

PIENTALON
LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN
SANEERAUS

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma
Suunnittelupainotteinen
mekatroniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Aki Halme

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

HALME, AKI:

Pientalon
lämmitysjärjestelmän saneeraus

Suunnittelupainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö 31 sivua

Kevät 2016

TIIVISTELMÄ

Työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa kustannustehokas ratkaisu puretun Upovari-ilmalämmitysjärjestelmän tilalle. Opinnäytetyö toteutettiin omakotitalon olemassa olevan ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmän pohjalle ja siinä pyrittiin hyödyntämään kohteen valmista laitekantaa.

Työssä pyrittiin ottamaan huomioon ilmalämmityksen hyvät ominaisuudet kuitenkin unohtamatta laitteiston rakentamiskustannuksia ja lämmitysjärjestelmän energiatehokkuutta. Työn suunnittelussa ja toteutuksessa lähtökohtana oli, että ilmalämmitys palautettaisiin ensisijaiseksi lämmitysmuodoksi. Asunnossa olevaa nykyistä lämmitysjärjestelmää oli tarkoitus käyttää tukilämmitysmuotona ja tasaamaan lämmityshuippuja kylmän kauden aikana.

Kohteen pää- ja tukilämmityksen saneerauksen ensisijainen tarkoitus oli saavuttaa kustannussäästöjä lämmityskustannuksissa sekä nostaa kohteen asumismukavuutta tasaisemman lämmönjakauman ja paremman sisäilman myötä. Huomion arvoista oli, että kohteessa pyrittiin luomaan edullinen vaihtoehto ilmalämmityksen saneeraukselle. Lisäarvona kohteeseen saatiin tehostettu vapaajäähdytys, sekä varsinainen ilmastoinnin koneellinen jäähdytys. Tämä saatiin aikaan ohjaukseen käytetyn logiikan ansiosta.

Asiasanat: ilmalämmitys, lämpöpumppu, lämmitysjärjestelmä

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Production and Manufacturing Technology

HALME, AKI: a Renovation for private housing heating system

Bachelor's Thesis in Mechatronics, 30 pages

Spring 2016

ABSTRACT

The goal of this work was to plan and execute a cost-efficient solution for air heating to substitute an old Upovari. This thesis was realized on the bases of the existing ventilation- and heating system. In the project, the gears that already existed were meant to be utilized.

The good properties of air heating gears, not to forget the building costs of the gear and the energy efficiency of the heating, were also taken consideration. The base of the planning and executing was that air heating would be returned to be the primary heating system. The existing heating system in the house was meant to be used as a support heating form to level the heating peak in winter.

The ain of renovation of the whole heating system was to save in expenses in the heating costs, to make a more comfortable and stable heat split and better air inside.

Worth notable was an aspiration to create an economical option to renovate of air heating. Added value of the target was to get an efficient free cool system and machinery cooling system of air-conditioning. This was made by the logic of the control.

Keywords: air heating, heat pump, heating system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	4
2	ILMALÄMMITYS	6
2.1	Taustaa	6
2.2	Toiminta	6
2.3	Ilmalämmityskone	7
2.4	Kanavointi ja ilmanjako	9
3	LÄMPÖPUMPPU	10
3.1	Historiaa	10
3.2	Toimintaperiaate	10
3.3	Lämpöpumpputyypit	11
3.3.1	Ilmalämpöpumppu	12
3.3.2	Maalämpöpumppu	14
3.3.3	Ilma-vesilämpöpumppu	19
3.3.4	Poistoilmalämpöpumppu	21
4	CASE: PIENTALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SANEERAUS	24
4.1	Suunnittelun lähtökohdat	24
4.2	Lattialämmitykset ja lämminvesivaraaja	25
4.3	Autotalli ja varastotilat	25
4.4	Päälämmitysjärjestelmä	26
4.4.1	Ilmanvaihdon järjestäminen	26
4.4.2	Tuloilman lämmitys	28
4.4.3	Ilmalämmityksen ohjaus	29
5	YHTEENVETO	33
	LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Lämmitysjärjestelmän valinta on noussut keskeiseen rooliin pientalojen rakentamisessa. Tähän ovat osaltaan vaikuttaneet energiahinnan jatkuva nousu, halu panostaa asumismukavuuteen ja erilaisten lämmöntuottotapojen voimakas kasvu ja kehittyminen. Monen talouden osalta myös vanhan lämmitysjärjestelmän korjauskustannusten kasvun myötä jouduttu harkitsemaan, miten ratkaista kiinteistön lämmitys nyt ja tuleviksi vuosiksi eteenpäin. Tähän vaikuttavia tekijöitä on useita: ekologisuus, tilantarve, helppohoitoisuus, käyttökustannukset, investointikustannukset ja polttoaineen. On siis paljon vaikuttavia tekijöitä, kun valitaan, miten hoitaa kiinteistön lämmitys nyt ja tulevaisuudessa.

Opinnäytetyössä keskityttiin ilmalämmitteiseen ratkaisuun. Perustana ratkaisuun oli puretun ilmalämmityskoneen ja ilmalämmitykselle suunnitellun ilmanvaihtokanavien suoma mahdollisuus. Koska kohteen toteutukseen valittu budjetti antoi hyvin vähän liikkumatilaa, päätös käyttää jo kiinteistössä olevaa tekniikkaa soveltuvien osien oli selviö. Lämmityksen saneerauksessa pyrittiin säilyttämään ilmalämmityksen suomat hyvät ominaisuudet ja saattaa lämmitysjärjestelmä asumismukavuudeltaan miellyttäväksi unohtamatta kuitenkaan lämmityksen käyttökustannuksia, huollon helppoutta ja käyttövarmuutta. Saneerauksen yhteydessä myös tukilämmitysmuotojen ja lämpimän käyttöveden ohjausta muutettiin energian käytön kannalta tehokkaampaan suuntaan.

Opinnäytetyössä keskityttiin kiinteistön lämmityksen uudelleen järjestämiseen sen suunnittelun ja toteutuksen osalta. Työssä keskityttiin ilmanvaihdon uudelleen järjestämiseen siltä osin kuin se katsottiin tarpeelliseksi. Lämmityksen ohjaus suunniteltiin vastaamaan nykytilanteen tarpeita poistamalla päällekkäisyyksiä ja keskittämällä koko kiinteistön lämmityksestä vastaava järjestelmä yksiin kuoriin. Autotalli ja varastotilat yhdistettiin yhdeksi kokonaisuudeksi ja lämmitystä muutettiin siltä osin.

Nämä tilat haluttiin kuitenkin pitää omana lämmityskokonaisuutena, koska niiden lämmöntarve poikkeaa olennaisesti asuintilojen lämmityksestä. Työssä ei keskitytty niinkään teoreettiseen pohdiskeluun vaan pääpaino oli suunnittelussa ja toteutuksessa.

2 ILMALÄMMITYS

2.1 Taustaa

Pientalojen ilmalämmitys lämmitysmuotona saapui Suomeen 1976.

Ilmalämmitys yleistyi varsin nopeasti ja saavutti huippunsa 1981. Vuonna 1981 asennettiin noin 10 000 omakotitaloon ilmalämmitys.

