



Marjo Luukkonen

Siirtyminen öljylämmityksestä maalämpöön

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

5.5.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Marjo Luukkonen
Otsikko: Siirtyminen öljylämmityksestä maalämpöön
Sivumäärä: 43 sivua
Aika: 5.5.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine: Ympäristötekniikka
Ohjaajat: Lehtori Juha Juselius
Energian erityisasiantuntija Sirpa Eskelinen

Insinööriyön aiheena on siirtyminen öljylämmityksestä maalämpöön. Työssä tarkasteltiin viittä Vantaan kaupungin kiinteistöä, joissa öljylämmitysjärjestelmä on muutettu maalämpöjärjestelmäksi.

Työn tavoitteena oli selvittää kuinka maalämpöjärjestelmät toimivat, riittävätkö ne kattamaan lämmöntarpeen sekä, mitkä ovat järjestelmien ongelmakohdat ja keinot ongelmien ratkaisemiseksi. Lisäksi siirtymää tarkastellaan myös ympäristöhyödyn näkökulmasta päästölaskelmien avulla.

Työssä perehdyttiin maalämmön ja öljylämmityksen perusteisiin, tutustutaan maalämpöhankkeiden toteutuksiin, tarkastellaan maalämpöjärjestelmien toimintaa ja riittävyyttä historia- ja kulutustietojen pohjalta sekä vertailtiin öljylämmityksen ja maalämpöjärjestelmien päästöjä.

Maalämpöjärjestelmien toiminnan tarkastelun pohjalta voidaan todeta, että järjestelmät toimivat vaihtelevasti. Kauemmin käytössä olleiden maalämpöjärjestelmien toiminta on vakaampaa kuin uudempien, ja ne pystyvät kattamaan paremmin lämmöntarpeen. Maalämpöjärjestelmien seurannassa, automaatiojärjestelmässä ja ohjauksessa havaittiin ongelmia. Ongelmien syntymistä voidaan ehkäistä esimerkiksi tarkemmalla suunnittelulla ja käsittelemällä lämmitys- ja automaatiojärjestelmää kokonaisuutena eikä erillisinä osina. Öljylämmityksen ja maalämpöjärjestelmien päästöjen vertailussa tuloksia saatiin kahden kohteen osalta. Lämmitysjärjestelmän muutoksen myötä hiilidioksidipäästöt laskivat selkeästi molemmissa kohteissa.

Tässä työssä tehdystä selvityksestä Vantaan kaupunki saa käsityksen maalämpökohteiden tämänhetkisestä tilasta. Insinööriyön pohjalta Vantaan kaupunki voi myös kehittää lämmitysjärjestelmän muutosprosessia ja tunnistaa ongelmakohtia.

Avainsanat: öljylämmitys, maalämpö, maalämpöjärjestelmä, lämmitysjärjestelmä, automaatiojärjestelmä, päästölaskelma, hiilidioksidipäästöt

Abstract

Author: Marjo Luukkonen
Title: Transition from Oil Heating to Geothermal Heating
Number of Pages: 43 pages
Date: 5 May 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Energy and Environmental Technology
Professional Major: Environmental Engineering
Supervisors: Juha Juselius, Senior Lecturer
Sirpa Eskelinen, Energy Specialist

The subject of the thesis is transition from oil heating to geothermal heating. In this thesis five properties of the City of Vantaa, where the oil heating system has been converted to a geothermal system, are under examination.

The aim of the thesis was to determine how geothermal systems were functioning, whether they were sufficient to cover the heat demand, what problems were experienced and what means were used to solve them. The transition was also examined from perspective of environmental benefit.

The thesis introduces the basics of geothermal heating and oil heating, studies the implementation of geothermal projects, examines the performance and adequacy of geothermal systems based on historical and consumption data, and compares the emissions of oil heating and geothermal systems.

On the basis of the examination of the operation of geothermal systems, it can be stated that the systems are performing variably ways. Geothermal systems that have been in use for longer are more stable than newer ones, and they are able to cover the heat demand better. Problems were discovered in the monitoring of the geothermal systems, the automation system, and the system control. Problems can be prevented by more accurately planning and handling the heating and automation systems as whole. On the basis of the comparison of the emissions from oil heating and geothermal systems, it can be assumed that by changing the heating system carbon dioxide emissions will decrease.

The results of this thesis provides the City of Vantaa with an idea of the current state of the geothermal facilities. In addition, the City of Vantaa can also develop the transforming process of heating systems and identify problems that the change is causing.

Keywords: oil heating, geothermal heating, heating systems, automation system, carbon dioxide emission

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Maalämpö	1
2.1	Maalämmön keruu	2
2.2	Maalämpöpumppu	5
2.3	Maalämpöjärjestelmän mitoitus	7
2.4	Maalämpöjärjestelmän lisäteho	8
3	Öljylämmitys	8
3.1	Öljylämmitysjärjestelmän toimintaperiaate	9
3.2	Avustukset öljylämmityksestä luopumiseen	11
4	Maalämpöhankkeet	12
4.1	Hankkeiden toteutukset	12
4.2	Kohteiden kulutukset	15
4.2.1	Öljynkulutus	16
4.2.2	Sähkönkulutus	17
5	Maalämpöjärjestelmien toiminta	18
5.1	Fidelixin RAU-järjestelmä	18
5.2	Toimivuus ja riittävyys	20
5.2.1	Maitorpan päiväkoti	20
5.2.2	Vierumäen koulu	22
5.2.3	Jokivarren koulu	25
5.2.4	Askiston koulu	28
5.2.5	Kimaran päiväkoti	31
5.3	Havaitut ongelmat	32
5.4	Ratkaisumahdollisuudet	33
6	Päästöt	35
6.1	Öljylämmityksen päästöt	36
6.2	Maalämmönpäästöt	36
6.3	Vertailu	38

7 Yhteenveto

39

Lähteet

41

Lyhenteet

ARA: Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus

CO²ekv: Hiilidioksidiekvivalentti.

COP: *Coefficient of performance*. Lämpöpumpun lämpökerroin. Kertoo, kuinka tehokkaasti sähkön energia saadaan muutettua lämmöksi.

KETS: Kunta-alan energiatehokkuussopimus.

MLP: Maalämpöpumppu.

RAU: Rakennusautomaatio.

1 Johdanto

Vantaan kaupunki on luvannut toimivansa hiilineutraalisti vuoteen 2030 mennessä. Resurssiviisauden tiekartta on ohjelma, joka johtaa Vantaata kohti hiilineutraalisuutta. Ohjelma on hyväksytty vuonna 2018 ja se on päivitetty hallituskaudelle 2021–2025. Päivitetyssä resurssiviisauden tiekartassa on kuusi kais-
taa, jotka ovat yhdyskuntarakenne ja liikkuminen, hiilineutraali energia, materi-
aalien elinkaari ja kiertotalous, monimuotoinen luonto, vastuullinen Vantaa sekä
hiilinielut ja kompensointi. [1, s. 3.]

Resurssiviisauden tiekartan tavoitteet on konkretisoitu toteutussuunnitelmiin toi-
mialoittain. Hiilineutraali energia -kaistan yhtenä tavoitteena on vähentää lämmi-
tyksen päästöjä. Öljylämmityksestä luopuminen päälämmitysmuotona on yksi
toimenpiteistä, joilla tavoite pyritään saavuttamaan. Tästä syystä Vantaan kau-
pungin kiinteistöissä on siirrytty öljylämmityksestä maalämpöön, muihin lämpö-
pumppuratkaisuihin tai kaukolämpöön. [1, s. 18.]

Tässä insinööriyössä tarkastellaan viittä Vantaan kaupungin omistamaa kiin-
teistöä, joissa päälämmitysmuoto on vaihdettu öljylämmityksestä maalämpöön.
Työn tarkoituksena on selvittää, kuinka uudet maalämpöjärjestelmät toimivat,
riittääkö niiden tuottama energia kattamaan lämmitystarpeet, mitkä ovat järjes-
telmien ongelmakohdat ja miten havaitut ongelmat voidaan ratkaista.

Öljylämmityksestä luopuminen vähentää hiilidioksidipäästöjä. Hiilidioksidipääs-
töjen vähenemistä tarkastellaan päästölaskelmien avulla. Työssä vertaillaan öl-
jylämmityksen ja uusien maalämpöratkaisuiden päästöjä, jolloin voidaan tarkas-
tella siirtymää myös ympäristöhyödyn osalta.

2 Maalämpö

Maalämmöllä tarkoitetaan maaperään, kallioon ja vesistöihin varastoitunutta au-
ringon lämpöenergiaa sekä maan ytimessä tapahtuvasta fissiosta maankuoreen

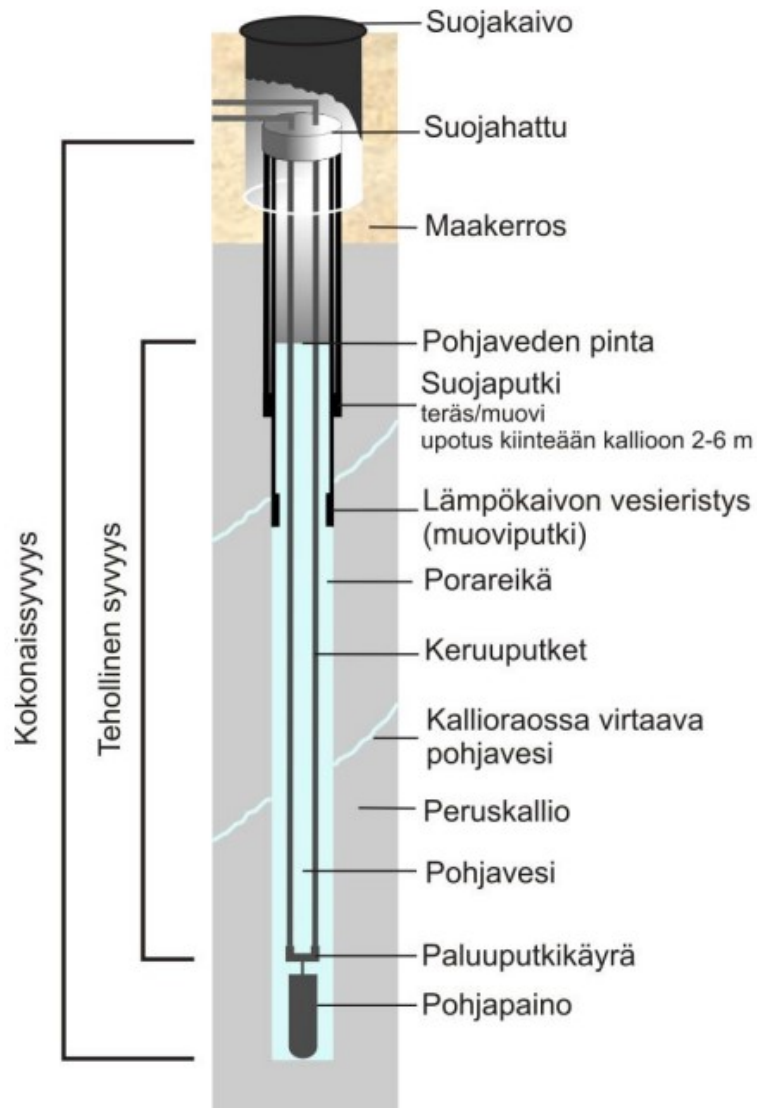
johtuvaa geotermistä lämpöä. Maalämpö on uusiutuva energianlähde, ja se soveltuu hyvin ympärivuotiseen käyttöön. Maalämpöjärjestelmän käyttökustannukset ovat pienet, mutta järjestelmä vaatii ison alkuinvestoinnin. Maalämmön kannattavuus paranee lämmitettävän pinta-alan ja energian kulutuksen kasvaessa. Parhaiten maalämpö soveltuu matalalämpöisiin lämmitysratkaisuihin, kuten lattialämmityksiin. [2.]

Maa- ja kallioperän keskilämpötila vaihtelee sijainnin mukaan. Suomessa maa- ja kallioperän pintaosien vuosittainen keskilämpötila on noin 2 celsiusastetta enemmän kuin ilman keskilämpötila. Maanpinnan lämpötila on siis riippuvainen ilman lämpötilasta, mutta syvemmällä maaperän lämpötila vakiintuu. Etelä-Suomessa noin 15 metrin syvyydessä lämpötila on aina 5–6 celsiusastetta. Kun maaperässä edetään syvemmälle, geotermisen lämpö lämmittää maaperää. Lämpötila nousee 0,5–1 astetta sataa metriä kohden. Etelä-Suomessa kallioperän lämpötila 300 metrin syvyydessä on noin 6,5–9 celsiusastetta. [3, s. 4.]

2.1 Maalämmön keruu

Maalämpöä kerätään yleensä lämpökaivoilla. Lämpökaivot, joita kutsutaan myös energiakaivoksi, porataan usein kallioperään. Maalämpöä voidaan kerätä myös maaperään vähintään metrin syvyyteen asennetulla vaakaputkistolla tai vesistön pohjaan upotetulla keruuputkistolla. [4, s. 4.]

Kuvassa 1 on esitetty lämpökaivon rakenne. Lämpökaivot ovat nykyään syvyydeltään yleensä noin 300 m ja halkaisijaltaan 105–165 mm. Kaivon yläosaan asennetaan suojaputki, joka estää kiinteän aineksen pääsyn porareikään. Kuten kuvasta 1 nähdään, suojaputki upotetaan 2–6 metrin syvyyteen peruskallioon. Suojaputken asentamisen lisäksi kaivo vesieristetään, jotta hulevedet eivät pääse maaperästä kaivoon. Kaivo suojataan myös suojahatulla, joka osin estää hulevesien ja kiinteän aineksen pääsyn kaivoon. [3, s. 27–28; 5.]



Kuva 1. Lämpökaivon rakenne [3, s. 29]

Kaivo täyttyy yleensä itsestään vedellä. Jos kaivo ei täyty, se täytetään. Tehollisella syvyydellä eli aktiivisyvyydellä tarkoitetaan sitä osaa kaivosta, joka on veden peitossa. Keruuputkisto asennetaan kaivoon pystysuunnassa käyttäen apuna pohjapainoa, joka pitää keruuputkiston paikoillaan. Lämmönkeruu putkistossa virtaava keruuneste on kevyempää kuin vesi, joten keruuputkisto kelluisi ilman pohjapainoa. [3, s. 28.]

