelu, lämpötilaerot ja pintalämpötilat saa sitä heikentää” (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017, 4 §). Myöskään huonelämpötilan vaihtelunopeuden ei tulisi olla liian nopea. Vaikka lämpötila olisikin sopivien raja-arvojen välissä, koetaan liian nopea lämpötilan vaihtelu epämukavana. Vaihtelunopeus ei tulisi olla nopeampaa kuin 1,1°C/h. (Harju 2010, 12–13.)

Liian lämmin huoneilma koetaan kuivana sekä tunkkaisena ja se voi talviaikana lisätä hengitystieoireilua sekä aiheuttaa kuivuuden tunnetta. Sisälämpötilan ollessa liian korkea, voi se aiheuttaa väsymystä sekä limakalvojen, ihon ja silmien ärsyyntymistä. Liian korkea lämpötila heikentää unenlaatua ja se voi myös lisätä rakennus- ja sisustusmateriaalien päästöjä. (Hengityслиitto 2022.) Liian matala lämpötila voi myös olla haitallista sekä madaltaa asumisviihtyvyyttä. Herkimmille se voi aiheuttaa lihas- ja nivelkipuja. Liian matalissa lämpötiloissa myös kosteus pääsee helpommin kerääntymään pinnoille mikä pidemmällä aikavälillä saattaa lisätä kosteus- ja homevaurioiden riskiä. (Fortum 2022.)

8.2 Huonelämpötilojen toimenpiderajat

Sosiaali- ja terveysministeriö on asettanut huonelämpötiloille toimenpiderajat, joiden sisällä huonelämpötilan tulee pysytellä. (kuva 13).

	<i>Lämpötilojen toimenpiderajat</i>
<i>Asunnossa</i>	
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 18 °C – + 26 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella	+ 18 °C – + 32 °C
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 18 °C
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C
<i>Palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa</i>	
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+ 20 °C – + 26 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella lasten päivähoitopaikat, oppilaitokset ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 32 °C
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella, palvelutalot, vanhainkodit ja muut vastaavat tilat	+ 20 °C – + 30 °C
Seinäpinnan alin keskiarvolämpötila	+ 16 °C
Lattiapinnan alin keskiarvolämpötila	+ 19 °C
Alin pistemäinen pintalämpötila	+ 11 °C

Kuva 13. Huonelämpötilojen toimenpiderajat (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015, liite 1).

Mikäli asetetuista toimenpiderajoista poiketaan, edellyttää se toimenpiteisiin ryhtymistä. Huonelämpötilojen toimenpiderajat riippuvat rakennuksen tyypistä sekä siitä, tarkastellaanko lämpötiloja lämmityskaudella vai kauden ulkopuolella. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015.)

8.3 Vedon tunne

Ihon paikallinen jäähtyminen aiheuttaa vedon tunnetta. Ilmanvaihdon aiheuttamaan vedon tunteeseen vaikuttaa ilman nopeus ja lämpötila sekä ilman liikenopeuden vaihtelut. Ilmanvaihdon lisäksi myös kylmien pintojen aiheuttamat voimakkaan konvektiovirtaukset voivat myös lisätä vetoriskiä. Muita vedon tunteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat yksilölliset tekijät, fyysinen aktiivisuus, päällä oleva vaatetus, herkkyys vedon tunteelle sekä kehon osa mihin ilman liike kohdistuu. (FINVAC ry, 2019, 6.) Herkkyys vedon tunteelle kasvaa, kun ilman lämpötila on alle 20°C (Sisäilmayhdistys ry 2008).

Veto itsessään sillä tavalla kuin se suomalaisissa rakennuksissa esiintyy, ei aiheuta sairauksia, vaan sillä on vaikutusta lähinnä viihtyvyyteen. Veto voimistaa kylmän vaikutusta alhaisissa lämpötiloissa ja aiheuttaa palelua sekä toimintakyvyn heikkenemistä. (Sisäilmayhdistys ry 2008.) Toimenpiteitä, joilla voidaan vaikuttaa vetoon, ovat esimerkiksi kylmien pintojen eliminoiminen lisäeristyksellä tai korjaamalla kylmäsiltoja, ikkunoiden vaihto uusiin paremman U-arvon omaaviin, ilmavuotojen tukkiminen, tuloilmasuihkujen tarkastus sekä tarvittaessa suihkun nopeuden muuttaminen ja uudelleen suuntaus (Harju 2010, 16–17).

Vedon tunteen ja huonelämpötilojen lisäksi myös monet muut seikat kuten sisäilman laatu ja ääniympäristö vaikuttavat asumisviihtyvyyteen (Daikin 2020). Näihin tekijöihin ei kuitenkaan perehdytä tässä opinnäytetyössä sen tarkemmin vaan asumisviihtyvyyttä tarkastellaan huonelämpötilojen pohjalta.

9 Kohteiden esittely

Kaikki kolme tässä opinnäytetyössä käsiteltävää kohdetta ovat kerrostalokohdeita, jotka sijaitsevat Joensuun kantakaupunkialueella. Sääennustukseen pohjautuva ennakoiva lämmitysjärjestelmä otettiin käyttöön kohteissa A ja B vuonna 2018, sekä kohteessa C vuonna 2021. Ennen sääennustesäädön käyttöönottoa kohteiden lämmönsäätöjärjestelmät toimivat perinteiseen tapaan ulkolämpötilaa mukaillen, säätökäyrän mukaan.

Kohteiden lämmitysmuotona käytetään kaukolämpöä, jonka lisäksi kohteessa C käytetään maalämpöä ilmanvaihdon tuloilman esilämmitystä varten. Lämmönjakotapana kaikissa kohteissa käytetään vesikiertoista patterilämmitystä, jonka lisäksi kohteessa C on myös vesikiertoinen lattialämmitys huoneistojen kylpyhuoneissa sekä yhteisissä saunatiloissa. Kohteen A huoneistojen kylpyhuoneiden lämmitys on sen sijaan toteutettu käyttövesipattereilla ja yhteisten saunatilojen lämmitykseen käytetään sähkölattialämmitystä sekä vesikiertoisia pattereita. Kohteen B huoneistojen kylpyhuoneita lämmitetään joko sähköisillä pyyhekuivaimilla tai käyttövesipattereilla riippuen huoneistosta ja WC-tiloissa käytetään vesikiertoisia lämmityspattereita.

Keskenään vertailukelpoisimpia kohteita ovat A ja B, jotka ovat kokonsa, sijaintinsa ja ikänsä puolesta samankaltaisia. Kumpaankin kohteeseen kuuluu yksi 5-kerroksinen talo, joista kumpikin on rakennettu ennen 80-lukua ja peruskorjattu 2000-luvulla. Suurin osa kohteiden asunnoista on soluasuntoja, joita kummasakin kohteessa on noin 20. Rakennuksen ilmanvaihto on toteutettu koneellisenä keskitettynä poistoilmanvaihtona. Kohteen A automaatio melko pelkistetty eikä se sisällä minkäänlaista huoneistokohtaista anturointia. Kohteessa B on

kuitenkin viime vuosien aikana otettu käyttöön huoneistokohtaisten olosuhdetietojen keräyksen ja ilmavirtojen säädön mahdollistava MyAir-järjestelmä. Tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan perehdytä edellä mainitun järjestelmän toimintaan.

Kohde C on muita kohteita huomattavasti uudempi ja automaatiossa on hyödynnetty nykyaikaista tekniikkaa. Kohde käsittää kaksi 2010-luvulla rakennettua 6-kerroksista taloa, joissa on yhteensä hieman yli 70 yksiötä sekä joitakin perheasuntoja. Rakennuksien ilmanvaihto on toteutettu keskitettynä koneellisena tulo- ja poistoilmanvaihtona. Ilmanvaihdon ohjauksessa hyödynnetään huoneistokohtaista huonelämpötila-, hiilidioksidi- ja läsnäoloanturointia. Kohde on tällä hetkellä tarkasteltavista kohteista ainut, jonka huonelämpötiloja voidaan seurata pidemmältä ajanjaksolta.

10 Työn kulku

Työ aloitettiin valitsemalla sopivat tarkastelujaksot aikaisempien vuosien lämmityskausilta. Kohteiden A ja B tarkastelujaksoiksi valikoituivat 1.10.2017–31.3.2018 ja 1.10.2018–31.3.2019 väliset ajanjaksot. Kohteen C tarkastelujaksoiksi valittiin hieman pidemmät 1.10.2018–30.4.2019 ja 1.10.2021–30.4.2022 aikavälit. Aikavälien valintaan vaikuttivat saatavilla olevat kulutuslukemat sekä toimeksiantajan toiveet.

