



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jani Pölönen

Maalämpöprojektin toteuttaminen taloyhtiölle tilaajan näkökulmasta sekä sen sujuva läpi- vienti

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

13.5.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jani Pölönen Maalämpöprojektin toteuttaminen taloyhtiölle tilaajan näkökulmasta sekä sen sujuva läpivienti 42 sivua + 1 liite 13.5.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-urakointi
Ohjaajat	yliopettaja Aki Valkeapää toimeksiantaja Eero Alperi
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli kehittää ohjeet taloyhtiölle siirtymisen tueksi öljy- tai kaukolämmityksestä maalämpöön. Ohjeiden avulla pyritään pienentämään taloyhtiöiden kynnystä vaihtaa lämmitysmuotoaan maalämpöön.</p> <p>Työssä käydään läpi maalämpö yleisesti, asuinkerrostalon toteutusvaihtoehdot maalämmössä, pumpun toimintaperiaate, maalämpöpumpputyypit, yleisimmät kytkentäesimerkit, maalämpöurakan vaiheet ja siinä huomioon otettavat asiat, sekä vertaillaan valmiiden kohteiden toteutuksia.</p> <p>Insinööriyötä tehdessä huomattiin, kuinka tärkeää maalämmön ammattitaidon omaaminen on maalämpöurakan optimaaliselle ja onnistuneelle toteutumiselle. Urakan alkuvaiheessa projektin perusteelliseen kartoittamiseen sijoittaminen on aloituksen sekä projektin lopputuloksen kannalta oleellista. Näin siihen investoitava raha ei mene hukkaan. Tilanteessa, jossa tilaajan puolella ei löydy omasta takaa tarvittavaa tietotaitoa, on asiantuntevan konsultin palkkaaminen projektille elintärkeää. Asiantuntijan palkkaamisessa parhaimpana hyötynä koettiin taloyhtiön etujen ajaminen ja tilaajan näkökulmasta projektin ammattitaitoinen valvominen sekä sen sujuva läpivieminen.</p> <p>Kohteiden vertailussa nähtiin, miten yleistä on poistoilman lämmöntalteenottoon investointi maalämmön rinnalla sekä kuinka paljon sen avulla voidaan säästää lämmityskuluissa.</p> <p>Insinööriyön aikana perehdyin perusteellisesti maalämmöstä löytyvään tietoon internetissä, kirjoissa sekä haastattellessani useaan otteeseen ohjaavaa opettajaa sekä lopputyön toimeksiantajan yrityksen edustajaa.</p>	
Avainsanat	maalämpö, maalämpöpumppu, lämpökaivo, energiakenttä

Author Title Number of Pages Date	Jani Pölönen Smooth Ground Source Heating Renovation from Clients Point of View 42 pages + 1 appendix 13 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Contract Work
Instructors	Eero Alperi, Project Manager Aki Valkeapää, Principal Lecturer
<p>The purpose of the final year project was to map the process of replacing an old heating system with geothermal heating in high-rise buildings from the client's point of view. The thesis mainly set out to establish the best methods to implement an energy efficient geothermal heating system to replace an old oil heating system.</p> <p>The project aimed at establishing all the steps of the renovation process, and at collecting useful tips to support the process. This was done by interviewing a geothermal heating contractor and a consultant teacher, and also by gathering information from the internet and books.</p> <p>The thesis compared the results of old renovations where the heating system had been replaced with a geothermal heating system and, usually, exhaust air heat recovery. The results showed that exhaust air heat recovery plays a big role in lowering the heating expenditure of an apartment building.</p> <p>The results of the final year project were proper guidelines for landlords in charge of energy renovation. These guidelines were created to act as support and instructions to follow in order to get the project done smoothly. Overall, this project makes it easier to housing companies to move into geothermal heating.</p>	
Keywords	geothermal, heating system, project, housing company

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Maalämmitys	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Keruujärjestelmät asuinkerrostalossa	2
3	Maalämpöpumput	3
3.1	Pumpun osat ja tekninen tila	5
3.2	Pumpun toimintaperiaate	6
3.3	Kylmäaine ja lämpökerroin	7
3.4	Maalämpöpumpputyypit	8
4	Lämpökaivokenttä	9
4.1	TRT-mittaus	9
4.2	Lämpökaivo ja poraus	10
4.3	Lämpökaivokenttä	11
4.4	Kaivokentän mitoitus	11
5	Kytkentätapaesimerkit	12
5.1	Kiinteistölämpöpumpun kytkentä	13
5.2	Poistoilman lämmöntalteenotto	14
5.3	Jäähdytys puhallinkonvektoreilla	15
6	Toteutusta edeltävä päätöksen teko ja vaiheistus taloyhtiössä	16
6.1	Pohjustaminen	16
6.2	Lähtökohdat päätöksen tekemiselle	17
6.3	Esikartoitusvaihe	18
6.4	Esiselvitysvaihe	19
6.5	Detaljiuunnitteluvaihe ja luvat	21
7	Maalämpöprojektin toteutusvaihe	23

7.1	Urakkaneuvottelu ja urakkasopimus	24
7.2	Lämpökaivojen poraus	24
7.3	Laitteiston asennus	25
8	Käyttöönotto ja testaus	25
8.1	Toimintakokeet	25
8.2	Säätö	26
8.3	Maalämpöjärjestelmän käytönopastus	26
8.4	Luovutus ja vastaanotto	27
8.5	Takuu ja toiminnan seuranta	27
9	Ohjeet isännöitsijälle	30
10	Toteutettujen kohteiden vertailu	30
10.1	Kohde 1	31
10.2	Kohde 2	32
10.3	Kohde 3	34
10.4	Kohde 4	35
10.5	Kohteet 6–8	37
10.6	Kohteiden eroavaisuudet	39
11	Yhteenveto ja päätelmät	41
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1. Ohjeet isännöitsijälle	

Lyhenteet

COP	Coefficient of Performance. Lämpökerroin, joka kertoo, montako kilowattituntia lämmitysenergiaa tuotetaan yhdellä kulutetulla kilowattitunnilla.
LJH	Lämmönjakohuone
LTO	Lämmöntalteenotto

1 Johdanto

Insinööriyön toimeksiantajana on UP Maaenergia Oy. Insinööriyön aihe syntyi maalämpöurakoitsijoiden kokemuksista, missä taloyhtiöt usein joutuvat peruuttelemaan projektissa kiirehtimällä ja unohtaen tärkeät välivaiheet. Tämä puolestaan on ongelmana urakoitsijalle.

UP Maaenergia Oy on maalämpöjärjestelmiin erikoistunut yritys, jolla on pitkä kokemus maalämpöjärjestelmien suunnittelusta, toteutuksista sekä vaativien projektien johtamisesta ja valvonnasta.

Työ tehdään yleisesti maalämmöstä kiinnostuneille sekä maalämpöä lämmitysmuotona miettiville taloyhtiöille. Työn tavoitteena on madaltaa taloyhtiöiden kynnystä siirtyä maalämpöön sekä laatia isännöitsijälle ohjeet maalämpöprojektin toteuttamiseen. Ohjeet toimitetaan isännöitsijän muistilistana ja tukena projektin edetessä sekä sitä seuratessa. Ohjeiden avulla varmistetaan, että tilaaja saa investoinnille luvattun lopputuloksen sekä varmistetaan järjestelmän optimaalinen ja energiatehokas toimiminen vastaanottamisen jälkeen.

Insinööriyö on rajattu kertomaan maalämmöstä asuinkerrostalojen mittakaavassa ja niissä käytetyistä toteutusmenetelmistä. Työssä keskitytään tarkastelemaan maalämpöprojektin oikeaoppista toteuttamista tilaajan näkökulmasta sekä käydään läpi siinä huomioon otettavat asiat projektin onnistuneen läpiviennin kannalta.

Insinööriyön teoria osiossa käydään läpi yleisesti maalämpö ja sen lämmönkeruutavat sekä maalämpöpumpputyypit ja järjestelmään liittyvät kytkentämahdollisuudet. Teoria osion jälkeen käydään läpi vaiheet taloyhtiön päätöksen teosta projektin toteuttamiseen ja luovuttamiseen asti. Työn lopussa vertaillaan maalämpökohteita ja niissä toteutuneita tuloksia. Lopuksi yhteenvedossa kiteytetään työn kannalta oleelliset asiat, työn tuotokset ja mahdolliset insinööriyöaiheet.

2 Maalämmitys

2.1 Yleistä

Maalämmön tarkoituksena on hyödyntää auringosta maahan kertynyttä lämpöenergiaa [1]. Lämpöpumppujen avulla voidaan hyödyntää luonnon omia lämpövarastoja; maaperään, kalliioon ja vesistöihin varastoitunutta energiaa [2]. Tämän uusiutuvan energian avulla voidaan lämmittää kiinteistöjen tilat sekä niissä käytetty lämmin käyttövesi. Maalämmitysjärjestelmää voidaan käyttää sekä pientaloissa että suuremmissa kiinteistöissä, mutta mitä suurempi on rakennus ja sen energiankulutus, sitä kannattavampi se on taloudellisesti. [3; s. 2.]

Maalämpöä on hyödynnetty jo vuodesta 1975 lähtien. Markkinoilla lämmitysmuoto on yksi suosituimmista ja sen osuus kasvaa edelleen. Yleistymiseen ovat vaikuttaneet lattialämmityksen kasvu, pumppujen kehitys ja öljyn sekä sähkön hinnan nouseminen. [4] Gebwell Oy:n [5] mukaan vuonna 2007 toimitettujen kiinteistölämpöpumppujen määrä Suomessa oli noin 130 kappaletta, kun se vuonna 2016 oli jo lähes 800 kappaletta.

2.2 Keruujärjestelmät asuinkerrostalossa

Energian keräämiselle on erilaisia keinoja asuinkerrostaloissa. Energiaa voidaan ottaa talteen kalliioon tai maaperään porattavalla keruuputkistolla eli lämpökaivolla. Keruutappaa nimitetään suljetuksi keruupiiriksi. Puolestaan maaperään asennettavaa vaakaputkistoa tai vesistön pohjaan asennettavaa lämmönkeruupiiriä ei kerrostaloissa hyödynnetä keruutavan energiasaannin ollessa niin pieni. Lämpökaivojen lisäksi kiinteistöön voi asentaa poistoilman lämmöntalteenotto-, ilmavesilämpöpumppu- tai jäteveden talteenotto -järjestelmän. Poistoilman LTO:ssa rakennuksen hukkalämpö hyödynnetään uudelleen ja ilmavesilämpöpumpulla auringosta ilmaan varastoitunutta energiaa käytetään hyväksi. Jäteveden talteenotossa voidaan kerätä lämpö kiinteistöstä pois johdettavasta

likavedestä. Järjestelmän laitteiston ollessa niin kallis, ei sitä koeta järkeväksi toteutusmenetelmäksi kerrostaloissa. Suurempiin kiinteistöihin tai asuinkerrostaloihin parhaana lämmönkeruutapana ovat lämpökaivot. [6, s. 8.]

3 Maalämpöpumput

Valmistaja	Oilon	Oilon	Thermia	BOSCH	Gebwell	Stiebel Eltron	NIBE
Pumppusarja	Oilon RE	Oilon RE	MEGA	Compress 7000	Gemini	WPF	
Pumppu	RE 56 HT 04	RE 96 04	MegaXL	LMW 3-12	64	16	F1345-40kW
Koko	1830x970x710	1830x970x710	1644x756x900	600x660x1800	1900x600x880	1319x598x658	1800x600x620
Lämmitysteho (kW)	48,8	98,2	52	12	69,2	17,02	39,9
COP eli Lämpökerroin	4,4	4,8	4,71	5,6	4,8	4,54	4,6
Kompressorin tyyppi	EVI	EVI	Scroll	Kierroskuohjattu	Scroll	x	x
Kylmäaine	R-134a	R-410A	R410A	R410A	R410A	x	R407C
Kylmäaineen määrä (kg)	x	x	8,7	2,39	2x3,4	x	2x1,7
Lämmön keruuneste nimellisvirtaama (l/s)	3,61	6,2	3,34	0,55	3	x	x
Valmistaja	Gebwell	NIBE	IVT Greenline HE	Lämpöässä	Enertech Group	Vitocal	Vaillant
Pumppusarja	Taurus		C-malli	ELI	CTC		geoTHERM
Pumppu	90	F1345-60	E17	ELI90/90	EcoHeat 412	333-G	VWS460/3
Koko	1200x690x1790	1800x600x620	1800x645x600	1200x680x1450	1925x-x-	2000x600x680	1200x760x900
Lämmitysteho (kW)	87,7	59,2	16,4	86,24	14,1	11,4	45,9
COP eli Lämpökerroin	4,4	4,45	4	3,05	4,6	4,8	4,3
Kompressorin tyyppi	Scroll	x	Scroll	x	x	Scroll	3-/N/PE 400/50
Kylmäaine	R410A	R410A	R407c	x	R407C	R410A	R407C
Kylmäaineen määrä (kg)	9	2x1,7	2,3	x	2,5	2,3	8,6
Lämmön keruuneste nimellisvirtaama (l/s)	4,2	x	0,9	x	x	x	x

Kuva 1. Maalämpöpumppujen teknisten tietojen vertailutaulukko.

Maalämpöpumpun ansiosta saadaan pumpattua lämpökaivojen keräämä ilmainen energia ja tuotua se asuinkerrostalon ulkopuolelta kiinteistön lämmittämiseen. Lämpöpumpun tuoman geotermisen energian lisäksi tarvitaan vain kolmasosa sähköenergiaa sen lämmittämiseen. [7, s. 22] Maalämpöpumppu voi tuottaa +65-asteista vettä ja syöttää sitä lämmitysverkostoon tai lämpimäksi käyttövedeksi. Tämän tekniikan avulla lämmityskustannukset ovat vain kolmasosa verrattuna öljylämmitykseen tai kaukolämpöön. [8]

Maalämpöpumppuja valmistetaan kaiken kokoisiin asuin- ja liikekiinteistöihin. Maalämpöpumppujen tekniset tiedot vaihtelevat paljon kuten kuvasta 1 nähdään. Pumppu valitaan aina kohdekohtaisesti ja siihen vaikuttavat; rakennuksen sijainti, kiinteistön tilavuus

sekä energian ja tehon tarve. Pumput tuottavat lämmitettyä vettä eri tavalla ja toimivat sähkövastuksilla tai ilman niitä, riippuen pumpun mitoitusasteesta. Käyttökustannukset vaihtelevat pumpun kokoonpanosta ja käyttötarkoituksesta riippuen.

Maalämpöpumppujen oikealla mitoituksella saadaan irti paras mahdollinen hyötysuhde ja varmistetaan investoinnin kannattavuus. Mitoitus voidaan tehdä täys- tai osateho mitoituksen avulla. Täystehomitoituksella maalämpöpumppu tuottaa kaiken vaadittavan energian tilojen lämmittämiseen ja käyttöveden lämmittämiseen. Osatehomitoituksella tehoksi asetetaan noin 50–70 % huipputehosta, jolloin tehon tuotto on 85–98 %. Kovalla pakkasella tueksi tarvitaan sähkövastus. Sähkövastuksen lämpökerroin on yksi ja lämpöpumpulla lämpökerroin on aina paljon enemmän. Osatehomitoituksen hyötynä on sen halvempi investointikustannus. Kiinteistöissä varaajien avulla voidaan järjestää riittävän pitkät käyntiajat myös täystehomitoitetulle pumpulle. [9, s. 17]

Vesikiertoisen asuinkerrostalon muuttaminen maalämpöjärjestelmäksi vaatii vuosittaisen kulutustietojen vertailua. Normittamisen avulla tarkastelua voi suorittaa pitkältä aikaväliltä ja näin saadaan selko kylmistä ja lämpimistä vuosista ja vuosittainen ”ominaiskulutus” mitoitukseen. [10, s. 43] Tarkasteltavia tietoja ovat energian ja käyttöveden kulutus sekä edellisellä järjestelmällä toteutuneet tasot lämpötilojen suhteen. Perusparannusta tehdessä kohteen ollessa öljylämmiteinen, pitää energiakulutusta tarkasteltaessa olla tarkkana. Laitteiston hyötysuhde on saatava riittävän korkealle vaihdettaessa maalämpöön. Myös ilmanvaihdon toimiminen suunnitellulla tavalla vaikuttaa energiankulutukseen, ja siksi ilmanvaihtojärjestelmä on tarkistettava ennen lopullista mitoittamista.

Lämpimän käyttöveden tuottamista ei voida suhteuttaa ulkolämpötilaan samalla tavalla kuin muita tarkasteltavia kulutustietoja, joten se ei kuulu normitettuun energiankulutuksen määrään. Veden lämmittämiseen kuluvan energian määrän saa selville vuotuisella kylmän veden määrällä sekä sijoittamalla sen kaavan 1 mukaiseen kaavaan. Laskennassa on otettava huomioon, että vanhemmissa kerrostalo-kohteissa lämmitetään ja kuivataan tiloja vesikiertoisilla pattereilla ja se aiheuttaa kerrostaloissa yöllä lämpimän käyttöveden kiertojohtossa lämpöhäviötä, joka voi olla 4–10 kilowattia.

$$Q_{LV} = 1,16 \times V_{KV} \times 0,4 \times dT$$

KAAVA 1

Q_{LV}	on veden lämmitykseen kuluva energia, kWh
1,16	on energian määrä, joka tarvitaan, kun 1 m ³ vettä lämmitetään 1 °C, kWh
V_{KV}	on kylmän veden määrä, m ³
0,4	on kerroin, jota käytetään, jos lämpimän käyttöveden kulutustietoja ei ole saatavilla
dT	on kylmän veden ja lämpimän veden lämpötilaero, °C (kylmä vesi 5 °C, lämmin vesi 55 °C).