Ilmalämmityksen suosio alkoi kuitenkin menettää markkinaosuuttaan 1980-luvulla suoran sähkölämmityksen intensiivisen markkinoinnin johdosta. Lämmitysmuotona ilmalämmitys kuitenkin nostaa suosiotaan uudelleen matalaenergia- ja nollaenergiarakentamisen myötä. Sillä mitä vähemmän huoneilman lämmitykseen tarvitaan energiaa, sitä paremmin ilmalämmitys toimii. (Säteri 1999, 38)

2.2 Toiminta

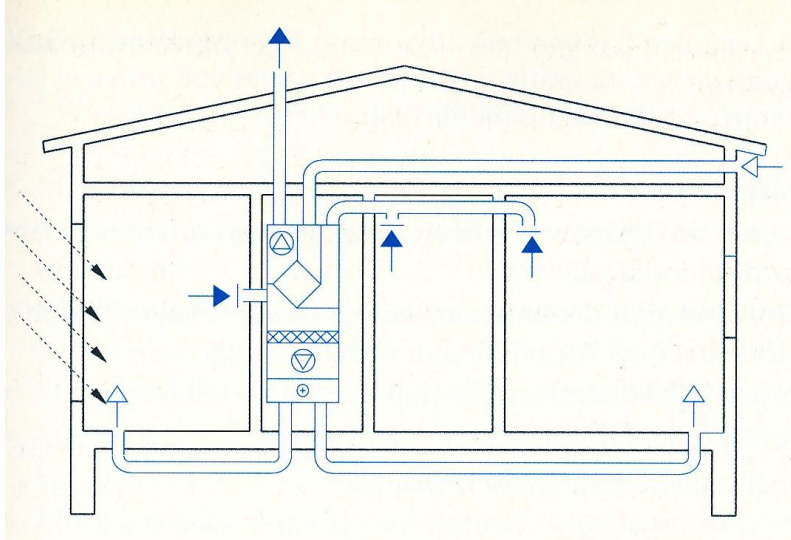
Ilmalämmitysjärjestelmä on lämmitysjärjestelmä, jossa perinteiseen koneelliseen ilmanvaihtoon on lisätty lämmitys. Ilmalämmityskoneessa on yleensä kolme puhallinta, joista kaksi toimii kuten ilmanvaihtokoneessakin siirtäen raitista ulkoilmaa huoneistoon ja poistaen jäteilmaa ulos.

Kolmannen puhaltimen tehtävänä on kierrättää suurin osa sisäilmaa huoneiston kautta takaisin ilmalämmityskoneeseen ja sitä kautta takaisin huoneistoon. Tarvittaessa tätä ilmaa lämmitetään kierron aikana.

(Seppänen & Seppänen 1996, 174.) Ilmaa siirretään niin, että raitista ilmaa sekoitetaan kiertoilman joukkoon minimissään 0,5 1/h. Tällä taataan minimi-ilmanvaihto, eli ilman on vaihduttava asunnossa kerran kahdessa tunnissa. (Motiva 2015e.)

Ominaisuuksiltaan ilmalämmitys eroaa vesikeskuslämmityksestä, koska ilmalämmityksessä lämmönsiirtoaine on ilma. Tämän takia voidaan esimerkiksi auringon tuottamaa passiivista energiaa, joka johtuu esimerkiksi ikkunasta paistavasta auringosta (kuvio1), siirtää varjoisten huoneiden lämmitykseen. Myös sisäilman puhdistus ja jäähdytys voidaan helposti järjestää. (Seppänen & Seppänen 1996, 174.) Perinteisesti

ilmalämmitys järjestetään niin, että ilma lämmitetään keskitetysti, josta se jaetaan kanavia pitkin ikkunoiden edessä lattiassa olevilla säleiköillä asuntoon. (Motiva 2011.)



KUVIO 1. Auringon säteilylämmön hyödyntäminen (Seppänen & Seppänen 1996, 157)

2.3 Ilmalämmityskone

Ilmalämmityskoneessa yhdistyvät ilmanvaihto ja rakennuksen lämmitys. Ilmalämmityskone on yleensä hyvin kompakti pakettikooltaan jääpakastekaapin kokoinen, johon on koottu kaikki tarvittavat komponentit (kuvio2).

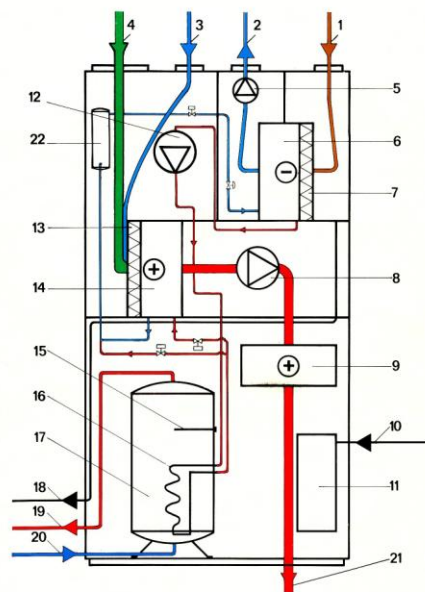
Tyypillisesti ilmalämmityskoneeseen kuuluvat:

- lämmityspatteri
- puhaltimet
- suodattimet
- lämmöntalteenotto.

Ilmalämmityskoneeseen kuuluu yleensä kolme puhallinta, joista pääpuhaltimen mitoitetaan kiinteistön lämmitykseen käytettävän

kiertoilman mukaan. Loput kaksi puhallinta on mitoitettu ilmanvaihtoon, joista toisen tehtävä on puhalltaa raitista ulkoilmaa ja toisen puhalltaa jäteilma ulos. Suodattimien tehtävä on pitää sisäilma puhtaana. Suodatinta käytetään tuloilmassa pitämään hyönteiset, siitepöly ja muut ulkoilman epäpuhtaudet loitolla. Kiertoilman suodattimella pyritään ehkäisemään huonepölyn leviäminen ja poistoilmasuodattimella ehkäistään huonepölyn siirtyminen lämmöntalteenotto laitteistolle. (Seppänen & Seppänen 1996, 174) Lämmöntalteenottolaitteistolla otetaan poistoilman sisältämää lämpöenergiaa talteen. Tyypillisimmin se toteutetaan lämmönvaihtimella, jolla poistoilman sisältämää lämpöä hyödynnetään tuloilman esilämmittämiseen. Nykyiset rakennusmääräykset edellyttävät, että vähintään 45 prosenttia poistoilman sisältämästä lämpöenergiasta hyödynnetään. (Perälä & Perälä 2013, 77.)

Ilmalämmityskoneen tuloilman lämpötila voi olla jopa 50 astetta. Alhaisemmalla tuloilman lämpötilalla on mahdollista hyödyntää suurempaa määrää erilaisia lämmönlähteitä. Tästä seuraa kuitenkin se, että ilmavirtoja on kasvatettava, millä voi olla merkitystä meluun ja vedon tunteeseen. (Lämpöpumput.Info 2016.)



- | | | |
|---|------------------------------|--------------------------|
| 1. Poistoilma laitokseen | 8. Tuloilmapuhallin | 16. Vesilauhdutin |
| 2. Poistoilma ulos | 9. Tuloilman lisälämmitin | 17. Lämminvesivaraja |
| 3. Ulkoilma laitokseen | 10. Sähköliitäntä | 18. Tippuvesi |
| 4. Kiertoilma laitokseen | 11. Sähkö- ja ohjauskeskus | 19. Lämmin käyttövesi |
| 5. Poistoilmapuhallin | 12. Kompressori | 20. Kylmävesi |
| 6. Höyrystin (lämmöntalteenottopatteri) | 13. Tuloilman suodatin | 21. Tuloilma kanavistoon |
| 7. Poistoilman suodatin | 14. Ilmalauhdutin | 22. Nestevaraaja |
| | 15. Käyttöveden lisälämmitin | |

KUVIO 2. Upovari-ilmalämmityskoneen toimintakaavio (Upo 1997)

2.4 Kanavointi ja ilmanjako

Ilmalämmityksen kanavoinnin kannalta olisi suotavaa, että koneen pystyisi sijoittamaan keskelle rakennusta. Näin saadaan aikaan tasaisempi ilmanjako. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista meluhaittojen vuoksi, jolloin ilmalämmityskone joudutaan sijoittamaan erilliseen lämmönjakuhuoneeseen. Lämmön tasaisen jakautumisen kannalta on tärkeää jättää ilmarako kaikkiin välioviin, jotta ilma pääsisi esteettömästi kiertämään. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että välioviin ei asenneta kynnyksistöjä. Ilmaraon väliovissa pitäisi olla alle viidentoista neliömetrin huoneissa vähintään viisitoista millimetriä ja sitä suuremmissa huoneissa vähintään kolmekymmentä millimetriä. (Seppänen & Seppänen 1996, 175 - 176.)