Tarkastelujaksojen valinnan jälkeen kerättiin kunkin ajanjakson kuukausitason kaukolämmön kulutustiedot sekä vedenkulutustiedot. Vedenkulutustietoja tarvittiin kunkin kohteen lämpimän käyttöveden kulutuksen laskemista varten, sillä tätä tietoa ei ollut erikseen mitattuna. Lämpimän käyttöveden osuus laskettiin olettamalla sen osuudeksi 40 % koko käyttöveden kulutuksesta. Lämpimän käyttöveden kulutustietoa tarvittiin lämpimän käyttöveden energiankulutuksen laskemiseksi (kaava 1). Kulutustietojen lisäksi kerättiin normaalikuukausien lämmitystarveluvut sekä kunkin ajanjakson toteutuneet kuukausitason lämmitystarveluvut. Vedenkulutustiedot saatiin Joensuun Vedeltä,

kaukolämmönkulutustiedot Väppi-verkkosovelluksesta ja lämmitystarveluvut Ilmatieteen laitoksen verkkosivuilta.

Kerätyt tiedot siirrettiin taulukkolaskentaohjelmaan, jossa niiden avulla laskettiin jokaisen kohteen kuukausitason normeerattu kaukolämmönkulutus (kaava 2) sekä normeerattu kaukolämmönkulutus pelkän lämmityksen osalta (kaava 3). Tämän jälkeen normeerattujen arvojen pohjalta laskettiin, paljonko sääennustukseen pohjautuvaa järjestelmää käyttämällä oli mahdollisesti säästetty tai hävitty energiankulutuksessa. Laskelmissa kaukolämmön hinnoittelussa käytettiin Savon Voiman vuonna 2021 voimaan tullutta kaukolämpöhinnastoa (liite 2). Laskelmat ja tulokset taulukoituna liitteessä 3.

Lämpimän käyttöveden energiankulutus laskettiin kaavalla 1.

$$Q_{\text{lämmin käyttövesi}} = 58 \times V_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (1)$$

missä $V_{\text{lämmin käyttövesi}}$ = Kulutettu lämpimän käyttöveden määrä, m³/kk

58 = Veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos 50°C) tarvittava energiamäärä vesikuutiota kohden, kWh/m³

Normeerattu kaukolämmönkulutus laskettiin kaavalla 2.

$$Q_{\text{norm}} = \frac{S_{N \text{ vpkunta}}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} \times Q_{\text{toteutunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (2)$$

missä Q_{norm} = rakennuksen normeerattu lämmitysenergiankulutus

$Q_{\text{toteutunut}}$ = rakennuksen tilojen lämmitykseen kuluva energia =
 $Q_{\text{kok}} - Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$

Q_{kok} = rakennuksen lämmitysenergiankulutus yhteensä

$Q_{\text{l\u00e4mmin k\u00e4ytt\u00f6vesi}}$ = l\u00e4mpim\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6veden energiankulutus

$S_{N \text{ vpkunta}}$ = normaalikuukauden l\u00e4mmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$ = kuukauden toteutunut l\u00e4mmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

Normeerattu kaukol\u00e4mm\u00f6nkulutus l\u00e4mmityksen osalta laskettiin kaavalla 3.

$$Q_{\text{norm l\u00e4mmitys}} = \frac{S_{N \text{ vpkunta}}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} \times Q_{\text{toteutunut}} \quad (3)$$

miss\u00e4 $Q_{\text{norm l\u00e4mmitys}}$ = rakennuksen normeerattu l\u00e4mmitysenergiankulutus

$Q_{\text{toteutunut}}$ = rakennuksen tilojen l\u00e4mmitykseen kuluva energia
 $= Q_{\text{kok}} - Q_{\text{l\u00e4mmin k\u00e4ytt\u00f6vesi}}$

Q_{kok} = rakennuksen l\u00e4mmitysenergiankulutus yhteens\u00e4

$Q_{\text{l\u00e4mmin k\u00e4ytt\u00f6vesi}}$ = l\u00e4mpim\u00e4n k\u00e4ytt\u00f6veden energiankulutus

$S_{N \text{ vpkunta}}$ = normaalikuukauden l\u00e4mmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$ = kuukauden toteutunut l\u00e4mmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

Laskelmien j\u00e4lkeen alettiin tarkastelemaan kohteen C huonel\u00e4mp\u00f6tiloja. Kohteen huonel\u00e4mp\u00f6tiloja ker\u00e4ttiin valvomo ohjelmiston avulla 13.9.–25.10.2022 v\u00e4lisen ajalta. Ker\u00e4ttyjen l\u00e4mp\u00f6tila-arvojen pohjalta selvitettiin paljonko kohteen minimi-, maksimi- ja keskiarvol\u00e4mp\u00f6tilat olivat huoneisto-, kerros- ja

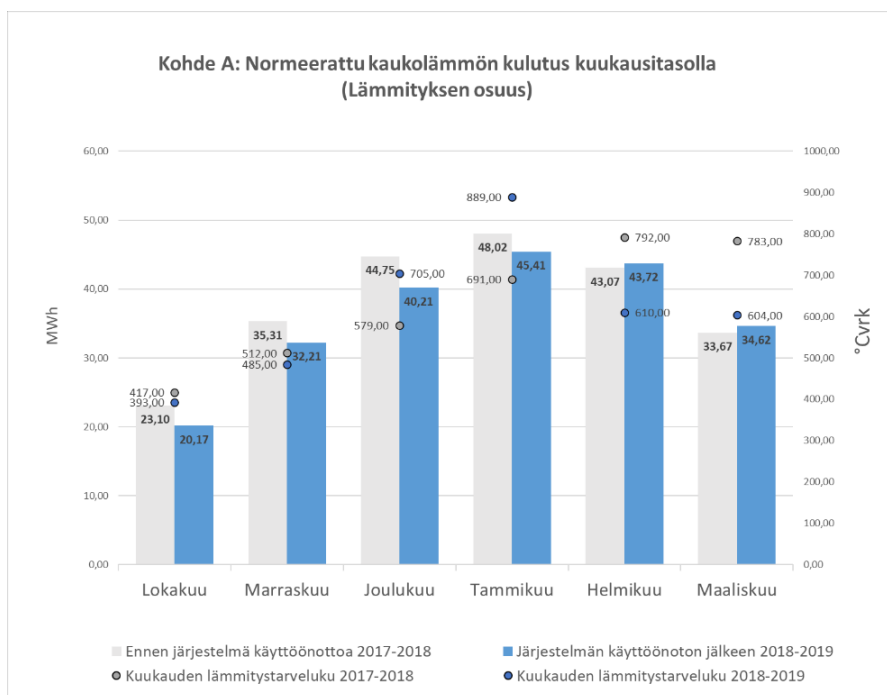
rakennustasolla. Saatujen arvojen avulla arvioitiin, miten huonelämpötilat käyttäytyvät järjestelmän käytön aikana sekä onko rakennusten välillä lämpötilaeroja. Lisäksi arvioitiin järjestelmän käytön aikaista asumismukavuutta huonelämpötilojen suhteen.