Kaava 1. Laskukaava veden lämmitykseen kuluvan energian selvitykseen. RT 11-10624. [10, s. 4.]

3.1 Pumpun osat ja tekninen tila

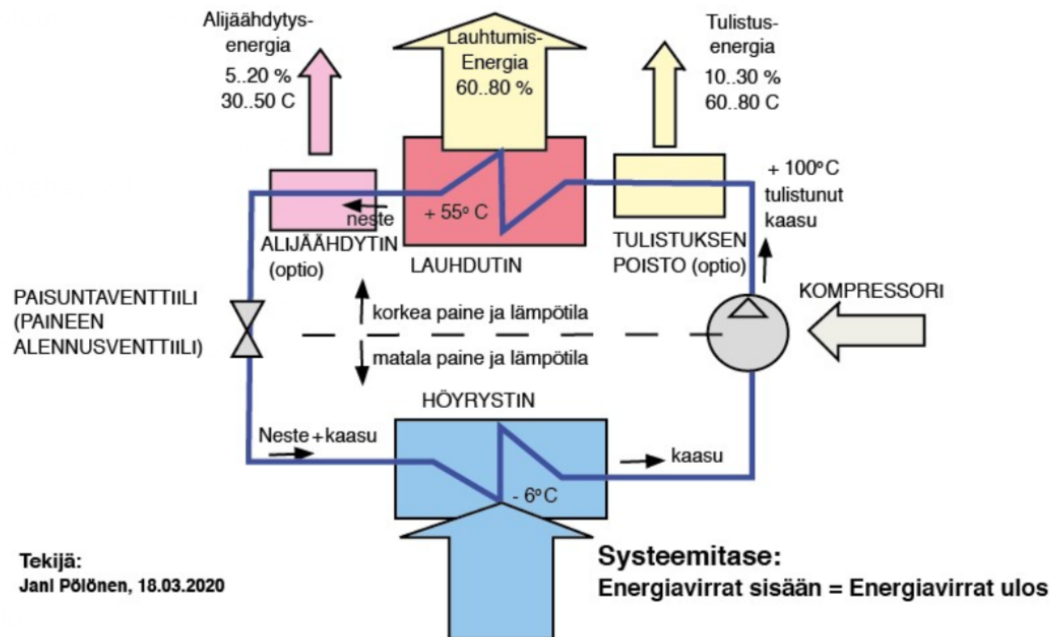
Lämpöpumpulle ja sen asennuksille on löydettävä tila lattiakaivolla varustettuna, yleensä pumppu sijoitetaan asuinkerrostalon tekniseen tilaan. Teknisessä tilassa tulee olla kaikille sinne sijoitetuille laitteille ja niiden käytölle sekä huollolle vaadittu tila. Tilaan johtavan oven ”moduulimitan” tulisi olla 10M, jotta kaikki lämpöpumput voidaan viedä tilaan. Ainoat vaatimukset tekniseltä tilalta ovat mahdollisten vesivuotojen varalta. Pumpulle valitussa tilassa tulee olla vedeneristetty lattia, vesipiste ja lattiakaivo. Kriteerien ollessa puutteelliset, tulee laitteelle rakentamismääräyskokoelman osan C2 mukaan rakentaa kaukalo tai alusta vesitiiviinä, mistä mahdollinen vuoto huomataan. Vesitiiviskaukalo nostetaan seinille, jottei vesi pääse vuodon sattuessa rakenteisiin. [12, s. 5.]

Maalämpöpumput voivat olla massaltaan 100 kilosta 800 kiloon riippuen käyttötarkoituksesta. Itse pumppu koostuu höyrystimestä, kompressorista, lauhduttimesta ja paisunta-venttiilistä. Lämpöpumpun asennus kannattaa sisällyttää maalämpöurakkaan. Kuvassa 2 on esimerkki taloyhtiön tekniseen tilaan asennetusta maalämpöjärjestelmästä. [13]



Kuva 2. Taloyhtiön tekniseen tilaan asennettu NIBE:n maalämpöpumppu ja varaaja.

3.2 Pumpun toimintaperiaate



Kuva 3. Periaatekuva kylmäprosessista, Jani Pölönen.

Maalämpöpumpun toiminta perustuu kylmätekniiseen kiertoprosessiin, joka tapahtuu kuvan 3 mukaisesti pumpun höyrystimessä, kompressorissa, lauhduttimessa ja paisuntaventtiilillä [14, s. 6]. Maaperään sitoutunut lämpö virtaa keruuputkistoa pitkin ja samalla putkistossa virtaava lämmönsiirtoneste jäähtyy lämpöhäviön takia vapauttaen energiaa. Lämmönsiirtonesteen lämpötila on alhaisempi kuin maaperän lämpötila, jolloin lämpötilaeron ansiosta lämmönsiirtyminen on mahdollista [15, s. 8].

Keruuneste pumpataan putkistoa pitkin lämpöpumpulle. Näin keruuneste tuo kerätyn energian. Lämpöpumpun höyrystimessä lämmönsiirtoneste ja kylmäaine kohtaavat ja lämmönsiirtoneste luovuttaa lämpönsä kylmäaineeseen. Kylmäaineen sitoessa lämpöä itseensä se höyrystyy. Höyrystynyt kylmäaine johdetaan kompressorille, missä vielä alhaisen lämpötilan omaava kylmäainehöyry puristetaan. Kovassa puristuksessa kaasuntuneen kylmäaineen paine kasvaa korkeaksi ja sen lämpötila nousee. Nyt korkean lämpötilan omaava kaasu kulkeutuu lauhduttimelle, jossa kaasu lauhtuu ja muuttuu takaisin nesteeksi luovuttaen lämpöenergiaa lämmityspiirille. Nesteeksi jäähtynyt kylmäaine johdetaan suodatinkuivaimelle ja sitä kautta paisuntaventtiin läpi. Lopuksi kylmäaine palautetaan höyrystimelle keräämään uutta geotermistä energiaa seuraavia kierroksia varten. [16]

3.3 Kylmäaine ja lämpökerroin

Lämpöpumpussa ja kylmäkoneissa käytetään nesteytettyjä kaasuja eli kylmäaineita, jotta lämpöä saadaan siirrettyä. Kylmäaineet koostuvat hiilivedyistä ja toimivat hyvänä energian siirtoaineena. Kemian teollisuudessa on erilaisten keinojen avulla jalostettu atomeja ja korvattu ne halogeenimolekyyleillä, joiden avulla niiden jaottelukin voidaan tehdä. Kylmäaineita voidaan luokitella myös aineen turvallisuuden ja ympäristövaikutuksen perusteella [17, s. 3].

Halogenoituja hiilivetyjä sisältäviä kylmäaineita voidaan luokitella eri tyyppeihin, kuten CFC-, HCFC-, HFC- ja HFO-aineisiin. Kaikki näistä sisältävät fluoria ja hiiltä sekä osa vetyä tai klooria. Kunkin kylmäaineen tiedoissa kerrotaan, kuinka otsoni- ja kasvihuoneilmiöhaitallisia ne ovat. Alhaisen GWP-arvon kylmäaineet ovat palavia nykytietämyksen mukaan. Palavuus vaikuttaa esimerkiksi lämpöpumppulaitteiden sijoitukseen. [18]

Niin sanotut luonnolliset kylmäaineet eivät sisällä lainkaan halogeenimolekyylejä. Ne voidaan kuitenkin vielä jakaa kahteen eri ryhmään, epäorgaanisiin ja HC-kylmäaineisiin. HC-kylmäaineita kutsutaan puhtaksi hiilivedyiksi, ja ne ovat vaarattomia ympäristölle. Puhtaat epäorgaaniset yhdisteet eli epäorgaaniset kylmäaineet koostuvat ammoniakista tai hiilidioksidista. Hiilidioksidin GWP-arvo on 1 ja siihen verrataan muita kylmäaineita niiden haitallisuuden osalta. HFC–kylmäaineiden käyttö kiellon tullessa voimaan, pidetään luonnollisia kylmäaineita hyvänä vaihtoehtona niiden palamattomuuden ja myrkyttömyyden takia. [19, s. 9]

Lämpökertoimesta käytetään lyhennettä COP, joka tulee englanninkielestä ”coefficient of performance”. Lämpökerroin on luku, joka kuvastaa sitä, kuinka paljon lämmitysenergiaa maalämpöpumppu saa tuotettua kulutettuun sähköenergian määrään nähden. [20, s. 7] Luvun avulla voidaan verrata lämpöpumppujen tehokkuuksia tietyssä toimintapisteessä. Esimerkkinä lämpökertoimen luvulla 4 maalämpöpumppu luovuttaa itse käyttämiensä kilowattituntien jälkeen kiinteistölle kolme kilowattituntia lisälämpöä. Pumpulta saadaan siis tuotettua lämpöä enemmän kuin kompressori käyttää sähköä. [21]

3.4 Maalämpöpumpputyypit

Maalämpöpumput voidaan jakaa kiinteälauhdutteisiin ja vaihtuvalauhdutteisiin lämpöpumppuihin. Kiinteälauhdutteisella lämpöpumpulla tehdään aina lämmintä vettä samalla lauhdutinpaineella. Vaihtuvalauhdutteiseen lämpöpumppuun voidaan lisätä tulistuksen poistin. Vaihtuvalauhdutteinen tarkoittaa sitä, että käyttövettä valmistettaessa nostetaan lauhdutinpaine eli lauhtumislämpötila korkeammalle, muuten toimitaan alhaisella lauhdutinpaineella. Tulistuksen poistimella varustetussa lämpöpumpussa tulistuslämpö otetaan talteen erillisellä lämmönsiirtimellä tulistusvaraajaan. Kiinteistöjen lämpöpumput toteutetaan lähes aina kahdella varaajalla, toinen lämpimälle käyttövedelle ja toinen lämmitykselle. Lämmin käyttövesi voidaan esilämmittää lämmitysvaraajassa. Vaihtuvalauhdutteisella lämpöpumpulla lämpö ohjataan vaihtoventtiilille joko lämpimän käyttöveden varaajaan tai lattialämmitysvaraajaan [14, s. 8–9.]

Järjestelmään voidaan myös kytkeä erillinen lämmitysvaraaja, joka on varustettu käyttövesikierukalla. Varaajassa lämpötila pyritään pitämään mahdollisimman korkeana jatkuvasti. Kääntöpuolena ovat varaajassa olevan veden lämmityskulut. Kylmävesi voidaan

esilämmittää lämmitysvaraajassa ja johtaa vasta sitten käyttövesivaraajaan, mikä voi olla parempi riippuen kulutuksesta. [22, s. 8]

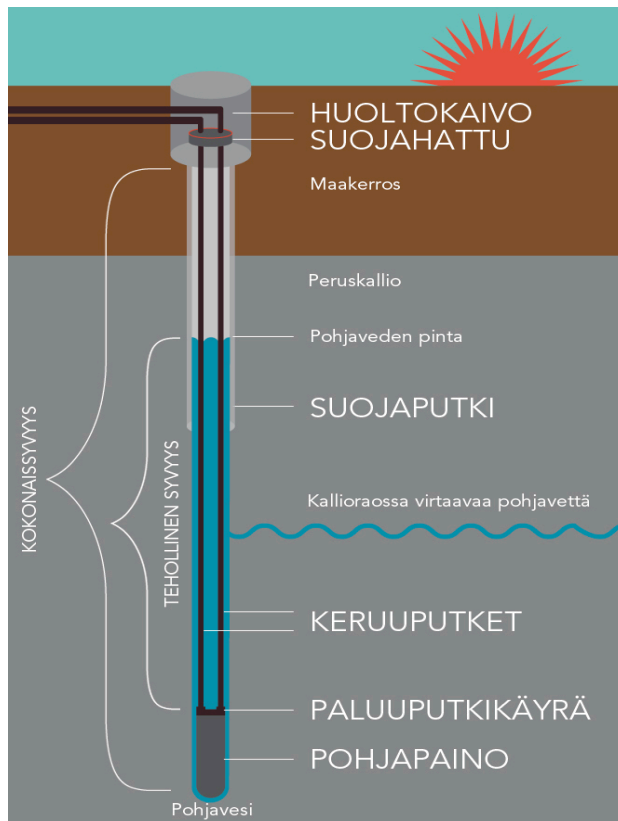
4 Lämpökaivokenttä

4.1 TRT-mittaus

Suuremmissa kohteissa kaivokentän suunnittelussa kannattaa käyttää TRT-mittausta kallioperän ominaisuuksien ja lämpökaivon lämmönvastuksen määrittämisessä. Muutaman kaivon kohteissa tätä ei yleensä tehdä. TRT-mittaus parantaa kaivokentän simuloinnin ja mitoituksen tarkkuutta. Geologisien tietojen ja hankealueen kallioperän kartoittamista varten on kehitetty testi nimellä ”TRT – mittaus”. Tämä terminen vastetesti auttaa energiakentän mitoittamisessa ja suunnittelemisessa. Mittauksessa tontille porataan 1–3 koekaivoa. Niiden avulla selviää, kuinka paljon kallioperä voi varata itseensä lämpöä. Tieto kallion lämmönjohtavuudesta vaikuttaa oleellisesti porattavien lämpökaivojen määrään. TRT-mittauksen jälkeen saadaan selville lämpökaivoille poraussyvytydet ja kaivokenttä voidaan mitoittaa tarkemmin. [24]

Lämpökaivojen porauksia ennen on tärkeää tehdä selvitys tontin maaperän laadusta ja yleisesti siitä, mitä maanpinnan alapuolelta löytyy. GKT on julkaissut Suomen maaperästä kartan, mistä selviää maan geoenergiapotentiaali. Hakkupalvelusta voi myös selvittää tontin osoitteen mukaan maanpeitteen paksuuden alueittain. Sitä voi käyttää apuna lämpökaivokentän suunnittelussa. [23] Jälkikäteen lisäkaivojen poraaminen on kallista ja yleensä täsmälliseen suunnitteluun kannattaakin panostaa, koska sen kustannukset saadaan maksettua takaisin jo ensimmäisen vuoden aikana [28].

4.2 Lämpökaivo ja poraus



Kuva 4. Lämpökaivon rakennekuva. Geodrill.fi

Energiakaivo on maahan tai kallioperään porattu reikä. Poraus tapahtuu suoraan alaspäin yhtä lämpökaivoa porattaessa, mutta samasta pisteestä porattaessa voidaan porata "vinoreikiä", joiden välinen kulma on oltava vähintään 25 astetta [25, s. 27]. Riippuen kiinteistön lämmöntarpeesta lämpökaivojen lukumäärä sekä syvyydet vaihtelevat. Asuin-kerrostalossa lämpökaivot voivat olla syvyydeltään 300 metristä 800 metriin, mutta kustannusoptimaalinen kaivosyvyys on 300 metristä 320 metriin. [27] Halkaisijaltaan lämpökaivo on 110–165 mm. Lämpökaivojen halkaisijaan vaikuttavat kollektorin putkikoko sekä kollektorityyppi. [6]

Lämpökaivossa ylipänä maaperässä on irtomaosuutta. Tälle osuudelle on erikseen asennettava teräksinen tai muovinen suojaputki, jonka tehtävänä on pysäyttää soran, kaivosta rikkoutuneen aineksen sekä pintaveden pääseminen kaivoon. Pohjavesialueella suojaputken syvyys ulottuu jopa 6 metrin syvyyteen kiinteään kallioon ja muualla

2–6 metrin syvyyteen riippuen kuinka ehjää kallio on. Porareikä viimeistellään täyttämällä suojaputken ja kiinteän kallion välinen tila betonilla. [26]

Porareiän valmistumisen jälkeen voidaan valmiiksi koeponnistetut lämmönkeruuputket asentaa. Jotta putkiston asennus olisi helpompaa, kiinnitetään putkiston paluukäyrän päähän jo ennen asennuksia hitsattu pohjapaino. Pohjapainon koko kasvaa suhteessa putken pituuden nähden. [6]

4.3 Lämpökaivokenttä

Asuinkerrostalon lämmittäminen tarvitsee kattavan lämmönlähteen ja sen takia lämpökaivoja tulee olla enemmän kuin yksi. Kaivokentän nimitys tulee alueesta, johon on sijoitettu useampi kuin yksi lämpökaivo. Kaivoihin asennetut putket kytketään toisiinsa ja tuodaan tekniseen tilaan maalämpöpumpulle asti. Oleellista on, että kaivokenttä on mitoitettu niin, että pitkäaikainen energiansaanto on mahdollista kallioperän lämpötilan laskematta liikaa esimerkiksi 50 vuoden aikana. Tämä korostuu, kun kyseessä on suurien kiinteistöjen lämmitykseen vaadittava lämmitysenergiatarve. Kenttien rakenne on erilainen jokaisessa kohteessa. [6]

4.4 Kaivokentän mitoitus

Lämpökaivokenttä suunnitellaan niin, että sen pitkäaikaiskäyttö on mahdollista. Yleensä lämpökaivo suunnitellaan toimimaan 25 tai 50 vuotta. Oikein suunniteltu kaivokenttä on käyttökelpoinen vielä 50 vuoden jälkeenkin. Oleellista on, että lämpökaivoista ei oteta liikaa energiaa. Lämpöä pitää ehtiä siirtyä riittävästi kaivokentän ympäristöstä kaivokenttään, jotta kallioperän lämpötila eli kaivon seinämän lämpötila ei laske liian alhaiseksi. Usein kaivokentän pitkäaikaismitoituksessa käytetään keruuliuksen loppulämpötilana +2 asteesta –1,5 asteeseen. Jos lämpötila laskee alle –2 °C:n, kaivojen jäähtymisriski on suuri.