Lämpökaivot porataan yleensä suoraan alaspäin, mutta niitä voidaan porata myös vinottain. Vinoreikiä tehdään ahtaisiin paikkoihin, sillä vinoreikä pienentää pinta-alan tarvetta. Vinoreikiä käytetään esimerkiksi, kun kaivoja porataan alle 15 metrin etäisyydelle toisistaan. Lämpökaivojen välinen minimietäisyys on 15 metriä. Vinoreiän kallistuskulma on tavallisesti 25–30 astetta. Kun porataan 200 metriä syvä lämpökaivo 30 asteen kallistuksella, kaivon pohja on 100 m sivussa verrattuna kaivon alkuun. [3, s. 23,28.]

Lämmönkeruupiirissä käytettävä keruuneste on veden ja erilaisten aineiden liuos. Keruunesteen tehtävä on kerätä ja kuljettaa lämpöä lämpökaivoista lämpöpumpuille. Veteen lisättyjen aineiden tarkoituksena on estää veden jäätyminen nollian asteen alapuolella. Matalan jäätympisteen lisäksi keruunesteen pitää olla kemiallisesti stabiili, hyvin lämpöä johtava ja ominaislämpökapasiteetiltaan korkea. Suomessa yleisin lämmönkeruuneste on etanolin ja veden liuos. Myös betaania ja kaliumformiaattia käytetään toisinaan keruunesteissä. [3, s. 33.]

Etelä-Suomessa 300 metriä syvästä kaivosta voidaan ottaa vuosittain enintään noin 33 megawattituntia energiaa 50 vuoden aikana. Omakotitalon lämmönkulutus on vuosittain noin 15–25 megawattituntia. Yksi lämpökaivo riittää kattamaan tyypillisen omakotitalon lämmönkulutuksen, mutta suurempi kiinteistö tarvitsee useamman lämpökaivon, jotta energiankulutus saadaan katettua. Useamman energiakaivon muodostamaa aluetta kutsutaan energiakentäksi. [3, s. 5; 5.]

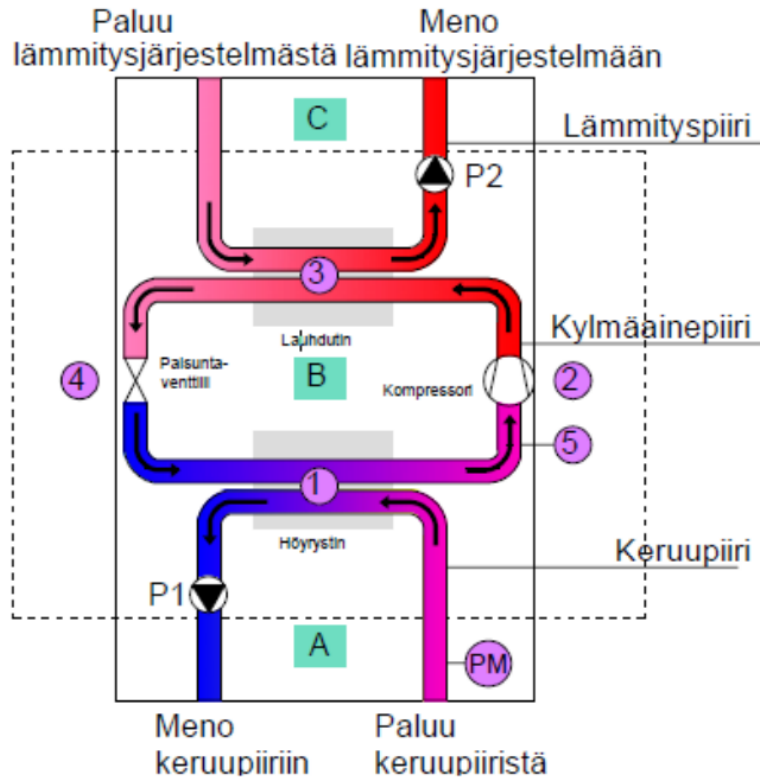
Maalämmön asennus on luvanvaraista, ja siihen on vaadittu toimenpidelupa 1.5.2011 lähtien. Toimenpidelupa koskee lämpökaivojen poraamista sekä keruuputkiston asentamista maaperään tai vesistöön. Luvan saamiseen vaikuttaa kohteen maanalaiset rakenteet, pohjavesialueet sekä suojaetäisyydet muihin lämpökaivoihin, tontteihin ja rakennuksiin. Toimenpidelupaa maalämmölle ei tarvitse hakea uudisrakentamisessa, sillä lämmitysratkaisu on määritelty jo rakennusluvassa [6.]

Kun lämpökaivo on porattu, laaditaan kaivosta porausraportti, josta jää kopio tilaajalle ja urakoitsijalle. Rakennusviranomaisen voi myös velvoittaa toimittamaan porausraportin. Porausraportissa tulee käydä ilmi esimerkiksi porareian sijainti ja tiedot, kuten aktiivisyvyys ja kallistuskulma sekä suojarakenteiden, keruuputkiston ja siirtoputkiston tiedot. [3, s. 31, 41.]

2.2 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppujen toiminta perustuu kylmätekniikkaan. Kylmätekniikassa lämpöä siirtyy kylmemmästä lämpimämpää. [3, s. 8.] Termodynamiikan II pääsäännön mukaan lämpö siirtyy lämpimästä viileämpään ja pyrkii tasapainoon [7]. Tämän takia maalämpöpumpussa tapahtuva reaktio tarvitsee energiaa toteutuakseen.

Maalämpöpumppu koostuu höyrystimestä, lauhtuttimesta, kompressorista ja paisuntaventtiilistä. Maalämpöpumpun rakenne yksinkertaisuudessaan nähdään alla olevasta kuvasta 2. Keruupiiristä palaava lämmennyt keruuneste siirtää lämpöä kylmäainepiiriin höyrystimessä. Höyrystimessä kylmäaine höyrystyy muuttuen nesteestä kaasuksi. Kompressori, käyttäen sähköenergiaa, puristaa höyryn korkeapaineiseksi kaasuksi. Käytetty sähköenergia muuttuu lämmöksi nostaten kylmäaineen lämpötilaa. Lauhtuttimessa kylmäaine luovuttaa lämpöä lämmityspiiriin ja kaasu tiivistyy takaisin nesteeksi. Paisuntaventtiilin laskee kylmäaineen painetta ja lämpötilaa. Sen kautta kylmäaine siirtyy takaisin höyrystimeen ja kierto alkaa alusta. [3, s. 8.]



Kuva 2. Maalämpöpumpun rakenne ja toimintaperiaate [3, s. 8].

Nykyään maalämpöpumppujen kylmäainepiireissä käytetään kylmäaineina fluorihiilivetyjä eli HFC-yhdisteitä. HFC-yhdisteet hajoavat biologisesti ja ovat myrkyttömiä ja palamattomia. HFC-yhdisteet eivät aiheuta otsonikatoa toisin kuin CFC-yhdisteet eli freonit. Fluorihiilivedyt ovat kuitenkin hiilidioksidin tavoin kasvihuonekaasuja ja siksi on tärkeää, että kylmäainetta ei pääse ilmakehään. [4, s. 14.]

Lämpöpumppujen hyötysuhdetta eli lämpökerrointa kuvaa COP. COP eli Coefficient of Performance kertoo, kuinka paljon lämpöpumppu on tuottanut energiaa verrattuna sen kuluttamaan energiaan. Suomessa lämpökerroin on vuosittaiselta keskiarvoltaan noin kolme. Tämä tarkoittaa, että yhdellä kilowattitunnilla sähköä on tuotettu kolme kilowattituntia lämpöä, eli niin sanottua ilmaista energiaa on saatu maasta kaksi kilowattituntia. Kun lämpökertoimia vertaillaan, tulee ottaa huomioon olosuhteet, joista lämpökerroin on saatu. [3, s. 26.]

2.3 Maalämpöjärjestelmän mitoitus

Energian tarve on merkittävin tekijä, joka ohjaa maalämpöjärjestelmän mitoitusta. Muita tekijöitä ovat ilmanvaihto, käyttövedenkulutus, muut lämmityslaitteet, sijainti sekä maa-aineksen tyyppi ja laatu. Huomioon täytyy myös ottaa, lämmitetäänkö maalämmöllä käyttövettä tai käytetäänkö sitä jäähdytykseen. [3, s. 26.]

Mitoituksessa ensimmäisenä selvitetään energian tarve, jonka pohjalta valitaan oikean kokoinen maalämpöpumppu. Jos energian tarve on suuri, voidaan kohteeseen asentaa useampia maalämpöpumppuja. Lämpöpumput voidaan mitoittaa osa- tai täysteholle. Täysteholle mitoitettu lämpöpumppu tuottaa kaiken tarvittavan energian. Osateholle mitoitettu lämpöpumppu tuottaa yleensä 60–85 % tarvittavasta tehosta, jolloin siitä saadaan noin 90–98 % vuosittaisesta lämmön tarpeesta. Osatehon ylittämä energian tarve pitää tuottaa muilla lämmitysratkaisuilla. Lisätehoa tarvitaan erityisesti kovilla pakkasilla. [3, s. 26.]

Lämmönkeruupiirin oikea mitoitus on yhtä tärkeää kuin lämpöpumpun ja sen tehon valinta. Jos lämmönkeruupiiri on mitoitettu liian pieneksi, se ei tuota tarpeeksi lämpöä. [4, s. 4.] Keruupiiriä mitoittaessa on otettava huomioon putkiston pituus, lämpökaivon kokonais- ja aktiivisyvyys, lämpökaivojen määrä ja siirto-putkiston pituus [3, s. 26]. Mikäli yksi lämpökaivo ei riitä kattamaan kohteen energian tarvetta, lämpökaivoja voidaan porata useampi [3, s. 5].

Maaperän tyyppillä ja laadulla on myös merkitystä maalämpöjärjestelmän keruupiirin mitoituksessa. Esimerkiksi savimaasta saadaan paremmin lämpöä talteen kuin kuivasta maaperästä eli savimaahan asennetun vaakakeruuputkiston ei tarvitse olla yhtä pitkä kuin kuivaan maahan asennetun. Myös kallioperän laadulla on väliä, sillä eri kivilajien lämmön johtavuuksissa voi olla suuriakin eroja. Tästä syystä suuremmissa hankkeissa kannattaa tutkia kallioperä tarkemmin, jotta saadaan selville sen lämmönjohtavuus ja muut geologiset ominaisuudet, sillä ne voivat vaikuttaa merkittävästi lämpökaivojen syvyyteen ja määrään. [3, s. 5, 26.]

2.4 Maalämpöjärjestelmän lisäteho

Maalämpöjärjestelmät mitoitetaan usein osateholle. Osatehoinen järjestelmä tarvitsee ajoittain lisätehoa, jotta lämpöenergian tarve saadaan katettua. Usein lisätehoa maalämmön rinnalla on tuottamassa sähkökattila. Kohteissa, joissa siirrytään öljylämmöstä maalämpöön, voidaan tuottaa vaadittu lisäteho myös vanhalla öljykattilalla, mikäli se on käyttökelpoisessa kunnossa. Lisätehonlähde toimii myös varajärjestelmänä ja on suositeltavaa, että lämmön tuotantoa on hajautettu, jolloin rakennuksen lämmitys ei ole vain yhden lämmönlähteen varassa.

Sähkökattila

Sähkökattila tuottaa tarvittavan lämpöenergian vastuksilla. Sähkökattila ei vaadi suurta alkuinvestointia, mutta se on käyttökustannuksiltaan kallis. Sähkökattila ei tarvitse varaajaa, mutta sellainen voidaan asentaa, jos esimerkiksi halutaan varata lämpöä yösähköllä. [8.]

Sähkökattilan toiminta perustuu vastuksiin. Kattilassa olevat vastukset lämmitetään sähköllä, ja vastukset siirtävät lämpöä kattilaveteen. Kattilasta vesi syötetään vesikiertoiseen lämmönjakoon, kuten lattialämmitykseen tai pattereihin. Kattilavettä ei käytetä käyttövetenä, vaan se lämmitetään erikseen käyttövesivaraajassa. [8.]

3 Öljylämmitys

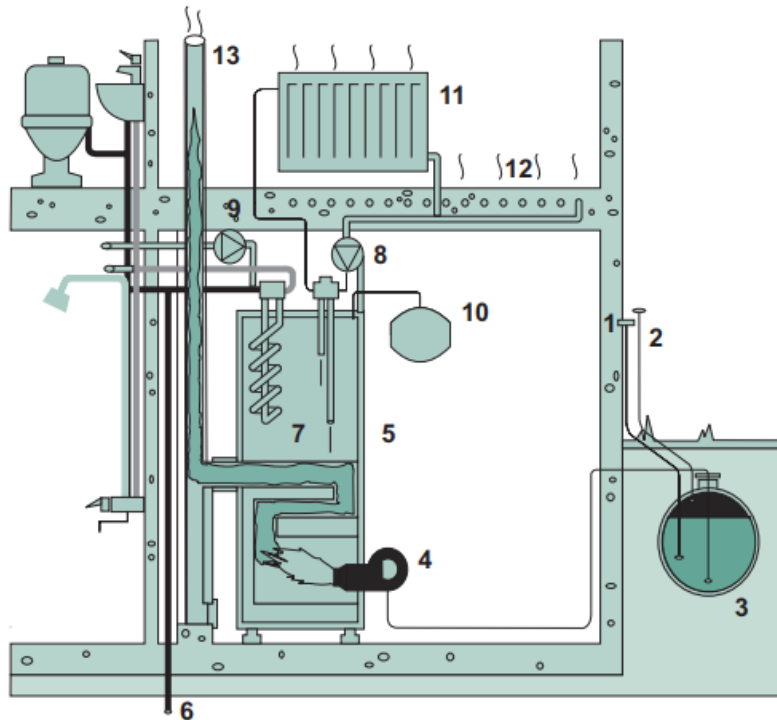
Öljylämmitys on nopea ja tehokas tapa lämmittää rakennuksia ja käyttövettä. Öljylämmityskattiloissa käytetään polttoaineena pääasiassa kevyttä polttoöljyä. Kevyt polttoöljy sisältää paljon energiaa ja palaa puhtaasti. Sen lämpöarvo on 42,5 MJ/kg, mikä tarkoittaa, että tonni kevyttä polttoöljyä vastaa energia määrältään 10 000 kWh sähköä. Kevyttä polttoöljyä kutsutaan myös lämmitysöljyksi. [9.]