11 Tulokset

11.1 Kaukolämmön kulutus

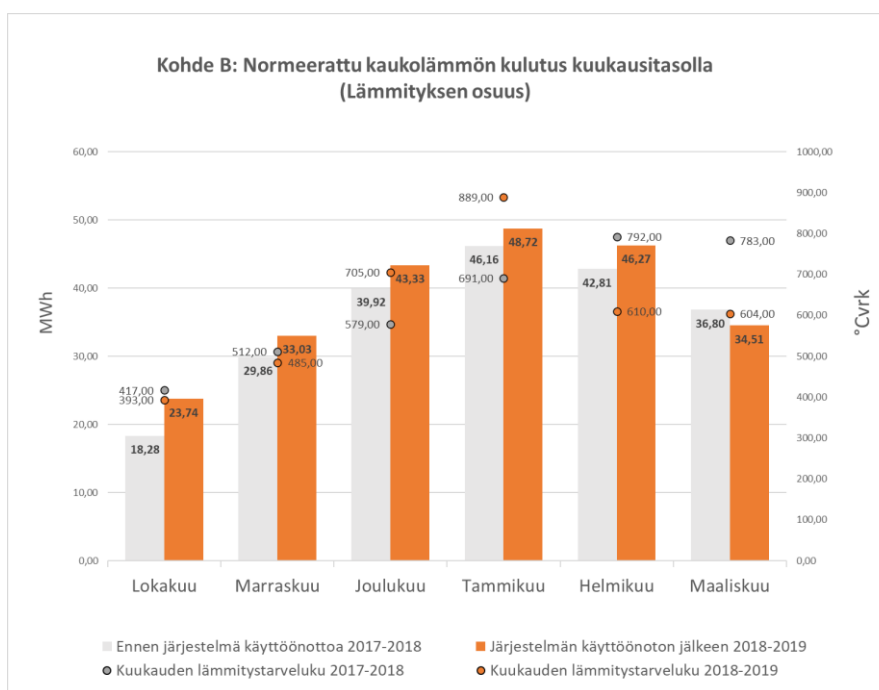
Tuloksia tarkasteltaessa havaittiin, ettei järjestelmän käyttö ollut vaikuttanut kaukolämmön kulutukseen odotetulla tavalla. Kohteiden A ja B oletettiin tuottavan hyvin samanlaisia tuloksia rakennusten samankaltaisuuden vuoksi, mutta näiden välillä oli kuitenkin huomattavia eroja. Verrattaessa järjestelmän käyttöönoton jälkeistä ja käyttöönottoa edeltävää ajanjaksoa oli kohteen A kaukolämmönkulutuksessa lämmityksen osalta säästetty noin 5,08 %, joka vuoden 2021 kaukolämmön hinnoittelun mukaan vastaisi noin 809,27 €:n rahallista säästöä. Kohteen B kohdalla kulutus oli kuitenkin lisääntynyt 7,37 % ja rahallisesti tappiota oli tehty 1096,87 €. Yhteenlaskettuna kohteiden kustannukset olivat siis nousseet 287,6 €. Näiden lisäksi myös kohteen C kaukolämmön kulutus oli myös lisääntynyt 1,69 % ja rahallista tappiota oli kertynyt 337,94 €.

Kun järjestelmän käytön aikaisia kaukolämmön kulutuslukemia tarkasteltiin kuukausitasolla ja verrattiin niitä kuukauden lämmitystarvelukuun, havaittiin, että kohteen A kulutus oli toistuvasti alhaisempi järjestelmän käyttöönoton jälkeen (2018–2019) kuin ennen käyttöönottoa (2017–2018), jopa silloin, kun lämmitystarve ennen käyttöönottoa (2018–2019) oli korkeampi (kuva 14).



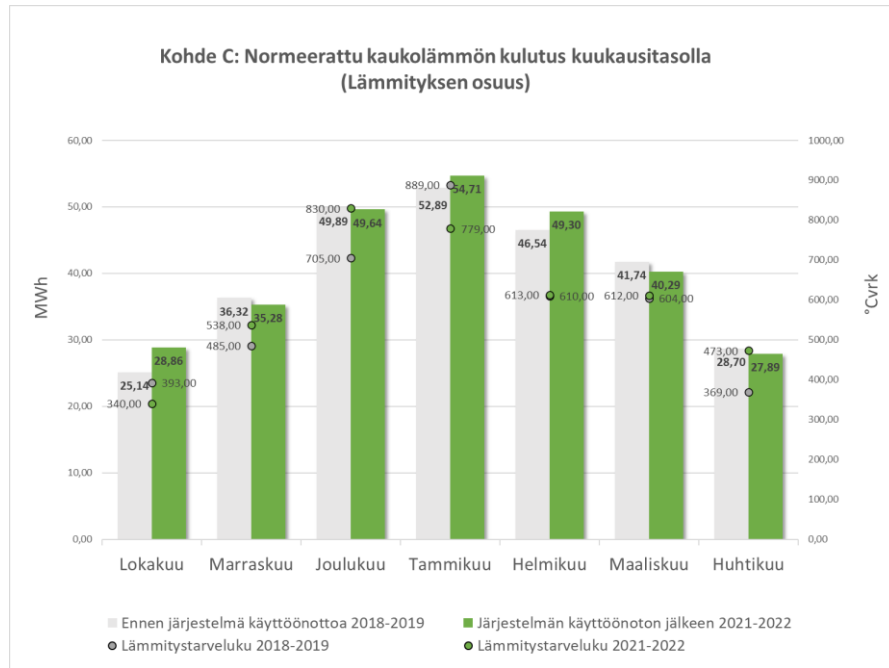
Kuva 14. Kohteen A normeerattu kaukolämmönkulutus lämmityksen osalta.

Kohteen B kohdalla kulutus käyttäytyi melkein päinvastoin. Usean kuukauden kohdalla käyttöönottoa edeltänyt (2017–2018) kulutus oli pienempi kuin käyttöönoton jälkeinen (2018–2019), vaikka käyttöönottoa edeltänyt (2017–2018) lämmitystarve oli suurempi (kuva 15).



Kuva 15. Kohteen B normeerattu kaukolämmönkulutus lämmityksen osalta.

Kohteen C kaukolämmönkulutuksen käytöksessä ei ollut havaittavissa yhtä selkeää trendiä kuin toisissa kohteissa (kuva 16).



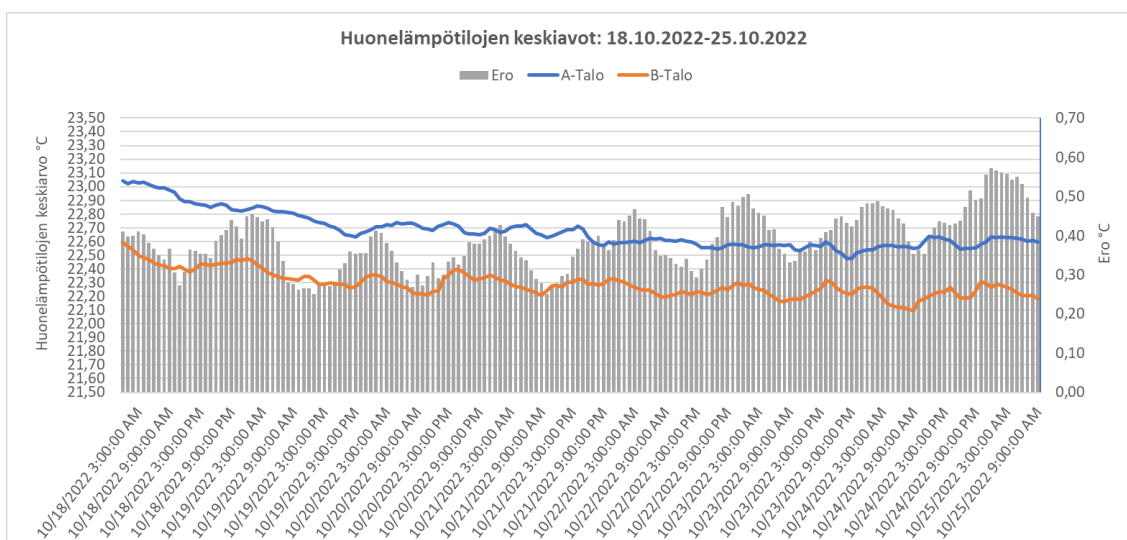
Kuva 16. Kohteen C normeerattu kaukolämmönkulutus lämmityksen osalta.

Järjestelmän käyttöönoton jälkeisen ajanjakson (2021–2022) yhteenlaskettu kaukolämmönkulutus lämmityksen osalta oli hieman suurempi kuin järjestelmän käyttöönottoa edeltävän (2018–2019). Aikavälin 2021–2022 yhteenlaskettu lämmityksen tarve oli kuitenkin pienempi kuin 2018–2019 välisenä aikana.

Koska kohteen B kaukolämmön kulutus oli noussut huomattavasti, alettiin selvittämään voisiko tälle olla jokin muu syy kuin sääennustesäädön toimimattomuus. Kohteeseen tarkemmin perehtymisen jälkeen selvisi, että kohteen patteriverkkoon on saunaosaston saneerauksen yhteydessä tehty muutoksia, mutta patteriverkkoa ei ole tasapainotettu muutosten jälkeen. Kun kohteen sen hetkisiä poistoilman lämpötiloja tarkasteltiin, havaittiin myös, että osa asunnoista on selkeästi yllilämpöisiä.