Tuloilman kanavointi voidaan järjestää joko ylä- tai alajakoisesti. Yläjakoisen kanavoinnin etuna on, että yleensä ilmakanavien mitat jäävät lyhyemmiksi. Haittana on, että näin ratkaistu tuloilmakanavointi ei takaa niin tasaista lämmönjakautumista, sillä lämmin ilma jää ylös ja lattiatasossa on viileämpää. Alajakoisessa kanavoinnissa lämmönjakauma on tasaisempaa ja tuloilmaritilät voidaan asentaa seinän viereen ikkunoiden alle. Tällä saadaan kompensoitua ikkunoista hohkaava kylmä ja säästytään paremmin vedon tunteelta. On kuitenkin huolehdittava, että maasta johtuva kylmä ei pääse aiheuttamaan kondensaatiota kanavissa. Kummassakin tapauksessa on huolehdittava, että kanavat voidaan riittävän helposti puhdistaa. Kanavat on aina eristettävä. (Seppänen & Seppänen 1996, 175 - 176.)

3 LÄMPÖPUMPPU

3.1 Historiaa

Termodynaaminen prosessi, johon lämpöpumpun toiminta perustuu, ei ole mikään uusi keksintö. Ranskalainen fyysikko Sadi Carnot'n esitteli termodynaamisen kiertoprosessin vuonna 1824. Itse lämpöpumpun toiminnan periaatteen esitteli englantilainen fyysikko William Thomson vain muutamaa vuotta myöhemmin. (Perälä & Perälä 2013, 27.)

Ensimmäisiä rakennuksiin soveltuvia lämpöpumppuja jouduttiin odottamaan vielä kuitenkin aina 1920-luvulle asti. Laajamittaisempaan käyttöön lämpöpumput otettiin toisen maailmansodan aikaan Sveitsissä, joka kärsi hiilipulasta ja oli näin pakotettu ratkaisemaan rakennusten lämmityksen muulla tavoin. Pian toisen maailmansodan jälkeen lämpöpumppujen käyttö jäi vähäisemmälle piristyäkseen uudestaan vasta 1970 ja 1980 välisenä aikana vallitsevan öljykriisin myötä. Öljyn hinnan taas pudotessa lämpöpumpun käyttö jäi vähemmälle lämmitysmuotona. Vasta aivan viime vuosina sen suosio on lähtenyt nousuun öljyn ja muiden energian raaka-ainehintojen nousun vaikutuksesta. (Perälä & Perälä 2013, 27.)

3.2 Toiminta periaate

Lämpöpumpun toiminta perustuu kylmätekniiseen prosessiin, jossa lämpöenergiaa sidotaan lämpimästä ilmasta kylmäaineeseen höyrystimen avulla ja näin saatu energia siirretään pumpun välityksellä lauhduttimeen, jonka tehtävä on luovuttaa sitoutunut energia (Kaappola, Hirvelä, Jokela & Kianta 2014, 18). Höyrystimen tehtävä on siis sitoa höyrystimessä olevaan matalapaineiseen kylmäaineeseen ympäröivän tilan lämpimämpää ilmaa, jolloin kylmäaine höyrystyy. Tätä höyryä imetään kompressorilla. Kompressorin imemä kylmäainehöyry puristetaan kompressorissa korkeapaineiseksi sähköenergian avulla, jolloin kylmäaine lämpenee. Tästä toiminnasta käytetään nimeä tulistuminen. Tulistunut

kylmäainehöyry siirtyy tämän jälkeen putkea myöten lauhduttimeen, jonka tehtävänä on lauhduttaa kylmäainehöyry joko ympäröivään ilmaan tai nesteeseen. Lauhtuessaan kylmäaine nesteytyy, ja tämä neste siirretään putkea pitkin paisuntaventtiilille. Paisuntaventtiilin tehtävänä on rajoittaa paineen siirtymistä höyrystimelle. Koska paisuntaventtiilillä rajoitetaan painetta, seuraa siitä, että venttiilin läpi kulkenut neste jäähtyy ja osa siitä höyrystyy jälleen ennen siirtymistä höyrystimelle. Näin kylmäaine on tehnyt kokonaisen kierroksen järjestelmässä ja aloittaa kierron uudelleen.

(Kaappola ym. 2014, 18.)

Kylmäaineen sitoutumisien lämpimästä ympäristöstä kylmäaineeseen mahdollistaa termodynamiikan toinen sääntö, jonka mukaan lämpö siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan. Jos lämpö halutaan siirtää matalammasta lämpötilasta korkeampaan, se vaatii kylmäaineen liikuttamisen eteen tehtyä työtä. Tässä prosessissa työn tekee kompressori. Myös kompressorin työhön tarvitsema sähköenergia muuttuu lämpöenergiaksi ja tämä lämpö sidotaan kylmäaineeseen. (Kaappola, ym. 2014, 18.)

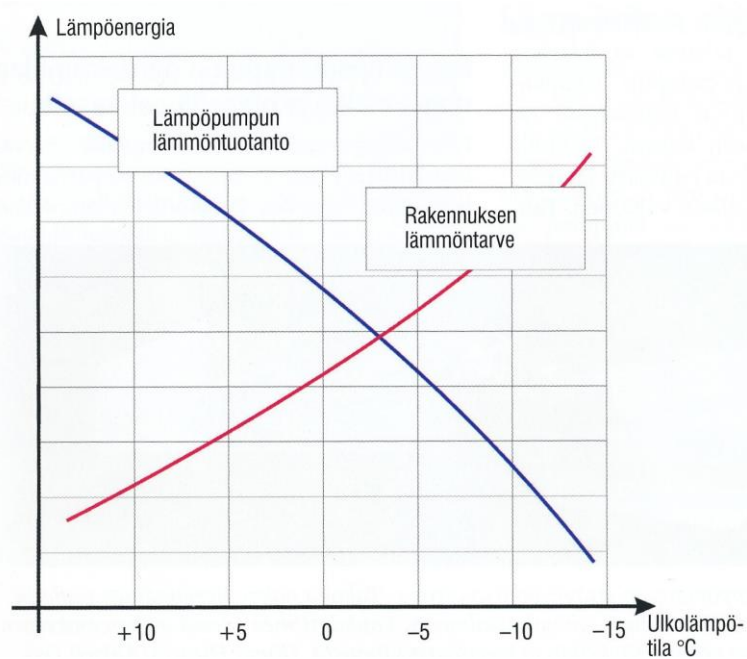
3.3 Lämpöpumpputyypit

Lämpöpumput kasvattavat vuosi vuodelta suosiotaan lämmitysmuotona pientaloissa. Suurin syy tähän on lämpöpumpun hyvä energiatehokkuus. Lämpöpumpun lämmitystehon mittarina pidetään lämpökerrointa. Tällä tarkoitetaan sitä, kuinka paljon lämpöenergiaan saadaan tuotettua siihen kulutetulla sähköenergialla. Esimerkiksi jos sähköverkosta otetaan yhden kilowatin teho ja sillä saadaan tuotettua kaksi kilowattia lämmitystehoa, on lämpökerroin kaksi. Lämpöpumpun suosioon ovat vaikuttaneet myös nykyiset vähän energiaa kuluttavat- ja nollaenergiatalot. Näissä voidaan hyödyntää hyvin lämpöpumppujen suhteellisen matalaa maksimikäyttölämpötilaa, jossa lämpöpumput toimivat tehokkaimmalla tavalla. Toinen merkittävä seikka on kesäaikainen viilennys. (Motiva 2015d.)

3.3.1 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu on lämpöpumpuista ostokustannuksiltaan huokein ja yleisin. Ilmalämpöpumpun voi asentaa periaatteessa kaikkiin vanhoihin ja uusiin rakennuksiin, sillä se ei vaadi talon rakenteisiin puuttumista (kuva1). Ilmalämpöpumpussa on kaksi erillistä yksikköä, joista toinen asennetaan ulos (ulkoyksikkö) ja toinen sisään mielellään mahdollisen avaraan tilaan (sisäyksikkö). Nämä yksiköt yhdistetään toisiinsa kylmäaineputkilla ja tarvittavilla sähköjohdoilla. Sisäyksiköltä pitää myös johtaa erillinen tippavesiputki viemäriin, jota tarvitaan sisäilman ja sisäyksikön höyrystimen lämpötilaerosta johtuvan kondenssiveden poistamiseen. Samaan kondensioilmiöön perustuu myös ulkoyksikön ajoittainen jään muodostus kylmemmillä ilmoilla. Ulkoyksikön jäänmuodostusta pidetään kurissa sulatusjaksoilla, joita koneen elektroniikka säätelee. (Perälä & Perälä 2013, 49. 53-54.)