Nykyaikaisten öljylämmityskattiloiden hyötysuhteet ovat korkeat. Kattilat voivat yltää jopa 95 prosentin hyötysuhteeseen. [10.] Hyötysuhdetta voidaan nostaa vielä entisestään kondenssikattilalla. Kondenssikattila ottaa talteen palokaasussa olevan lämpöenergian. Kun palokaasusta kondensoidaan pois vesihöyry, palokaasun lämpötila laskee 45 celsiusasteeseen. Ilman kondensointia palokaasun lämpötila on yli sata celsiusastetta. Kondenssikattilalla laskennalliseksi hyötysuhteeksi saadaan yli 100 prosenttia öljynlämpöarvoon nähden, sillä kattila hyödyntää öljynlämpöarvon lisäksi myös palokaasun lämpöenergian. [11.]

Suomessa uusiin kiinteistöihin asennetaan hyvin harvoin öljylämmitysjärjestelmä. Tämä johtuu suurelta osin öljyn hinnan noususta ja hintojen epävakaudesta. Lisäksi öljyn fossiilisuus vaikuttaa hankintapäätökseen. Markkinoilla on osaksi biopohjaisia polttonesteitä, joita voidaan käyttää öljykattiloissa ja täten pienentää päästöjä. Öljykattilassa voi myös olla kaksoispesä, jolloin öljyn rinnalla voidaan polttaa esimerkiksi puuta. [10.]

3.1 Öljylämmitysjärjestelmän toimintaperiaate

Öljylämmitysjärjestelmä koostuu öljysäiliöstä, polttimesta, kattilasta, savuhormista ja lämmönsäätölaitteista. Järjestelmä tuottaa rakennuksen ja käyttöveden vaatiman lämmitysenergian, eikä erillistä lämminvesivaraajaa tarvita. Lämpö jaetaan vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. [10.] Kuvassa 3 on esitetty öljylämmitysjärjestelmän rakenne ja toimintaperiaate.



- | | |
|-----------------------------|---|
| 1 öljysäiliön täyttöputki | 8 lämmityksen kiertovesipumppu |
| 2 öljysäiliön tuuletusputki | 9 lämpimän käyttöveden kiertovesipumppu |
| 3 öljysäiliö | 10 paisuntasäiliö |
| 4 öljypoltin | 11 lämpöpatteri |
| 5 öljylämmityskattila | 12 lattialämmitys |
| 6 vesijohto | 13 savuhormi |
| 7 kattilavesi | |

Kuva 3. Öljylämmitysjärjestelmän rakenne ja toimintaperiaate [12, s. 5].

Öljypoltin saa öljyn öljysäiliöstä. Poltin polttaa öljyn, jolloin öljyn polttamisesta syntynyt lämpöenergia lämmittää kattilaveden. [13.] Jotta palaminen on mahdollisimman täydellistä, öljypoltin muuttaa säiliöstä nesteenä tulleen öljyn hienojakeiseksi sumuksi, öljyn ja ilman seokseksi [14]. Öljyn poltosta syntynyt palokaasu ohjataan savuhormia pitkin ulos. Lämmityksen kiertovesipumppu syöttää kattilassa lämmentyneen veden lämmönjakoverkostoon lattialämmityksen tai pattereiden käyttöön. Kattilavettä ei käytetä käyttövetenä, vaan käyttövesi lämmitetään kattilan sisään asennetulla erillisellä lämmönsiirtimellä. Lämmönsiirrin on esitetty kuvassa 3 kattilan sisällä olevana kierukkana. Lämmennyt käyttövesi syötetään käyttöön lämpimän käyttöveden kiertovesipumpulla. [13.]

Öljylämmityskattilan toimintaa ohjaa lämmönsäätölaitteisto eli automaatiikka. Yleensä ohjauksessa käytetään sisä- ja ulkoilman lämpötila-antureita, termos- taatteja ja ajastimia. Menoveden lämpötilaa voidaan ohjata ulkolämpötilan mu- kaan. Huonetermostaateilla pystytään ottamaan huomioon myös auringon, va- laistuksen, sähkölaitteiden ja ihmisten tuottama lämpö, jolloin lämmitystä pysty- tään tarvittaessa vähentämään. Ajastimella voidaan puolestaan pudottaa läm- pötilaa tietyinä aikana esimerkiksi yöllä. [14.]

Pienemmissä kiinteistöissä, kuten omakotitaloissa, öljylämmitysjärjestelmä vaa- tii huoltoa noin vuosittain. Kohteissa, joissa öljynkulutus on suurta, järjestelmää täytyy huoltaa useammin. Öljykattilan ja -polttimen huoltaminen on luvanva- raista, joten huoltajan tulee aina olla ammattilainen. Öljykattila pitää puhdistaa vuosittain. Jos kattila on vanha, puhdistus kannattaa suorittaa useammin. Öljy- poltin huolletaan kahden vuoden välein, tai kun öljyä on kulunut 5 000 litraa. Jos öljypoltin on yli 10 vuotta vanha, suositellaan huoltoväliksi vuotta. Myös savu- hormi tulee nuohota vuosittain, ja pohjavesialueilla maanalaiset öljysäiliöt vaati- vat tarkastuksen vähintään kymmenen vuoden välein. [15.]

3.2 Avustukset öljylämmityksestä luopumiseen

Suomen ilmastopäästöistä kolmasosan tuottaa rakentaminen ja rakennukset. Öljystä luopuminen ja siirtyminen kestävämpiin lämmitysratkaisuihin on konk- reettinen keino, jolla rakennuksista johtuvia päästöjä voidaan pienentää [15]. Maalämmön käyttö onkin selvästi yleistynyt 2010-luvun aikana ja öljy lämmitys- käyttö puolestaan laskenut [16]. Fossiilisen öljyn käyttö lämmityksessä lopete- taan Sanna Marinin vuoden 2019 hallitusohjelman mukaisesti vuoteen 2030 mennessä. Siirtymää joudutetaan toimenpideohjelmalla, joka tarjoaa kunnille ja yksityisille henkilöille kannustimia, kuten tukia, avustuksia ja verotusratkaisuita öljylämmityksestä luopumiseen. [16.]

Julkisen sektorin on tarkoitus toimia suunnannäyttäjänä öljylämmityksestä luo- pumisessa ja lopettaa öljyn lämmityskäyttö kiinteistöissään jo vuonna 2024. ARA (Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus) on tarjonnut kunnille avustusta

5.10.2020 lähtien. [16.] ARAn avustus on tarkoitettu kuntien omistamien kiinteistöjen öljylämmitysjärjestelmän poistamiseen tai lämmitystavan vaihdokseen. Avustusta ei myönnetä kuntayhtymien tai kuntien omistamille vuokrataloyhtiöille, eikä hakijalle, jolla on jo avustuksia kyseisiin kustannuksiin, nojaten valtionavustuslakiin (688/2001). [18.]

Avustus on suuruudeltaan enintään 20–25 % kustannuksista, riippuen onko kunta liittynyt vapaaehtoiseen energiatehokkuussopimukseen (KETS). Vapaaehtoiseen energiatehokkuussopimuksen liittyneen kunnat, kuten Vantaa, voivat saada avustusta enintään 25 % kustannuksista ja muut kunnat enintään 20 %. Avustusta voi hakea kustannuksille, jotka ovat syntyneet 1.6.2020 alkaen. [18.]

4 Maalämpöhankkeet

Vantaan kaupunki on toteuttanut monia maalämpöhankkeita viime vuosien aikana. Pääasiassa hankkeita on tehty Vantaan raja-alueiden kouluissa ja päiväkodeissa, joihin kaukolämpöverkosto ei yllä. Tässä raportissa tarkastellaan viittä kohdetta, jotka ovat Jokivarren, Askiston ja Vierumäen koulut sekä Maitorpan ja Kimaran päiväkodit. Kohteissa on siirrytty öljylämmityksestä maalämpöön pääasiallisena lämmöntuotantomenetelmänä.

4.1 Hankkeiden toteutukset

Hankkeissa maalämpöjärjestelmä on yhdistetty vanhaan lämmönjakoverkoston. Jokaisen kohteen maalämpöjärjestelmä on mitoitettu osateholle aikaisempien vuosien öljynkulutustietojen mukaan.

Kohteissa, joissa vanha öljykattila on ollut käyttökelpoisessa kunnossa, se on jätetty maalämmön rinnalle tuottamaan lisä- ja varatehoa järjestelmään. Vantaan kaupunki on siirtynyt käyttämään öljykattiloiden lämmön lähteenä biopolttainetta, joten öljykattiloiden öljypolttimet on vaihdettu tarkoitukseen sopiviksi. Jos öljykattila on ollut käyttökelvottomassa kunnossa, maalämmön rinnalle on asennettu sähkökattila tuottamaan lisätehoa.

Jokivarren koulu

Jokivarren koulun maalämpöjärjestelmä on otettu käyttöön 31.11.2022. Järjestelmä piti ottaa käyttöön lämmityskauden 2022 alkaessa, viimeistään 1.10.2022, mutta hankkeen valmistuminen viivästyi. Urakoitsijana hankkeessa oli Etec Automation Oy. Tarjouksessa urakan hinnaksi oli määritetty 384 092 euroa ja maalämmön tuottavan 93 prosenttia rakennuksen tarvitsemasta lämmitysenergiasta. Maalämpöjärjestelmä on mitoitettu 80 000–90 000 litran vuosittaisen öljynkulutuksen mukaan.

Kohteessa on neljä Nibe F1345-60 -maalämpöpumppua, tehoiltaan 60 kilowattia. Kaikkia pumppuja ohjataan yhteisesti isäntäpumpulla. Lisä- ja varalämmityksenä kohteessa on kaksi sähkökattilaa. Toinen on asennettu jo vuonna 2020 öljylämmön rinnalle ja toinen maalämpöhankkeen yhteydessä. Hankkeen aikana asennettu sähkökattila tuottaa lisälämpöä ja isäntäpumppu ohjaa myös sen toimintaa. Vanhempaa sähkökattilaa, joka toimii varalämmönlähteenä, ohjataan manuaalisesti ja se otetaan käyttöön huolto- ja hätäkäyttötilanteissa.

Jokivarren koulun energiakentässä on 14 lämpökaivoa ja yksi kokoomakaivo. Kaivot ovat syvyydeltään 340 metriä ja halkaisijaltaan 115 millimetriä, kallistuksia kaivoissa ei ole. Keruuputkiston kokonaistilavuus on 13 725 litraa ja lämmönsiirtonesteenä on Altian neturet geosafe neste, joka on etanolipitoisuudeltaan 28 prosenttia.

Vierumäen koulu

Vierumäen koulun maalämpöjärjestelmä on otettu käyttöön 2022 lämmityskauden alussa 14.9.2022. Urakoitsijana hankkeessa on toiminut St1 Lähienergia Oy. Hankkeen hinnaksi tarjouksessa oli määritetty 292 229,15 euroa ja energiapeitoksi luvattu 98 prosenttia. Maalämpöjärjestelmä on mitoitettu 94 000–96 000 litran vuosittaisen öljynkulutuksen mukaan.

Maalämpöjärjestelmässä on kaksi Gebwell Taurus 110 EVI -maalämpöpumppua, kaksi 1 000 litran vastuksilla varustettua käyttövesivaraajaa ja 1 000 litran

lämmitysverkoston puskurisäiliö. Tarvittava lisäteho tuotetaan vanhalla öljykattilalla, joka on teholtaan 150 kilowattia.

Energiakenttä koostuu 14 lämpökaivosta ja kahdesta varakaivosta. Kaivot ovat syvyydeltään 301 metriä ja halkaisijaltaan 115 millimetriä. Osa kaivoista on kallistettu, ja niiden kallistuskulma on kahden ja kahdeksan asteen välillä.

Askiston koulu

Askiston koulun lämmitysjärjestelmän muutos valmistui 2021 alkuvuodesta. Järjestelmä oli tarkoitus käyttää ottaa vuoden 2020 lämmityskaudelle, mutta hanke viivästyi. Urakoitsijana hankkeessa toimi NCC. Lämmitysjärjestelmä on maksanut 465 740 euroa. Huomioon täytyy ottaa, että hinta ei ole tarjouksessa esitetty vaan se on lopullinen ja siihen on laskettu yhteen maalämpö- ja automaatiojärjestelmä sekä lisätyöt.

Maalämpöjärjestelmässä on kaksi maalämpöpumppua, jotka toimivat vuorotellukäynnistyksellä. Pumput on kytketty rinnan ja niiden lämmitysteho on 98 kilowattia. Lisälämpöä rakennukseen tuottaa 130-kilowattinen sähkökattila. Järjestelmässä on myös 1 200 litrainen käyttövesivaraaja, jossa 120 kilowatin vastus sekä kaksi 2 400 litran lämmitysvaraajaa, joissa toisessa kaksi ja toisessa yksi 50 kilowatin vastusta. Askiston koulun energiakentässä on seitsemän lämpökaivoa. Kaivot ovat syvyydeltään 282 metriä.

Kimaran päiväkot

Kimaran päiväkodin maalämpöjärjestelmä on otettu käyttöön 2021 lämmityskauden alussa 30.9.2021. St1 Lähienergia Oy toimi hankkeessa urakoitsijana. Tarjouksessa hankkeen hinnaksi on ilmoitettu 101 823,27 euroa ja maalämmöntuottavan 97 prosenttia lämpöenergian tarpeesta. Maalämpöjärjestelmä on mitoitettu 26 000–33 000 litran vuosittaisen öljynkulutuksen mukaan.

Maalämpöjärjestelmässä on Thermia Mega L maalämpöpumppu. Järjestelmässä on 500 litran puskurivaraaja, jossa on vastukset. Lisäteho tuotetaan vanhalla öljykattilalla.

Energiakentällä on kahdeksan lämpökaivoa, joista kaksi ovat varakaivoja. Kaiivot ovat syvyydeltään 280 metriä ja niiden halkaisijat ovat 115 millimetriä. Neljä kaivoa on kuuden asteen kallistuskulmassa. Kohteessa käytetään Altian Naturet Strong keruunestettä, jonka etanolipitoisuus on vajaa 90 prosenttia, mutta käytössä nestettä on laimennettava vedellä suhteessa 2:1.