11.2 Huonelämpötilat kohteessa C

Kohteen C huonelämpötiloja tarkasteltaessa havaittiin, että rakennusten A ja B huonelämpötilat käyttäytyvät samankaltaisesti mutta A-rakennus on tasaisesti B-rakennusta lämpimämpi (kuva 17). Lämpötilat pysyivät toimenpiderajojen sisällä, vaikkakin huonekohtainen lämpötilavaihtelu oli korkeimmillaan jopa 4 °C. Kohdetasolla alhaisin mitattu huonelämpötila oli 19,83 °C ja korkein 25,93 (kuva 18).



Kuva 17. Rakennusten huonelämpötilojen keskiarvot viikon ajanjaksolta.

Lämpötilojen tarkastelujakso: 13.9.2022 klo 20.00 - 25.10.2022 klo 9.00

		A-Talo	B-Talo	Suurempi lämpötila	Erotus
Koko rakennus	Minimilämpötila	21,01 °C	19,83 °C	A-Talon lämpötila suurempi	1,18 °C
	Maksimilämpötila	25,93 °C	24,98 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,95 °C
	Lämpötilojen keskiarvo	23,24 °C	22,61 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,62 °C
1. krs	Minimilämpötila	21,06 °C	20,59 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,47 °C
	Maksimilämpötila	25,76 °C	23,96 °C	A-Talon lämpötila suurempi	1,80 °C
	Lämpötilojen keskiarvo	22,91 °C	22,04 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,87 °C
2. krs	Minimilämpötila	21,35 °C	20,20 °C	A-Talon lämpötila suurempi	1,15 °C
	Maksimilämpötila	25,93 °C	24,45 °C	A-Talon lämpötila suurempi	1,48 °C
	Lämpötilojen keskiarvo	23,44 °C	22,47 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,97 °C
3. krs	Minimilämpötila	21,96 °C	21,46 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,50 °C
	Maksimilämpötila	25,59 °C	24,98 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,61 °C
	Lämpötilojen keskiarvo	23,59 °C	23,00 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,59 °C
4. krs	Minimilämpötila	21,40 °C	20,11 °C	A-Talon lämpötila suurempi	1,29 °C
	Maksimilämpötila	25,44 °C	24,74 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,70 °C
	Lämpötilojen keskiarvo	23,40 °C	22,89 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,51 °C
5. krs	Minimilämpötila	21,39 °C	21,21 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,18 °C
	Maksimilämpötila	24,74 °C	24,50 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,24 °C
	Lämpötilojen keskiarvo	22,96 °C	22,71 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,25 °C
6. krs	Minimilämpötila	21,01 °C	19,83 °C	A-Talon lämpötila suurempi	1,18 °C
	Maksimilämpötila	25,21 °C	24,15 °C	A-Talon lämpötila suurempi	1,06 °C
	Lämpötilojen keskiarvo	22,83 °C	22,14 °C	A-Talon lämpötila suurempi	0,69 °C

Taulukko 1. Huonelämpötilojen vertailu.

Asumismukavuuden kannalta huonelämpötilat vaikuttavat olevan kohtalaisella tasolla. Huonelämpötilojen keskiarvot ovat hieman yli suunnitteluarvon 21°C ja suurimmat lämpötilavaihtelut vaikuttavat olevan lyhytaikaisia. Kuitenkin liian suuret tai nopeat lämpötilavaihtelut voidaan kokea epämukavina ja liian matalat huonelämpötilat voivat myös lisätä vedon tunteen riskiä. Tuloksia arvioidessa tulee myös muistaa, ettei tarkastelujakso ajoittunut pakkaskaudelle ja tästä syystä ei pystytä arvioimaan millä tavalla järjestelmä käyttäytyy kovien pakkasten aikaan.

11.3 Yhteenveto

Tuloksista nähdään, että järjestelmän käyttö on tällä hetkellä tappiollista. Tarkastelluista kohteista ainoastaan kohteen A kaukolämmön kulutus oli lämmityksen osalta laskenut järjestelmän käyttöönoton jälkeen. Kohteiden B ja C kulutukset olivat sen sijaan kasvaneet, vaikkakin kohteen C kohdalla kasvu oli melko vähäistä. Kohteen C huonelämpötilat pysyvät sallituissa rajoissa, vaikka lämpötiloissa on satunnaisia heittoja ja huonelämpötilojen keskiarvot ovat hieman yli suunnitteluarvon.

Tulokset osoittavat, ettei kohteisiin asennettu sääennustukseen pohjautuva enakoiva lämmitysjärjestelmä tällä hetkellä toimi energian säästön kannalta täysin suunnitellulla tavalla. Järjestelmän käytön aikaiset huonelämpötilat kuitenkin vaikuttavat kohteen C tuloksien perusteella pysyvän kohtalaisen hyvällä tasolla. Kohteesta A ei kuitenkaan ollut mahdollista saada huonelämpötilatietoja, joten ei pystytä varmuudella sanomaan, että lämpötilat pysyvät hyvällä tasolla myös tässä kohteessa. Kohteen B patteriverkon vääränlainen säätö vaikuttaa suuresti asuntojen huonelämpötiloihin, eikä sääennustesäädön vaikutusta huonelämpötiloihin voida tästä syystä arvioida tässä kohteessa.

12 Pohdinta

Pääasiallinen syy sääennustepohjaisen lämmönsäätöjärjestelmän hankinnalle on ollut energiansäästö ja tästä syystä ennako-oletuksena olikin, että järjestelmän käytöllä on aikaansaatu selkeitä säästöjä. Saadut tulokset olivat yllättäviä mutta ne kuitenkin osoittavat, että järjestelmää käyttämällä pystyttäisiin mahdollisesti säästämään energiankulutuksessa. Tämä kuitenkin selkeästi edellyttää järjestelmän tarkkaa kohdekohtaista säätöä sekä huonekohtaista anturointia. Ilman asiaankuuluvaa anturointia järjestelmän toiminnan tarkkailu ja säätö on hyvin haasteellista ja väärin säädettynä järjestelmän käytöllä vain lisätään kaukolämmön kulutusta ja lämmityskustannuksia. Järjestelmää säädettäessä on tärkeää pystyä seuraamaan huonelämpötilojen käytöstä sekä säätämään järjestelmään niiden pohjalta.

Kohteissa A ja B sääennustukseen pohjautuva ennakoiva lämmitysjärjestelmä on mitä todennäköisemmin säädetty melko samanlaisten oletusarvojen pohjalta. Säädössä ei ole pystytty hyödyntämään huonelämpötiloja, mutta tästä riippumatta kohde A on kuitenkin saatu säädettyä energiansäästön kannalta toimivaksi. Kyseiseen kohteeseen olisi kuitenkin hyvä lisätä huonelämpötila-anturointia, jotta pystyttäisiin varmistumaan siitä, että huonelämpötilat pysyvät haluttunlaisina. Sen sijaan kohde B vaatii suurempia säätötoimenpiteitä. Kohteen patteriverkko vaatii tasapainotusta sekä mahdollisesti sääennustussäädön uudelleen säätöä. Tässä voitaisiin mahdollisesti hyödyntää kohteeseen asennetun MyAir-järjestelmän kautta saatavia huonelämpötilatietoja.

Kohteen C kohdalla kaukolämmön kulutus oli hieman lisääntynyt ja huonelämpötiloissa oli vaihtelua. Tämän perusteella kohteen sääennustukseen pohjautuva lämmitysjärjestelmä vaatisi pientä säätöä. Tulee kuitenkin muistaa, ettei normeerausessa oteta huomioon auringon tai tuulen vaikutusta. Sääennustussäätö sen sijaan ottaa nämä huomioon ja kompensoi niiden vaikutusta, joka voi lisätä energiankulutusta sopivan huonelämpötilan saavuttamiseksi.

Saatujen tulosten perusteella järjestelmän kannattavuutta on haasteellista arvioida. Tällä hetkellä halutunlaisia tuloksia saadaan vain kohteesta A, eikä kohteessa B sääennustukseen pohjautuvan lämmönsäätöjärjestelmän toimivuutta pystytä tarkasti arvioimaan, sillä kohteen patteriverkon vääränlainen säätö vaikuttaa suoraan energiankulutukseen ja huonelämpötiloihin.