Kentän mitoituksessa päätetään lämpökaivojen lukumäärä, niiden sijainti alueella, kuinka syviä kaivoista porataan sekä kaivojen asettelu toisiinsa nähden. Yhtenä tärkeimpänä seikkana pidetään kerrostalon maantieteellistä sijaintia, koska metrimäärällinen

poraustarve vaihtelee paikkakuntien välillä. Kaivokentän kaivojen määrä tekee vaikutuksesta merkittävän.

Lähtökohtana kentän mitoitukselle on kiinteistön vuotuinen energiantarve, lämpöpumpun teho, lämpökaivojen maksimimäärä, joka tontille on mahdollista sijoittaa suojaetäisyydet huomioiden ja lämpöpumpun lämpökerroin. Näin saadaan arvioitua hetkittäinen maasta otettava keskimääräinen teho ja energia. Mitoituksen onnistumisen varmistamiseksi, olisi tarkasteltava kiinteistön energiankulutusta mahdollisimman pitkältä aikaväliltä. Mitoituksessa tulee ottaa huomioon, että sekä energiakenttä että lämpöpumppujärjestelmä soveltuvat kohteeseen ja vastaavat sen tarpeita. Kentän mitoitukseen tarvitaan energiakaivon lämpötilamittauksesta tulkittuja parametreja. Energiakaivokentän mallinnuksia ja TRT-mittauksia on saatavilla useilta toimijoilta ja yrityksiltä. [29, s. 27]

Lämpöpumpun valinnassa urakoitsija voi hyödyntää esimerkiksi lämpöpumppuvalmistajien mitoitus- ja valintaohjelmia. Esimerkiksi Oilonilla on erittäin hyvä lämpöpumppujen mitoitus- ja valintaohjelma. Pumppuja mitoittamisessa ohjelma ottaa huomioon ilmaislämmön, joka tulee ihmisistä, lampuista, uunista tai esimerkiksi rakennuksen sisään tulevasta auringonpaisteesta. Ohjelmaan syötetään sisälämpötilat, patterilämmityksen lämpötilat ja otetaan huomioon rakennuksen kokonaiskulutus lämmitysenergian suhteen, esimerkiksi kaukolämmössä. Syötettyjen tietojen perusteella ohjelma ehdottaa järjestelmälle maalämpöpumppuja. Ohjelma antaa järjestelmään valituille invertteripumppuille laskennalliset käyntiajat, jossa voidaan varmistaa, että käyntiajat saadaan vuodessa 3000-4000 tunnin välille ja pumput toimimaan kustannustehokkaasti. [30, 31]

Pumppuvalmistajien lämpöpumppujen mitoitus- ja valintaohjelmaa ei tule käyttää lämpökaivojen mitoituksessa. Lämpökaivojen mitoituksessa voidaan käyttää EED-simulointiohjelmaa tai IDA ICE -lämpökaivomitoitusta. Yksittäisten pientalon kaivon voi mitoittaa nyrkkisäännöilläkin, mutta isoimmissa kohteissa pitäisi aina käyttää validoituja kaivojen mitoitusohjelmia, ja kun on paljon kaivoja, on syytä myös tehdä TRT-mittaus. [32]

5 KytKentätapaesimerkit

5.1 Kiinteistölämpöpumpun kytkentä

Kiinteistölämpöpumpun kytkennässä puskurivaraaja toimii osana asuinkerrostalon maalämpöjärjestelmää. Puskurivaraajalla varmistetaan riittävän pitkät käyntijaksot lämpöpumpuille ja vakiovirtaama lämpöpumpun lauhduttimella. Maalämpöjärjestelmä ilman puskurivaraajaa on halvempi, mutta tämä ei ole komponentti, joka kannattaa jättää asentamatta.

Lämmityksen varaajalla saadaan lämmitysverkoston vesitilavuus suuremmaksi. Ilman erillistä puskurivaraajaa järjestelmä kuumentaa kierrätetyn veden nopeasti ja sammuu sen jälkeen eli käy ptkäkäynnillä. Kun patterit ovat luovuttaneet lämpönsä, jatkuu pumpun toiminta. Lämmityksen varaaja mahdollistaa riittävän pitkän käyntijakson. Samalla maalämpöpumppu saa vapautettua tuottamansa lämmön veteen, jolloin vältytään häiriötilanteilta. Näin saadaan myös maalämpöpumpun käynnistyskertoja harvennettua sekä käyntijaksoja pidennettyä, jonka ansiosta kompressorin elinkaari kasvaa.

Pidemmät käyntijaksot nostavat pumpun hyötysuhdetta, koska joka kerta maalämpöpumpun käynnistyessä kylmäaine vaatii aikaa vakioitumiselle sen höyrytymisen sekä lauhtumisen jälkeen. Mitä parempi on pumpun hyötysuhde, sitä pienempi on sen sähkön kulutus suhteutettuna pumpun tuottaman energian määrään.

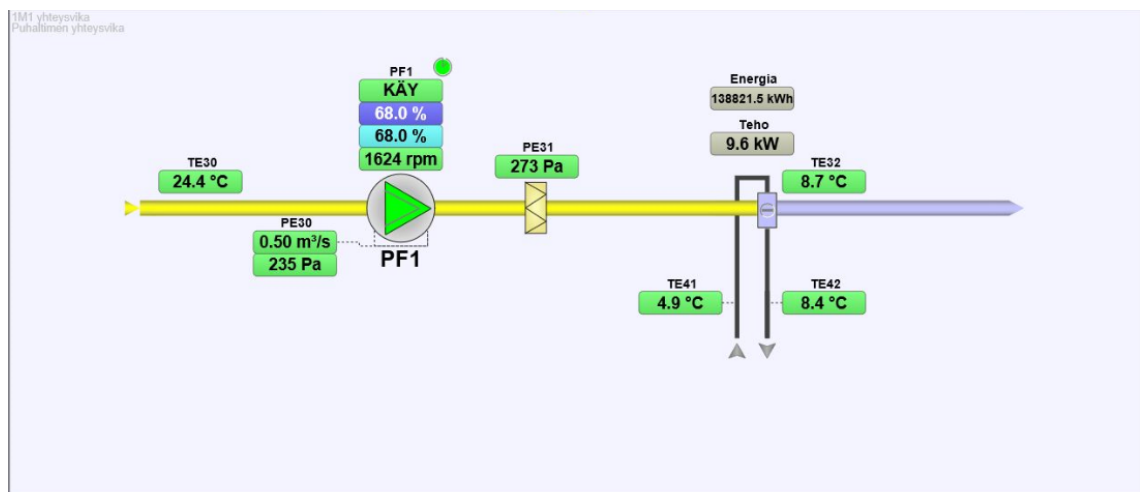
Kiertovesipumpun tehtävänä on saada lämmitetty vesi virtaamaan lämmityksen varaajan ja patteriverkoston välillä. Lämmityksen varaaja takaa riittävän veden virtauksen, häiriötömän järjestelmän toiminnan ja sen helpon käytön. Esilämmitykseen voidaan käyttää alavaraajan molempia kierukoita käyttöveden kulutuksen ollessa suuri. Tässä kytkennässä on toinen LP korkealla lämpötilalla ja toinen LP lämpimän käyttöveden tekemiseen. [33]

5.2 Poistoilman lämmöntalteenotto

Kerrostalokiinteistöissä voidaan pienentää lämpökustannuksia hyödyntämällä poistoilmasta talteen otettua lämpöä ja siirtämällä se tilojen tai käyttöveden lämmittämiseen. Toteutus on mahdollinen, jos kohteessa on koneellinen poistoilmanvaihto. Kiinteistöstä pois johdettu ilma on keskimäärin yli +20-asteista, mikä tarkoittaa, että jopa noin 35 % lämmitysenergiasta johdetaan rakennuksesta ulos. [34]

Vanhoissa kerrostaloissa maalämmön rinnalle valittu vaihtoehto on yleensä poistoilman LTO. Ratkaisussa asuinkerrostalon katolle asennetaan lämmöntalteenottoyksikkö. Poistoilman lämmöntalteenottoa hyödynnettäessä kiinteistöstä poistuvan ilman lämpötila saadaan +2-asteiseksi ja vastaavasti ostoenergian käyttö vähenee noin 35 %:lla sekä yhtiövastike pysymään samana.

Yksikössä kiertävä lämmönkeruuneste ottaa talteen lämmön ulos johdetusta lämpimästä ilmasta. Ulkoseinällä linjaa pitkin tai porraskäytävässä kulkeva lämmönkeruulinja vie kerätyn lämmön tekniseen tilaan. [16] Siellä keruuneste luovuttaa lämmön lämpöpumpulle, josta energia ohjataan uudelleen käyttöön joko lämmitysverkostoon tai lämmittämään käyttövettä. Näin säästetään ostoenergian määrässä sekä mahdollistetaan hukkalämmön hyötykäyttö. Kuva 5 kuvastaa maalämmön rinnalle kytkettyä LTO-järjestelmää sekä siinä tarkasteltavia komponentteja. [34]



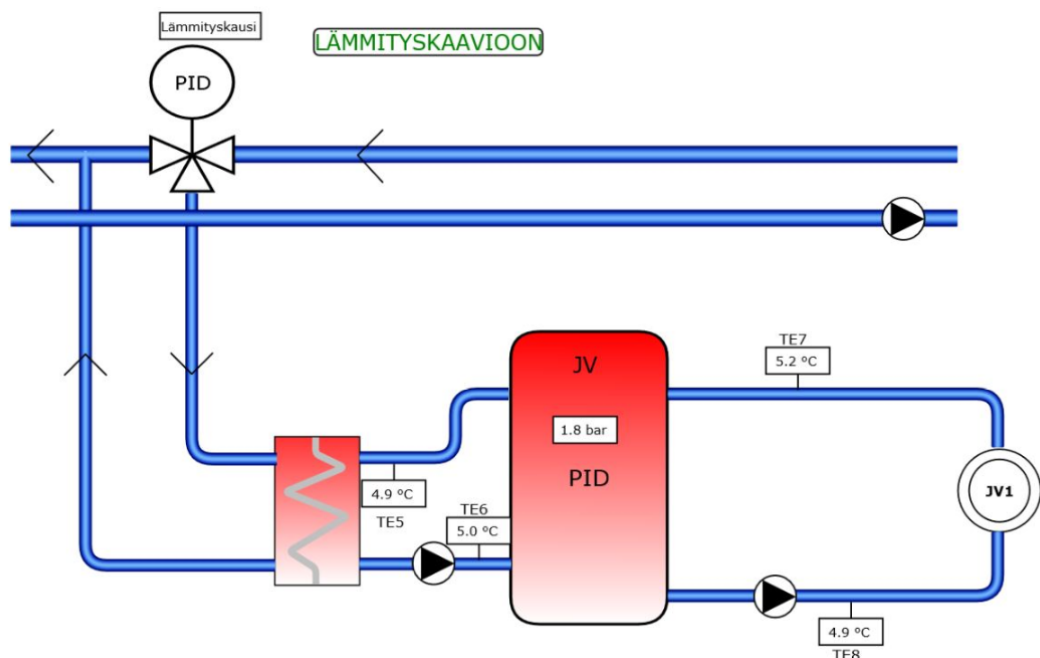
Kuva 5. Esimerkki LTO-patterin toiminnasta poistoilman lämmöntalteenotossa.

5.3 Jäähdytys puhallinkonvektoreilla

Taloyhtiöllä on halutessaan mahdollisuus kytkeä maalämpöpumpun rinnalle jäähdytys puhallinkonvektoreilla eli maaviilennys. Kytkennässä puhallinkonvektorit ovat osana maalämpöjärjestelmän lämmönkeruupiiriä. Tarkoituksena on käyttää hyväksi lämpökai-
vossa käytettävää viileää keruunestettä.

Puhallinkonvektorit asennetaan upotettuina asuntojen kattoihin ja varustetaan kondenssiveden poistolla, koska siellä kiertävän keruunesteen lämpötila on jopa alle kastepisteen. Tällä tavoin maaviileää voidaan johtaa hyvin yksinkertaisesti asuinkerrostalojen eri tiloihin. Huoneistoihin puhalletaan normaalisti tuloilmaa puhallinkonvektorin läpi, näin tuloilma viilenee sekä jäähdyttää tilaa. [35, s. 10]

Tämä kytkentä toimii tehokkaasti ja hyvin yhteistyössä maalämpöpumpun kanssa. Huoneilmasta kertynyt lämpö voidaan lopuksi johtaa takaisin maahan viilentymään tai voidaan se suoraan käyttää käyttöveden lämmitykseen. Talvisin saadaan taloyhtiön maalämpöpumpun hyötysuhdetta parannettua, sähkönkulutusta sekä lämmityskustannuksia pienennettyä. Kuvassa 6 on esimerkkijäähdytyksen kytkentäpiiristä maalämmön rinnalla. [35, s. 9]



Kuva 6. Esimerkki jäähdytyksen kytkentätavasta maalämmön rinnalla.

6 Toteutusta edeltävä päätöksen teko ja vaiheistus taloyhtiössä

6.1 Pohjustaminen

Tässä maassa on melkein 90 000 taloyhtiötä, ja niissä asuu lähes puolet maamme ihmisistä, Sofia Virtanen mainitsee tekniikka- ja talouslehdessä 30.8.2018. Suurin osa asuinkerrostaloista on kytkettynä kaukolämpöön tai öljylämmitykseen. Huolen aiheena taloyhtiöille ovat suuret kiinteistön energiakustannukset. Pientalojen suosiossa ollut maalämpö on nyt valtaamassa asuinkerrostalojen lämmitysmarkkinoita. Kaukolämmön hinta kallistuu jatkuvasti ja se on huono asia kaukolämmössä oleville taloyhtiöille.

Siirtyessä kaukolämmöstä maalämpöön taloyhtiö voi pienentää lämmityskustannuksia puolella ja öljy- tai sähkölämmityksestä siirryttäessä kustannuksen voivat olla enää kolmasosan. [36] Kokouksissa puheeksi tulee laitteiston uusiminen ja korjaus, niiden tullessa käyttöikänsä päähän. Tämä saa monet asukkaat kokemaan järkeväksi siirtyä maalämpöön ilmaston muutoksen ollessa aiheena niin pinnalla.

Ilmastonäkökulma korostuu entisestään taloyhtiöissä. Tämän takia esimerkiksi kaukolämmön tuottaminen kivihiilen, turpeen, jätteiden, öljyn tai puun polttamisella ei miellytä asukkaita varsinkin kun se lisää suurena määrin hiilidioksidipäästöjä. Maalämpö lämmitysmuotona taas on puhdas, ekologinen ja uusiutuvaa energiaa hyödyntävä ratkaisu. Positiivisena vaikutuksena ratkaisu nostaa asunnon ja kiinteistön arvoa. [37, s. 15]

6.2 Lähtökohdat päätöksen tekemiselle



Kuva 7. Päätöksen tekemisen vaiheet taloyhtiössä ennen toteutukseen siirtymistä, Jani Pölonen.