Maitorpan päiväkotia

Maitorpan maalämpöjärjestelmä otettu käyttöön vuoden 2020 lämmityskauden alussa. Urakoitsijan hankkeessa on ollut St1 Lähienergia Oy. Tarjouksessa hinnaksi oli määritetty 84 838, 71 euroa ja maalämmön luvattu tuottavan 97 prosenttia lämmitysenergian tarpeesta. Maalämpöjärjestelmä on mitoitettu 21 000–23 000 litran vuosittaisen öljynkulutuksen mukaan.

Maitorpan maalämpöjärjestelmässä on kaksi Bosch Compress 700 LW EPH maalämpöpumppua. Tehoiltaan pumput ovat 48 kilowattia. Lisäksi järjestelmässä on puskuri- ja kierukkavaraaja. Lisä- ja varatehoa tuottaa sähkökattila.

Maalämpökentässä on viisi lämpökaivoa. Lämpökaivot ovat syvyydeltään 250 metriä ja halkaisijaltaan 115 millimetriä. Neljä kaivoista on kallistettuja, ja niiden kallistuskulmat ovat viiden ja kahdentoista asteen välillä.

4.2 Kohteiden kulutukset

Kohteiden kulutukset kerätään automaattiluennalla tai käsin luennalla. Öljynkulutuksen mittarilukemat kerätään kuukausittain käsin luennalla. Sähkönkulutus luetaan automaattisesti, ja siitä saadaan kulutuslukemat tunneittain. Sähkönkulutuksen lukemat on kerätty Granlund Managerin kulutuslajien seuranta raporteista. Öljynkulutustiedot on puolestaan kerätty öljytilausten määrästä.

Sää ja ulkolämpötilat vaikuttavat kohteiden kulutuksiin. Vuosi 2020 oli Suomen mittaushistorian lämpimin, erityisesti talvi oli lauha [19]. Lauhuus vaikuttaa kulutuksiin laskevasti. Puolestaan vuoden 2021 poikkeuksellisen kylmät helmi-, syys- ja joulukuu nostivat energian tarvetta [20]. Nämä sääolojen aiheuttamat energiankulutuksen muutokset voidaan nähdä taulukoista 1 ja 2.

4.2.1 Öljynkulutus

Maalämmön käyttöönoton jälkeen kaikkien kohteiden öljynkulutus on laskenut huomattavasti tai loppunut kokonaan, kuten taulukosta 1 voidaan nähdä.

Taulukko 1. Öljynkulutus kohteittain litroina vuodessa.

Kohde	2019 (l)	2020 (l)	2021 (l)	2022 (l)
Jokivarsi	79 965	58 102	67 815	38 043
Vierumäki	68 780	57 642	64 326	41 793
Askisto	39 001	26 500	0	0
Maitorppa	21 439	14 943	0	0
Kimara	29 190	20 826	13 308	11 250

Askiston koulun ja Maitorpan päiväkodin öljynkulutus on laskenut vuonna 2020 ja loppunut kokonaan vuonna 2021. Näissä kohteissa maalämpö on otettu käyttöön 2020 lämmityskaudelle, ja kohteissa ei ole enää ollut öljylämmitystä saneerauksen jälkeen. Öljynkulutus on siis loppunut vuoden 2020 lopulla, mikä näytetään kulutuksen laskuna vuoden 2020 osalta.

Öljynkulutus Kimaran päiväkodissa on laskenut vuodesta 2019 lähtien. Maalämpöjärjestelmän on otettu käyttöön vuoden 2021 lämmityskaudelle, mutta öljynkulutus ei ole silti kokonaan kohteessa loppunut, sillä vaadittava lisälämpö tuotetaan öljyllä. Vaikka järjestelmä on otettu käyttöön 2021, nähdään, että öljynkulutus on jo huomattavasti laskenut vuonna 2020. Tämä johtune siitä, että vuosi

2020 on ollut Suomen mittaushistorian lämpimin, mistä syystä lämmityksen tarve ei ole ollut yhtä suuri kuin aikaisempina vuonna [19].

Jokivarren ja Vierumäen koulujen maalämpöjärjestelmät on otettu käyttöön vuoden 2022 lämmityskaudella. Öljynkulutuksen muutos näkyy taulukossa 1 vain vuoden 2022 sarakkeessa. Jokivarren koulusta öljykattila on poistettu saneerausyhteydessä, joten vuonna 2023 ei kohteessa kulu öljyä enää ollenkaan. Vierumäen koulussa tuotetaan öljyllä tarvittava lisäteho, mutta öljynkulutuksen pitäisi silti laskea vuonna 2023 reilusti verrattuna vuoteen 2022.

4.2.2 Sähkönkulutus

Maalämpöjärjestelmien käyttöönoton jälkeen kaikkien kohteiden sähkönkulutus on noussut. Sähkönkulutuksen nousu johtuu maalämpöpumppujen tarvitsemasta sähköstä, jonka energian pumput muuttavat lämmöksi. Taulukossa 2 on esitetty kohteiden sähkönkulutukset vuositasolla, ja siitä nähdään taulukon 1 tavoin, milloin maalämpö on otettu kohteessa käyttöön. Maalämmön käyttöönotto näkyy sähkönkulutuksen nousuna.

Taulukko 2. Sähkönkulutus kohteittain kilowattitunteina vuodessa.

Kohde	kWh/2019	kWh/2020	kWh/2021	kWh/2022
Jokivarsi	289 030	265 087	330 364	522 798
Vierumäki	254 453	315 639	326 714	437 214
Askisto	258 206	254 102	302 271	322 380
Maitorppa	86 253	97 815	178 132	144 773
Kimara	150 616	131 686	163 294	237 417

Jokivarren ja Vierumäen kouluissa näkyy selkeästi sähkönkulutuksen nousu vuonna 2022. Koska maalämpöjärjestelmät on otettu käyttöön vasta lämmityskauden 2022 alussa, sähkönkulutuksen pitäisi nousta entisestään vuonna 2023. Kimaran päiväkodissa kulutus on noussut paljon vuonna 2022, mutta

kulutuksen nousu näkyy jo vuonna 2021, jolloin kohteessa on otettu maalämpö käyttöön.

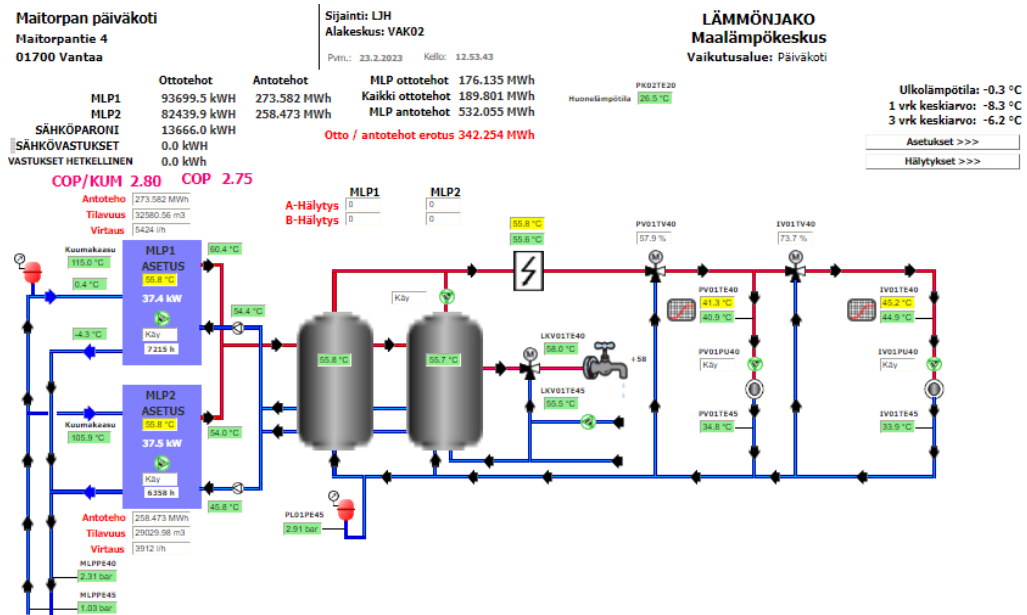
Askiston koulun ja Maitorpan päiväkodin osalta selkeä sähkönkulutuksen nousu näkyy vasta vuonna 2021. Koska vuosi 2020 oli lauha, se on luultavasti vaikuttanut siihen, että maalämmön käyttöönoton tuoma sähkönkulutuksen nousu ei näy taulukossa 2 vielä vuonna 2021.

5 Maalämpöjärjestelmien toiminta

Maalämpöjärjestelmien toimintaa seurataan automaatiojärjestelmän ja kulutus-tietojen avulla. Granlund Managerissa voidaan seurata kulutusta ja sen historiaa. Fidelixin automaatiojärjestelmästä nähdään reaaliaikaisesti, kuinka järjestelmä toimii. Automaatiojärjestelmässä pystytään tarkastelemaan myös toiminnan historiatietoja esimerkiksi kuvaajamuodossa.

5.1 Fidelixin RAU-järjestelmä

RAU-järjestelmä eli rakennusautomaatiojärjestelmä ohjaa, valvoo ja säätää esimerkiksi lämmitys- ja IV-verkostoa automaattisesti. Fidelixin pilvivalvomosta voidaan seurata maalämpökohteiden automaatiojärjestelmiä etäyhteydellä. Kuvassa 4 on pilvivalvomonäkymä Maitorpan päiväkodin lämmitysjärjestelmästä.



Kuva 4. Maitorpan päiväkodin lämmitysjärjestelmän ja -verkon pilvivalvomonäkymä Fidelixista.

Kuvassa 4 on esitetty Maitorpan päiväkodin lämmitysjärjestelmän eri osat. Kuvasta nähdään esimerkiksi maalämpöpumput (MLP1 ja MLP2), lämminvesivaraajat, sähkökattila sekä yksinkertaistettu lämmitys- ja keruupiiri. Näkymään on merkitty tietoja järjestelmän eri osien lämpötiloista, paineista, tehoista ja asetusarvoista. Pilvivalvomosta saadaan tiedot myös ulkolämpötilasta, hetkellisestä ja kumulatiivisesta COP:sta sekä otto- ja antotehoista maalämpöpumppujen ja sähkökattilan osalta.

Kaikkien kohteiden pilvivalvomonäkymät eivät ole samanlaisia kuin kuvan 4 näkymä. Myös pilvivalvomosta saadut tiedot voivat vaihdella sen suhteen, millaisia mittauksia ja mittareita järjestelmään on asennettu ja on ollut mahdollista asentaa.

Pilvivalvomon lämmitysjärjestelmänäkymästä voidaan seurata järjestelmän toimintaa reaaliaikaisesti. Mutta Fidelixissa on myös mahdollista tarkastella historiatietoja kuvaajina tai taulukkoina. Kuvaajiin ja taulukkoihin voidaan valita halutut tiedot ja ajanjakso, joten toiminnan kulkua ja kehittymistä on mahdollista seurata valittujen muuttujien osalta.

5.2 Toimivuus ja riittävyys

Maalämpöjärjestelmien toimivuutta ja riittävyyttä on tutkittu Fidelixin pilvivalvomosta saaduilla historiatiedoilla. Historiatietoja on kerätty menovesien lämpötilojen ja asetusarvojen sekä kulutuksen ja tuoton osalta.

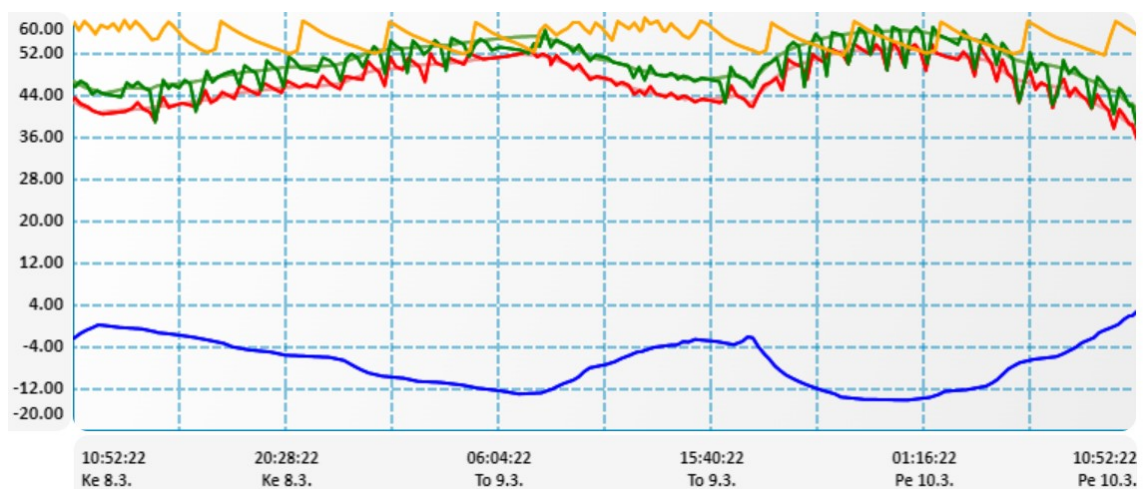
5.2.1 Maitorpan päiväkoti

Maitorpan päiväkodin kumulatiivinen COP on noin 2,8, mikä tarkoittaa, että maalämpöpumput toimivat normaalilla hyötysuhteella Suomen olosuhteissa. Maitorpan maalämpöpumppujen toimintaa voidaan tarkastella kuvasta 5. Maalämpöpumput toimivat normaalisti, sillä pumppujen toiminnalle on tyypillistä, että ne eivät käy tasaisesti vaan käyminen on niin sanotusti sahaavaa. Pumput tai ainakin toinen pumpuista sammuu, kun menoveden lämpötila saavuttaa asetusarvonsa ylärajan ja käynnistyy, kun se laskee alarajaan. Tämän vuoksi myös maalämmöstä saadun menoveden lämpötila vaihtelee asetusarvon molemmin puolin.



Kuva 5. Maitorpan päiväkodin maalämpöpumppujen toimita. Sininen ulkolämpötila, vihreä MPL1 hetkellinen lämmitysenergia (kW), violetti MLP2 hetkellinen lämmitysenergia (kW), oranssi MLP1 menoveden lämpötila, punainen MLP2 menovedenlämpötila (ja asetusarvo).