Jotta järjestelmän toimintaa ja kannattavuutta olisi mielekästä arvioida, kohteen B patteriverkko tulisi tasapainottaa ja sääennustesäätö tarvittaessa säätää uudelleen. Kohteen C sääennustesäätöä olisi myös hyvä säätää huonelämpötilojen keskiarvon madaltamiseksi, lämpötilojen heittelyiden tasoittamiseksi sekä energiankulutuksen pienentämiseksi. Näiden säätötoimenpiteiden jälkeen, esimerkiksi toinen opiskelija voisi tehdä opinnäytetyön samasta aiheesta ja arvioida millaisia vaikutuksia säädöillä on ollut. Työssä voisi verrata tämän opinnäytetyön tuloksia sen hetkisiin tuloksiin sekä arvioida järjestelmän kannattavuutta uudelleen. Tämänhetkisten tulosten perusteella ei järjestelmän laajempaa käyttöönottoa voida kuitenkaan pitää varmasti kannattavana investointina.

Lähteet

- Daikin. 2020. Puhdas sisäilma ja sopiva lämpötila parantaa asumismukavuutta ja terveyttä. <https://www.daikin.fi/fi-fi/ajankohtaista/puhdas-sisailma-ja-sopiva-lampotila-parantavat-asumismukavuutta.html>. 25.11.2022.
- Energiatehokas Koti. 2020. Tuloilman lämmitys. <https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/miten-tehdaan-energiatehokas-koti/energiatehokas-ilmanvaihto-ja-jaahdytys/tuloilman-lammitys/>. 19.10.2022.
- Energiateollisuus ry. 2022a. Kaukolämpö ja -jäähdytys. <https://energiamaailma.fi/energiasta/energiantuotanto/kaukolampo-ja-jaahdytys/>. 11.9.2022.
- Energiateollisuus ry. 2022b. Energiavuosi 2021 Kaukolämpö. <https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/energiavuosi-2021-kaukolampo.html#material-view>. 15.9.2022.
- FINVAC ry. 2019. Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. <https://finvac.org/wp-content/uploads/2020/06/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa-2019b.pdf>. 14.10.2022.
- Fortum. 2022. Kodin lämpötilat – säädä ja säästä! <https://yhdedessa.fortum.fi/kodin-l%C3%A4mp%C3%B6tilat-s%C3%A4%C3%A4d%C3%A4-ja-s%C3%A4st%C3%A4>. 15.9.2022.
- Gebwell Oy. 2022a. Maalämpö suurten kiinteistöjen lämmityksessä. <https://gebwell.fi/maalampo/maalampo-suurten-kiinteistojen-lammityksessa/>. 17.9.2022.
- Gebwell Oy. 2022b. Miten maalämpö toimii? <https://gebwell.fi/maalampo/miten-maalampo-toimii/>. 15.9.2022.
- Harju, P. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Penan Tieto-Opus Ky. Anjalankoski: Solverpalvelut Oy.
- Harju, P. 2014. Talotekniikan mittauksia, säätöjä ja automatiikkaa. Penan Tieto-Opus Ky. Kouvola: PackageMedia Oy
- Hengityслиitto. 2022. Huoneilman lämpötila. <https://www.hengityслиitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/sisailman-olosuhteet/huoneilman-lampotila/>. 16.9.2022.
- Ilmatieteen laitos. 2022. Lämmitystarveluku eli astepäiväluku. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>. 20.10.2022
- Kamstrup A/S. 2022. Älymittarien etäluenta. <https://www.kamstrup.com/fi-fi/huoneistokohtainenmittaus/kiinteistonhallinta/mittarinluenta>. 10.9.2022.
- Koutsu – HSY:n verkkokurssit. 2022a. Automaatiolla energiatehokkuutta. <https://koutsu.hsy.fi/courses/energiaeksperti/lessons/kiinteistoautomaatio-ja-mittaukset/topic/automaatiolla-energiatehokkuutta/>. 18.9.2022.
- Koutsu – HSY:n verkkokurssit. 2022b. Lämmitysenergiankulutuksen normeeraus eli sääkorjaus. <https://koutsu.hsy.fi/courses/energiaeksperti/lessons/lammitys-2/topic/lampoindeksi-energiankulutuksen-mittarina/>. 19.10.2022.
- Kupiainen, J. 2013. Opiskelija-asunnot Oy Joensuun Ellin kohteen rakennusautomaation säätökaavio. Vain sisäiseen käyttöön. 21.10.2022.
- LVI 10-10398- 2006. Kaukolämmitys. Rakennustieto.

- LVI 12-10343. 2002. Vesikiertoinen patterilämmitys. Rakennustieto.
- Marttinen, V. 2022. Helen nostaa tuntuvasti kaukolämmön hintoja – energiamaksuun 30 prosentin korotus. <https://yle.fi/uutiset/3-12602167>. 20.9.2022.
- Motiva. 2012. Lämpöä omasta maasta. https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumpput.pdf. 17.10.2022.
- Motiva. 2016. Kulutuksen normitus laskentakaavat ja -ohjeet. https://www.motiva.fi/files/16105/Motiva_Kulutuksenormitus_laskentakaavat-ja-ohjeet_12-2016.pdf. 20.10.2022
- Motiva. 2019. Taloautomaatio pientaloissa. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/taloautomaatio/taloautomaatio_pientaloissa. 14.9.2022.
- Motiva. 2021. Vesikiertoinen lämmitys – ylläpito ja säätö. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/kodin_saatolaitteet/vesikiertoinen_lammitys_-_yllapito_ja_saato. 14.9.2022.
- Motiva. 2022a. Hake-, pilke- ja halkokattilat. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/hake-pilke-ja_halkokattilat. 17.9.2022.
- Motiva. 2022b. Maakaasu. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maakaasu. 17.9.2022.
- Motiva. 2022c. Pellettilämmitys. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/pellettilammitys. 17.9.2022.
- Motiva. 2022d. Sähkövaraajat ja -kattilat. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/sahkovaraajat_ja_-kattilat. 17.9.2022.
- Motiva. 2022e. Vesikeskuslämmitys. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot/vesikeskuslammitys. 15.9.2022.
- MuoviTech. 2022. Tekninen esite – Lattialämmitys. https://www.muovitech.com/pdf/Muovitech_tekninen_esite_042015_web.pdf. 8.11.2022.
- NIBE Energy Systems Oy. 2022. Mitä maalämpö on? <https://www.nibe.eu/fi/tietopankki/mita-maalampo-on>. 12.9.2022.
- Parviala, A. 2022. Tässä markkinoiden varmin ennuste: Sähkön hinta kolminkertaistuu loppuvuonna, mutta keväällä nähdään hintaromahdus. <https://yle.fi/uutiset/3-12558752>. 14.9.2022.
- Rauman Energia Oy. 2022. Tietoa Kaukolämmöstä. <https://raumanenergia.fi/kaukolampo/tietoa-kaukolammosta>. 11.9.2022.
- Rodrigo-Illarri, J., Jin, Shuang., Blum, P., Bayer, P. & Grathwohl, P. 2010. Geostatistical characterisation of heterogeneous aquifers for the application of open shallow geothermal systems. 28.9.2022.
- RT 50-10755. 2001. Maalämmitys. Rakennustieto.
- RT 52-10801. 2003. Vesikiertoinen lattialämmitys. Rakennustieto.
- Schneider Electric. 2020. ValuesToBMS. Koulutusmateriaali sisäiseen käyttöön. 30.9.2022
- Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. Suomen LVI-liitto ry. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

- Sisäilmayhdistys ry. 2008. Fysikaaliset tekijät. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Fysikaaliset-tekijat>. 16.9.2022.
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015.
- Suomen ympäristökeskus. 2018. Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/rakennusten-lammitys-kuluttaa-runsaasti-energiaa>. 19.9.2022.
- Talotekniikkainfo. 2020. Radiaattoriverkoston kunnostaminen. <https://talotekniikkainfo.fi/page/export/html/210>. 17.10.2022.
- Thermia Finland Oy. 2022. Miten maalämpö toimii? <https://www.thermia.fi/maalampo/maalampo1/miten-maalampo-toimii/>. 13.9.2022.
- Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista 718/2020.
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017.