Ilmalämpöpumppua ei voida pitää asunnon ainoana lämmön lähteenä, sillä sen lämmöntuotto pienenee ulkolämpötilan laskiessa, eli juuri silloin kun lämpöä eniten kaivattaisiin (kuvio3). Lämpöpumppu on parhaimmillaan lämpötilan ollessa nollan molemmin puolin aina viiteentoista pakkasasteeseen asti. Se on erinomainen ratkaisu esimerkiksi takan kanssa, koska sillä saadaan takan lämpöä tasattua ilmalämpöpumpun sisäyksikössä olevan puhaltimen ansiosta. Myös ilmanpuhdistimena ilmalämpöpumppu on mainio, sillä puhaltimelle tuleva ilma kulkee suodattimien kautta ennen kuin palaa takaisin huonetilaan. Ilmalämpöpumppua voidaan käyttää myös kesäiseen viilennykseen, sillä lämpöpumpun toiminta voidaan muuttaa päinvastaiseksi siinä olevan nelitieventtiilin ansiosta. (Perälä & Perälä 2013, 49–50.)



KUVIO 3. Lämpöenergian suhde ulkolämpötilaan (Perälä & Perälä 2013, 50)

Ilmalämpöpumpun ohjaaminen on helpoimmillaan yksinkertaista. Valitaan vain lämpötila ja annetaan koneen hoitaa toimintatavan valinta ja puhallinnopeus asettamalla nämä automaatti asentoon. Nykyisissä koneissa on kyllä myös runsaasti erilaisia toimintoja joilla voidaan esimerkiksi matkapuhelimen välityksellä asettaa lämmitys päälle ennenkuin on saapunut asuntoon. (Perälä & Perälä 2013, 57–58.)



KUVA 1. Ilmalämpöpumppu (Lampopumppu.fi 2016)

3.3.2 Maalämpöpumppu

Maalämmössä kerätään maahan tai veteen sitoutunut lämpö erillisellä keruuputkistolla rakennuksen lämmitykseen. Tämä energia prosessoidaan maalämpöpumpussa, ja syntynyt lämpö valjastetaan veden lämmitykseen, jolla huolehditaan niin käyttöveden kuin lämmitysverkoston lämmön tarpeesta. Maalämpö on suhteellisen energiystävällinen ratkaisu, sillä noin 2/3 tuotetusta lämmöstä saadaan maaperän lämmöstä, ja vain 1/3 on siihen kuluva sähköenergiaa. Tästä syystä maalämmön suosio pientalojen lämmitysmuotona on ollut kasvussa varsinkin 2000-luvun alusta alkaen, niin että vuonna 2011 rakennetuista omakotitaloista lähes 50 prosenttiin valittiin maalämpö. (Motiva 2015e.) Maalämpöpumpun sivutuotteena saadaan ratkaistua myös kesäaikainen ilmanvaihdon jäähdytys. Tämä jäähdytys on lähes ilmaista, koska tässä tapauksessa ei tarvitse käyttää itse maalämpöpumppua lainkaan. Ainoastaan maalämpöpiirin kiertovesipumppua tulee käyttää. Tämä kuitenkin edellyttää, että ilmanvaihtoon on asennettu lämmönvaihdin, jolla talviaikaan hoidetaan myös tuloilman lämmitys. (Perälä & Perälä 2013, 60.)

Maalämpöpumpun lämmönkeruuputkistona toimii muoviputki, joka on halkaisijaltaan 40–50 millimetriä. Putkessa siirtonesteenä toimii veden ja denaturoidun etyylialkoholin seos, josta etyylialkoholin osuus on noin 30 prosenttia ja veden osuus 70 prosenttia. Etyylialkoholin mukanaololla estetään nesteen jäätyminen. Glykolin käyttöä estää sen huono lämmönjohtokyky ja tästä johtuva keruuputkiston heikompi lämmönjohtavuus (Perälä & Perälä 2013, 65.) Putkisto sijoitetaan maahan joko noin metrin syvyyteen pinnasta tai erilliseen lämpökaivoon. Myös vesistöä käytetään lämmön lähteenä. (Motiva 2015e.)

Maahan vaakatasoon sijoitettava keruuputkisto vaatii suhteellisen suuren tontin, sillä normaalikokoisen omakotitalon vaatima putkipituus on 300-400 metriä. Koska putkivälin pitää olla 1,5 metriä, niin putken käyttämäksi kokonaisalaksi muodostuu 600-800 neliometriä. Vaikka tontilla olevan

putkiston syvyydeksi pitääkin valita noin metrin syvyys ja lämmityskauden aikana putken ympäristö jäähtyy, niin sillä ei ole todettu olevan merkittävää vaikutusta kesän kasvukauden kannalta. (Seppänen & Seppänen 1996, 144.)

Ehkä yleisin keruuputkiston sijoitustapa on lämpökaivo. Siinä peruskallioon porataan 140-200 millimetriä halkaisijaltaan oleva reikä. Normaalin omakotitalon tarpeisiin riittää noin 200 metrin syvyys. Jos kallio ei ole aivan pinnassa, niin kallion ja maan pinnan väliselle matkalle joudutaan asentamaan teräsputki. Porakaivo on kallein ratkaisu keruuputkistolle ja vaatii aina rakennusvirastolta toimenpide luvan, mutta se soveltuu hyvin myös ahtaille tonteille. (Perälä & Perälä 2013, 66.)

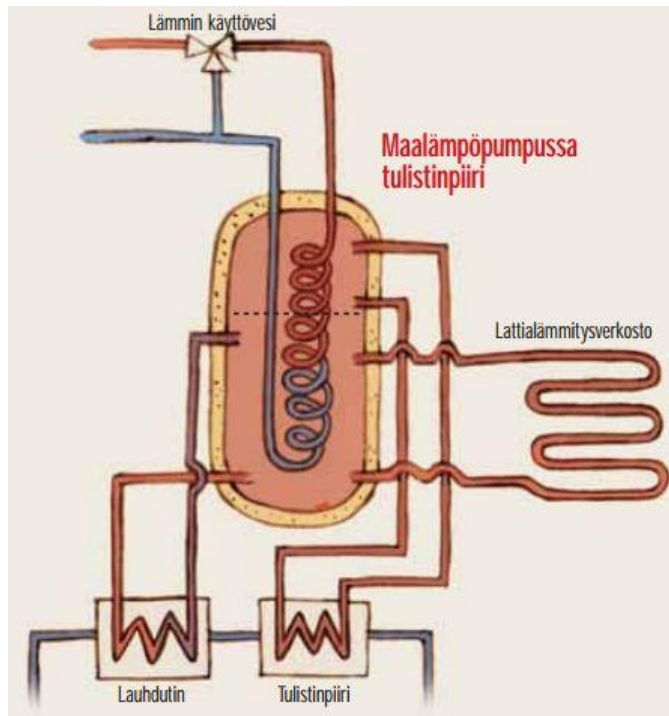
Vesistöt sopivat myös lämmönkeruupiirin asennukseen. Vesistöjen etuna on, että sieltä saadaan paremmin johdettua energiaa, sillä vesi on lämmönjohtavuudeltaan parempaa kuin maa-aines. Keruuputkiston sijoittamisesta veteen syntyy kuitenkin lisää kustannuksia, sillä putkiston asennus vesistöön vaatii yleensä erikoiskalustoa. Keruuputki pitää sijoittaa vähintään kahden metrin syvyyteen, jolla estetään veden jäätyminen putken ympärillä. Ennen putken sijoittamista kannattaa myös varmistua, ettei veden lämpötila pääse missään olosuhteissa laskemaan alle +1 asteen lämpötilaan. Putki pitää myös ankkuroida pohjaan. Tällä estetään, ettei putki pääse nousemaan. Putken sijoittamisesta vesistöön kannattaa olla yhteydessä paikalliseen ELY-keskuksen kanssa mahdollisten lupa-asioiden vuoksi. (Motiva 2015e.)