Kuva 7 kuvastaa vaihteistukseltaan, kuinka iso hanke ja päätös lämmitysmuodon vaihtaminen maalämpöön on taloyhtiössä. Päätöksen tekeminen ei yleensä ole pieni prosessi ja on valmistauduttava moniin yhtiökokouksiin asian tiimoilta. Päätöksen etenemiseen vaikuttaa paljon se joukko, jonka kanssa ratkaisuja ollaan pohtimassa. Taustatietoa on

hankittava ja keskusteluja on käytävä, jotta toteutus vaihtoehtojen osalta päästään yhteisymmärrykseen. [38]

Normaalisti asia tulee puheeksi ensimmäistä kertaa taloyhtiökokouksessa isännöitsijän tai hallituksen ehdotuksena. Hankkeen esittämistyylillä on merkittävä vaikutus sen toteutumiselle. Esityksen ollessa perusteltu ja valmisteltu hyvin, on se vakuuttavampaa esittää muille asianomaisille. On otettava huomioon, että yleensä suurin osa ei tiedä maalämmöstä, projektin laajuudesta, sen tuomista hyödyistä tai kokonaiskustannuksista. Lopullisen päätöksen voi tehdä taloyhtiökokouksessa muiden läsnä ollessa. [39]

Ongelmana on siis asukkaiden epätietoisuus aiheesta, epäluulot ja pelko yhteisten rahojen tuhlaamisesta. Väärinkäsitykset voidaan korjata esittämällä fakta tietoja perustuen viranomaisten julkaisemiin ohjeisiin ja tiedotteisiin. Monesti hallituksessa tietämystä maalämmöstä ei ole juuri ollenkaan ja vastuuhenkilöksi valikoituu mahdollisesti kiinteistön isännöitsijä. Tietämättömyys ja osakkaiden painostus hankkeen nopealle etenemiselle johtaa hosumiseen, jonka jälkeen tilaaja joutuu peruuttelemaan. Urakoitsijalle tämä ei ole toivottu tilanne ja siksi, on suositeltavaa harkita ammattilaisen rakennuttajakonsultin palkkaamista sekä apua. [38]

6.3 Esikartoitusvaihe

Tässä vaiheessa taloyhtiö on tehnyt aloitteen hallitus- ja yhtiökokouksissa. Esikartoitusvaiheen kesto on kohteesta riippuen aikajänteeltään noin 1–2 viikkoa, mutta työtunneiltaan se on huomattavasti vähemmän. [41]

Oleellisimpia asioita esikartoitusvaiheessa ovat kiinteistön energiakulutuksen selvittäminen. Sen perusteella voidaan arvioida, onko tontille mahdollista sijoittaa riittävä määrä lämpökaivoja ja onko mahdollista käyttää muita lämmönlähteitä, kuten poistoilman lämmöntalteenottoa. Tässä vaiheessa tarkastetaan, onko teknisiä tiloja maalämpöjärjestelmälle olemassa eli onko käytävissä olevaa tilaa, johon varaajat ja lämpöpumput mahduttavat. Selvitetään, saako tontille porata lämpökaivoja ja kartoitetaan alustavasti hankkeen kannattavuutta. Samalla katsotaan asuinkerrostalon käyttämä ilmanvaihtojärjestelmä, jotta selviää mahdolliset kytkentävaihtoehdot, kuten MLP + LTO tai MLP + maaviileä. On myös kartoitettava mahdollisten lisä- ja rinnakkaislämmönlähteiden

vaihtoehdot. Näitä voivat olla sähkökattila tai kaukolämpö. Kaukolämpö rinnakkaislämmönlähteenä on kallis ja sen hinta on tarkistettava, koska hinnoittelu vaihtelee paikkakunnittain.

Selvitykseen kuuluu soveltuvuuden arvioinnin lisäksi alustavan kustannusarvion laatiminen kaukolämpöpaketin uusimisesta tai öljykattila valittaessa, laaditaan kustannusarvio öljystä kaukolämpöön siirtymisestä. Lopputuloksena saadaan käsitys lämpöpumppuhankkeen soveltuvuudesta ja taloudellisuudesta päätöksen teon tueksi.

Aluksi on järkevää palkata kokenut ja vahvojen näyttöjen omaava hankesuunnittelija maalämpöprojektiin. Suunnittelijan rooli on toimia asiantuntijana puolueettomasti, auttaa tarpeen mukaisissa selvitystöissä, selvittää mahdolliset toteutus tavat ja laatia riskianalyysi. [37]

Seuraavaksi voidaan aloittaa pohtimista kaivojen sijoittelun suhteen. Asiantuntijoiden tullessa arvioimaan tilannetta voidaan toteutus ehdotuksia verrata alustavaan kartoitukseen kaivoista. Yleensä tätä kautta ymmärrys hankkeen todellisesta toteutuksesta kasvaa taloyhtiössä. [38] Esikartoituksen aikana saadaan tietoja maalämpöjärjestelmän mahdollisuuksista ja voidaan niistä laatia esitys hallitukselle. Hallitus kokoontuu ja tekee selkeän yhteenvedon, joka voidaan esittää taloyhtiökokouksessa. Siellä voidaan yhteisesti päättää esiselvitysvaiheeseen siirtymisestä. Tässä vaiheessa voidaan pahimmassa tapauksessa jo todeta, että hanketta ei ole järkevä toteuttaa. [40]

6.4 Esiselvitysvaihe

Esiselvitysvaiheessa hallitus ja asukkaat ovat kokeneet maalämmön kiinnostavaksi vaihtoehdoksi, ja alustava päätös maalämpöön siirtymisestä on annettu. Hallituksen teettämän esityksen pohjalta kaikki osakkaat ovat päässeet yhteiseen ymmärrykseen ja valmiita etenemään prosessin kanssa. Esiselvityksen kesto on noin 3 viikkoa. Taloyhtiökokouksessa tulee tässä vaiheessa ottaa puheeksi, tilataanko asiantuntijan tekemä suunnitelma. Asiantuntijan teettäessä suunnitelma taloyhtiölle, on hänelle annettava oikeat lähtötiedot. [40]

Oikeisiin lähtötietoihin kuuluvat oleelliset perustiedot rakennuksesta. Isännöitsijä todistuksesta selviää asukkaiden ja asuntojen määrät sekä niiden kulutuksen vaikutus ilmanvaihtoon. Todistuksesta löytyy käyttöveden ja lämmitysenergian kulutukset.

Esiselvitysvaiheessa ja suunnitelmassa tarkennetaan esikartoitusvaiheessa tehtyjä laskelmia ja arvioidaan sen hetkisen lämmönjakoverkoston kunto. Lisäksi selvitetään lämmityksen ja käyttöveden mitoitustehot sekä mahdollisuuksien mukaan energian kulutusprofiili. Lämmitysverkoston lämpötilatasot selvitetään ja samalla mitoitetaan energiakäivokenttä. Tässä vaiheessa määritetään käyttövedelle valmistustapa ja lämpöpumppujen määrä sekä niiden tehojako. Käyttöveden valmistusta ja lämpimän käyttöveden kiertoa varten määritetään COP-arvon minimi [42, s. 23].

Mahdollisen energiaremontin toteutuessa, on esiselvityksen yhteydessä tarkistettava sähköliittymän riittävyys eli pääsulakkeiden ja syöttökaapeleiden vahvuudet sähkölaitokselta sähkörajoitteiden varalta. Uusimisesta voi koitua taloyhtiölle merkittäviä kustannuksia. Järjestelmän mitoituksen jälkeen voidaan käyttää apuna laskuria, jolla selviää pumppujen laskennallinen lisätehontarve. Pitää siis selvittää lämpöpumppujen, lisätehon, sähkökattilan sähkön tarpeet, jolloin ampeerit voidaan laskea yhteen ja saadaan järjestelmän sähkön tarve niin sanotussa maksimaali tilanteessa. Tämän tiedon avulla mitoitetaan sähkön alakeskus. Seuraavaksi on vuorossa taloyhtiön harkinta suuremmasta liittymästä, jolloin syöttökaapelit joko riittävät tai tarvittaessa yksi syöttökaapeli lisätään rinnalle tilanteen niin vaatiessa. [40]

Osakkaita kiinnostaa monesti eniten esiselvitysvaiheessa talouslaskelmat. Talouslaskelmissa lasketaan eri vaihtoehtojen elinkaarikustannukset ja verrataan vaihtoehtoja toisiinsa. Lisäksi saadaan selville maalämpöjärjestelmän tuomat säästöt ja sen takaisinmaksuaika. Tulosten avulla voidaan tehdä kustannusvertailutaulukko maalämmön ja entisen lämmitysmuodon välillä, esimerkiksi hintojen nousu vuosittain. Taulukko luo konkreettisesti ja visuaalisesti selkeää dataa, jonka avulla investoinnin kannattavuudesta voidaan keskustella taloyhtiökokouksessa. Alustavan suunnitelman ollessa valmis, voidaan siinä esitetyt asiat, vaaditut toimenpiteet ja tarpeelliset ratkaisut esitellä hallituksen toimesta taloyhtiökokouksessa. Näin kokonaiskuva maalämpöprojektista alkaa hahmottua. Lopuksi on tehtävä päätös toteutusta edeltävään vaiheeseen siirtymisestä. [43]

6.5 Detaljisuunnitteluvaihe ja luvat

Detaljisuunnitteluvaiheessa tuotetaan aineistot urakkatarjouksia varten. Detaljisuunnittelu vaiheen kesto taloyhtiössä on noin 4–6 viikkoa. Päätökset tehdään tässä vaiheessa laitekoonpanon osalta. Kun kilpailutetaan eri toimittajia, niin toimittajien ratkaisut poikkeavat toisistaan kytkentöjen ja teknisten yksityiskohtien osalta. Oleellista on, että määritetään ne olosuhteet, joissa COP-minimiarvot ja tehot voidaan saavuttaa tarjotulla laitteistokoonpanolla. Tarjouksia tulisi saada 2–3 urakoitsijalta. Liian tiukat raamit poisulkevat osan toimittajista tai johtaa vain yhteen toimittajaan toisin sanoen yhden toimittajan tekniikkaan. Tärkeää on myös energiakaivokentän rakennustapaselostus, jolla esitetään liiallinen sooloilu tarjouksissa. [34]

Lupien osalta jokainen maalämpöprojekti tarvitsee toimenpideluvan tontille tulevien lämpökaivojen porauksen takia. Toimenpideluvan sisältö ja liitteet määrittyvät aina kunta-kohtaisesti, mutta osaa vaaditaan kaikkialla. Lupaprosessi kestää yleensä yhdestä viikosta neljään viikkoon ja lupien hankkimisessa auttaa projektipäällikkö, jos taloyhtiö hänet on palkannut tai valinnut. Tilanteessa, jossa taloyhtiö vaihtaa maalämpöön ja kiinteistö on rakennettu jo aikaisemmin, vaaditaan siitä erillinen toimenpidelupa maalämmölle. Lupapiste.fi-verkkosivusto on asiointipalvelu kaikille kunnille, kun rakennetaan tai tehdään muutoksia kiinteistön ympäristöön. Vaihtoehtoisena ratkaisuna luvan saamiselle on perinteisesti yhteydenottaminen rakennusvalvontaviranomaiseen. [45, s. 4]

Pakollisiin ja kaikissa kunnissa vaadittaviin dokumentteihin kuuluu toimenpidelupahakemuksen lisäksi laillinen omistus- tai hallintaoikeustodistus, hyväksytty kiinteistökartta, asemapiirros, naapurien tiedottaminen ja rakennusvalvonnan hyväksymä todistus projektista vastaavasta työnjohtajasta. Kaikkien pakollisten dokumenttien toimittamisessa on oltava erityisen tarkkana, koska muuten lupahakemus voidaan hylätä ja hakuprosessi on aloitettava uudestaan. [25]

Monesti taloyhtiöt ajautuvat ongelmaan, jossa kiinteistöhoitajalle on annettu vastuu kilpailuttaa kiinteistöön tulevan maalämpöurakan. Kiinteistöhoitaja saa monelta urakoitsijalta tarjoukset, mutta ne eivät ole millään tavalla keskenään vertailukelpoisia. Asiantuntijan tulee olla mukana heti hankkeen alusta, niin tämä ongelma selätetään. Selkeän suunnitelman avulla voidaan tarjouskilpailu aloittaa. Näin voidaan suunnitelman avulla pyytää maalämpöurakoitsijoilta yhtenevät tarjoukset. Apua yleensä tarvitaan tarjouspyyntöjen tekemisessä ja siinä auttaa projektipäällikkö, joka on todennäköisesti toiminut jo aikaisemmin hankkeessa hankesuunnittelijana. Hän selvittää maalämmön järjestelmätoimittajat ja auttaa tarjouspyyntöjen valmistelussa. Monet alan toimijat eroavat toisistaan ja siksi hallituksen on käytävä läpi saatuja tarjouksia sekä esitettävä omasta mielestä parhaat taloyhtiökokouksessa. [37]

Urakoitsijan valinta ei ole helppoa, ja halvin ei välttämättä ole paras vaihtoehto. Yleensä valitaan urakoitsija, joka pystyy parhaiten vastaamaan tilaajan tarpeisiin. Valinnan ja tarjouksen hyväksymisen jälkeen voi todellinen toteutussuunnittelu alkaa. Tässä vaiheessa on erittäin hyödyllistä palkata pätevä valvoja projektille, jotta hänen asiantuntemuksensa saadaan suurin hyöty. Ennen valvojan palkkaamista on hyvä varmistaa, että henkilöllä on kokemusta samankaltaisista hankkeista, suosituksia aikaisemmista projekteista ja että kyseisen yrityksen maine on puhdas. Valittu henkilö toimii ikään kuin luottohenkilönä taloyhtiölle ja varmistaa, että projekti toteutuu sovitulla tavalla ja laadukkaasti. Luottotyyppejä tilaajalle ovat myös projektipäällikkönä ja hankesuunnittelijan roolissa toimivat tai toimiva henkilö. [37] Normaalisissa tilanteissa toteutussuunnitelman laatii maalämpöprojektiin valittu urakoitsija ja siitä sovitaan urakkaneuvotteluissa. Maalämpö urakan toteutussuunnitelma on tyyliltään verrattavissa perinteiseen projektisuunnitelmaan. Suunnitelma sisältää aikataulun jokaiselle toteutusvaiheelle. [40]

Toteutussuunnitelma ollessa valmis ja hyväksytty, voidaan sen pohjalta laatia aikataulu toteutus vaihetta varten. Tilaajan näkökulmasta toteutusaikataulu on yksi tärkeimmistä ja eniten heitä kiinnostava aihe. Asukkaat kokevat tärkeäksi, että heitä tiedotetaan aina urakan jokaisesta vaiheesta. Aikataulu laaditaan yhteisesti kaikkien maalämpöhankkeeseen kuuluvien osapuolten kanssa. Valvojalle aikataulu on tärkeä, jotta hän voi valvoa toteutusta. Valvonnalle on myös varattava aikataulussa oma aikansa. Osakkaiden kannattaa vaatia aikataululta täsmällisyyttä ja selkeyttä. [47]

7 Maalämpöprojektin toteutusvaihe



Kuva 8. Karkeasti maalämpöprojektin toteutuksen vaiheistuskaavio LTO:n kanssa, Jani Pölonen.

Toteutusvaihe on viimeinen vaihe ennen järjestelmän luovuttamista ja käyttöönottoa taloyhtiölle. Sen kesto on noin 4 - 8 viikkoa. Kuva 8 hahmottaa maalämpöprojektin toteutuksessa suoritettavia vaiheita. Vaiheista on tiedotettava taloyhtiötä ajoissa, koska mahdollisten ongelmien vastaan tullessa, asukkaat ottavat ne vastaan paremmin. [37]

Joissakin tapauksissa sisätyöt voidaan tehdä valmiiksi, jolloin järjestelmä käy sähköllä, kunnes keruuputket kytketään. Toisissa tapauksissa ensiksi porataan lämpökaivot, jonka jälkeen on vaakaputkistojen tekeminen. Toteutusjärjestys vaihtelee hyvin paljon riippuen aikaisemmasta lämmitysjärjestelmästä, eikä sillä ole suurta merkitystä, kunhan se suhteutetaan toteutus kokonaisaikatauluun. [40]

7.1 Urakkaneuvottelu ja urakkasopimus

Suurin osa taloyhtiöille toteutetuista maalämpöurakoista sujuu hyvin ja mallikkaasti. Syynä tähän ovat onnistuneet urakkaneuvottelut sekä YSE 1998:n sopimusehtoja noudattava, selkeä ja huolella tehty urakkasopimus. Otettaessa huomioon hallituksen tai isännöitsijän omaava ammattitaito maalämpöprojektin hallinnasta, on suotavaa mukana neuvotteluissa olla projektipäällikkö ja urakan valvoja, jotta taloyhtiön eduista ja oikeuksista pidetään kiinni. [49, s. 39]

Urakkaneuvotteluiden läpiviennistä on vastuussa taloyhtiön projektipäällikkö. Ensiksi esitetään sopimuksen solmimiseen kuuluvat asiat, vastuut ja velvollisuudet. Urakkaneuvotteluissa todetaan, että urakka tullaan toteuttamaan tarjouspyynnön mukaisesti ja varmistetaan, että taloyhtiö ja urakoitsija ovat edelleen samalla linjalla urakan toteutumisesta. Neuvotteluissa tarkennetaan kaikki tarjousneuvotteluissa epäselviksi jääneet kohdat. Käydään läpi tarkasti urakan vaiheet ja siihen liittyvät toimenpiteet, joista taloyhtiön on oltava tietoisia. Urakoitsija vastaa suoriutumaan urakasta sille laaditun aikataulun mukaisesti. Lopuksi tehdään urakkasopimus, joka allekirjoitetaan molempien osapuolten toimesta. Liitteeksi tulee urakkaneuvotteluissa laadittu pöytäkirja, jotta vältetään myöhemmiltä epäselvyyksiltä. [50]

7.2 Lämpökaivojen poraus

Lämpökaivojen porauksesta on informoitava ajoissa taloyhtiötä, koska siitä aiheutuu melu- ja pölyhaittoja. Poraus tehdään noin 4,5 tonnia painavalla poravaunulla, jonka paino tasoittuu laajasti sen kumiteloille jättäen melkein mitättömät jäljet tontille. Poravaunu ajetaan porauspaikoille lyhintä mahdollista reittiä. Koneessa on pölykontti ja porauksessa aiheutuvalle kivipölylle sidontajärjestelmä. Poraus kiinteistön tontilla tapahtuu nopeasti ja kestää vain muutamia päiviä riippuen porattavien kaivojen määrästä. Lämpökaivojen porauksen ja siirtoputkiston asennuksen aikana taloyhtiöllä on oiva tilaisuus suorittaa muut mahdolliset piharemontit, kun tontin maaperää kaivetaan auki. [51, s. 4]

7.3 Laitteiston asennus

Ennen uuden lämmitysjärjestelmän asennusta, on vanha järjestelmä purettava. Purku vie 1 - 2 päivää, jonka jälkeen uuden asentamisen voi välittömästi aloittaa. Uuden järjestelmän asennusta kutsutaan ”muutostöiksi”. Kokonaisuudessaan Lämmönjakohuoneessa tehtävien muutostöiden kesto on 2 päivästä 2 viikkoon. Uuden lämmitysjärjestelmän kytkeminen aiheuttaa taloyhtiölle noin 4–8 tuntia kestävän lämmityskatkoksen. Ajoissa asukkaita tästä ilmoittaessa asennustyöt sujuvat varsin huomaamattomasti, ja katkos ei häiritse asumista. [48]

8 Käyttöönotto ja testaus

Maalämpöjärjestelmän käyttöönottovaiheessa urakoitsijan tarkoituksena on tehdä viimeisiä tarkastuksia ja toimenpiteitä, jotta saadaan järjestelmä toimimaan halutulla tavalla. Verkostolle suoritetaan painekokeet, sen tasapainotus sekä laitteiden toiminta tarkistetaan.