Kuvassa 6 on esitetty Maitorpan päiväkodin toisiopuolen lämpötilat. Kuvaajasta voidaan nähdä, että patteri ja IV-verkoston lämpötilat pysyvät melko hyvin asetusarvoissaan. Ulkolämpötilan muuttuessa verkostojen todelliset lämpötilat heittelevät hieman asetusarvoistaan. Ulkolämpötilan pysyessä tasaisena verkostojen lämpötilat pysyvät myös paremmin asetusarvoissaan. IV-verkoston lämpötila vaihtelee enemmän kuin patteriverkoston lämpötila, johtuen luultavasti IV-verkoston korkeammasta asetusarvosta. Sama trendi on nähtävissä läpi mitatun historian. Menoveden lämpötilan vaihtelevuus on maalämpöjärjestelmälle normaalia, sillä se ei pysty reagoimaan kovin nopeasti olosuhdemuutoksiin.



Kuva 6. Maitorpan päiväkodin lämmitysverkoston lämpötilat toisiopuolella. Oranssi lämmin käyttövesi, vihreä IV-verkosto, punainen patteriverkosto ja sininen ulkolämpötila. Patteri- ja IV-verkoston asetusarvot merkitty vaaleammalla sävyllä.

Kuvasta 6 nähdään, että lämmitysjärjestelmä riittää kattamaan myös lämpimän käyttöveden lämpötilatarpeet. Lämpimän käyttöveden lämpötila nousee ajoittain yli 55 celsiusasteeseen, jolloin haitallisia bakteereja kuten legionellaa ei esiinny käyttövedessä [4, s. 7].

Tiedot Maitorpan päiväkodin kulutuksista, tuotoista, maalämpöpumppujen hyötysuhteista ja maalämmön energiapeitoista on koottu taulukkoon 3. Sen mukaan lämmitysjärjestelmä toimii halutulla tavalla. Kuukausittainen COP on noin kolme, mikä on Suomen olosuhteissa lämmityskaudella hyvä. Maalämpö

tuottaa noin 95 % tarvittavasta energiasta, jolloin tarjouksessa luvattu energiapeitto täyttyy. Hyötysuhdetta ja energiapeittoa tarkasteltaessa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että lämmityskausi oli sääolosuhteiltaan melko lauha ja lukemia kannattaisi verrata muihin lämmityskausiin.

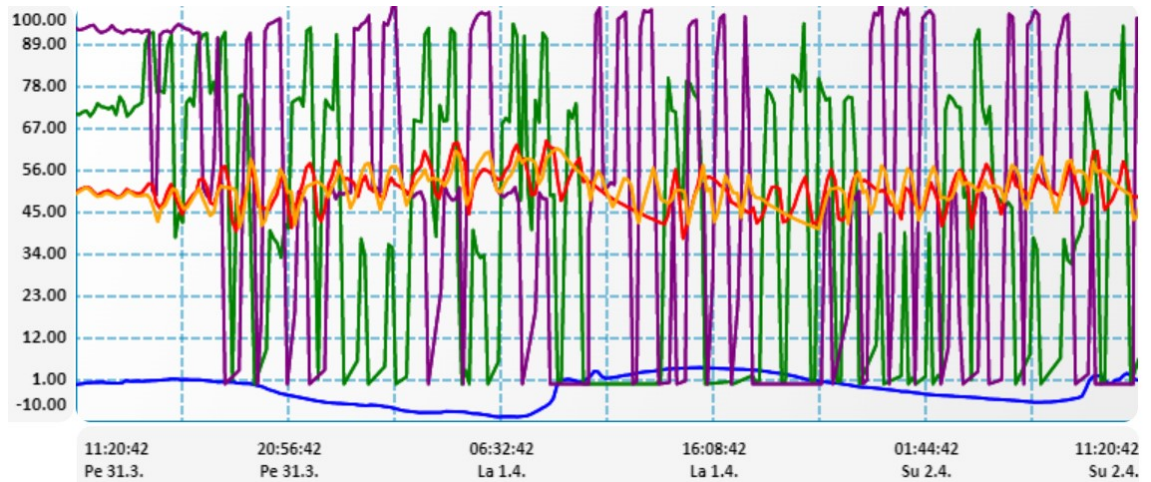
Taulukko 3. Maitorpan päiväkodin lämmitysjärjestelmän kulutus, tuotto, maalämpöpumppujen COP ja maalämmön energiapeitto 2022–2023 lämmityskaudelta.

	MLP otto/MWh	MPL anto/MWh	SK otto/MWh	COP (MLP)	Energia- peitto (MLP)/%
Marraskuu	6,2	18,7	0,5	3,04	97
Joulukuu	9,0	26,2	1,4	2,92	95
Tammikuu	8,7	25,4	1,4	2,93	95
Helmikuu	8,0	23,5	1,7	2,92	93
Maaliskuu	8,6	25,2	1,3	2,92	95

Kokonaisuudessaan Maitorpan päiväkodin lämmitysjärjestelmä on toimiva ja sen lämmöntuotanto on riittävää. Lämmitysjärjestelmä on ollut toiminnassa jo useamman vuoden, joten sen toimintaa on pystytty hiomaan ja puutteita täydentämään.

5.2.2 Vierumäen koulu

Vierumäen maalämpöpumppujen kumulatiivinen COP on 2,91, eli pumput toimivat normaalilla hyötysuhteella. Maalämpöpumppujen toimintaa on esitetty kuvassa 7. Kuvaajasta nähdään, että pumput käyvät pääasiassa vuorotellen, mutta tarpeen vaatiessa molemmat pumput ovat käynnissä. Maalämmöstä saadun menoveden lämpötila vaihtelee noin 40–60 celsiusasteessa, eli lämpötila vaihtelee asetusarvon molemmiin puolin.



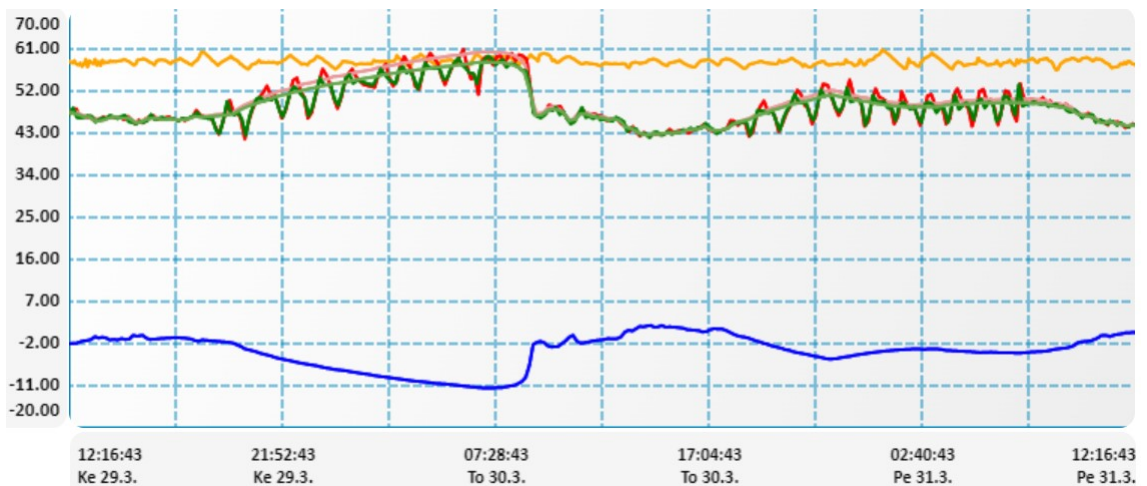
Kuva 7. Maalämpöpumpujen toiminta Vierumäen koulun lämmitysjärjestelmässä. Sininen ulkolämpötila, punainen MLP1 menoveden lämpötila, oranssi MLP2 menoveden lämpötila, vihreä MLP1 hetkellinen lämmitysenergia (kW), violetti MLP2 hetkellinen lämmitysenergia (kW).

Kuvissa 8 ja 9 on esitetty Vierumäen lämmityspiirin toimintaa. Kuvassa 8 järjestelmän ulkolämpötilan mittaus on ollut viallinen. Ulkolämpötila ohjaa patteri- ja IV-verkoston asetusarvoja, joten ulkolämpötilaan noustessa korkeisiin lukemiin asetusarvo laskee todella alhaiseksi, ja sen myötä myös menoveden lämpötilat.



Kuva 8. Vierumäen koulun toisiopuolen lämpötilat. Sininen ulkolämpötila, punainen patteriverkosto (asetusarvo vaaleammalla), vihreä IV-verkosto (asetusarvo vaaleammalla) ja oranssi lämmin käyttövesi. Kuvaaja ajalta jolloin, lämpömittari ollut rikki.

Ulkolämpötila rakennusautomaatioon saatiin aikaisemmin säätutkan kautta. Säätutkan lisenssi oli kuitenkin loppunut, mutta automaatio käytti silti edelleen sen dataa järjestelmän ohjaamiseen. Tästä syystä lämpötila vaihteli radikaalisti ja jumittui pitkiksi ajoiksi samaan lämpötilaan. Järjestelmään asennettiin uusi ulkolämpötila-anturi 10.3.2023, joka nyt ohjaa järjestelmän asetuslämpötiloja. Kuvasta 9 nähdään toisiopuolen lämpötilat uuden ulkolämpötila-anturin asentamisen jälkeen.



Kuva 9. Vierumäen koulun lämmitysjärjestelmän toisiopuolen lämpötilat lämpömittarin vaihdon jälkeen.

Lämmitysjärjestelmä riittää tuottamaan asetusarvoihin nähden tarpeeksi lämmintä menovettä ja lämpimän käyttöveden lämpötila pysyy yli 55 celsiusasteissa. Ulkoilman viiletessä patteri- ja IV-verkoston menovesien lämpötilat heittelevät hieman enemmän asetusarvoista verrattuna muihin tilanteisiin. Lämpöä riittää hyvin kohteen kahdelle patteriverkostolla ja IV-verkostolle. Toista patteriverkostoa ei ole esitetty kuvissa 8 ja 9, sillä se on lähestulkoon identtinen kuvassa esitetyn patteriverkoston kanssa.

Ulkolämpötila mittauksen korjauksen jälkeen Vierumäen koulun lämmitysjärjestelmä näyttää toimineen hyvin. Mutta tästä tapauksesta voidaan huomata, että näinkin pieni virhe järjestelmässä voi aiheuttaa suuren ongelman lämmön tuotannossa ja riittävydessä.

Maalämmön asennuksen jälkeen öljyn kulutus on vähentynyt huomattavasti. Taulukossa 4 on esitetty kahden edellisen lämmityskauden öljyllä tuotettu lämmönkulutus. 2021–2022 lämmityskaudella kohteessa on ollut käytössä vain öljykattila. Lämmityskaudella 2022–2023 lämpö on tuotettu maalämmöllä ja öljylämmitys on tuottanut lisätehoa.

Taulukko 4. Vierumäen koulun öljyllä tuotetun lämmönkulutus megawattitunteina lämmityskausilta 2022–2023 ja 2021–2022.

	MWh/2022–2023	MWh/2021–2022
Marraskuu	5,4	78,1
Joulukuu	13,3	105,3
Tammikuu	10,7	105,2
Helmikuu	13,3	104,2
Maaliskuu	8,3	96,9

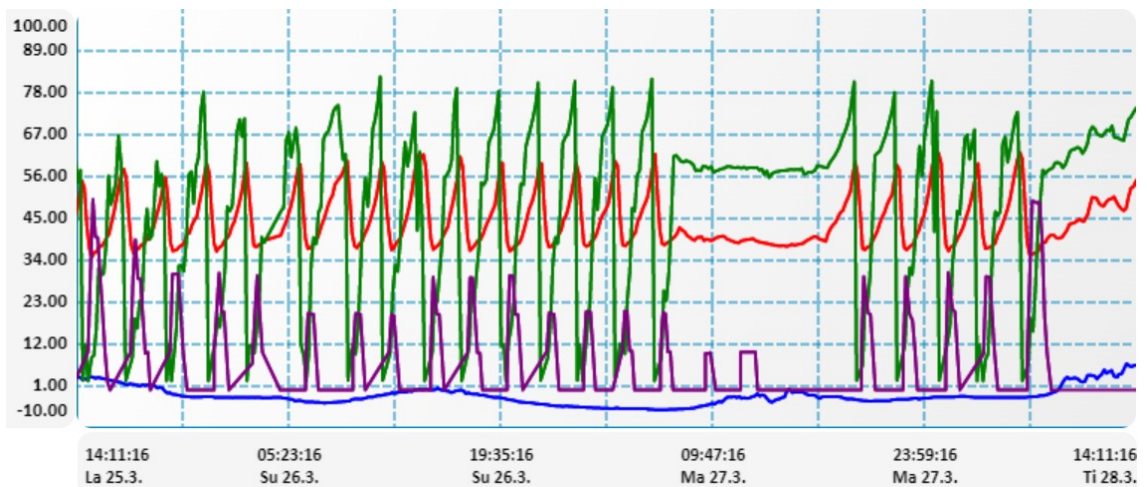
Vierumäen koulun lämmitysjärjestelmän toimii normaalisti ja tuottaa tarpeeksi lämpöä. Öljynkulutus kohteessa on laskenut runsaasti. Vertailemalla kahden viimeisen lämmityskauden öljyllä tuotetun lämmön kulutusta huomataan, että kulutus on pudonnut noin 90 prosenttia. Tästä voidaan karkeasti päätellä, että maalämpö tuottaa noin 90 prosenttia lämmön tarpeesta lämmityskaudella. Huomioon täytyy kuitenkin ottaa, että lukema on vain päätelmän kautta annettu arvio, ja se voi poiketa todellisuudesta paljonkin.

5.2.3 Jokivarren koulu

Jokivarren koulun maalämpöpumppujen ja sähkökattilan toimintaa voidaan tarkastella kuvasta 10. Järjestelmässä on neljä maalämpöpumppua ja ne kaikki on esitetty alla oleva kuvaajan vihreällä käyrällä. Pumppujen hetkellisestä sähkönkulutus käyrästä voidaan päätellä, että pumput eivät toimi aivan normaalisti. Jos kyse olisi vain yhdestä pumpusta, kuvaaja olisi normaali, sillä toimiessaan tarkoituksenmukaisesti kulutuksen kuvaaja on muodoltaan sahaava. Koska

kyseessä on käyrä neljästä pumpusta, kaikkien pumppujen ei pitäisi sammua samaan aikaan vaan portaittain. Tämä viittaa siihen, että maalämpöpumppujen ohjauksessa on jokin virhe.