Maalämpöpiirin mitoituksen kanssa kannattaa olla tarkkana, sillä riittävän kokoiseksi mitoitettu lämmönkeruupiiri maksaa itsensä nopeasti takaisin. Maalämpöpiirin optimaalinen mitoitus olisi, jos lämmityskauden päätyttyä keruuputki olisi jäänyt lähes koko pituutensa matkalta. Silloin ei putkistoa olisi liikaa asennettu. Koska keruuputki jäätyy alkupäästä lähtien eteenpäin koko lämmityskauden ajan, eikä jääntyneen keruuputken ympärillä ole enää energiaa kerättäväksi. (Perälä & Perälä 2013, 60.)

Maalämpöpumpun osalta mitoituksessa kannattaa suosia niin sanottua osamitoitusta, jossa maalämpöpumppu mitoitetaan kattamaan noin 60–80 prosenttia huippukulutuksesta, ja loput tarvittavasta energiasta korvataan sähkövastuksilla. Näin saadaan katettua noin 95–99 prosenttia vuotuisesta energian tarpeesta aivan huippupakkasia lukuun ottamatta. Tällä säästetään maalämpöpumppuhankinnan perustamiskustannuksissa pienemmän maalämpöpumpun hinnan vuoksi ja saadaan kompressorin elinkaarta pidennettyä, koska vuotuisia käynnistymistapahtumia, jotka kuluttavat kompressoria, on vähemmän. (Motiva 2015e.)

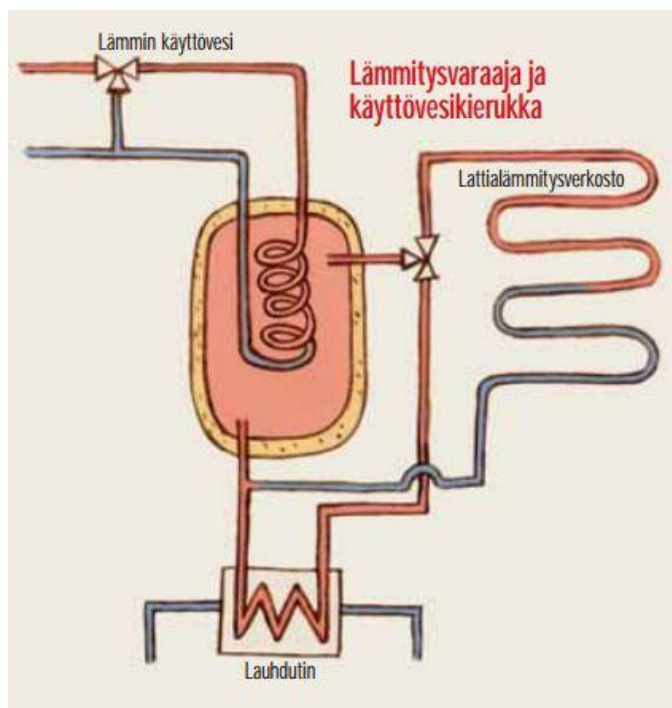
Maalämpöpumput eroavat tekniikaltaan hieman toisistaan lähinnä käyttöveden lämmityksen toteutuksen osalta. Tämä johtuu siitä, että maalämpöpumppu toimii parhaalla hyötysuhteella, jos lämmitettävän veden lämpötilaa ei tarvitse nostaa kovin korkeaksi. Tämä sopii varsinkin, jos taloon on asennettu vesikiertoinen lattialämmitys, joka ei tarvitse kuin maksimissaan noin 35 asteen lämpötilan. Kuitenkin käyttöveden lämpötilan pitäisi nousta mielellään yli +55 asteen jo senkin takia, että saataisiin vedestä poistettua Legionella-bakteeri. Käytössä on tällä hetkellä kolmenlaista tapaa lämmittää käyttövesi, ja jokainen näistä on toimiva tapa, kunhan ne otetaan huomioon lämmityksen suunnittelussa. (Motiva 2016b.)

Ensimmäinen tapa on käyttöveden lämmitys tulistuspiirissä (kuvio4). Tässä tavassa käyttövesi esilämmitetään normaaliin tapaan lämmityskierron lämminvesivaraajassa. Varaajan yläosassa on kalvolla erotettu osa, jossa käyttövesi lämpiää erillisen tulistimen ansiosta oikeaan lämpötilaan. Tulistimeksi kutsutaan lämmönvaihdinta, joka sijaitsee ensimmäisenä kompressorin painelinjassa, jossa kuumakaasu on kuumimmillaan. Tulistimen jälkeen kylmäainekaasu johdetaan lauhduttimelle, jossa se luovuttaa suurimman osan lämmöstään lämmityskiertoon samalla nesteytyen. (Motiva 2016b.)



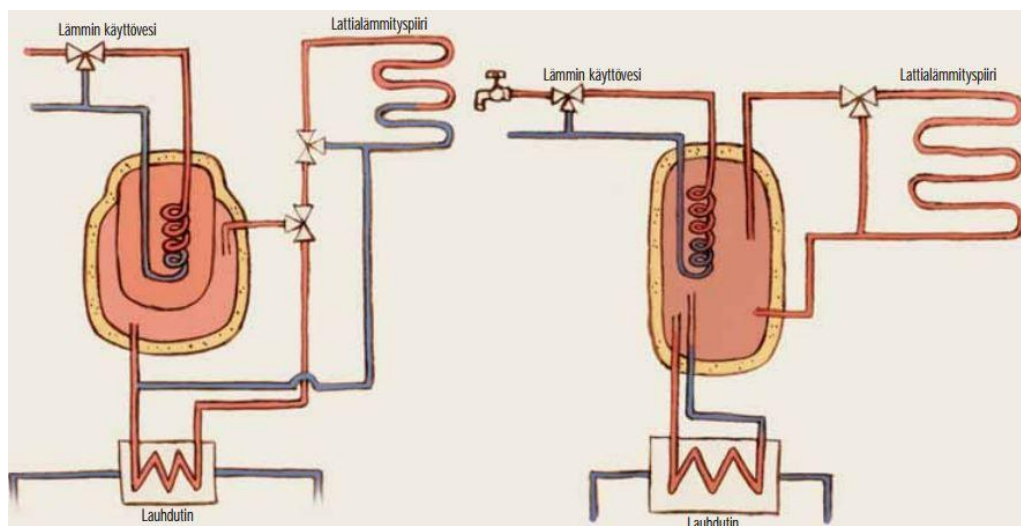
KUVIO 4. Käyttöveden tulistuksella toteutettu maalämpöpumppu (Motiva 2016b)

Toisena vaihtoehtona on käyttövesikierukalla toteutettu käyttöveden lämmitys (kuvio5). Tässä mallissa käyttövesi lämmitetään normaalisti lämminvesivaraajassa sijaitsevassa kierukassa, ja lopullinen lämpötila saavutetaan erillisellä sähkövastuksella. Tätä sähkövastusta saatetaan myös käyttää tasaamaan kovilla pakkasilla tarvittavaa lisälämmön tarvetta. (Perälä & Perälä 2013, 70.)



KUVIO 5. Käyttövesikierukalla toteutettu maalämpöpumppu (Motiva 2016b)

Kolmantena vaihtoehtona on vaihtuvalla lämmityksellä toteutettu käyttöveden lämmitys (kuvio6). Tässä mallissa lämmitys toteutetaan niin, että lämmitetään joko käyttövettä tai lämmityskiertoa. Tällä tavalla toteutettuna lämmitys hoidetaan niin, että käyttöveden lämmitys on aina etusijalla. Riippuen kumpaa lämmitysmuotoa milloinkin tarvitaan, lämmitetään vesi pyydettyyn lämpötilaan. Tässä mallissa käytetään kahta erilaista teknistä ratkaisua: joko kaksoisvaipparakennetta tai käyttövesikierukalla toteutettua ratkaisua. Mallissa käytetään myös sähköisiä lisävastuksia saavuttamaan käyttöveden tarvitseman lämpötilan. Samoilla vastuksilla hoidetaan myös kylmien ilmojen tarvitsema lämpötilahuippujen tasaus. (Motiva 2016b.)