8.1 Toimintakokeet

Ennen varsinaista laitteiston käyttöönottoa suorittaa urakoitsija toimintakokeet järjestelmälle. Energiaremonttikohteissa voidaan toimintakokeiden jälkeen järjestelmän varsinaisen käyttö aloittaa. Toimintakokeissa katsotaan läpi lämmönkeruupiiri, tilojen lämmitys, käyttöveden lämmitys, hälytykset ja laitteiston ohjaukset rakennuksen automaation avulla sekä järjestelmän toimiminen häiriötilanteessa.

Automaation osalta käydään läpi koestuslista, jossa käydään toimilaitteiden ohjaukset vaihe vaiheelta läpi. Varmistetaan toimilaitteiden ohjautuminen järjestelmän toimintaselosteen mukaisesti ja tehdään tarvittavia muutoksia asetusarvoihin, jotta saadaan hälytys haitallisen tilan tai vian ilmaantuessa. Hälytyksien ja vikailmoitusten ilmaantuminen on tärkeää, jotta tilanteisiin voidaan reagoida nopeasti ja ennen asumiseen vaikuttavien

seuraamusten tapahtumista. Toimintakokeiden aikana voidaan järjestelmälle tehdä tarvittava ilmaus, jotta vältetään mahdollisilta ilman aiheuttamilta häiriöiltä järjestelmän ollessa toiminnassa. Näistä kaikista toimenpiteistä urakoitsija laatii isännöitsijälle pöytäkirjat.

8.2 Sääto

Toimintakokeiden jälkeen seuraa järjestelmän perussääto. Perussäädössä maalämpöpumpun asetukset laitetaan suunnitelmien mukaisille asetuksille, kohteelle valitaan sille soveltuva lämpökäyrä, käyttöveden asetukset kirjataan järjestelmään sekä tarkistetaan lämmönkeruu- ja lämmityspiirien virtaukset. Perussäätöjen jälkeen saadaan asennus- ja käyttöönottopöytäkirjat valmiiksi. Laitteen takuun varmistamiseksi on kaikki laitevalmistajan tarkastusasiakirjat ja lomakkeet täytettävä. Maalämpöurakan tilaaja saa vesikierrosten tilojen lämmityksen, käyttöveden lämmityksen, keruupiirin ja jäähdytyksen osalta mittaus- ja säätöpöytäkirjat, joista selviää kaikkien osa-alueiden virtaamat. Minimi vaatimukset tilaajalle luovutettavien dokumenttien suhteen ovat pöytäkirjat lämpöpumpun asetuksista. Niissä on oltava kirjattuna lämmityksen, käyttöveden, jäähdytyksen ja lisälämmön asetukset. [52]

8.3 Maalämpöjärjestelmän käytönopastus

Käyttöön oton jälkeen voidaan tilaaja perehdyttää järjestelmän toiminnan osalta. Käytönopastuksessa tilaajan on vaadittava perusteellista järjestelmän läpikäymistä. Urakoitsijan on käytävä ainakin muutamia pakollisia läpikäytäviä asioita, joita ovat sisälämpötilan vaihtelu liian korkeaksi tai matalaksi, käyttöveden riittävyyden varmistamiseen vaaditut toimenpiteet sekä häiriötilanteeseen reagoiminen. Lisäksi on kerrottava aikaohjelmien toiminnasta, etäohjauksen käyttämisestä sekä suunnittelijan ja laitetoimittajan määrittämät säännöllisesti seurattavat toimilaitteet.

8.4 Luovutus ja vastaanotto

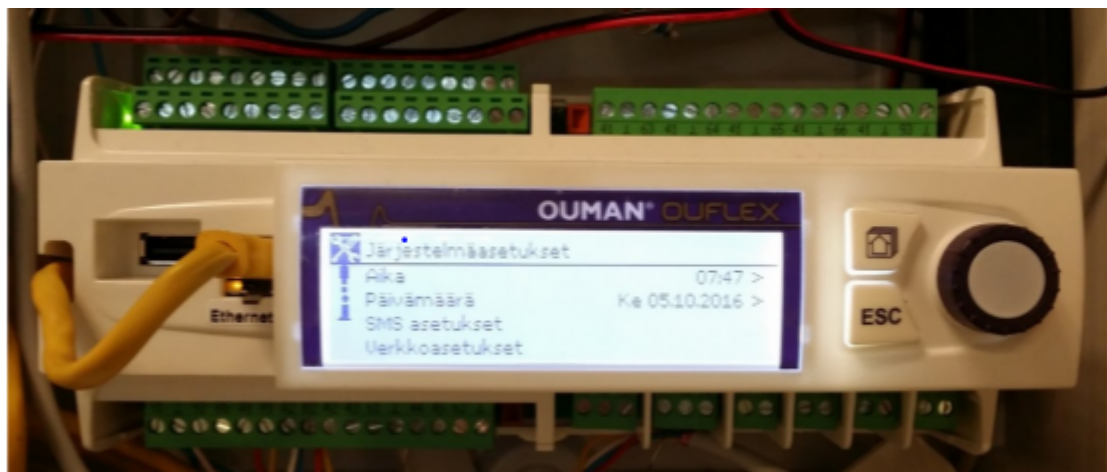
Maalämpöjärjestelmä toimii ja urakkaneuvotteluissa sovitut asiat ovat valmiit. Nyt tilaajan on vielä hyväksyttävä urakka, jotta lopullinen luovutus voidaan suorittaa. Isännöitsijän on tarkistettava, että suunnitelmat ovat ajan tasalla, pöytäkirjat toimintakokeista on toimitettu ja mittaustulokset on dokumentoitu sekä, että säädöistä ja mittauksista on saatu viimeisimmät pöytäkirjat. Myös sähköurakoitsijan on luovutettava hänen suorittamat käyttöönottotarkastuksien pöytäkirjat sähköasennusten osalta ja niiden asennusvarmenustarkastuksien pöytäkirjat. Lopuksi laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeet luovutetaan isännöitsijälle.

8.5 Takuu ja toiminnan seuranta

Järjestelmän seuranta on tehtävä ainakin yhden talven ajan eli yhden lämmityskauden yli, jolloin nähdään järjestelmän toiminta kylmänä ajanjaksona. Tämän seurantajakson aikana voidaan virittää järjestelmä toimimaan oikealla tavalla kaikissa olosuhteissa. Suositeltavaa taloyhtiölle on sisällyttää seuranta ja sen virittäminen urakkaan tai järjestelmän suunnitelmien laatijalle. [52]

Halutessaan taloyhtiöllä on mahdollisuus saada automaatiojärjestelmä pienellä lisäinvestoinnilla. Näin voidaan jatkuvasti valvoa järjestelmän optimaalista toimintaa ja varmistaa maalämpöjärjestelmän investoinnin kannattavuus. [44, s. 58] Automaatiojärjestelmä mahdollistaa valvonnan etänä ja paikalle tulemisen vain todellisen tarpeen sattuessa. Taloyhtiön kytkiessä poistoilman lämmöntalteenoton maalämpöjärjestelmän rinnalle on automaatiojärjestelmä pakollinen, maalämpöpumpun ohjauslogiikan ollessa rajallinen. [53, s. 16]

Maalämpöjärjestelmälle on erilaisia automaatio ohjelmia, kuten esimerkiksi Ouman flex- automaatiojärjestelmässä keskuskaappiin kytketään kuvan 9 mukainen valvontalaite, joka mahdollistaa järjestelmän reaaliaikaisen hallinnoinnin ja säädön etänä. Ohjelmalla voidaan seurata kaikkea maalämpöjärjestelmän toimintaa reaaliajassa ja päivittäisen, kuukausittaisen tai vuosittaisen keskiarvon avulla. [52]



Kuva 9. Kuva Ouman ouflex valvonta-, ohjaus- ja säätölaitteesta, Opinnäytetyö Jukka-Pekka Savolainen, 2016.

Automaation ohjelman tehtävänä on kerätä jatkuvasti tietoa järjestelmän jokaisen osaluheen toiminnasta ja näin saada järjestelmän hyötysuhde suunnitelmien mukaiseksi. Reaaliaikaista dataa saadaan lämpötiloista ja niiden eroista, paineista, virtaamista, energianotosta sen tuotosta. Lämpötiloja seuraamalla voidaan seurata esimerkiksi poistoilman lämmöntalteenottoa ja sen oikealla tavalla toimimista. Keruunesteen virtaaman avulla voidaan valvoa ottotehoa ja sitä kautta lämpökaivon toimintaa eli varmistetaan, ettei lämpökaivo pääse jäähtymään liikaa. [52]

Etävalvonnan ollessa kytkettynä automaatiojärjestelmään, voi valvontaa suorittava henkilö muuttaa asetusarvoja tarpeen tullen ja kuitata hälytykset etänä sekä tulla paikalle päälle huoltamaan järjestelmää. Etävalvonnan avulla huoltomies saa jo ennen paikalle saapumista tiedon, mikä on vialla ja missä vika sijaitsee. Näin säästytään turhalta vian etsinnältä paikan päällä ja korjaustoimenpiteet voidaan aloittaa heti. Järjestelmän huoltaminen on isännöitsijälle helpompaa ja asukkaiden ei tarvitse olla huolissaan vesi- tai lämmityskatkoksista. [54]

Ouman Ouflex–automaatiojärjestelmään on mahdollista kytkeä etähallinta mahdollisuus Ouman Ounet -lisäjärjestelmä. Ohjelma on suomalainen ja sillä voi hallinnoida muitakin taloyhtiön tilojen järjestelmiä. Se on luotettava ja helppo lisätä uuteen tai vanhaan automaatiojärjestelmään sekä lisää asiakastytyvyyttä. Kuva 10 havainnollistaa, millainen

etähallintajärjestelmän näkymä voi olla seurattessa esimerkiksi maalämpöpumpun menoveden lämpötiloja. [52]



Kuva 10. Kuvakaappaus seurattessa lämpöpumpun menoveden lämpötilaa. (Tilaaja)

9 Ohjeet isännöitsijälle

Taloyhtiön lähtiessä vaihtamaan aikaisempaa lämmitysmuotoaan maalämpöön, on projektin alusta loppuun saakka otettava huomioon monia niin teknillisiä kuin yleisiä urakan sujuvaan läpivientiin vaikuttavia asioita. Liitteessä 1 on isännöitsijälle laaditut ohjeet, joita noudattamalla varmistetaan, ettei tärkeitä välivaiheita pääse unohtumaan ja maalämpöurakka saadaan toteutettua halutulla tavalla ilman epäselvyyksiä ja riitoja maalämpöurakoitsijan kanssa. Näin molemmat osapuolet pysyvät tyytyväisinä.

Kaikki taloyhtiöihin toteutetut maalämpöurakat ovat erilaisia ja niihin suunniteltu sekä lopuksi asennettu laitekoonpano vaihtelee. Maalämpöurakoitsijan teknillinen kokemus ja yleinen ammattitaito maalämmöstä näkyy projektin lopputuloksessa niin laitteiston toiminnassa kuin osakkaiden tyytyväisyydessä. Siksi projektiin valittava maalämpöurakoitsija on valittava huolella.

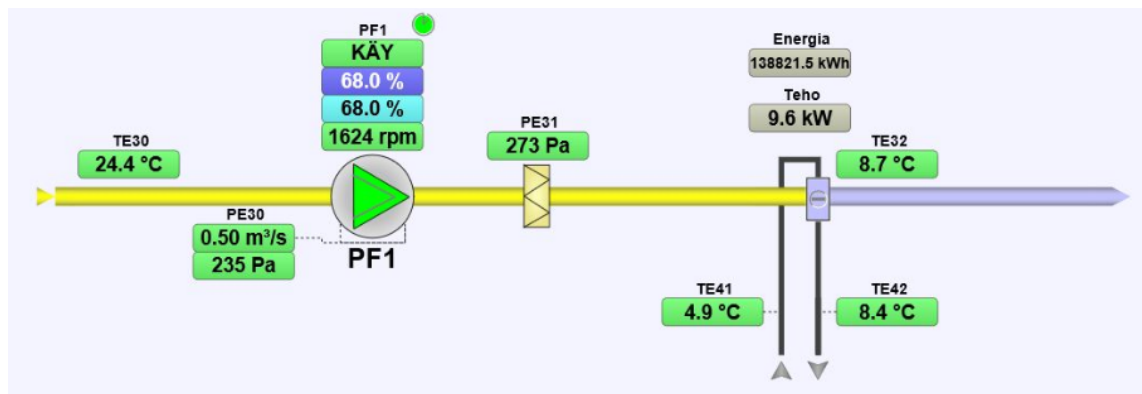
10 Toteutettujen kohteiden vertailu

Insinööriyötä varten on saatu 7 asuinkerrostalokohdetta. Kaikki kohteet on toteutettu Suomessa sijaitseviin asuinkerrostalokohteisiin ja niissä aikaisempaan lämmitysmuotona on ollut kaukolämpö. Taloyhtiöissä on koettu järkeväksi siirtyä maalämpöön ja kaikki asuinrakennuksen osakkaat ovat kannattaneet asian puolesta. Maalämpöurakat ovat toteutuneet suunnitellusti, ja kaikki tilaajat ovat olleet erittäin tyytyväisiä lopputulokseen. Seuraavaksi kerrotaan tietoa kohteisiin toteutetusta maalämmöstä ja siihen liittyvistä ratkaisuksista sekä lopuksi vertaillaan, miten kohteet eroavat toisistaan. Jokaisella kohteella on kuvitteelliset nimet taloyhtiöiden tietojen ollessa salaisia.

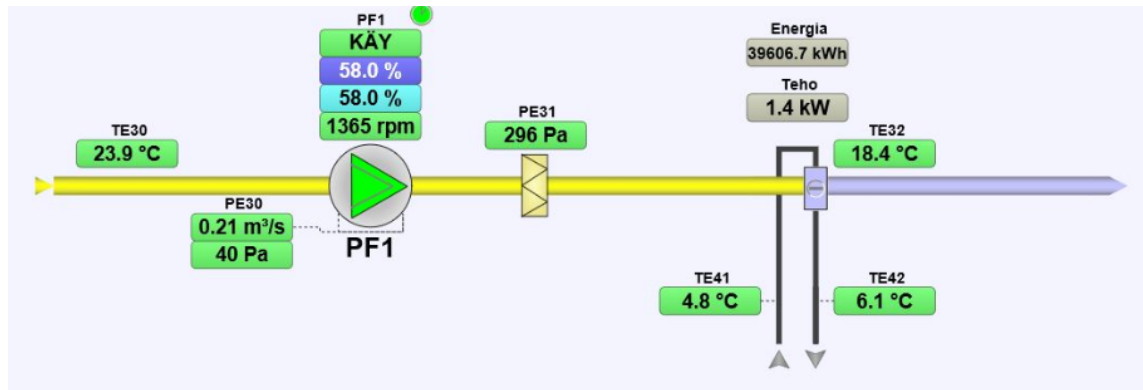
10.1 Kohde 1

As Oy Teräväkulma on taloyhtiö, joka on rakennettu vuonna 1999. Taloyhtiössä on vierekkäin kaksi samanlaista taloa, jotka ovat betonirakenteisia kerrostalo harjakatolla. Talloissa on lämmitettävänä 2 porraskäytävää ja huoneistoalaa tilojen osalta 3 268 m². Talot ovat 4-kerroksisia ja asuntoja niissä on 28 kappaletta verran. Tilavuus taloyhtiöissä on 8 480 m³. Aikaisemmin käytössä olevalla kaukolämmöllä vuosittaiseen rakennuksen lämmittämiseen meni 400 MWh/v.