Lämmitystarveluvut

Normaalivuoden lämmitystarveluvut (°Cvrk)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi	
Maarianhamina		592	567	551	406	216	34	3	17	135	308	432	542	3803
Vantaa		682	640	586	376	146	16	2	21	158	348	497	625	4097
Helsinki		647	612	566	383	153	11	1	12	125	316	464	588	3878
Pori		677	633	585	389	181	26	3	25	171	352	497	622	4161
Turku		663	625	575	377	161	19	2	18	149	338	486	608	4021
Tampere		724	675	612	400	176	28	5	34	192	382	529	667	4424
Lahti		726	677	610	395	159	20	4	31	191	383	528	668	4392
Lappeenranta		759	699	621	403	165	22	5	28	184	386	546	692	4510
Jyväskylä		785	721	646	440	206	40	10	56	227	414	569	718	4832
Vaasa		719	666	619	424	214	29	5	35	192	377	526	663	4469
Kuopio		812	741	653	445	198	31	7	38	194	400	571	735	4825
Joensuu		826	753	665	456	216	39	10	47	215	416	589	752	4984
Kajaani		864	777	695	479	251	57	17	75	245	441	618	785	5304
Oulu		824	742	677	465	249	47	9	55	224	423	593	749	5057
Sodankylä		946	838	760	548	345	106	49	136	316	523	722	891	6180
Ivalo		923	819	755	557	377	146	69	147	318	523	722	875	6231

Lämmitystarveluvut 2017 (°Cvrk)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi	
Maarianhamina		547	494	475	429	250	35	0	18	73	299	388	471	3479
Vantaa		617	567	507	440	175	22	6	25	135	373	429	506	3802
Helsinki		586	532	489	427	183	28	0	17	82	346	388	471	3549
Pori		593	562	500	442	221	29	5	30	143	379	424	512	3840
Turku		602	551	495	429	192	27	5	24	119	369	414	498	3725
Tampere		639	601	521	466	225	40	12	37	190	404	453	544	4132
Lahti		647	602	524	460	219	54	12	35	188	393	470	540	4144
Lappeenranta		673	630	539	478	235	44	7	20	180	396	489	551	4242
Jyväskylä		674	638	565	497	265	53	26	44	225	415	487	569	4458
Vaasa		604	589	536	473	247	46	17	39	186	385	455	546	4123
Kuopio		701	662	577	503	297	53	13	35	203	406	492	580	4522
Joensuu		721	671	578	518	315	63	26	35	218	417	512	579	4653
Kajaani		734	703	619	542	381	77	14	55	246	446	536	617	4970
Oulu		698	662	624	515	372	73	14	48	222	438	527	628	4821
Sodankylä		845	759	702	586	446	153	48	102	295	515	674	840	5965
Ivalo		808	760	704	588	457	207	60	116	300	499	688	869	6056

Lämmitystarveluvut 2018 (°Cvrk)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi	
Maarianhamina		541	616	638	375	58	17	0	0	66	299	374	502	3486
Vantaa		597	712	674	347	36	15	0	0	83	311	426	588	3789
Helsinki		563	671	638	355	47	0	0	0	64	267	396	551	3552
Pori		610	691	663	381	47	16	0	0	92	311	419	569	3799
Turku		597	692	662	369	46	15	0	0	77	307	406	566	3737
Tampere		646	749	726	394	50	25	0	0	122	343	448	613	4116
Lahti		634	740	718	380	45	25	0	0	125	370	450	618	4105
Lappeenranta		664	759	723	377	47	32	0	0	111	351	456	663	4183
Jyväskylä		689	789	752	422	63	37	0	5	139	386	471	652	4405
Vaasa		650	731	713	416	50	15	0	0	114	354	420	588	4051
Kuopio		688	797	762	436	78	39	0	0	123	372	468	692	4455
Joensuu		691	792	783	437	91	57	0	0	126	393	485	705	4560
Kajaani		716	852	814	460	110	76	0	34	172	405	488	704	4831
Oulu		731	836	768	461	99	52	0	22	149	411	460	666	4655
Sodankylä		890	893	849	504	151	110	0	89	272	540	533	789	5620
Ivalo		927	842	868	521	198	145	12	98	260	527	529	769	5696

Lämmitystarveluvut 2019 (°Cvrk)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi	
Maarianhamina		567	445	495	330	190	8	12	6	112	326	390	435	3316
Vantaa		720	490	538	272	150	0	0	0	151	367	457	484	3629
Helsinki		670	466	513	283	157	0	0	0	126	334	423	447	3419
Pori		696	501	533	300	170	0	5	6	160	388	477	478	3714
Turku		688	483	531	285	145	0	5	6	161	377	453	480	3614
Tampere		770	525	571	308	191	0	11	16	181	411	501	523	4008
Lahti		780	514	568	319	161	0	11	0	180	398	488	520	3939
Lappeenranta		791	532	576	325	174	0	23	11	176	411	502	530	4051
Jyväskylä		847	568	598	332	206	0	36	18	212	450	538	571	4376
Vaasa		730	552	575	334	225	7	13	24	205	423	537	529	4154
Kuopio		890	606	604	346	198	0	33	12	189	436	543	566	4423
Joensuu		889	610	604	369	184	0	59	36	200	453	544	570	4518
Kajaani		943	659	648	387	239	23	76	54	203	470	598	607	4907
Oulu		915	660	641	407	258	32	18	45	230	467	604	585	4862
Sodankylä		1047	805	749	460	344	81	127	108	278	603	765	700	6067
Ivalo		956	819	755	456	389	136	145	149	274	609	774	706	6168

Lämmitystarveluvut 2021 (°Cvrk)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	550	569	471	395	215	0	0	0	145	210	409	602	3566
Vantaa	672	704	553	369	116	0	0	16	207	279	466	736	4118
Helsinki	636	661	527	346	116	0	0	0	171	253	429	692	3831
Pori	660	665	519	397	167	0	0	13	211	267	473	706	4078
Turku	655	656	523	381	151	0	0	13	203	270	468	710	4030
Tampere	696	715	564	403	176	0	0	19	230	305	506	751	4365
Lahti	693	722	577	387	161	0	0	20	227	303	488	766	4344
Lappeenranta	709	764	606	397	158	0	0	20	244	314	492	813	4517
Jyväskylä	754	768	623	426	202	0	0	36	277	336	537	812	4771
Vaasa	696	716	559	425	235	0	0	21	226	306	525	760	4469
Kuopio	772	812	633	426	213	0	0	28	267	333	532	816	4832
Joensuu	792	836	652	432	223	0	0	44	284	340	538	830	4971
Kajaani	838	868	665	451	238	0	0	64	301	373	598	858	5254
Oulu	826	824	632	437	243	0	0	51	267	363	582	803	5028
Sodankylä	971	860	690	485	364	16	35	120	333	484	723	929	6010
Ivalo	929	841	688	493	407	16	74	135	325	513	734	885	6040

Lämmitystarveluvut 2022 (°Cvrk)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	511	472	480	405	202	0	5	5					
Vantaa	630	537	535	412	156	0	0	7					
Helsinki	593	504	495	377	162	0	0	6					
Pori	618	542	499	412	149	0	0	8					
Turku	602	534	502	411	173	0	0	8					
Tampere	665	571	547	438	151	0	0	8					
Lahti	668	558	548	425	160	0	0	7					
Lappeenranta	700	576	565	446	169	0	0	7					
Jyväskylä	719	608	575	466	188	0	5	20					
Vaasa	645	593	524	450	167	0	0	19					
Kuopio	752	610	585	465	181	0	6	14					
Joensuu	779	613	612	473	219	0	5	14					
Kajaani	799	658	619	493	237	15	6	17					
Oulu	752	662	593	477	233	8	0	14					
Sodankylä	885	787	648	506	294	27	17	45					
Ivalo	848	754	630	522	342	50	19	58					

Savon Voiman kaukolämpöhinnasto



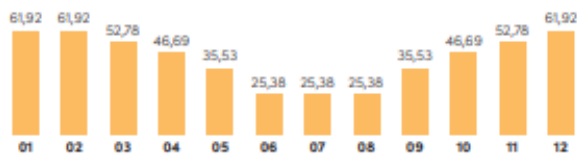
JOENSUU

Kaukolämpöhinnasto, taloyhtiöt ja yritykset

1.1.2021 alkaen

AKTIIVILÄMPÖ

Energiamaksu kuukaudessa €/MWh, alv. 0 %



Tehomaksu €/vuosi, alv. 0 %

Asuinrakennukset		Muut rakennukset	
Teho (kW)	Tehomaksu (€/vuosi)	Teho (kW)	Tehomaksu (€/vuosi)
5-140	55 x kW - 60	5-80	54 x kW - 60
141-400	36 x kW + 2 600	81-250	41 x kW + 980
yli 400	17 x kW + 10 200	251-500	31 x kW + 3 480
		501-1 000	14 x kW + 11 980
		yli 1 000	10 x kW + 15 980

VAKAALÄMPÖ

Vakaalämpö-tuote ei ole enää valittavissa.