KUVIO 6. Vaihtuvalla lämmityksellä olevat maalämpöpumppumallit (Motiva 2016b)

3.3.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpun toiminta perustuu perinteiseen ilmalämpöpumpun toimintaan, jossa ulkoilmasta kerätään lämpöä (kuva 2). Erotuksena ilmalämpöpumppuun kerätty lämpö luovutetaan rakennuksen vesivaraajaan, josta se jaetaan lämmityskiertoon ja käyttöveden lämmitykseen. (Motiva 2015b.)

Ilma-vesilämpöpumppu on perustamiskustannuksiltaan yleensä halvempi investointi kuin maalämpöpumppu, sillä maalämmön tarvitsemaa keruuputkistoa ei tarvita. Tosin tällä ei myöskään päästä maalämmön lämpökertoimiin. Maalämmön lämpökertoimen ollessa noin 3 päästään ilma-vesilämpöpumpulla noin 1,4 - 1,8 luokkaan; maalämpöpumppu ottaa energiansa maasta, joka on tasaisesti vuodenajasta riippumatta 0 lämpöasteen luokkaa, ja ilma-vesilämpöpumpun energia otetaan ulkoilmasta, joka talviaikaan voi olla hyvinkin vähäistä alhaisesta lämpötilasta johtuen. (Perälä & Perälä 2013, 74.)

Ilma-vesilämpöpumpun valintaa puoltaa se, jos tontille ei voida asentaa maalämmön vaatimaa vaakamallista lämmönkeruuputkistoa tai lämpökaivoa ei voida porata. Ilma-vesilämpöpumppu on hyvä vaihtoehto

myös niin sanottuna hybridivaihtoehtona, jossa se asennetaan jo valmiiseen laitekantaan. Näin voidaan ilma - vesilämpöpumppua käyttää sen lämpökertoimen ollessa suotuisa ja tasata kylmien ilmojen tarvitsemaa lämpöhuippua muulla järjestelmällä. On hyvä myös tarkistaa ennen laitteen hankintaa, että talon pääsulakkeet kestävät ilma-vesilämpöpumpun tarvitseman virtakuorman. Tarvittaessa voi harkita myös erilaisia teknisiä ratkaisuja, joilla kompressorin käynnistämiseen tarvittavaa virtaa voi rajoittaa. Nykyisillä inverter-tyyppisillä kompressoreilla tästä käynnistykseen liittyvästä ongelmasta on päästy lähes kokonaan pois. (Motiva 2016a.)

Ilma - vesilämpöpumppuja on kahta päätyyppiä: Split-tyyppinen, jossa kylmäkoneen höyrystin ja kompressori sijaitsevat ulkoyksikössä ja lauhdutin sijaitsee sisäyksikössä ja näiden välillä on kylmäputkisto, ja Monoblock-tyyppinen, jossa kylmätekniikka on keskitetty ulkoyksikköön ja varaajan ja ulkoyksikön välillä kiertää vesi. Tämä ratkaisu on ihanteellinen saneerauskohteissa, joissa lämpöpumppu liitetään jo valmiina olevan järjestelmän rinnalle. (Perälä & Perälä 2013, 74.)

Mitoituksessa kannattaa olla tarkkana, että ei tule hankittua liian pientä ilma-vesilämpöpumppua. Sillä vaikka kone toimisi hyvällä hyötysuhteella, sen lämmöntuoton rajat tulevat vastaan, jolloin kone käyttää lisälämmön tuottamiseen sähkövastuksia ja koneen hyötysuhde pienenee. Täytyy myös muistaa, että kovimmilla pakkasilla kompressori katkaisee lämmöntuoton hyötysuhteen laskiessa liian pieneksi. Tämä tarkoittaa sitä, että lisälämmitykseen tarvittavien sähkövastusten lämmöntuotto tulee vastata huipputehon lukemaa. (Motiva 2015a.)

Elvari-sähkölämmityksen tehostamishanke tutki 23:n kohteen säästöjä siirryttäessä ilma-vesilämpöpumpun käyttöön. Kohteista 14 kappaletta oli öljylämmitteisiä ja 9 kappaletta sähkölämmitteisiä pientaloja. Kulutus ennen lämmitysjärjestelmien vaihtoa oli kohteilla keskimäärin 25 847 kWh/a, asuntojen keskimääräisen pinta-alan ollessa 160 m². Öljylämmitteisissä kohteissa päästiin keskimäärin 44,3 prosentin

(kattiloiden hyötysuhteeksi laskelmissa päätettiin 80 prosenttia) ja sähkölämmitteisissä 31,7 prosentin energiasäästöihin. (Motiva 2016d.)



KUVA 2. Sanyo-merkkisen ilma-vesilämpöpumpun ulko- ja sisäyksikkö (Perälä & Perälä 2013, 76)

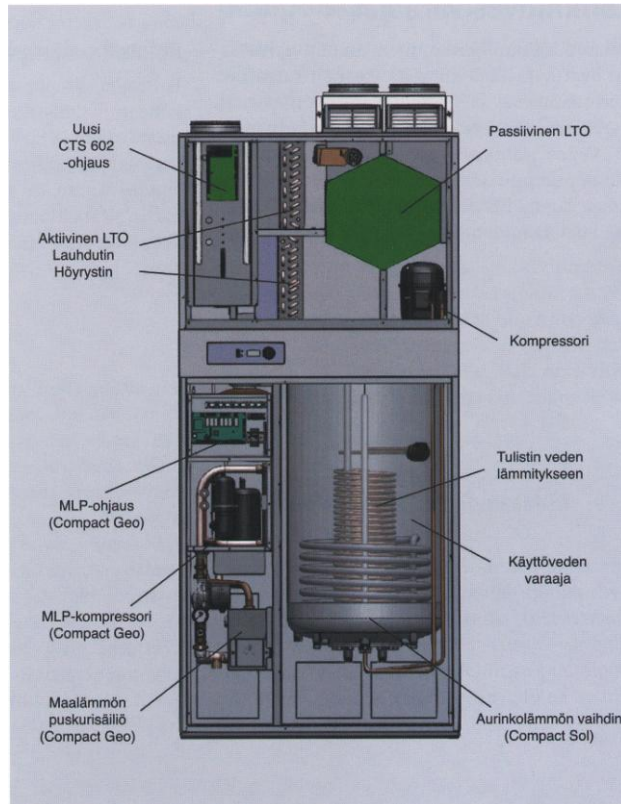
3.3.4 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumpussa lämmön lähteenä toimii asunnon ilmanvaihdon poistoilma (kuvio 7). Koska uusien asuintarkoitukseen rakennettujen pientalojen koko ilmamäärän pitää vaihtua kerran kahdessa tunnissa, riittää poistoilmasta tyypillisessä 500 kuutiometrin pientalossa 2,2 miljoonaa kuutiometriä +21-asteista sisäilmaa vuodessa. Jos tämän ilmamäärän jäädyttää +4-asteiseksi poistoilmalämpöpumpulla, saadaan siitä noin 10 000 kilowattituntia ilmaista lämpöenergiaa vuositasolla. Tähän kun lisätään kompressorin noin 3 000 kilowattitunnin sähköverkosta ottama sähköenergia, joka muuttuu prosessissa lämpöenergiaksi, päästään kokonaisuudessaan noin 13 000 kilowattituntiin. Tämä pätee kuitenkin vain teoriassa, sillä kesällä kun lämmitystarvetta ei ole, ainoa lämmitysenergian tarve on lämpimässä käyttövedessä. Tällöin poistoilman sisältämää lämpökuormaa ei voida kokonaisuudessaan hyödyntää. (Perälä & Perälä 2013, 78.) Tyypillisesti poistoilmasta saadaan

hyödynnettyä vuositasolla noin 60 - 70 prosenttia, minkä vuoksi lisälämmön lähteitä tarvitaan esimerkiksi koneen lämminvesivaraajassa tai erillisessä varaajassa olevilla sähkölämmitysvastuksilla ja takanpoltolla kylmään aikaan. (Motiva 2016c.)

Periaatteessa poistoilmalämpöpumppu tarvitsee toimiakseen tulo- ja poistoilmakanavat. Tämä sulkee lämmitysmuodon hyödyntämisen vanhemmissa omakotitaloissa, joissa ei välttämättä ole kuin poistoilmakanava ja tuloilman saanti on hoidettu muulla tavoin. On olemassa myös malleja, jotka on suunniteltu nimenomaan vanhempiin kiinteistöihin, joissa ei ole kuin poistoilmakanavat. Nämä mallit erottuvat tekniseltä toteutukseltaan jonkin verran, ja yleensä niitä käytetään vain lämpimän käyttöveden tuottoon. (Perälä & Perälä 2013, 79.)