As Oy Teräväkulmassa siirryttiin maalämpöön. Kohteen taloissa oli valmiiksi koneellinen poistoilmanvaihto, joten maalämmön rinnalle koettiin järkeväksi ottaa lämmöntalteenotto. Maalämpöurakassa lämpökaivokenttään porattiin 6 kappaletta 285 m syviä lämpökaivoja. LTO-laitteita kohteiden katoille tuli 2 kappaletta. Teknisiin tiloihin asennettiin 2 Niben F1345-60-lämpöpumppua, jotka olivat teholtaan 60 kW sekä yksi sähkökattila 112 kilowatin teholla. Lisäksi tiloihin asennettiin kaksi 1 000 litran HST-varaajaa ja yksi puskurivaraaja, joka on tilavuudeltaan 500 litraa. Kuva 11 kuvastaa, kuinka LTO toimi As Oy Teräväkulmassa talossa 1 ja kuva 12 kuvastaa, kuinka LTO toimi As Oy Teräväkulmassa talossa 2.

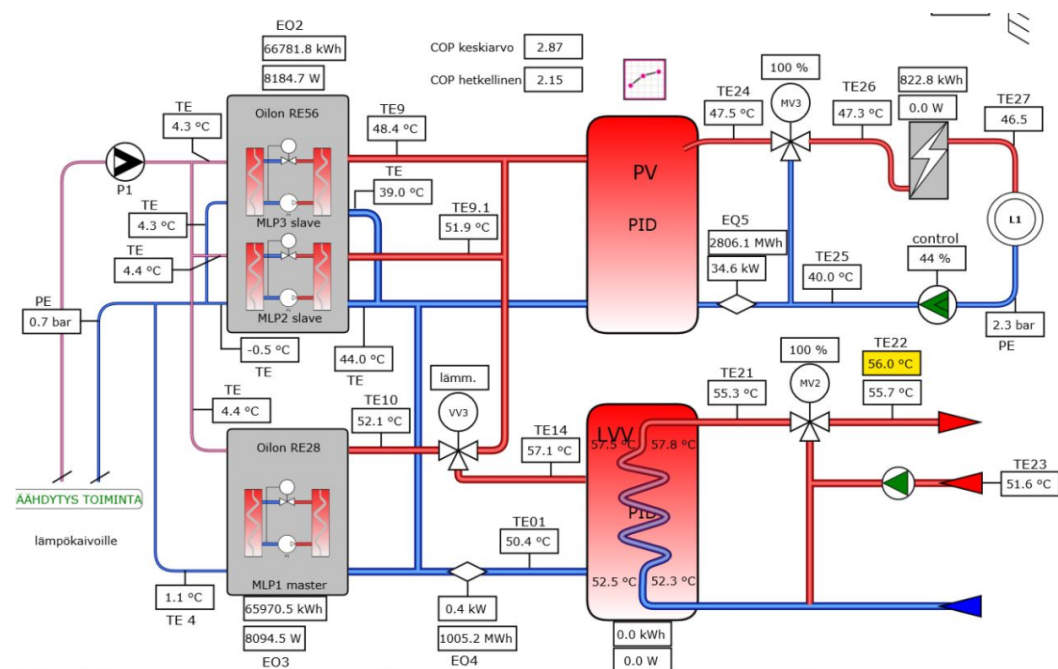


Kuva 11. As Oy Teräväkulman 1. talon LTO-kytkennästä.



Kuva 12. As Oy Teräväkulman 2. talon LTO-kytkennästä.

10.2 Kohde 2



Kuva 13. As Oy Matinkallion lämmityskaavio ja COP.

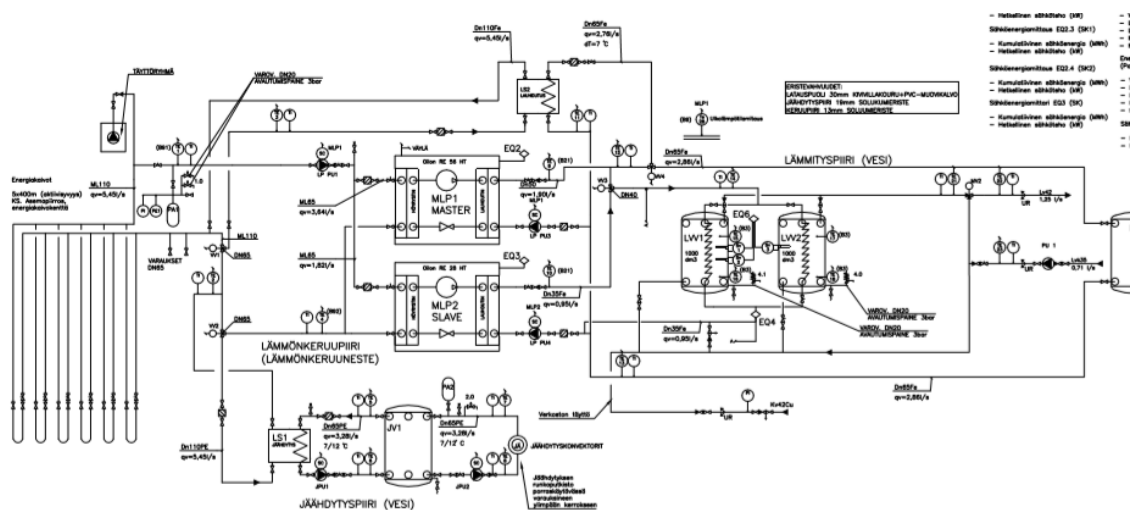
As Oy Matinkallio on rakennusvuodeltaan kaikista vanhin vertailtavista kohteista ja rakennettu vuonna 1939. Se on yksittäinen betonirakennus harjakatolla. Porraskäytäviä kohteessa on yksi ja asuntoja saman verran kuin As Oy Teräväkulman kohteissa eli 28 kappaletta. Huoneistojen kokonaispinta-ala on 2 360 m² ja asuinkerrostalon tilavuus on

7 800 m³. Aikaisemmin käytössä olevalla kaukolämmöllä vuosittaiseen rakennuksen lämmittämiseen meni 300 MWh/v.

Maalämpöurakan yhteydessä taloyhtiöön toteutettiin maalämmityksen rinnalle maaviilennys, jossa jäähdytys on toteutettu puhallinkonvektoreilla. Lämpökaivokenttään porattiin 6 kappaletta 340 metriä syvyisiä lämpökaivoja. Kuvassa 13 nähdään, että kohteeseen valittiin Oilonin valmistamat maalämpöpumput, joiden tehot olivat 56 kilowattia ja 28 kilowattia. Tekniseen tilaan tuli 112 kilowatin sähkökattila. Lisäksi tekniseen tilaan tuli kaksi 1 000 litran tilavuuden omaavaa HST-varaajaa, yksi 1 000 litran puskurivaraaja sekä yksi 1 000 litran jäähdytysvaraaja.

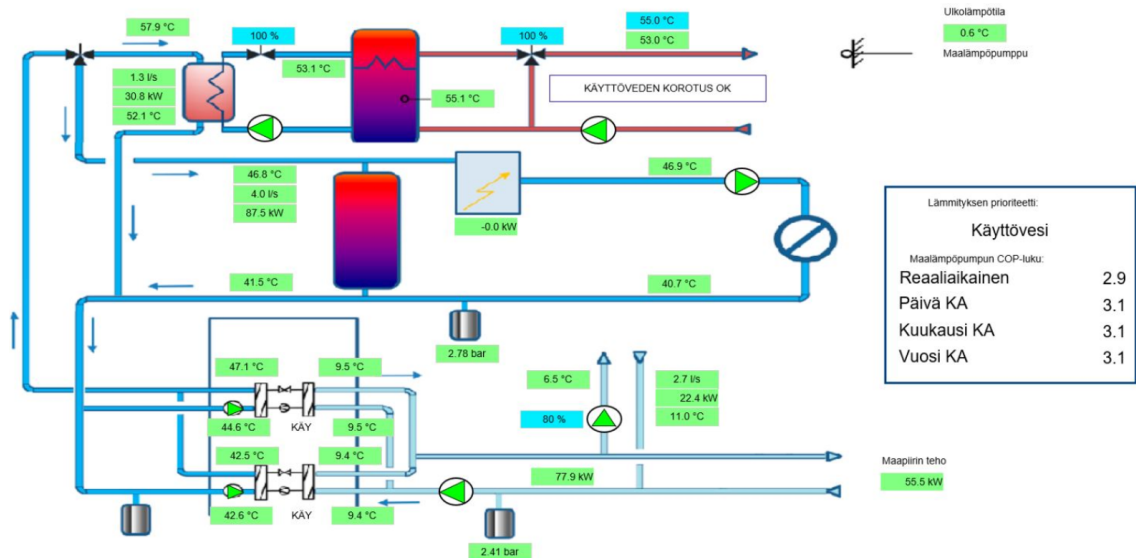
As Oy Matinkalliossa passiivijäähdytys on toteutettu niin, että lämmönkeruupuolen kiertovesipumput LP PU1 ja LP PU2 kierrättävät lämmönkeruunestettä energiakaivojen ja lämmönsiirtimen LS1 välillä. Kuva 14 kuvastaa, kuinka maalämpöpumppujen MLP1 ja MLP2 kompressorit ovat seis. Vaihtoventtiili VV2 ohjaa maalämpöpumpuilta virtaavan lämmönkeruunesteen lämmönsiirtimen LS1 kautta vaihtoventtiilille VV1, joka ohjaa lämmönkeruunesteen suoraan energiakaivoihin.

Jäähdytysenergian siirto on toteutettu asentamalla porraskäytävään jäähdytyksen runkoputkisto varauksineen ylimpään kerrokseen saakka. Jäähdytyspiirin kiertovesipumppu JPU1 kierrättää jäähdytysvettä lämmönsiirtimen LS1 ja jäähdytysvesivaraajan välillä. Jäähdytyspiirin kiertovesipumppu JPU2 kierrättää jäähdytysvettä jäähdytysverkoston ja jäähdytysvesivaraajan välillä.



Kuva 14. Kuvankaappaus As Oy Matinkallion kiinteistön kytkentäkaaviosta.

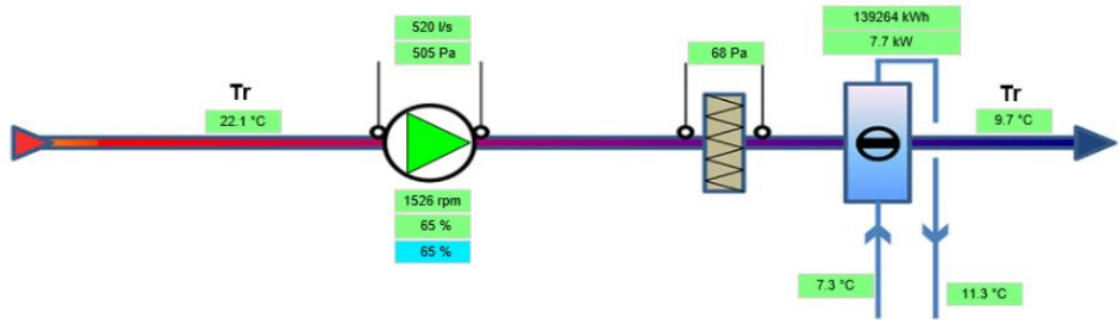
10.3 Kohde 3



Kuva 15. As Oy Herttuanmäki lämmityskaavio ja COP.

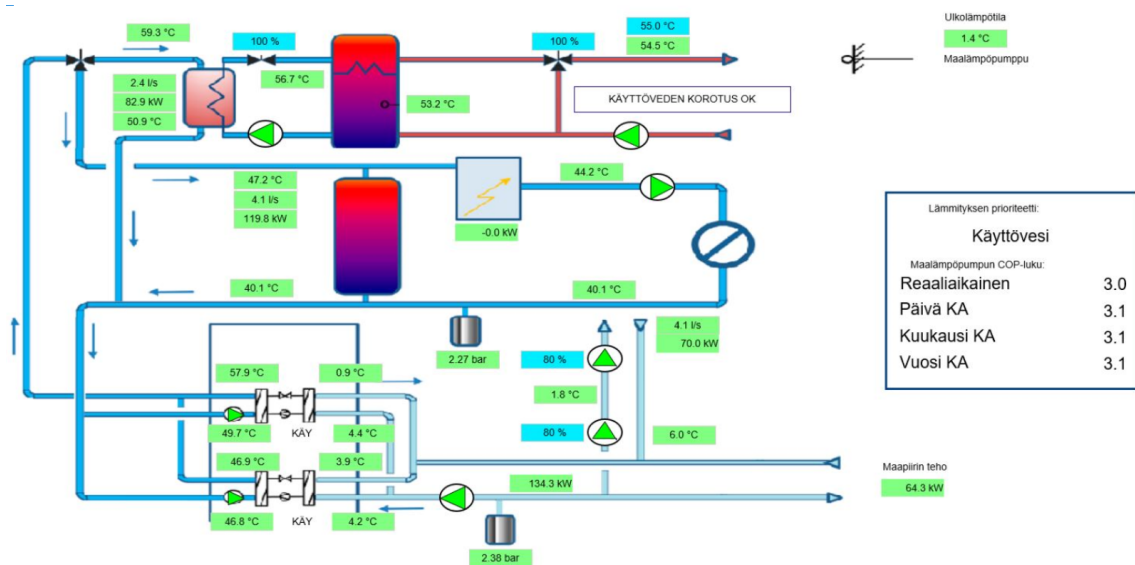
Kolmanneksi kohteeksi on valittu As Oy Herttuanmäki. Se on rakennettu vuonna 1970. Kohde on teräsbetoninen rakennus tasakatolla. Porraskäytäviä taloyhtiössä on kolme. Kooltaan rakennus on 6 kerroksinen ja asuntoja siinä on 55 kappaletta. Kaukolämmöllä vuosittaiseen rakennuksen lämmittämiseen meni 910 MWh/v.

Kohteen maalämpöurakassa maalämmön lisäksi asennettiin kuvan 16 mukainen LTO-kytkentä. Lämpökaivokenttä sisältää 14 kappaletta 316 metrin syvyisiä lämpökaivoja. Katolle asennettiin 3 LTO-laitetta. Kuvasta 15 nähdään, että rakennuksen tekniseen tilaan tuli Niben valmistamia F1345-60-maalämpöpumppuja 2 kappaletta. Pumput ovat teholtaan 60 kilowattia. Tilaan asennettiin yksi sähkökattila, jonka teho oli 150 kilowattia. HST-varaajia asennettiin kolme 1 000 litran tilavuudella sekä kaksi puskurivaraajaa 500 litran tilavuudella. Lämpimän käyttöveden kiertojohdossa kiertävä lämmitetty vesi jäähtyy ja tässä kytkennässä 30,8 kilowattisen lämmönsiirtimen tehtävänä on jatkuvasti pitää lämpimän käyttöveden lämpötila +55-asteisena ja valmiina käyttöä varten.



Kuva 16. As Oy Herttuanmäen LTO-kytkentä.

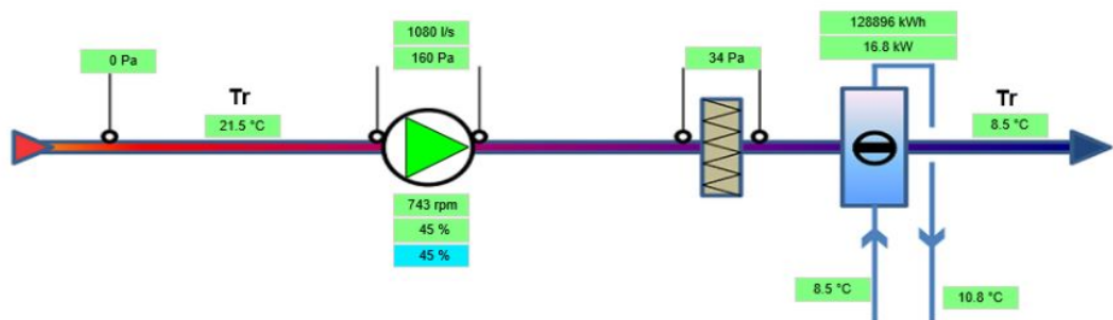
10.4 Kohde 4



Kuva 17. As Oy Uusisaaren lämmityskaavio ja COP.