Energiamaksu (€/MWh, alv. 0 %)	Tehomaksu (€/vuosi, alv. 0 %)
31,56	106,40 x kW

Kaukolämpöhinnasto, omakotitalot

1.1.2021 alkaen

KESTOLÄMPÖ, 100 % hiilineutraali, alv. 24 %

Tehomaksu (€/kk)	Energiamaksu
5,60 x kW - 12,40	63,84 €/MWh
min. 43,65 €/kk	

TARKKALÄMPÖ, 100 % hiilineutraali, alv. 24 %

Tehomaksu (€/kk)	Energiamaksu
2,35 x kW	48,67 €/MWh kesällä 1.4.-30.9.
min. 23,55 €/kk	88,61 €/MWh talvella 1.10.-31.3.

Laskelmat

Kohde A

Järjestelmän käyttöönoton jälkeen 2018-2019														
	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Tammikuu	Helmi- kokuu	Maaliskuu	Yht.	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Tammikuu	Helmi- kokuu	Maaliskuu	Yht.
Kaukolämmön kulutus (MWh)	24,30	31,60	41,59	52,63	39,27	34,83	224,22	24,30	31,60	41,59	52,63	39,27	34,83	224,22
Normeerattu kaukolämmön kulutus (MWh)	25,42	37,29	44,10	49,17	47,57	38,01	241,55	25,42	37,29	44,10	49,17	47,57	38,01	241,55
Normeerattu kaukolämmön kulutus: Lämmityksen osuus (MWh)	20,17	32,21	40,21	45,41	43,72	34,62	216,33	20,17	32,21	40,21	45,41	43,72	34,62	216,33
Käyttöveden kulutus (m ³)	226,00	219,00	168,00	162,00	166,00	146,00	1087,00	226,00	219,00	168,00	162,00	166,00	146,00	1087,00
Lämpimän käyttöveden kulutus (m ³)	90,40	87,60	67,20	64,80	66,40	58,40	434,80	90,40	87,60	67,20	64,80	66,40	58,40	434,80
Lämpimän käyttöveden energiankulutus (MWh)	5,24	5,08	3,90	3,76	3,85	3,39	25,22	5,24	5,08	3,90	3,76	3,85	3,39	25,22
Toteutunut lämmitystarveluku	393,00	485,00	705,00	889,00	610,00	604,00	3686,00	393,00	485,00	705,00	889,00	610,00	604,00	3686,00
Normaalikuukauden lämmitystarveluku	416,00	589,00	752,00	825,00	753,00	665,00	4001,00	416,00	589,00	752,00	825,00	753,00	665,00	4001,00
Kustannukset														
Kaukolämmön hinta, alv 0% (€/MWh)	46,69	52,78	61,92	61,92	61,92	52,78	338,01	46,69	52,78	61,92	61,92	61,92	52,78	338,01
Kaukolämmön hinta, alv 24% (€/MWh)	57,90	65,45	76,78	76,78	76,78	65,45	419,13	57,90	65,45	76,78	76,78	76,78	65,45	419,13
Kustannus, alv 0% (€)	1186,64	1967,99	2730,85	3044,40	2945,73	2005,93	13881,53	1186,64	1967,99	2730,85	3044,40	2945,73	2005,93	13881,53
Kustannus: Lämmityksen osuus, alv 0% (€)	941,83	1695,82	2489,51	2811,68	2707,26	1827,15	12477,26	941,83	1695,82	2489,51	2811,68	2707,26	1827,15	12477,26
Kustannus, alv 24% (€)	1471,43	2440,30	3386,25	3775,06	3652,70	2487,35	17213,10	1471,43	2440,30	3386,25	3775,06	3652,70	2487,35	17213,10
Kustannus: Lämmityksen osuus, alv 24% (€)	1167,87	2107,78	3086,99	3486,48	3357,00	2265,67	15471,80	1167,87	2107,78	3086,99	3486,48	3357,00	2265,67	15471,80

Ennen järjestelmää käyttöönottoa 2017-2018														
	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Tammikuu	Helmi- kokuu	Maaliskuu	Yht.	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Tammikuu	Helmi- kokuu	Maaliskuu	Yht.
Kaukolämmön kulutus (MWh)	28,58	35,91	37,91	44,46	49,55	43,45	239,86	28,58	35,91	37,91	44,46	49,55	43,45	239,86
Normeerattu kaukolämmön kulutus (MWh)	28,52	40,53	48,20	52,31	47,32	37,48	254,36	28,52	40,53	48,20	52,31	47,32	37,48	254,36
Normeerattu kaukolämmön kulutus: Lämmityksen osuus (MWh)	23,10	35,31	44,75	48,02	43,07	33,67	227,91	23,10	35,31	44,75	48,02	43,07	33,67	227,91
Käyttöveden kulutus (m ³)	234,00	225,00	149,00	185,00	185,00	164,00	1140,00	234,00	225,00	149,00	185,00	185,00	164,00	1140,00
Lämpimän käyttöveden kulutus (m ³)	93,60	90,00	59,60	74,00	73,20	65,60	456,00	93,60	90,00	59,60	74,00	73,20	65,60	456,00
Lämpimän käyttöveden energiankulutus (MWh)	5,43	5,22	3,46	4,29	4,25	3,80	26,45	5,43	5,22	3,46	4,29	4,25	3,80	26,45
Toteutunut lämmitystarveluku	417,00	512,00	579,00	691,00	792,00	785,00	3774,00	417,00	512,00	579,00	691,00	792,00	785,00	3774,00
Normaalikuukauden lämmitystarveluku	416,00	589,00	752,00	826,00	753,00	665,00	4001,00	416,00	589,00	752,00	826,00	753,00	665,00	4001,00
Kustannukset														
Kaukolämmön hinta, alv 0% (€/MWh)	46,69	52,78	61,92	61,92	61,92	52,78	338,01	46,69	52,78	61,92	61,92	61,92	52,78	338,01
Kaukolämmön hinta, alv 24% (€/MWh)	57,90	65,45	76,78	76,78	76,78	65,45	419,13	57,90	65,45	76,78	76,78	76,78	65,45	419,13
Kustannus, alv 0% (€)	1331,81	2138,94	2984,81	3238,89	2930,00	1977,95	14602,39	1331,81	2138,94	2984,81	3238,89	2930,00	1977,95	14602,39
Kustannus: Lämmityksen osuus, alv 0% (€)	1078,34	1863,42	2770,77	2973,12	2667,11	1777,13	13129,90	1078,34	1863,42	2770,77	2973,12	2667,11	1777,13	13129,90
Kustannus, alv 24% (€)	1651,44	2652,28	3701,17	4016,22	3633,20	2452,66	18106,96	1651,44	2652,28	3701,17	4016,22	3633,20	2452,66	18106,96
Kustannus: Lämmityksen osuus, alv 24% (€)	1337,14	2310,65	3435,75	3686,67	3307,22	2203,64	16281,07	1337,14	2310,65	3435,75	3686,67	3307,22	2203,64	16281,07

Säästö/Tappio	
Kulutus laski/nousi (MWh)	→ Pelkkä lämmitys
12,81 MWh	11,58 MWh
Kulutus laski/nousi (%)	→ Pelkkä lämmitys
5,03 %	5,08 %
Säästö/tappio (€)	→ Pelkkä lämmitys
893,87 €	809,27 €