Poistoilmalämpöpumppu on parhaimmillaan matalaenergiataloissa, jolloin lisälämmitykseen sähkövastuksilla ei ole niin suuri tarve kovimmillakaan pakkasjaksoilla (Motiva 2016b). Matalaenergiataloissa poistoilmalämpöpumpulla voi hoitaa lämmitysenergian - ja käyttöveden tarpeen lähes kokonaan eikä erillistä ilmanvaihtokonetta tarvita, sillä poistoilmalämpöpumppu hoitaa ilmanvaihdon (Perälä & Perälä 2013, 79).



KUVIO 7. Nilanin poistoilmalämpöpumppu, mukana pieni maalämpöpumppu ja mahdollisuus aurinkolämmön käyttöön (Perälä & Perälä 2013, 79)

4 CASE: PIENTALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SANEERAUS

Kohteena oli vuonna 1980 rakennettu 178 neliömetrin kokoinen tiilivuorattu puurunkoinen omakotitalo, josta 125 neliometriä on asuinpinta-alaa Lahden talousalueelta. Taloon oli valittu alun perin Upovari-lämmitysjärjestelmä, joka on jossain vaiheessa korvattu erillisellä sähköisellä lämminvesivaraajalla ja perinteisellä sähköpatterilämmityksellä. Kosteiden tilojen ja eteisen laattalattian lämmityksestä huolehtii sähköinen lattialämmitys ja apulämmitysmuodoksi on valittu ilmalämpöpumppu. Talossa on myös varaava takka. Ilmanvaihdon toteutuksesta huolehtii lämmöntalteenotolla ja tuloilman sähköisellä jälkilämmityksellä varustettu ilmanvaihtokone. Samassa yhteydessä on myös poistettu käytöstä sisäilman kierrätyksestä huolehtiva ilmanvaihtoputkisto.

4.1 Suunnittelun lähtökohdat

Kiinteistössä oli tarkoitus saattaa ilmalämmitys takaisin varsinaiseksi päälämmitysjärjestelmäksi. Tällä tavalla oli tarkoitus päästä eroon vedon tunteesta, jonka alajakoinen ilmanvaihto aiheuttaa, ja samalla pyritään saamaan aikaiseksi energian säästöä.

Lähtökohtana oli pitää investointikustannukset mahdollisimman alhaisina tinkimättä silti asumismukavuudesta ja saavuttaa energian säästöjä. Ilmalämmityksen suunnitteluun tuo omat haasteensa, koska vanha ilmalämmityskone oli hävitetty ja ilmalämmityksen kaipaama sisäilman kiertoputkisto oli osin purettu. Tämän takia ilmalämmityskoneen modernisointi ei siis tullut kysymykseen ja modernisoinnin kustannuksetkin olisivat voineet nousta liian korkeiksi. Koska investointikustannukset piti pyrkiä pitämään kohtuullisina, päätettiin hyödyntää kiinteistön jo olemassa olevaa laitekantaa ja optimoida laitteet toimimaan tehokkaimmillaan hyödyntämällä sähkön energia- ja siirtomaksujen vuorokautista hintojen vaihtelua.

4.2 Lattialämmitykset ja lämminvesivaraaja

Koska kiinteistössä asuu kaksi henkilöä, jotka ovat pääsääntöisesti päivät poissa kotoa, vaihdettiin lattialämmitystermostaatit ohjelmitavaan malliin (kuva 3), jolloin voitiin optimoida lämmitystarve juuri niille ajoille, kun lämmitystä tosiasiallisesti tarvitaan, ja alentaa lattian lämpötilaa, kun sitä ei tarvita. Myös lämminvesivaraaja, joka oli toteutettu suoralla sähköllä, varustettiin kello-ohjauksella. Koska kiinteistön asukkaat käyttävät pörssisähköä, niin ohjelmoitiin lämminvesivaraajan ohjaus käyttämään lämmitystä öiseen aikaan sähkönsiirtomaksujen ollessa alhaisimmillaan ja lämmitetään lämminvesivaraaja sähköenergian keskiarvallisesti määräytyvien halvimpien tuntien aikaan. Myös lattialämmityksissä pyrittiin toteuttamaan edullisemmän sähkön aikaa niiltä osin kuin se on mahdollista.



KUVA 3. Raychemin ohjelmitava lattialämmitystermostaatti

4.3 Autotalli ja varastotilat

Autotalli ja varastotilat yhdistettiin purkamalla väliseinät ja tekemällä niistä yksi palotekninen tila. Näin saatiin aikaiseksi noin 40 neliömetrin yhtenäinen tila. Tämän muutoksen tarkoituksena oli järkeistää tilojen käyttöä ja samalla tehostaa lämmityskulujen muodostumista. Tilojen sähköpatterit poistettiin ja yhdistyneen tilan lämmöntarpeesta huolehtimaan asennettiin ilmalämpöpumppu. Ilmalämpöpumpun aikaansaaman tehostuneen ilmankierrätyksen ansiosta saatiin myös

ilmankosteus pidettyä paremmin kurissa, mikä edesauttaa myös auton kuivumista ja pienentää auton ruostumisen riskiä.

4.4 Päälämmitysjärjestelmä

Koska budjetin rajallisuus antoi tiukat raamit toteutettavan laitteen suunnitteluun, oli jo lähtökohtaisesti selvää, että vanha laitekanta säilytetään ja pyritään sen pohjalta rakentamaan yksinkertainen ja toimiva kokonaisuus. Tämä tarkoitti sitä, että nykyinen ilmanvaihtokone tulee toimimaan perustana koko järjestelmälle.

Toiminnassa olevan ilmanvaihtokoneen etuihin voi laskea siinä olevan lämmönvaihtokuution suhteellisen hyvän hyötysuhteen, valmiina olevan tulo- ja poistoilman suodatusmahdollisuuden sekä mahdollisuuden käyttää jälkilämmityspatteria, jolla estetään tuloilman liiallinen jäähtyminen pakkaskausina ja saadaan tasainen tuloilman lämpötila. Tämä on eduksi ilmalämpöpumpun paremmalle toiminnalle ja sitä kautta säädettävyydelle.

Lämmönlähteeksi valjastettiin ilmalämpöpumppu, joka oli toiminut kiinteistössä lisälämmönlähteenä. Koska kiertoilmaputkisto oli ilmalämmityksestä luopumisen yhteydessä osittain purettu ja sen takaisin toimintakuntoon saattaminen vaatisi kiinteistön rakenteisiin puuttumista, päätettiin kiertoilmaputkisto kiertoilmapuhaltimiseen ja suodattimiseen rakentaa kokonaisuudessaan uudestaan. Kokonaisuutta ohjaamaan valittiin Siemensin logo, sen helppokäyttöisyyden, suhteellisen edullisen hankintahinnan ja aikaisempien käyttökokemusten pohjalta.

4.4.1 Ilmanvaihdon järjestäminen

Varsinaiseen ilmanvaihtoon ei tarvinnut kiinnittää suurta huomiota, sillä se oli jo järjestetty ja mitoitettu kiinteistöön sopivaksi. Ainoaksi varsinaiseksi suunnittelukohteeksi jäi siis kiertoilman järjestäminen. Kiertoilma päätettiin ottaa mukaan, koska sen on tutkittu säästävän noin 10 prosenttia lämmityskustannuksissa ja sillä on suuri merkitys tasaisemman

lämmönjakauman aikaansaamiseksi varsinkin kiinteistössä, jossa on varaava tulisija. Tällä saadaan myös otettua käyttöön koko potentiaali ilmalämpöpumpusta kasvattamatta tarpeettomasti tuloilman määrää, ja näin ollen lämmitettävän ulkoilman osuus jää pienemmäksi.