Kun maalämpöpumput sammuvat, menoveden lämpötila laskee nopeasti alle 40 celsiusasteeseen. Kuvasta 10 nähdään, että menoveden lämpötilan las-
kiessa radikaalisti järjestelmä alkaa lämmittämään menovettä sähkökattilalla ja vasta tämän jälkeen pumput lähtevät käyntiin. Samanlainen trendi on nähtävissä läpi koko järjestelmän mitatun historian.



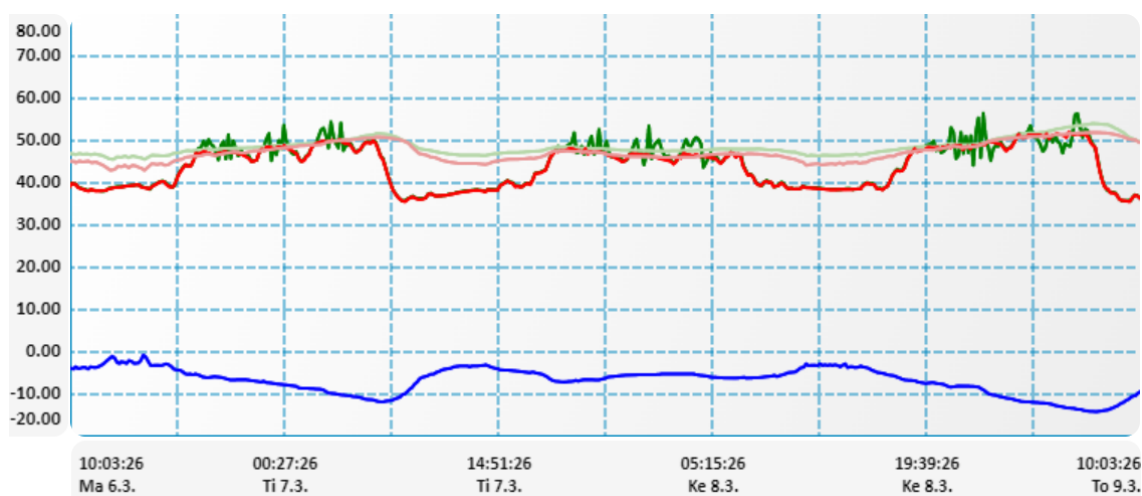
Kuva 10. Jokivarren koulun maalämpöpumppujen ja sähkökattilan toiminta. Sininen ulkolämpötila, punainen menoveden lämpötila, vihreä pumppujen hetkellinen sähkön kulutus (kW) ja violetti sähkökattilan hetkellinen sähkönkulutus (kW).

Maalämpöpumppujen toimintaa pitäisi saada tasoittumaan niin, pumput käynnistyisivät ja sammuisivat pienemmissä portaissa. Tällöin menoveden lämpötila pysyisi tasaisempana, eikä sähkökattilaa tarvitsisi käyttää korjaamaan virhettä.

Järjestelmän toiminnasta on käyty keskustelua urakoitsijan kanssa. Keskusteluissa on todettu, että ulkolämpötila-anturi, joka ohjaa maalämpöpumppujen pyyntiä, mittaa lämpötilan väärin. Lämpötila on todellisuudessa mitattua matalampi ja mitä matalampi ulkolämpötila on, sitä suuremmaksi virhe kertaantuu. Tämä aiheuttaa vääristymän menoveden lämmitystarpeen pyynnistä.

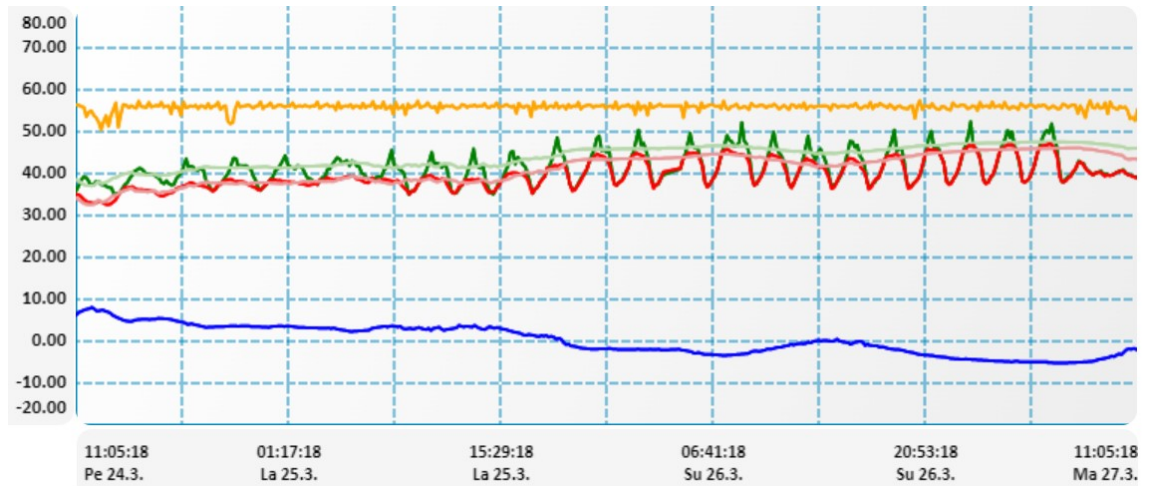
Esimerkiksi ulkolämpötilan ollessa todellisuudessa -10 celsiusastetta, pyydetään pumppuja lämmittämään menovesi vain -2 celsiusasteen mukaan.

Koska pumppuja säätökäyrää ohjataan eri lämpötila-anturilla kuin automaatiojärjestelmän, mittausten ristiriidat aiheuttavat jatkuvasti hälytyksiä Fidelixin pilvivalvomossa. Hälytys syntyy, kun menoveden lämpötilat alittavat tai ylittävät ylä- tai alarajansa. Kuvasta 11 voidaan nähdä, että patteri ja IV-verkoston menoveden lämpötilat alittavat toisinaan pitkeksikin ajoiksi asetuservonsa yli 8 celsiusasteella, aiheuttaen tällöin hälytyksen automaatiojärjestelmässä.



Kuva 11. Jokivarren koulun toisiopuolen lämpötilat. Punainen patteriverkosto (asetusarvo vaaleammalla), vihreä IV-verkosto (asetusarvo vaaleammalla) ja sininen ulkolämpötila.

Kuvasta 12 voidaan huomata, että ajoittain järjestelmä toimii tasaisemmin, mutta menoveden lämpötilat heiluvat enemmän, kun ulkolämpötila viilenee.

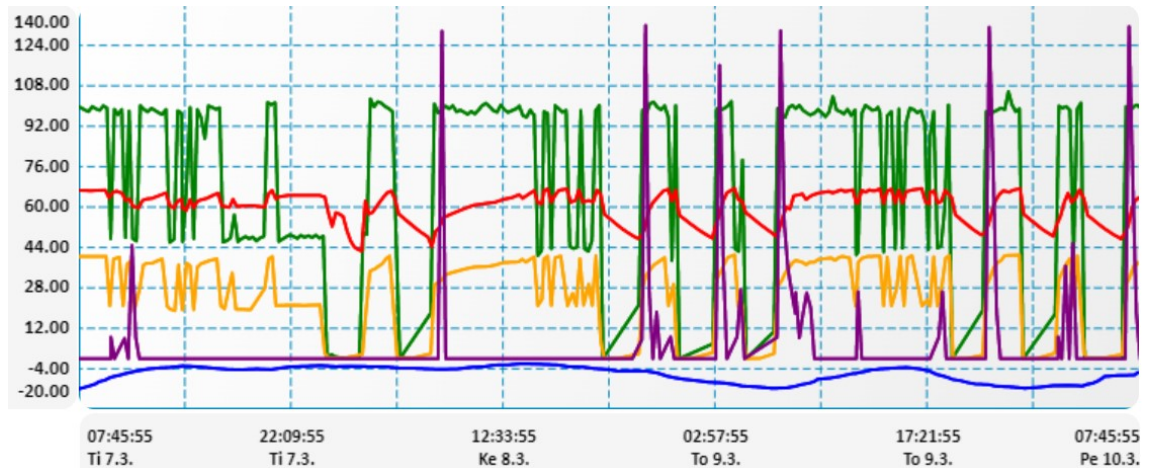


Kuva 12. Jokivarren koulun toisiopuolen lämpötilat. Punainen patteriverkosto (asetusarvo vaaleammalla), vihreä IV-verkosto (asetusarvo vaaleammalla), sininen ulkolämpötila ja oranssi lämmin käyttövesi.

Jokivarren koulun maalämpöjärjestelmän ongelmat niin toimivuudessa kuin automaatiossakin ovat niin suuret, että järjestelmää ei ole vastaanotettu vielä insinööriyön valmistuessa.

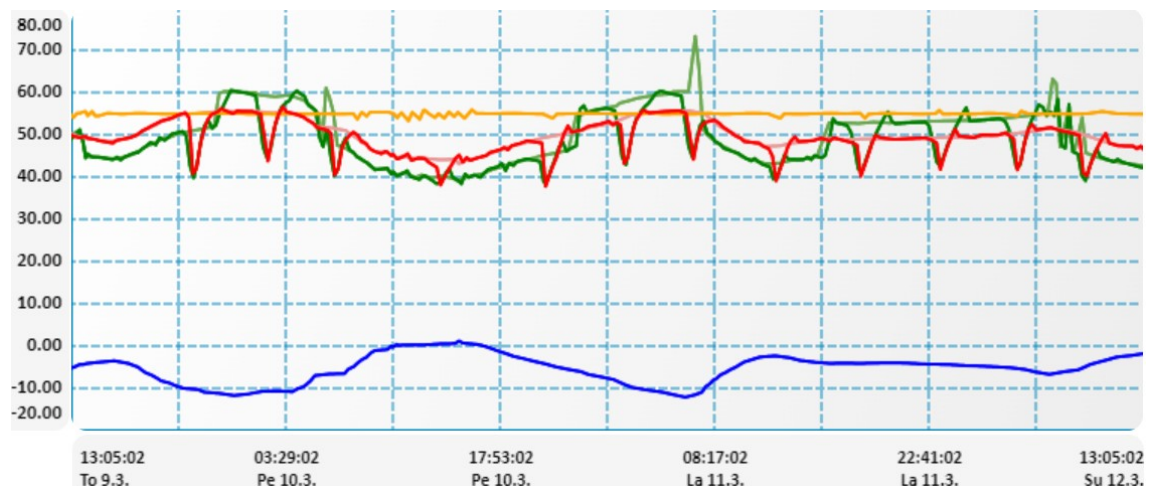
5.2.4 Askiston koulu

Kuvan 13 kuvaajasta voidaan tarkastella Askiston koulun maalämpöpumppujen ja sähkökattilan toimintaa. Kuvaajasta voidaan päätellä, että maalämpöpumput toimivat normaalisti. Myös sähkökattilan toiminta on normaalia ja se käynnistyy, kun menoveden lämpötila laskee tarpeeksi alas. Sähkökattila käy kuitenkin yleensä melko lyhyesti ja suurella teholla. Sähkökattilan hetkellinen kulutus on todella suuri verrattuna muiden maalämpöjärjestelmien sähkökattiloiden toimintaan. Muiden saman tyyppisten järjestelmien pohjalta voitaisiin päätellä, että sähkökattilan ei tarvitsisi käydä niin suurella teholla. On mahdollista, että sähkökattilan toiminta johtuu esimerkiksi vääränlaisesta ohjauksesta.



Kuva 13. Askiston koulun lämmitysjärjestelmän maalämpöpumppujen ja sähkökattilan toiminta. Sininen ulkolämpötila, punainen menoveden lämpötila, oranssi maalämpöpumppujen kulutus (kW), vihreä maalämpöpumppujen tuotto (kW) ja violetti sähkökattilan kulutus (kW).

Toisiopuolen toimintaa voidaan tarkastella kuvasta 14. Patteri- ja IV-verkoston lämpötilat laskevat usein asetusarvonsa alapuolelle. Patteriverkoston menoveden lämpötila pysyy lähempänä asetusarvoaan verrattuna IV-verkoston asetusarvo ei noudata ulkolämpötilan vaihteluita samoin tavoin kuin patteriverkoston asetusarvo, ja se vaihtelee arvojen välillä suuremmin. Tämän takia myös menoveden lämpötila vaihtelee suuresti.



Kuva 14. Askiston koulun lämmitysjärjestelmän toisiopuolen lämpötilat. Sininen ulkolämpötila, punainen patteriverkosto, IV-verkoston ja oranssi lämmin käyttövesi.

Lämpimän käyttöveden lämpötila pysyy lähes tasaisesti noin 55 celsiusasteissa, kuten kuvasta 14 voidaan nähdä. Tämä on riittävän korkea lämpötila pitämään epäpuhtaudet poissa lämpimästä käyttövedestä.

Kohteen maalämpöpumppujen kumulatiivinen COP on 2,01. Hetkellinen COP on kuitenkin yleensä noin 3. Taulukossa 5 esitetyt maalämmön antotehot on laskettu ottotehoista COP:n avulla, joka on arvioitu jokaiselle kuukaudelle keskiarvallisesti. Eli taulukon maalämpöpumpun antotehot ja energiapeitot ovat vain arvioita ja suuntaa antavia lukemia.

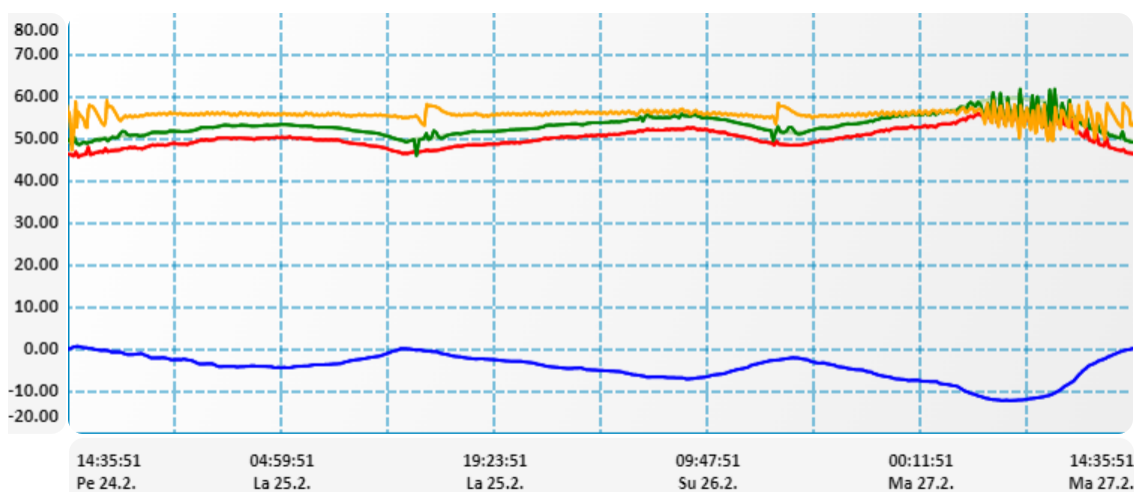
Taulukko 5. Askiston koulun lämmitysjärjestelmän kulutukset, tuotot ja maalämmön energiapeitto lämmityskaudelta 2022–2023 ja lämmönkulutus viimeiseltä öljyllä tuotetulta lämmityskaudelta.