Kohde B

Järjestelmän käyttöönoton jälkeen 2018-2019										
	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Tammikuu	Helmi- kokuu	Maaliskuu	Yht.			
Kaukolämmön kulutus (MWh)	22,75	30,33	43,13	54,96	39,94	34,29	225,40			
Normeerattu kaukolämmön kulutus (MWh)	24,06	36,16	45,84	51,24	48,73	37,46	243,49			
Normeerattu kaukolämmön kulutus: Lämmityksen osuus (MWh)	23,74	33,03	43,33	48,72	46,27	34,51	229,59			
Käyttöveden kulutus (m ³)	14,00	135,00	108,00	109,00	106,00	127,00	599,00			
Lämpimän käyttöveden energiankulutus (MWh)	5,60	54,00	43,20	43,60	42,40	50,80	239,60			
Lämpimän käyttöveden energiankulutus (MWh)	0,32	3,13	2,51	2,53	2,46	2,95	13,90			
Toteutunut lämmitystarveluku	393,00	485,00	705,00	889,00	610,00	604,00	3686,00			
Normaalikuukauden lämmitystarveluku	416,00	589,00	752,00	826,00	753,00	665,00	4001,00			
Kustannukset										
Kaukolämmön hinta, alv 0% (€/MWh)	46,69	52,78	61,92	61,92	61,92	52,78	338,01			
Kaukolämmön hinta, alv 24% (€/MWh)	57,90	65,45	76,78	76,78	76,78	65,45	419,13			
Kustannus, alv 0% (€)	1123,47	1908,64	2838,31	3173,05	3017,14	1976,90	14037,52			
Kustannus: Lämmityksen osuus, alv 0% (€)	1108,31	1743,33	2683,16	3016,47	2864,87	1821,39	13237,53			
Kustannus, alv 24% (€)	1393,11	2366,71	3519,50	3934,59	3741,26	2451,36	17406,52			
Kustannus: Lämmityksen osuus, alv 24% (€)	1374,30	2161,73	3327,12	3740,42	3552,44	2258,52	16414,54			

Ennen järjestelmä käyttöönottoa 2017-2018										
	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Tammikuu	Helmi- kokuu	Maaliskuu	Yht.			
Kaukolämmön kulutus (MWh)	22,55	29,76	33,08	42,26	48,48	46,56	222,69			
Normeerattu kaukolämmön kulutus (MWh)	22,51	33,66	42,26	49,80	46,26	40,03	234,53			
Normeerattu kaukolämmön kulutus: Lämmityksen osuus (MWh)	18,28	29,86	39,92	46,16	42,81	36,80	213,84			
Käyttöveden kulutus (m ³)	182,00	164,00	101,00	157,00	149,00	139,00	892,00			
Lämpimän käyttöveden energiankulutus (MWh)	72,80	65,60	40,40	62,80	59,60	55,60	356,80			
Lämpimän käyttöveden energiankulutus (MWh)	4,22	3,80	2,34	3,64	3,46	3,22	20,69			
Toteutunut lämmitystarveluku	417,00	512,00	579,00	691,00	792,00	783,00	3774,00			
Normaalikuukauden lämmitystarveluku	416,00	589,00	752,00	826,00	753,00	665,00	4001,00			
Kustannukset										
Kaukolämmön hinta, alv 0% (€/MWh)	46,69	52,78	61,92	61,92	61,92	52,78	338,01			
Kaukolämmön hinta, alv 24% (€/MWh)	57,90	65,45	76,78	76,78	76,78	65,45	419,13			
Kustannus, alv 0% (€)	1050,81	1776,76	2616,98	3083,91	2864,60	2112,75	13505,80			
Kustannus: Lämmityksen osuus, alv 0% (€)	853,66	1575,94	2471,89	2858,37	2650,56	1942,54	12352,96			
Kustannus, alv 24% (€)	1303,00	2203,18	3245,05	3824,04	3552,11	2619,80	16747,19			
Kustannus: Lämmityksen osuus, alv 24% (€)	1058,54	1954,16	3065,14	3544,38	3286,69	2408,75	15317,67			

Säästö/Tappio	
Kulutus laski/nousi (MWh)	→ Pelkkä lämmitys
-8,96 MWh	→ -15,76 MWh
Kulutus laski/nousi (%)	→ Pelkkä lämmitys
-3,82 %	→ -7,37 %
Säästö/tappio (€)	→ Pelkkä lämmitys
-659,34 €	→ -1 096,87 €

Kohde C

Järjestelmän käyttöönoton jälkeen 2021-2022										
	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Tammikuu	Heimikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Yht.		
Kaukolämmön kulutus (MWh)	30,01	39,93	60,26	59,09	45,82	42,90	34,36	312,37		
Normeerattu kaukolämmön kulutus (MWh)	35,28	42,99	55,11	62,20	54,99	46,11	33,32	330,00		
Normeerattu kaukolämmön osuus (MWh)	28,86	35,28	49,64	54,71	49,30	40,29	27,89	285,97		
Käyttöveden kulutus (m ³)	277,00	332,00	236,00	323,00	245,00	251,00	234,00	1898,00		
Lämpimän käyttöveden kulutus (m ³)	110,80	132,80	94,40	129,20	98,00	100,40	93,60	759,20		
Lämpimän käyttöveden energiankulutus (MWh)	6,43	7,70	5,48	7,49	5,68	5,82	5,43	44,03		
Toteutunut lämmitystarveluku	340,00	538,00	830,00	779,00	613,00	612,00	473,00	4185,00		
Normaaliukauden lämmitystarveluku	416,00	589,00	752,00	826,00	753,00	665,00	456,00	4457,00		
Kustannukset										
Kaukolämmön hinta, alv 0% (€/MWh)	46,69	52,78	61,92	61,92	61,92	52,78	46,69	384,70		
Kaukolämmön hinta, alv 24% (€/MWh)	57,90	65,45	76,78	76,78	76,78	65,45	57,90	477,03		
Kustannus, alv 0% (€)	1647,30	2268,75	3412,51	3851,61	3404,76	2433,73	1555,72	18574,38		
Kustannus: Lämmityksen osuus, alv 0% (€)	1347,25	1862,22	3073,48	3387,61	3052,81	2126,38	1302,25	16152,00		
Kustannus, alv 24% (€)	2042,65	2813,25	4231,51	4776,00	4221,90	3017,83	1929,09	23032,23		
Kustannus: Lämmityksen osuus, alv 24% (€)	1670,59	2309,15	3811,12	4200,63	3785,48	2636,72	1614,79	20028,48		

Ennen järjestelmää käyttöönottoa 2018-2019										
	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Tammikuu	Heimikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Yht.		
KL kulutus: lämmitys + LV (MWh)	30,92	36,82	52,27	65,41	44,38	44,69	30,00	304,49		
KL kulutus, normeerattu: lämmitys + LV (MWh)	32,31	43,23	55,39	61,38	53,22	48,52	35,48	329,52		
KL kulutus, normeerattu: lämmitys (MWh)	25,14	36,32	49,89	52,89	46,54	41,74	28,70	281,22		
KV kulutus (m ³)	309,00	298,00	237,00	366,00	288,00	292,00	292,00	2082,00		
LV kulutus (m ³)	123,60	119,20	94,80	146,40	115,20	116,80	116,80	832,80		
LV energiankulutus (MWh)	7,17	6,91	5,50	8,49	6,68	6,77	6,77	48,30		
Toteutunut lämmitystarveluku	393,00	485,00	705,00	889,00	610,00	604,00	369,00	4055,00		
Normaaliukauden lämmitystarveluku	416,00	589,00	752,00	826,00	753,00	665,00	456,00	4457,00		
Kustannukset										
Kaukolämmön hinta, alv 0% (€/MWh)	46,69	52,78	61,92	61,92	61,92	52,78	46,69	384,70		
Kaukolämmön hinta, alv 24% (€/MWh)	57,90	65,45	76,78	76,78	76,78	65,45	57,90	477,03		
Kustannus, alv 0% (€)	1508,55	2281,83	3429,63	3800,43	3295,23	2560,84	1656,37	18532,89		
Kustannus: Lämmityksen osuus, alv 0% (€)	1173,84	1916,93	3089,17	3274,65	2881,50	2203,29	1340,08	15879,47		
Kustannus, alv 24% (€)	1870,61	2829,47	4252,74	4712,53	4086,08	3175,45	2053,90	22980,78		
Kustannus: Lämmityksen osuus, alv 24% (€)	1455,57	2377,00	3830,57	4060,57	3573,06	2732,08	1661,69	19690,54		

Säästö/Tappio	
Kulutus laski/nousi (MWh)	→ Pelkkä lämmitys
-0,48 MWh	-4,75 MWh
Kulutus laski/nousi (%)	→ Pelkkä lämmitys
-0,15 %	-1,69 %
Säästö/tappio (€)	→ Pelkkä lämmitys
-51,45 €	-337,94 €