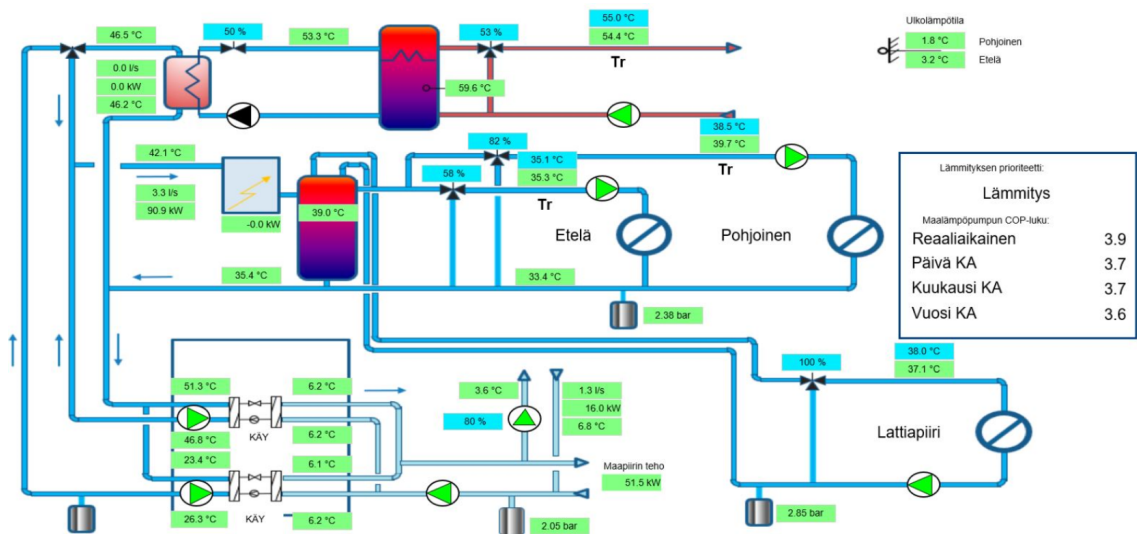
As Oy Uusisaari on vuonna 1969 betonielementeistä rakennettu tasakattoinen asuinkerrostalo. Kohteessa on 3 porraskäytävää, 7 kerrosta ja asuntoja yhteensä 84. Kerroksiltaan ja asuntojen määrältään kohde on kaikista suurin. Huoneistoalaa onkin yhteensä 5 705 m². Tilavuudeltaan asuinkerrostalo on 23 130 m³. Kaukolämmöllä vuosittaiseen rakennuksen lämmittämiseen meni 960 MWh/v.

Kuvasta 18 nähdään, että As Oy Uusisaarella maalämpöurakassa päätettiin myös ottaa koneellisen poistoilmanvaihdon takia LTO. Lämpökaivokenttä mitoitettiin kohteessa 14 lämpökaivon suuruiseksi ja kaivot olivat syvyydeltään 325 metriä kaikki. Rakennuksen tasakattoiselle vesikatolle asennettiin 3 kappaletta LTO-laitteita. Taloyhtiön pannuhuoneeseen valittiin Niben valmistamia F1345-60 maalämpöpumppuja 5 kappaletta ja niissä on tehona 60 kilowattia, kuten kuva 17 esittää. Tilaan asennettiin yksi 150 kilowatin sähkökattila. Tekniseen tilaan asennettiin jopa 4 HST-varaajaa, joiden tilavuus on 1 000 litraa. Myös tilaan saatiin hyvin mahtumaan yksi 500 litran puskurivaraaja.

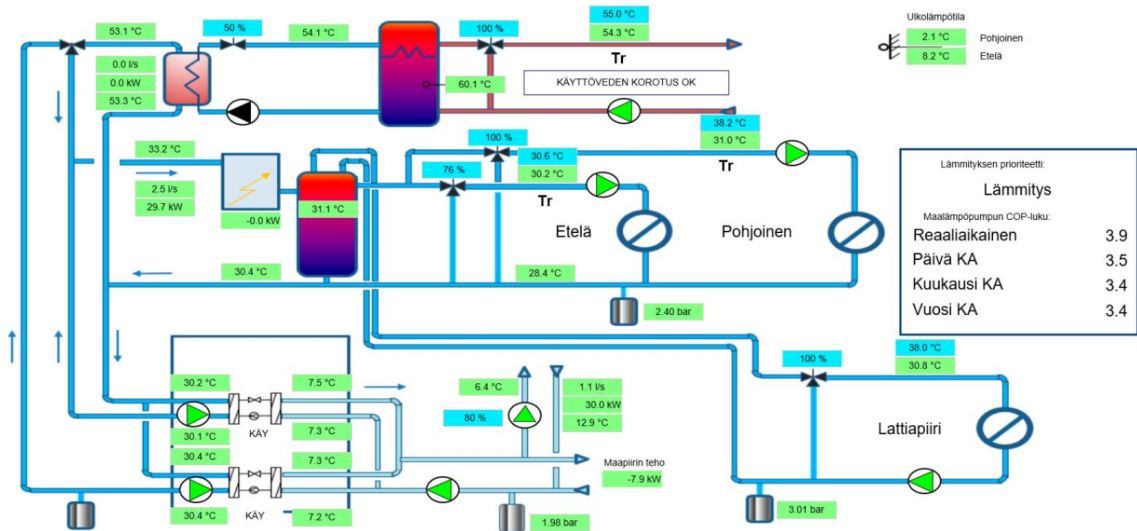


Kuva 18. As Oy Uusisaaren LTO-kytkentä.

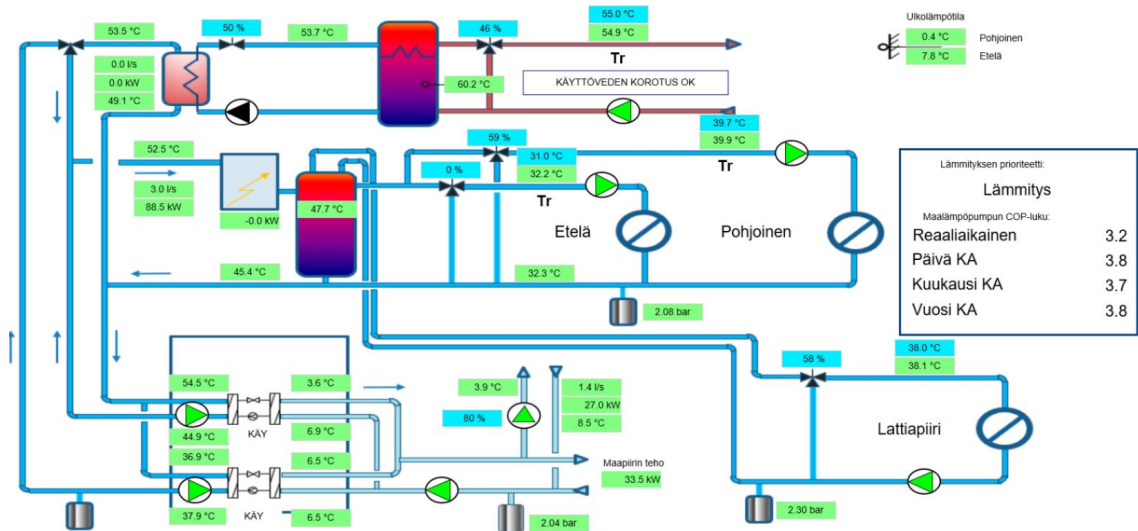
10.5 Kohteet 6–8



Kuva 19. As Oy Rantaportin lämmityskaavio ja COP.



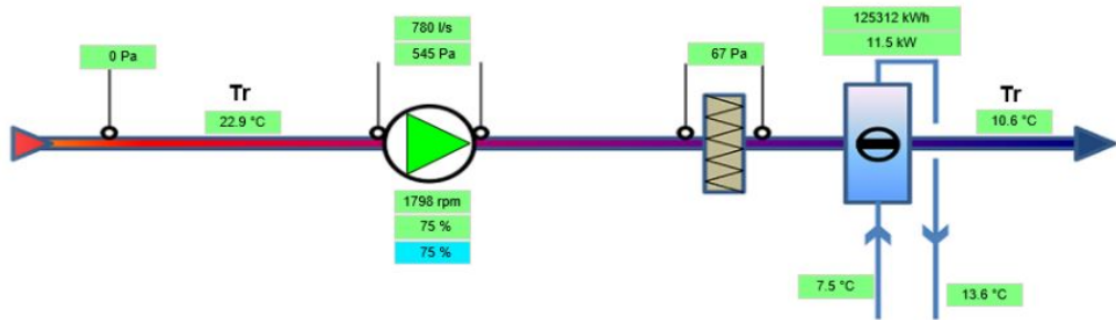
Kuva 20. As Oy Tuhkamäen lämmityskaavio ja COP.



Kuva 21. As Oy Soratieen lämmityskaavio ja COP.

Viimeiset kolme kohdetta As Oy Rantaportti, As Oy Tuhkamäki ja As Oy Soratie on rakennettu isolle tontille vierekkäin. Asuinkerrostalot on rakennettu vuosina 1965–1966. Ne ovat rakenteeltaan teräsbetonisia taloja, joissa on tasakatto. Porraskäytäviä jokaisessa talossa on 4 kappaletta. Kooltaan rakennukset ovat 4 kerroksisia ja vuokra-asuntoja niissä on 32 kappaletta. Huoneistoala jokaisessa on yhteensä 1 764 m² ja tilavuudeltaan 8 300 m³. Kaukolämmöllä vuosittaiseen rakennuksen lämmittämiseen meni 960 MWh/v.

Kuvista 19, 20 ja 21 nähdään, minkälaisia kohteiden lämmityskaaviot olivat. Maalämmön rinnalle kohteissa investoitiin LTO:hon. Lämpökaivokentässä on 9 kappaletta verran lämpökaivoja, jotka ovat syvyydeltään 290 metriä. Rakennuksien tasakattoisille vesikatoille asennettiin 2 LTO-laitetta ja kuva 22 esittää kohteisiin asennetut LTO-kytkennät. Pannuhuoneisiin mitoitettiin 3 kappaletta Niben F1345-60-maalämpöpumppua, joissa tehot ovat 60 kilowattia. Lisäksi tilaan tuli yksi 135 kilowatin sähkökattila, kaksi 1000 litran HST-varaajaa sekä yksi puskurivaraaja tilavuudeltaan 750 litraa.



Kuva 22. Kohteiden 6–8 LTO-kytkentä.

10.6 Kohteiden eroavaisuudet

Vertailussa olevat kohteet on rakennettu ennen 2000-lukua, joten kyseessä on vanhoihin asuinkerrostaloihin tehtyjen maalämpörakoiden vertailu. Vertailussa käydään läpi eroavaisuuksia kohteiden välillä. Jokainen kohde on yksittäinen oma projektinsa, mutta toteutukset ovat päätöksiltään hyvin samankaltaisia lukuun ottamatta lämpimän veden valmistukselle valittua ratkaisutapaa. Vertailtavien kohteiden määrä ei ole tarpeeksi suuri, joten saavutetuilla johtopäätöksillä ei voida puhua kaikkien asuinkerrostaloihin toteutettujen maalämpöprojektien puolesta.

As Oy Teräväkulmasta nähdään, että maalämpöprojektin voi toteuttaa taloyhtiöön, jossa talot ovat erillisiä.

Kaikissa kohteissa lukuun ottamatta As Oy Uusisaarta, on 28–32 asuntoa yhteensä lämmitettävänä. Kokonaisuudessaan lämmitettävä huoneistojen pinta-ala kohteiden välillä vaihtelee 17 64 m²:stä 5 705 m²:iin ja se huomataan suoraan kohteisiin mitoitettujen maalämpöpumppujen määrässä. As Oy Uusisaareen on valittu 5 kertaa Niben 60 kW:n pumppuja, kun taas As Oy Matinkallioon on mitoitettu Oilonin 56 kW:n maalämpöpumppu ja sen rinnalle teholtaan puolet pienempi 28 kilowattinen maalämpöpumppu.

Kuudessa kohteessa seitsemästä on investoitu poistoilman lämmöntalteenottoon, koneellisen poistoilmanvaihto ratkaisun ollessa yleinen vertailuun otetuissa

asuinkerrostaloissa. Kaikkiin näihin kuuteen kohteeseen LTO-laitteita vesikatolle on asennettu joko kaksi tai 3 kappaletta.

Taloyhtiöihin toteutettujen lämpökaivokenttien osalta nähdään, että kenttien mitoitus jakautuu selvästi kolmeen ryhmään. Kerrostaloihin on porattu 6, 9 tai 14 lämpökaivoa. Lämpökaivojen syvyydet vaihtelevat 285 metristä 340 metriin, mutta jokaisessa kohteessa kaikki lämpökaivot ovat yhtä syviä.

Maalämpöpumppujen osalta kaikissa muissa paitsi As Oy Matinkalliossa on valittuna Nibe:n valmistamat pumput. Erona kohteissa on maalämmön rinnalle valittu ratkaisu, nimittäin As Oy Matinkalliossa on valittuna maaviilennys maalämmön kanssa. As Oy Matinkalliossa on Oilonin pumput. Urakoitsijan suosiessa Niben maalämpöpumppuja syynä voi olla esimerkiksi se, että yrityksellä on käytössä Niben maalämpöpumppu-valmistajan järjestelmän valinta- ja mitoitusohjelmat. Urakoitsijalla on kokemusta kaikista maalämpöpumpuista, ja se hallitsee kaikkien valmistajien pumppujen osalta urakat, mutta eniten kokemusta löytyy Niben pumpuista. Kokemuksen puolesta urakoitsija valitsee kohteisiin toiminnaltaan parhaat mahdolliset maalämpöpumput ja on huomannut Nibe:n pumppujen omaavan vähiten toiminnallisia vikoja. Urakoitsijalle merkitsee kuitenkin myös kustannuksiltaan järkevimät pumput. Syynä Oilonin valmistamien pumppujen valitsemiseen on maaviilennyksen kanssa parhaiten toimivat pumput.

Kaikissa toteutetuissa kohteissa on sähkökattila ja niiden tehot ovat 112 ja 150 kilowatin välillä. Kaikissa on vähintään 2 kappaletta HST-varaajia 1 000 litran tilavuudella. Varaajien määrä on parhaimmillaan 4 kappaletta, esimerkiksi As Oy Uusisaassa, koska siellä on asuntoja 84 kappaletta eli eniten. Tämä johtuu lämpimän käyttöveden kulutuksen määrästä, koska asuntojen määrän ollessa suurin tulee myös lämmintä käyttövettä siellä käytettyä eniten ja tulee lämpimän käyttöveden kierrolle olla aina valmiina kuumaa vettä.

Lämpökerrointa vertailtaessa huomataan, että kaikki kohteet ovat toteutuneet hyötysuhteeltaan todella hyvin lämpökertoimen ollessa melkein kaikissa yli 3.0 lukuun ottamatta As Oy Herttuanmäkeä ja As Oy Uusisaarta. Huomataan myös, että reaaliaikaisen COP-luvun vaihdeltaessa vuosittaisen keskiarvon yli ja ali, ei se vaikuta pitemmällä aikavälillä hyötysuhdetta käyttöveden valmistuksessa tai lämmityksessä tarkasteltaessa.

Asuinkerrostalokohteet 3, 4 ja 6–8 ovat lämmöntalteenoton osalta kelvollisia vertailuille, koska niistä löytyvät siihen tarvittavat tiedot. Kohteessa 6 maapiiristä saatava teho on 51,5 kW, kohteessa 7 taas -7,9 kW ja 33,5 kW kohteessa 8. Näiden kohteiden LTO-puhallin on toiminnassa 75 %:lla ja lämmöntalteenottoyksikön läpi virtaavan ilman määrä on 750 l/s. LTO:n avulla saadaan 11,5 kilowattia tehoa talteen, jolloin esimerkiksi kohteen 6 maapiirin tehon (51,5 kW) tueksi saadaan 11,5 kilowatin verran lämpötehoa käytöveden lämmittämiseen tai asuinkerrostalon lämmittämiseen.

Kohteessa 4 ja kohteessa 3 lämmöntalteenotto energian määrä kasvaa suhteellisesti rakennuksesta poisjohdettavaan ilmapirran määrään nähden. Kohteen 3 katolta poisjohdettavan ilman määrä on 520 l/s, josta saadaan talteen otettua energiaa 7,7 kW. Kun kohteessa 4 ilmapirtaus on 1080 l/s eli melkein tuplasti ja näin talteen otettua energiaa saadaan 16,8 kW. Kohteessa 4 maapiirin ottoteho on 64 kilowattia ja siitä 16,8 kilowattia voidaan kattaa poistoilman lämmöntalteenoton avulla, jolloin päästään lähelle 30 % kohteessa vaadittavasta lämmitystehon tarpeesta LTO:n osalta.

11 Yhteenveto ja päätelmät

Toimeksiantajana insinööryölle oli UP Maaenergia Oy. Insinööryössä käytiin läpi maalämpöurakkaan oleellisesti liittyvät asiat ja siinä toteutettavat vaiheet. Työtä tehdessä lähteinä käytettiin internetistä vapaasti löytyvää materiaalia, kirjoja ja toimeksiantajalta sekä ohjaavalta opettajalta saatua ammattitaitoista ohjaamista. Työn lopussa tehty kohteiden toteutuksien vertailuun saatu materiaali saatiin myös toimeksiantajan yrityksen edustajalta. Tarkoituksena työssä oli tutkia kokoluokaltaan asuinkerrostaloihin toteutettavaa maalämpöurakkaa. Työtä tehdessä päätettiin, ettei niinkään keskitytä maalämpöprojektin teknisen puolen asioihin vain tilaajan näkökulmasta oleellisiin asioihin maalämpöurakan läpiviemiseksi. Työssä keskityttiin maalämpökytkentöjen osalta vain vanhoissa kerrostaloissa mahdollisiin toteutuksiin.