	MLP otto/ MWh	MLP anto/ MWh	SK otto/ MWh	COP (MLP)	Energia- peitto (MLP)%	Lämmönku- lutus 2019– 2020/MWh
Marraskuu	8,9	27,6	0,4	3,1	99	60,2
Joulukuu	11,9	28,5	5,4	2,4	84	60,8
Tammikuu	13,4	26,8	3,0	2,0	90	62,0
Helmikuu	11,4	20,6	1,8	1,8	92	57,4
Maaliskuu	13,2	31,6	1,5	2,4	96	54,1

Taulukon 5 perusteella voidaan todeta, että maalämmön energiapeitto vastaa tarjouksessa luvattuun. Lämmönkulutus näyttäisi kuitenkin laskeneet huomattavasti viimeisimmästä lämmityskaudesta 2019–2020, jolloin lämpö tuotettiin öljyllä. Vuosittaiset lämpötilat vaikuttavat lämmönkulutukseen, mutta kulutuksen lasku on niin suuri, että se ei ole selitettävissä ulkolämpötilojen eroilla. 2019–2020 talvi oli ennätysellisen lauha, eikä siten selitä eroja lämmönkulutuksista [21]. Myös mahdolliset virheet antotehoissa on huomioitava, mutta nekään eivät voi selittää näin suuri eroja.

5.2.5 Kimaran päiväkoti

Kimaran päiväkodin maalämpöjärjestelmän toiminnasta ja riittävydestä ei ole juurikaan luotettavaa tietoa. Kohteesta ei ole saatavilla historiatietoja kulutuksista ja pumppujen toiminnasta. Toisiopuolen lämpötiloista oli saatavilla historiatietoja, ja niitä on esitetty alla olevassa kuvassa 15. Patteri- ja IV-verkoston menoveden lämpötilat pysyvät melko tasaisesti asetusarvoissaan. Ulkolämpötilan laskiessa -10 celsiusasteeseen menoveden lämpötila sahaa enemmän, kuin ulkolämpötilan ollessa lähempänä nollaa. Sama trendi on myös nähtävissä lämpimän käyttöveden suhteen.



Kuva 15. Kimaran päiväkodin lämmitysjärjestelmän toisiopuolen lämpötilat. Sini-nen ulkolämpötila, punainen patteriverkosto, vihreä IV-verkosto, oranssi lämmin käyttövesi.

Kimaran päiväkodin maalämpöpumpusta hajosi kompressori maaliskuun alkupuolella. Tieto hajoamisesta saatiin 13.3.2023. Maalämpöpumppu jäi odottamaan uutta osaa ja korjausta. Kompressori vaihdettiin 20.4.2023, ja sen jälkeen maalämpöpumppu on taas käynyt. Kohdetta siis lämmitettiin yli kuukausi pelkällä öljyllä. Tämä pitää ottaa huomioon tulevaisuudessa, jos tarkastellaan esimerkiksi öljynkulutuksen kehitystä. Kuva 15 on ajalta, jolloin maalämpöpumppu on ollut käytössä.

5.3 Havaitut ongelmat

Yhden suurimmista ongelmista maalämpöjärjestelmiin aiheuttaa se, että maalämpö asennetaan vanhaan lämmitysverkostoon. Kun lämmitysverkostoa on lämmitetty aikaisemmin öljyllä, siihen on syötetty huomattavasti korkeammassa lämpötilassa olevaa menovettä kuin maalämmöllä on mahdollista. Tämä voi aiheuttaa ongelmia lämmön riittävyuden ja patterien lämmön siirtokyvyn suhteen.

Virheet ja puutteet maalämpöjärjestelmien ohjauksessa aiheuttavat omat ongelmansa. Vääränlaisen ohjauksen vaikutukset nähdään esimerkiksi Jokivarren koulun maalämpöpumppujen toiminnassa. Virheet ohjauksessa voivat aiheuttaa suuriakin ongelmia, vaikka järjestelmä olisi muuten toimiva. Jokivarren koulun kohdalla ongelmat näkyvät lämmityskaudella, kun järjestelmä ei tuota riittävästi lämpöä kattamaan pyyntiä. Ongelmia voivat tuottaa myös rikkiäiset tai vialliset anturit, joiden perusteella automaatio ohjaa lämmitysjärjestelmää. Vierumäen koulun kohdalla huomattiin, kuinka suuren ongelman viallinen ulkolämpötila-anturi aiheutti menoveden lämpötilan säädössä ja sen myötä lämmön riittävydessä.

Selvitystyön aikana havaittiin, että maalämpöjärjestelmien seurannassa on suuria puutteita. Tämä vaikeuttaa ongelmien ja niiden syiden tunnistamista. Maalämpöjärjestelmien toiminnan tutkimisen pohjalta voidaan todeta, että varsinkin maalämpöjärjestelmän käyttöönoton alkuvaiheissa ilmenee ongelmia. Kauemmin käytössä olleet järjestelmät, kuten Askisto ja Maitorppa, toimivat vakaammin ja lämpöä riittää paremmin, kuin vasta hetken käytössä olleissa järjestelmissä, kuten Jokivarressa ja Vierumäellä. Myös Maitorpan ja Askiston lämmitysjärjestelmissä ja niiden toiminnassa oli alkuvaiheissa ongelmia, mutta ongelmat on saatu ajan kanssa korjattua.

Suuren ongelman aiheuttaa myös kulutustietojen puuttuminen tai niiden vaikea saanti. Pilvivalvomossa kulutukset esitetään hetkellisesti ja/tai kumulatiivisesti. Kulutuksen kehittymistä on siis vaikeaa seurata esimerkiksi kuukausitasolla tai

lämmityskauden osalta. Muutamien kohteiden pilvivalvomoissa kumulatiivisista kertymistä on mahdollista hakea taulukko, josta voidaan nähdä, kuinka paljon kertymä on kasvanut. Näistä kohteista pystytään laskemaan kulutus esimerkiksi kuukauden ajalle. Tämä on kuitenkin aikaa vievää ja vaatii oikeiden mittarien valitsemisen, ajanjakson määrittämisen ja laskutoimituksen tekemisen.

Pilvivalvomossa havaittiin myös muita käyttöä haittaavia tekijöitä. Esimerkiksi mittarien merkintä tavat ovat epäselviä ja niiden nimistä on vaikea päätellä, mikä mittaus on kyseessä. Kohteista saattaa myös puuttua tärkeitä mittauksia, esimerkiksi Kimaran päiväkodin pilvivalvomosta ei ole saatavilla kaikkien menojen ja paluuvesien lämpötiloja ensiö- ja toisiopuolelta, ja Jokivarren koulun lämmitysjärjestelmästä puuttuivat painemittaukset kokonaan.

Uusissa pilvivalvomokohteissa havaittiin tutkintatyön aikana epäluotettavuutta. Esimerkiksi Jokivarren koulun pilvivalvomon lämmitysjärjestelmä kuvassa oli mittauksilla väärä yksiköitä, mittauksia puuttui ja puuttuvien mittausten kytkennän jälkeen mittarilukemat olivat epärealistisia. Esimerkiksi maalämmön sähkökulutuksen kumulatiivinen lukema on suurempi kuin sen tuottaman energian määrä. Tämä voi johtua, siitä että kulutuksen mittari on kytketty aikaisemmin ja kertymä on pidemmältä ajalta kuin tuoton mittaus. Tämä aiheuttaa kuitenkin sen, että lukemat eivät ole vertailukelpoisia ja kohteen kumulatiivinen COP näyttää alle yhtä.

5.4 Ratkaisumahdollisuudet

Maalämpöjärjestelmissä ilmeneviä ongelmia voidaan pyrkiä ratkaisemaan muutamain erilaisin keinoin. Keinoja ovat esimerkiksi tarjouspyynnön tarkentaminen, automaatiojärjestelmän ja seurattavuuden parantaminen. Myös toisiopuolen toiminnasta ja laitteiden, kuten pattereiden, toimivuudesta pitää varmistua ja tarvittaessa korjata havaitut viat. Lisäksi ulkopuolista konsulttia tai suunnittelijaa voitaisiin hyödyntää maalämpöjärjestelmän suunnittelussa ja mitoituksessa.

Ennen lämmitysjärjestelmän muutostyön aloittamista tulee selvittää toisiopuolen lämmitysverkostojen kunto ja se, kuinka lämmitystavan muutos vaikuttaa sen toimintaan ja tarpeisiin. Jos lämmitysverkostot ovat vanhoja tai niiden peruskorjauksesta on kulunut jo pidempi aika, lämmitysverkosto on hyvä saneerata lämmitysjärjestelmän muutoksen yhteydessä. Ennen kuin lämmitysjärjestelmän muutostyötä aletaan kilpailuttamaan, olisi tärkeää, että LVI-suunnittelija tai -konsultti olisi kartoittanut lämmitysverkoston kunnan ja mahdolliset muutostarpeet. Myös lämmitysverkostossa havaitut muutostyöt voitaisiin sisällyttää tarjouspyyntöön, jolloin nämä työt valmistuisivat maalämpöjärjestelmän valmistuessa. Kun lämmitysjärjestelmää ja -verkostoa käsitellään kokonaisuutena, on paljon todennäköisempää, että järjestelmä toimii ja lämpöä riittää.

Myös lämmitysjärjestelmän muutostyön suunnittelussa ja mitoituksessa voitaisiin käyttää ulkopuolista suunnittelijaa. Tällä hetkellä lämmitysjärjestelmän muutostyön urakkaan kuuluu muutostyön lisäksi myös järjestelmän suunnittelu ja mitoitus. Urakka ja suunnittelutyö olisi hyvä eriyttää, jolloin näkökulmia on useampi ja vastuu jakautuu useammalle taholle.

Tällä hetkellä lämmitysjärjestelmän muutostyön tarjouspyyntöä ohjaa vaatimus, että maalämmön on oltava pääasiallinen lämmitysmuoto ja sen tulee kattaa 95 prosenttia rakennuksen tarvitsemasta energiasta. Tarkentamalla tarjouspyyntöä esimerkiksi yllä mainittujen suunnittelijoiden suunnitelmilla, mitoituksilla ja huomioilla saadaan tarjouspyynnöistä selkeämpiä ja niihin jää vähemmän tulkinvaraisuutta. Myöskään maalämpöjärjestelmän ja automaatiojärjestelmän tarjouspyyntöjä ei pidä ajatella erillisinä kokonaisuuksina vaan toisiaan tukevinä osina. Maalämpöjärjestelmän tarjouspyynnössä pitää ottaa huomioon automaation tarpeet ja päinvastoin.

Ulkopuolisten suunnittelijoiden käyttäminen verrattuna nykyiseen malliin, jossa suunnittelu ja urakka ovat saman tahon vastuulla, on luultavasti kalliimpaa. Ulkopuolista suunnittelijaa käyttämällä voidaan varmistua siitä, että alan asiantuntia suunnittelee ja mitoittaa järjestelmän sekä keruupiirin. Tarkempi suunnittelu

edesauttaa järjestelmän toimivuutta ja riittävyttä sekä vähentää lisätöiden tarvetta, joita ilmenee yleensä hankkeen aikana ja valmistuttua.

Suunnittelutyön parantamisen ja tarjouspyynnön tarkentamisen rinnalla yksi suuri parannuskohde on automaatio. Automaatiojärjestelmässä on useampia puutteita ja puutteet tekevät maalämpöjärjestelmän seurannasta vaikeaa tai miltei mahdotonta. Tärkeää olisi, että automaatiojärjestelmä saataisiin mahdollisimman pian maalämpöjärjestelmän käyttöönoton jälkeen toimintaan, sillä yleensä juuri käytön alkuvaiheissa ilmenee toiminnassa ongelmia ja ne olisi helppointa paikallistaa automaation keräämän datan avulla ja viat korjata jo alkuvaiheissa

Pilvivalvomosta saa selkeän kuvan maalämpöjärjestelmän hetkellisestä toiminnasta, kulutuksesta ja tuotosta. Tärkeää olisi kuitenkin saada tietoja pidemmältä aikaväliltä, kuten esimerkiksi kuukausittain. Parhain skenaario olisi, että automaatiossa mitatut kulutus- ja tuottotiedot siirtyisivät automaattisesti Granlund Manageriin, josta löytyy myös muiden kulutuslajien kulutustiedot. Maalämpöpumppujen ja sähkökattiloiden kulutustiedot olisi hyvä esittää kuukausitasolla. Maalämmön osalta kannattaisi esittää erikseen kulutuksen ja tuoton lukemat, jotta nähdään, missä suhteessa on saatu maasta niin sanotusti ilmaista energiaa. Myös sähkökattilan kulutus on tärkeää nähdä erillisenä, jotta voidaan nähdä mikä on sähkökattilan ja maalämmön tuottaman energian suhde. Mikäli integraatio Fidelixin pilvivalvomon ja Granlund Managerin välillä ei ole mahdollinen, kulutuslukemat voidaan myös hankkia kuukausittain käsin luennalla.

6 Päästöt

Päästölaskelmien perusteella pyritään selvittämään, kuinka suurta ilmastohyötyä on saatu siirtymällä öljylämmityksestä maalämpöön. Päästölaskelmissa otetaan huomioon vain käytöstä johtuvat päästöt, eli öljynkulutuksen ja kulutetun sähköntuotannon päästöt.

Päästöjen määrät lasketaan päästökertoimen avulla. Päästökertoimella kuvataan kasvihuonekaasujen vaikutusta ilmaston lämpenemiseen. Kasvihuonekaasuja ovat esimerkiksi hiilidioksidi, metaani ja dityppioksidi. Päästökertoimet voidaan ilmoittaa hiilidioksidiekvivalentteina, jolloin muiden kasvihuonekaasujen päästömäärät suhteutetaan hiilidioksidin päästöihin. [22.]