Tutkimusta tehdessä oleellisimpia syntyneistä päätelmistä olivat ohjeet isännöitsijälle maalämpöurakan läpiviemisen tueksi. Laajaa verkosta saatua informaatiota

hyödyntäessä huomattiin, kuinka tärkeää maalämmön ammattitaidon omaaminen on maalämpöurakan optimaaliselle ja onnistuneelle toteutumiselle. Urakan alkuvaiheessa projektin mahdollisuuksien kartoittamiseen sijoittaminen on aloituksen sekä projektin lopputuloksen kannalta oleellista eikä siihen investoitava raha mene hukkaan. Tilanteessa, jossa tilaajan puolella ei löydy omasta takaa tarvittavaa tietotaitoa, on asiantuntevan konsultin palkkaaminen projektille elintärkeää. Asiantuntijan palkkaamisessa parhaimpana hyötynä koettiin taloyhtiön etujen ajaminen ja tilaajan näkökulmasta projektin ammattitaitoinen valvominen sekä sen sujuva läpivieminen. Tilaajan näkökulmasta maalämpöurakassa nousi esille osakkaiden aktiivinen ja perusteellinen tiedottaminen päätöksen teko vaiheesta aina maalämpöprojektin luovuttamiseen asti.

Tutkimuksen tavoitteet määrittyivät jo aikaisessa vaiheessa päämääräisen ja huolella tehdyn projektinsuunnitelman sekä aikajanakaavion pohjalta. Hankalinta työssä oli sen tarkka rajaaminen, jotta työstä saatiin riittävän selkeä ja täsmällinen. Insinööriyössä saavutettiin kaikki tavoitteet ja onnistuin Metropolian asettamissa tavoitteissa insinööriyön osalta. Mahdollisia insinööriyöaiheita tämän työn pohjalta voisivat olla maalämpöurakoiden toteuttaminen eri koko luokassa tai maalämpöurakan toteuttamiseen liittyvien vaiheiden tarkastelu ja kehittäminen syvemmin teknisemmällä tasolla. Maalämpöurakan toteuttaminen urakoitsijan näkökulmasta voisi olla hyvä vastakkainen näkökulma minun laatimalle työlleni.

Lähteet

- 1 Maalämpö on aurinkoenergiaa. 2011. Verkkoaineisto. Nilan Oy. <http://www.maalampo.fi/artikkelit/mita-maalampo-on/> Luettu 18.1.2020.
- 2 Maalämpö, mistä siinä on kyse? 2018. Lämpöykkönen. <https://lampoykkonen.fi/tuotteet/maalampo/> Luettu 20.1.2020.
- 3 Maalämmitys. 2001. RT 50-10755. Rakennustieto Oy. Luettu 20.1.2020.
- 4 Lämpöä omasta maasta. 2012. Verkkoaineisto. Motiva Oy. https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf Luettu 8.1.2020
- 5 Maalämmön suosio kasvussa suurissa kiinteistöissä. 2020. Verkkoaineisto. Gebwell Oy. <http://gebwell.fi/maalampo-suurten-kiinteistojen-lammityksessa/> Luettu 20.1.2020.
- 6 Juvonen, Janne & Lapinlampi, Toivo. 2013. Ympäristöopas. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4&isAllowed=y Luettu 8.1.2020.
- 7 Perälä, Rae. 2009. Lämpöpumput - kirja. Alfamer/Karisto.
- 8 Maalämpöpumput. 2020. Verkkoaineisto. Tec Heat Ab Oy. <https://www.techeat.fi/lampopumput/> Luettu 9.2.2020.
- 9 Kuisma, Ilpo. 2011. Lämpöpumpputeknologian hyödyntäminen kerrostalorakentamisessa. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 10 Salonen, Aleks. 2019. Maalämpöjärjestelmien hankesuunnittelu. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 11 Maalämpöpumput Kiinteistöjärjestelmät. 2018. RT 11-10624. Rakennustieto Oy. Luettu 17.2.2020.
- 12 Maalämmitys. 2001. RT 50-10755. Rakennustieto Oy. Luettu 10.2.2020.
- 13 Lämpöpumpun hankinta taloyhtiöön. 2019. Verkkoaineisto. Motiva Oy. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/lampopumpun_hankinta_taloyhtioon Luettu 27.1.2020.

- 14 Saukkonen, Teemu. 2016. Hirsitalon sähkölämmityksen muutos maalämpöön – kannattavuus selvitys. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 15 Käyttöohjeet. Lämpöpumpun toimintaperiaate. 2011. Verkkoaineisto. Vaillant Suomi Oy. <https://www.vaillant.fi/downloads/manuals/hp/geotherm-22-46/0020051611-03-1027950.pdf> Luettu 17.2.2020.
- 16 Maalämpö, maahan varastoitunutta energiaa. 2020. Verkkoaineisto. NIBE Energy Systems Oy. <https://www.nibe.eu/fi/fi/tietopankki/maalampo---maahan-varastoitunutta-energiaa> Luettu 29.1.2020.
- 17 Kapanen, Mika. 2017. Kylmäainetilanne 2017. Luokitus ISO 817 mukaisesti. Verkkoaineisto. <http://www.skll.fi/www/att.php?type=2&id=305> Luettu 18.2.2020.
- 18 Kapanen, Mika. 2018. Kylmäaineet lämpöpumppuala. Seminaariesitys 27.11.2018.
- 19 Collin, Tuomas. 2019. Kylmäaineiden kiristyvät ympäristövaatimukset ja tulevaisuuden ratkaisut. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 20 Yleisesite lämpöpumput. 2017. Verkkoaineisto. Robert Bosch Oy. Korkea COP vai todellista säästöä? <https://www.bosch-climate.fi/globalassets/fi-dokumentit/ladattavat-dokumentit/opaat-ja-esitteet/muut/bosch-yleisesite-2017-syksy.pdf> Luettu 18.2.2020.
- 21 Lämpökerroin. 2020. Verkkoaineisto. Maalämpö tietoportaa. <http://www.maalampopumppu.org/lampokerroin/> Luettu 27.1.2020.
- 22 Lämpöpumput. 2017. RT 11-10332. Rakennustieto Oy. Luettu 18.2.2020.
- 23 Kerrostalon kaivokentän suunnittelu. 2020. Verkkoaineisto. Gebwell Oy. <https://gebwell.fi/maalampo/kerrostalojen-maalampojarjestelmiin-tehokkuutta-kaivokentan-suunnittelulla/> Luettu 24.2.2020.
- 24 Poratek geoenergiaseminaari esitys. 2018. Verkkoaineisto. GTK. http://poratek.fi/wp-content/uploads/2018/11/Geoenergiatutkimus_251018.pdf Luettu 22.1.2020.
- 25 Juvonen, Janne. 2009. Lämpökaivo. Suomen Porakaivo. <http://www.suomenporakaivo.fi/files/6313/6355/4053/ymparisto-opas-lampokaivo.pdf> Luettu 23.2.2020.

- 26 Energiakaivo. 2018. Verkkoaineisto. Pirkanmaan Porakaivo Oy. <https://green-heat.fi/maalampo/> Luettu 21.1.2020.
- 27 Kaivokentän suunnittelu. 2020. Verkkoaineisto. Gebwell Oy. <https://gebwell.fi/maalampo/kerrostalojen-maalampojarjestelmiin-tehokkuutta-kaivokentan-suunnittelulla/> Luettu 23.1.2020.
- 28 Monet tekijät vaikuttavat kaivokentän mitoitukseen. 2020. Verkkoaineisto. Gebwell Oy. <https://gebwell.fi/maalampo/kerrostalojen-maalampojarjestelmiin-tehokkuutta-kaivokentan-suunnittelulla/> Luettu 25.2.2020.
- 29 Purhonen, Saku. 2016. Energiakaivojen mitoitukseen liittyvät tekijät. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 30 Valkeapää, Aki. 2020. Ohjaavan opettajan kanssa käyty sähköpostikeskustelu 21.3.2020.
- 31 Valkeapää, Aki. 2020. Ohjaavan opettajan kanssa käyty aloituskokouksen haastattelu 7.1.2020.
- 32 Alperi, Eero. 2020. Tilaajan edustajan kanssa käyty keskustelu 7.3.2020. Puhe- linhaastattelu.
- 33 Maalämpöjärjestelmään kannattaa asentaa puskurivaraaja. 2013. Verkkoaineisto. Tom Allen Serena Oy. <https://www.tomallensenera.fi/blogi/topic/puskurivaraaja> Luettu 2.3.2020.
- 34 Poistoilman lämmön talteenotto. 2013. Verkkoaineisto. Tom Allen Serena Oy. https://www.tomallensenera.fi/lammon-talteenotto?gclid=EA1aIQob-ChM1sHNm_Wo6QIVw4ayCh27oAh2EAAYAiAAEgJhRvD_BwE Luettu 3.3.2020.
- 35 Seppälä, Lari. 2019. Lämmitys- ja jäähdytyskaavioiden toiminnallisuuden dynaamiset tarkastelut maalämpökytkennässä. Opinnäytetyö. Metropolian ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 36 Maalämpö taloyhtiöön: Mitä tulee tietää. 2019. Verkkoaineisto. Urakkamaailma verkkosivusto. <https://www.urakkamaailma.fi/maalampo-taloyhtioissa> Luettu 5.2.2020.
- 37 Valve, Tuomas. 2015. Maalämpöprojektin käynnistämistä edeltävä päätöksenteko vanhassa asunto-osakeyhtiössä. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

- 38 Kivineva, Merilla. 2019. Kotitalolehti. Energiaremontti taloyhtiössä: näin päätöksenteon vaiheet etenevät. <https://www.kotitalolehti.fi/energiaremontti-taloyhtiössä-nain-paatoksenteon-vaiheet-etenevat/> Luettu 5.2.2020.
- 39 Alperi, Eero. 2020. Tilaajan edustajan kanssa käyty keskustelu 1.2.2020. Haastattelu.
- 40 Alperi, Eero. 2020. Tapaaminen tilaajan edustajan kanssa 27.2.2020. Haastattelu.
- 41 Kannattaako maalämpö hankkia? Voidaanko maalämpö hankkia kohteeseen? 2019. Verkkoaineisto. Energiatieto.fi. <https://energiatieto.fi/maalampohankinnan-esiselvitys> Luettu 6.2.2020.
- 42 Rytönen, Mikael. 2014. Öljylämmityksen korvaaminen maalämmöllä pientaloissa. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. LUTPub-tietokanta.
- 43 Maalämpölupa. 2020. Verkkoaineisto. Tec Heat Ab Oy. <https://www.techeat.fi/maalampo/maalampokaivo/maalampo-lupa/> Luettu 6.2.2020.
- 44 Vihanainen, Leena. 2014. Jäteveden lämmöntalteenoton tarkastelu kiteen jäteveden puhdistamolla. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 45 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. 1998. RT 16-10660. Rakennustieto Oy. Luettu 7.2.2020.
- 46 Valve, Tuomas. 2015. Maalämpöprojektin käynnistämistä edeltävä päätöksenteko vanhassa asunto-osakeyhtiössä. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 47 Maalämpötaloyhtiöihin. 2020. Verkkoaineisto. Tec Heat Ab Oy. <https://www.techeat.fi/maalampo-taloyhtiöihin/> Luettu 9.2.2020.
- 48 Käytännön läheistä tietoa taloyhtiöiden remonteja suunnitteleville. 2016. Verkkoaineisto. Turun Sanomat. <https://www.ts.fi/koti/1279289699/Kaytannon-laheista+tietoa+taloyhtioiden+remonteja+suunnitteleville> Luettu 10.2.2020.
- 49 Ketonen, Joonas. 2012. Maalämpö lämpöenergian tuottajana. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

- 50 41 kysymystä ja vastausta maalämmöstä. 2018. Verkkoaineisto. JH-Lämpö Oy. <http://www.jh-lampo.fi/41-kysymysta-ja-vastausta-maalammosta/> Luettu 25.2.2020.
- 51 Maalämpöpumput Kiinteistöjärjestelmät. 2018. RT 11-10624. Rakennustieto Oy. Luettu 4.3.2020.
- 52 Koivunoro, Jussi. 2019. Rakennusautomaatio. <https://yle.fi/uutiset/3-10669307> Yle uutiset. Luettu 9.3.2020.
- 53 Savolainen, Jukka-Pekka. 2016. Gebwell Qi maalämpöpumpun yhdistäminen Ouman Ouflex – automaatiojärjestelmään. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 54 Huolto ja etävalvonta. 2020. Verkkoaineisto. Tom Allen Serena Oy. <https://www.tomallensenera.fi/huolto-etavalvonta> Luettu 9.3.2020.

Liite 1

Tekijä: Jani Pölönen 12.3.2020

Ohjeet Isännöitsijälle Maalämpöurakkaan

”Noudattamalla ohjeita, päästään haluttuun lopputulokseen.”

Yleiset ohjeet: ”Koska Sitä Hallitsemalla Pystytään Käyttämään Valtaa Viisaasti”

- ✓ **Kartoita**, onko taloyhtiön mahdollista siirtyä maalämpöön.
 - ✓ **Selvitä**, onko taloyhtiössä maalämpöasiantuntijaa, jos ei palkatkaa asiantuntija projektiin.
 - ✓ **Harkitse**, onko muita remontteja, jota voi suorittaa maalämpöprojektin kanssa samanaikaisesti.
 - ✓ **Panosta**, huolellinen suunnittelu tuo vankan pohjan projektin onnistumiselle.
 - ✓ **Kilpailuta**, urakoitsijat eroavat toisistaan hinnalta ja laadultaan.
 - ✓ **Vaadi**, palkatun asiantuntijan tehtävä on valvoa hankkeen etenemistä ja ajaa tilaajan etuja.
 - ✓ **Vastaanota**, hyväksy laadukas ja toimiva maalämpöjärjestelmä.
-
- Palkkaa ammattilainen tekemään esikartoitus mahdollisuuksista taloyhtiössä → säästä aikaa ja rahaa.
 - Valitse projektin toteutus ajankohdaksi kesä → lämpökaivojen porausta ei voi tehdä kovilla miinus keleillä.
 - Onko taloyhtiössä vesikiertoinen lämmitysmuoto, jos on → toteutus kannattava ja vältetään putkiasennus töiltä (suurimmat kulut, vaativin työvaihe)
 - Selvitä luvat maalämpöurakkaan liittyen → vältä vastaan tulevat yllätykset ja takaiskut.
 - Älä valitse halvinta urakoitsijaa → oikea lämmitysjärjestelmä valitaan, säästötavoitteisiin päästään ja järjestelmää ei tarvitse huoltaa jatkuvasti.
 - Asiantuntija osaa ehdottaa mahdollisista muista järkevistä remonteista, kuten sähköliittymän päivittäminen, LTO lisäys tai muut piharemontit lämpökaivojen porauksien yhteydessä. → taloyhtiön asukkaiden häirinnän minimointi ja tehokkaat kiinteistön korjaustoimenpiteet.
 - Teetä hankesuunnittelu ja valitse hyvän maineen omaava suunnittelutoimisto, soita suunnittelutoimiston referenssejä läpi ja varmistu hyvästä maineesta → parhaat mahdolliset säästöt.
 - Suunnittelutoimistosta on hyvä palkata valvoja → löytyy oikea tietotaito suunnitelman toteutumisen valvontaan. Tekninen, toiminnallinen ja taloudellinen osaaminen. (insinööritoimisto)

- Laadi selkeä esitys taloyhtiökokoukseen osakkaille. Perusta esitys faktoihin ja varmista, että maallikkokin tietää esityksen jälkeen, mistä olisi kyse. → Kitketään ennakoluulot, asumiskulut laskuun ja talon arvo nousuun.
- Vaadi urakoitsijoilta vertailu kelpoiset tarjoukset laaditun suunnitelman pohjalta. Tähän mukaan asiantuntija. → Vältä vertailu kelvottomilta tarjouksilta tai ja tarjouskilpailu päättyy parhaaseen mahdolliseen päätökseen. Tällöin lopullisessa tarjouksessa mitoitus on tehty oikein ja tarjous tukee tilaajan vaatimuksia.
- Tarkista urakoitsijan tausta enne urakkasopimuksen solmimista. → Näin varmistetaan, että urakoitsijalla on vakaa talous ja löytyy kyky toteuttaa urakka sekä antaa takuut/vakuudet osakkaille.
- Hae ajoissa toimenpidelupa lämpökaivojen porauksille. (kesto: 1-2 kk, mistä: rakennusvalvonta)
- Vaadi urakoitsijalta aktiivista viestintää urakan etenemisestä → asiakastyytyväisyys ja tätä kautta urakan sujuva eteneminen. (esim. lämpökatkos tai käyttövesi kielto)
- Toteutuksessa huomioitava: Taloyhtiön piha saatava samaan kuntoon porauksien jälkeen, käyttövesivaraajien asennus teknisessä tilassa voidaan tehdä jo ennen purkutöitä tilan niin salliessa, asennustöitä ja porauksia voidaan tehdä samanaikaisesti,
- Päivitä huoltoyhtiö, useimmiten urakoitsija palkataan ”huoltoyhtiöksi” → varmistetaan huoltoyhtiön ammattitaidosta huoltaa uutta lämmitysjärjestelmää.
- Selvitä huoltoyhtiön etävalvonnan mahdollisuus → järjestelmän mahdollinen virittäminen optimaalisen toiminnan takaamiseksi.
- Vaadi urakoitsijalta perusteellinen käytönopastus. (Taloyhtiö ja huoltoyhtiö) → huoltotöiden omatoiminen suorittaminen ja järjestelmän käyttö.
- Ensimmäinen maalämpöpumpun huolto suositeltavaa 2,5 vuoden päästä järjestelmän luovutuksesta.