6.1 Öljylämmityksen päästöt

Öljylämmityksen päästöjen määrittämisessä on käytetty kevyen polttoöljyn päästökerrointa 265 g CO₂evk/kWh [23]. Taulukossa 6 on laskettu öljylämmityksestä aiheutuneet päästöt vuodelle 2019.

Taulukko 6. Kohteittain päästölaskelmat vuodelta 2019.

Kohde	Öljynkulutus (kWh)	Päästöt (kg CO ₂ evk)
Jokivarsi	794 400	211 000
Vierumäki	1 281 500	340 000
Askisto	415 500	110 000
Maitorppa	214 800	56 900
Kimara	292 500	77 500

Jokivarren, Vierumäen ja Askiston koulujen kulutukset on haettu Granlund Managerista, mutta Kimaran ja Maitorpan päiväkotien kulutustietoja ei ole sieltä saatavissa. Päiväkotien öljynkulutus kilowattitunteina on laskettu kulutetuista litramääristä (taulukko 1), käyttäen kevyen polttoöljyn lämpöarvoa 10,02 kWh/l, jota on käytetty WWF:n ilmastolaskurissa [24].

6.2 Maalämmönpäästöt

Sähkön tuotannon päästökerrointa on vaikea määrittää, sillä sähkölle on useampia päästökertoimia. Esimerkiksi Tilastokeskus antaa päästökertoimen

keskimääräiselle sähkön tuotannolle, joka on 77 kg CO²/MWh. Sähkölle on annettu myös marginaaliperusteinen päästökerroin, joka arvioidaan sähkön marginaalituotannosta eli tuotantomuodosta, joka on sen hetken kalleinta, ja sen tuotantoa säädellään kulutuksen mukaan. Sähkön marginaaliperusteinen päästökerroin on 600 kg CO²/MWh. [25.] Edellä mainitut CO²-päästökertoimet eroavat toisistaan paljon ja niillä laskettujen päästöjen määrissä on suuret erot. Tämän työn laskuissa on käytetty lämmitys-sähkölle päästökerrointa 400 g CO²evk/kWh, joka on WWF:n ilmastolaskurissa käytetty oletusarvo [24].

Maalämpöjärjestelmien päästöjen laskeminen on vaikeaa, sillä maalämpöpumppujen ja sähkökattiloiden kulutustietoja ei ole saatavissa selkeiltä ajanjaksoilta. Maalämpöjärjestelmien päästöjä on mahdollista laskea Askiston ja Maitorpan osalta, hiilidioksidipäästöt on esitetty taulukossa 7. Muiden kohteiden osalta päästölaskelmia ei ole mahdollista tehdä. Kimaran päiväkodista ei ole kulutustietoja saatavilla. Vierumäen ja Jokivarren kouluissa maalämpöjärjestelmät ovat olleet käytössä vasta lyhyen ajan, eikä kulutustietoja ole saatavilla sellaiselta aikaväliltä, että päästöjä olisi mahdollista laskea vertailukelpoisiksi.

Taulukko 7. Askiston koulun ja Maitorpan päiväkodin päästölaskelmat vuodelta 2022.

Kohde	Sähkönkulutus MLP (kWh)	Sähkönkulutus SK (kWh)	Päästö (kg CO ² ekv)
Askisto	86 070	19 581	42 260
Maitorppa	62 618	9 851	28 988

Askiston maalämpöjärjestelmän maalämpöpumpun ja sähkökattilan sähkönkulutus tiedot on laskettu sähkömittareiden kumulatiivisesta kertymästä vuoden 2022 ajalle. Maitorpan päiväkodin maalämpöpumppujen sähkönkulutus tiedoissa oli ollut katkos 24.7.–31.8.2022. Koska kyseinen katkos on ollut lämmityskauden ulkopuolella ja ajoittunut osittain koulujen kesäloma-ajalle, katkosta ei ole otettu huomioon laskuissa, eikä sen ajalle ole annettu arviota kulutuksesta. Sähkökattilan osalta kulutustietoja on saatavilla vasta lokakuusta 2022

lähtien on sähkökattilan kulutukselle annettu arvio. Arvio perustuu taulukossa 3 laskettuun maalämmön energiapaittoon, joka on keskiarvollisesti 95 prosenttia. Laskelmassa on arvioitu, että sähkökattilalla on tuotettu 5 prosenttia energiämäärästä.

6.3 Vertailu

Päästöjä voidaan vertailla Askiston koulun ja Maitorpan päiväkodin osalta. Taulukosta 8 voidaan nähdä, että maalämmön ja sähkökattilan yhdistelmällä saavutetaan huomattava päästöjen pieneneminen. Askiston päästöt olivat laskeneet 61 prosenttia vuonna 2022 verrattuna vuoden 2019 päästöihin ja Maitorpan 49 prosenttia.

Taulukko 8. Öljylämmityksen ja maalämpöjärjestelmän päästöjen vertailu.

Kohde	2019 (kg CO ² ekv)	2022 (kg CO ² ekv)	Päästöjen vähentyminen %
Askisto	110 000	42 260	61
Maitorppa	56 900	28 988	49

Muiden kohteiden päästöjä ei ole mahdollista vertailla puutteellisten kulutustietojen vuoksi. Mielenkiintoista olisi nähdä, miten Vierumäen ja Kimaran päästöihin vaikuttaa lisälämmön tuottaminen öljykattilalla. Tällä hetkellä biopolttoaineet, joita öljykattiloissa käytetään polttoaineena, lasketaan päästölaskelmissa hiilidioksidin osalta nollapäästöisiksi. Tämän takia biopolttoaineiden päästövaikutukset ovat hyvin pienet ja niissä otetaan huomioon vain muiden kasvihuonekaasujen päästöt. [26.]

Päästöjen vertailun pohjalta voidaan todeta, että lämmitysjärjestelmän muutoksella on positiivinen vaikutus ympäristöön. Öljylämmityksestä siirtyminen maalämpöön on toimenpide, jonka avulla Vantaan kaupunki voi vähentää öljynkulutusta ja lopulta luopua öljyn lämmityskäytöstä. Siirtyminen maalämpöön laskee

myös lämmityksestä johtuvia päästöjä ja auttaa pääsemään lähemmäksi Resurssiviisauden tiekartassa asetettua hiilineutraalisuus tavoitetta.

7 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia Vantaan kaupungin kiinteistöjen siirtymistä öljylämmityksestä maalämpöön. Tavoitteena oli selvittää, kuinka uudet maalämpöjärjestelmät toimivat, riittävätkö maalämpöjärjestelmät kattamaan lämmön tarpeen ja miten siirtymä on vaikuttanut lämmityksen aiheuttamiin hiilidioksidipäästöihin.

Maalämpöjärjestelmien toimintaa ja riittävyyttä tarkasteltiin kulutus- ja historia-tietojen avulla. Työn aikana huomattiin, että tiedoissa oli suuria puutteita etenkin kulutustietojen osalta. Parhaiten pystyttiin analysoimaan Maitorpan ja Askiston maalämpöjärjestelmien toimintaa, kun puolestaan Kimaran maalämpöjärjestelmästä ei tietoja ollut tarpeeksi saatavilla tarkempaa tarkastelua varten.

Maalämpöjärjestelmissä ja niiden seurannassa suurimmiksi ongelmakohtiksi nousivat maalämmön liittäminen vanhaan lämmitysverkostoon ja puutteet seurannassa sekä automaatiossa. Jotta ongelmilta voitaisiin tulevaisuudessa välttyä, hankkeen suunnitteluvaiheeseen pitää käyttää enemmän resursseja ja tarjouspyyntöä muuttaa. Lisäksi koko lämmitysjärjestelmää, eli ensiö- ja toisio-puolta sekä rakennusautomaatiota pitää ajatella kokonaisuutena, jossa jokainen osa tukee toisiaan.

Päästölaskelmissa huomattiin, että ainakin Maitorpan ja Askiston kohdalla hiilidioksidipäästöt olivat laskeneet huomattavasti lämmitysjärjestelmän muutoksen myötä. Päästölaskelmia ei voitu muiden kohteiden osalta laskea kulutustietojen puuttuessa, joten työssä ei päästy vertailemaan eroa sähkö- ja öljykattilan lisälämmityskäytön vaikutuksesta päästömääriin.

Insinööriyön pohjalta Vantaan kaupunki voi kehittää edelleen prosessia öljylämmityksestä maalämpöön siirtymisessä. Maitorpan päiväkodin ja Askiston koulun

toiminnan tarkastelun pohjalta voidaan todeta, että alkukankeuden jälkeen maalämpöjärjestelmät on saatu toimimaan ja maalämpöjärjestelmä on kannattava. Maalämpöön siirtyminen vastaa osaltaan Vantaan kaupungin Hiilineutraali energia -kaistan tavoitteeseen.

Lähteet

- 1 Resurssiviisauden tiekartta – valtuustokausi 2021–2025. Raportti. Vantaan kaupunki. Luettu 29.1.2023.
- 2 Maalämpöpumppu (MLP). Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu_mlp>. Päivitetty 20.12.2022. Luettu 30.1.2023.
- 3 Energiakaivo - Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. 2013. verkkoaineisto. Ympäristöministeriö <<https://ym.fi/-/10184/energiakaivo-opas-antaa-suositukset-maalampojarjestelmien-toteutukseen>>. Luettu 30.1.2023
- 4 Lämpöä omasta maasta. 2012. Lämmitysjärjestelmät. Maalämpöpumput. Motiva. <https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_MaalampopumpMa.pdf>. Luettu 31.1.2023.
- 5 Merimaa, Juha. Maalämpö uudistuu, mutta kaivo voi silti välillä kylmetä - Näin toimivat yhä suosituimmat maalämpökaivot. 2021. Helsingin Sanomat. <<https://www.hs.fi/tiede/art-2000007926584.html>>. Luettu 28.4.2023.
- 6 Maalämpöpumppu (MLP). verkkoaineisto. Motiva <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/maalampopumppu>. Päivitetty 21.12.2022. Luettu 30.1.2023.
- 7 Lämpöopin pääsäännöt. Verkkoaineisto. Omaan tahtiin fysiikka. <<https://fysiikka.omaantahtiin.com/etusivu/fysiikka-2/l%C3%A4mp%C3%B6opin-p%C3%A4%C3%A4s%C3%A4nn%C3%A4nn%C3%B6t>>. Luettu 1.2.2023.
- 8 Sähkövaraajat ja -kattilat. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/sahkovaraajat_ja_-kattilat>. Päivitetty 23.3.2022. Luettu 6.2.2023.
- 9 Öljy on tehokasta energiaa. Verkkoaineisto. Lämmitysenergia yhdistys. <<https://oljylammitys.fi/energiatehokkuus/oljy-on-tehokasta-energiaa/>>. Luettu 3.2.2023.
- 10 Öljylämmitys. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/oljylammitys>. Luettu 3.2.2023.

- 11 Uutta öljylämmityksessä: kondenssikattilat. Verkkoaineisto. Lämpöenergia yhdistys. <<https://www.ley.fi/uutta-oljylammityksessa-kondenssikattilat/>>. Luettu 3.2.2023.
- 12 Rakennusten lämmitys LVI 10-10397. 2006. Rakennustieto. RT-tietoväylä. Luettu 3.2.2023.
- 13 Sanasto. Verkkoaineisto. Lämpöenergiayhdistys. <<https://oljylammitys.fi/ajankohtaista/sanasto/>>. Luettu 3.2.2023.
- 14 Lämmityksen säätölaitteiston toimintaperiaate. Verkkoaineisto. Neste. <<https://www.neste.fi/lammituksen-saatolaitteiston-toimintaperiaate>>. Luettu 3.2.2023.
- 15 Lämmitysjärjestelmän kunnossapito. Verkkoaineisto. Lämpöenergiayhdistys. <<https://oljylammitys.fi/huolto-ja-kunnostus/lammitysjarjestelman-kunnossapito/>>. Luettu 13.2.2023.
- 16 Öljylämmityksestä luopuminen. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/oljylammityksesta-luopuminen>>. Luettu 3.2.2023.
- 17 Asuinrakennusten päälämmönlähteiden kehitys 2010-luvulla. 2019. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen_2018_2019-11-21_kat_001_fi.html>. Luettu 15.3.2023.
- 18 Avustus kiinteistöjen öljylämmityksestä luopumiselle. 2020. Hakuohje kunnille. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. Luettu 3.2.2023.
- 19 Vuoden 2020 sää. Ilmatieteen laitos. Verkkoaineisto. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2020>>. Luettu 25.2.2023.
- 20 Vuosi 2021 oli keskilämpötilaltaan normaali, vaikka kesä oli lämmin. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/7BU5GPxUMKp50O0JPLTUCi>>. Luettu 25.2.2023.
- 21 Talvisään tilastoja. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/talvitalastot>>. Luettu 13.4.2023.
- 22 CO2 termit tutuiksi. Verkkoaineisto. Open CO2. <<https://www.openco2.net/fi/co2-tietoa>>. Luettu 22.4.2023.
- 23 Hietaniemi, Emma; Kolehmainen, Jari; Leittenmeier, Michael & Toivio, Viivi. 2021. Sitran elämäntapatestin laskentaperusteet. Sitra. <https://elamantapatesti.sitra.fi/Sitran_elamantapatestin_laskentaperusteet_suomeksi.pdf>. Luettu 20.4.2023.

- 24 Ilmastolaskurissa käytetyt oletuskertoimet ja -arvot. Verkkoaineisto. WWF. <https://www.motiva.fi/files/6515/Ilmastolaskurissa_kaytetyt_oletuskertoimet_ja_arvot.pdf>. Luettu 20.4.2023.
- 25 CO₂-päästökertoimet. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-paastokertoimet>. Luettu 20.4.2023.
- 26 Lounasheimo, Johannes. 2019. Mitä kuntien alue-, kulutus- ja käyttöperusteiset kasvihuonekaasupäästöt meille kertovat. Verkkoaineisto. Hiilineutraali Suomi. <[https://hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Hiilineutraaliblogi/Mita_kuntien_alue_kulutus_ja_kayttoperus\(53543\)](https://hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Hiilineutraaliblogi/Mita_kuntien_alue_kulutus_ja_kayttoperus(53543))>. Luettu 22.4.2023.