Kiertoilmaputkiston luonnollisimmaksi reitiksi muodostui välikatto. Välikaton ainoaksi haittapuoleksi jäi putkiston riittävän eristämisen tuoma lisäkustannus. Ratkaisua kuitenkin puolti enemmän välikaton tuoma tila ja tilan tuoma mahdollisuus asentaa putkilinjat mahdollisimman lyhyillä putkivedoilla. Toinen merkittävä seikka oli mahdollisuus sijoittaa suodatinkotelo ja kiertoilmapuhallin samaan tilaan ja näin saada kiertoilmapuhaltimen melu eliminoitua asuintiloista. Suodatinkotelo ja kiertoilmapuhallin olisi kyllä ollut hyvä sijoittaa muun tekniikan kanssa samaan tilaan huollettavuuden parantamiseksi, mutta tässä tapauksessa ilmanvaihtokoneen ympäristössä ei ollut riittävästi tilaa.

Itse kiertoilman venttiilit sijoitettiin kahteen kiinteistössä olevaan vaatehuoneeseen. Vaatehuoneet sijaitsivat eripuolilla huoneistoa takaamalla näin tasaisemman kiertoilman kierrätyksen huoneistossa. Tällä saavutettiin myös kiertoilman imuventtiilien muodostuvan ilmanvaihdon äänen pieneminen itse asuintiloissa.

Kiertoilmapuhallin varustettiin portaattomalla säädöllä, jolla varmistettiin hyvä säädettävyys. Putkistoon asennettiin moottorikäyttöinen sulkuventtiili. Sulkuventtiilillä varmistettiin, ettei ilmalla ole mahdollisuutta kiertää väärinpäin kiertoilmapuhaltimen ollessa pysähdyksissä ilmalämpöpumpun sulatusjaksojen aikana ja kesäaikaan, jolloin kiertoilmaa ei tarvita. Kiertoilmapuhaltimen pysäyttäminen kesäaikaan tuo myös kustannussäästöjä puhallinmoottorin sähkönkulutuksen verran, eikä auringon säteilyn vaikutuksesta johtuvaa lämmintä ilmaa turhaan kierrätetä huoneistossa.

Kiertoilmapuhaltimen mitoituksen perustana pidettiin tässä tapauksessa tuloilman ja kiertoilman yhteistä ilmamäärää ja lämpötilaa suhteutettuna se ilmalämpöpumpun laskennalliseen lämmöntuottoon tietyllä lämpötilalla.

Tällä lähestymistavalla päädyttiin kiertoilmapuhaltimen osalta noin 450 kuutiometriin tunnissa, joka on riittävä eikä puhallinäänetkään tällä ilmanvaihtomäärällä nouse merkittävän korkeiksi.

4.4.2 Tuloilman lämmitys

Ilmalämpöpumppu, joka oli toiminut kiinteistön lisälämmönlähteenä, päätettiin ottaa uuteen käyttöön varsinaisena lämmöntuottajana huoneiston lämmityksessä. Tätä varten sisäyksikkö purettiin ja kylmäaineputkisto siirrettiin sähköistysineen uuteen paikkaan ilmanvaihtokoneen kanssa samaan tilaan. Uudelle lämmönvaihtimelle rakennettiin tarkoituksenmukainen laatikko ja se asennettiin tuloilmakanavaan (kuva 4).



KUVA 4. Huonetuloilman lämmönvaihtimen laatikko putkistoineen

Tuloilman lämmityspatteriksi valittiin suora höyrysteinen patteri lähinnä kustannussäästöjen ja tilahtauden vuoksi. Tässä tapauksessa se ei merkittävästi vaikuttanut lämpötilan säädettävyyteen, sillä kompressori on inverter-säätöinen ja kiertoilmaa sekä ulkoa tulevan ilman määrää voi säätää. Lauhdutinpatterin tehoksi muodostui halutuilla lämpötiloilla sekä ilmamäärillä 3,6 kilowattia. Tähän ulkoyksikön lämmöntuottokapasiteetti oli

juuri riittävä. Erillisiä sähköisiä jälkilämmitysvastuksia ei koneeseen asennettu, koska kiinteistön lämmityksestä huolehtineita sähkölämmityspattereita haluttiin käyttää vastaamaan kovien pakkasten vaatimaan lisälämmöntarpeeseen.

4.4.3 Ilmalämmityksen ohjaus

Lämmityksen ohjauksen perustana haluttiin käyttää ilmalämpöpumpun ohjausta, koska se on käytännössä ohjelmoitu sopimaan optimaalisesti pohjoisen vaihteleviin olosuhteisiin. Näin säästyttiin myös kylmäprosessin vaatimaan ohjaus- ja turvalaitteiden uudelleen rakentamiselta. Myös ilmanvaihtokoneen ohjaus haluttiin säilyttää sellaisenaan, jotta lämmityksen ollessa pois päältä voidaan ilmanvaihtokonetta käyttää sen alkuperäisessä tarkoituksessa. Koska ilmanvaihtokoneen logiikka sallii etäohjauksen, saatiin se kytkettyä suoraan ulkoiseen ohjaukseen lämmityksen ollessa toiminnassa. Tämän takia kaikki lämpöpumpun ja ilmanvaihtokoneen muuttamisesta ilmalämmitykseen soveltuvaksi kokonaisuudeksi aiheutuvat muutostyöt voitiin tehdä erillisellä logiikalla niin, että ne saatiin sovitettua yhdeksi kokonaisuudeksi.

Kiinteistön lämpötilan hallinnasta huolehtii koneelle tulevaan poistoilmakanavaan asennettu anturi, jolla mitataan sisälämpötilaa. Tällä ja ulkolämpötilaa mittaavalla anturilla huolehditaan kompressorin portaattomasta säädöstä, jotta saadaan kulloiseenkin vallitsevaan olosuhteeseen valittua optimaalinen lämmöntuotto.

Koska lämmitysteho vaihtelee kulloisenkin olosuhteen vuoksi, jouduttiin lauhduttimen lauhdutustehoa säätellemään, jotta kylmäprosessi toimisi parhaalla mahdollisella tavalla. Tähän vaikuttavia tekijöitä on kaksi, joista ensimmäinen on lauhduttimelle tuleva ilman lämpötila. Kiertoilman eli huoneilman lämpötila on suhteellisen vakio. Koska raitis ulkoilma kulkee ilmanvaihtokoneessa olevan lämmönvaihtimen ja jälkilämmitysvastuksen kautta, saavutetaan näiden yhteistoiminnalla lähes vakio lämpötila myös raitisilman osalta. Tällöin ainoaksi varsinaiseksi säätötoimenpiteeksi

lauhtumislämpötilan säätö. Tätä lämpötilaa ohjaamaan varustettiin huonetilaan puhaltava tuloilmakanava tarkoituksen mukaisella kanava-anturilla, joka anturiin sijoitetun monen mittapään ansiosta mittaa lämpötilaa riittävän tarkasti ja on myös nopea reagoimaan lämpötilamuutoksiin. Anturin antaman mittatiedon perusteella ohjataan ulkoa tulevan raittiin ilman määrää pitämällä sisäänpuhallusilman lämpötila samalla vakiona, kuitenkin niin ettei kiinteistön tarvitseman ilmanvaihdon minimimäärää aliteta. Koska lauhtumislämpöä säädellään sisäilman ja ulkoilman yhteisvaikutuksesta, ilmamäärä sisäänpuhalluksessa nousee, kun lämmöntarve suurenee. Tällä tavalla saadaan huoneistoon lisää lämmöntuottoa, kun sitä tarvitaan. Varjopuolena tässä on ilmamäärien vaihtelu ja sen aikaansaamat äänenpaineen muutokset. Tarkalla säätöjen yhteensaattamisella vaikutukset saatiin minimoitua niin pieneksi, ettei muutosta huomannut kuin erikseen asiaa seuraamalla.

Samankaltaista ohjausta käytettiin myös koneellisen jäähdytyksen järjestämisessä. Poikkeuksena on, ettei kiertoilmaa käytetä kesäiseen aikaan, vaan kiertoilmapuhallin pysäytetään ja suljetaan kiertoilmaputken moottoriventtiilillä. Jäähdytyksessä kylmäainekierto muutetaan päinvastaiseksi, joten jäähdytyksen aikana kierrosnopeudella säädetään höyrystymislämpötilaa lauhtumislämpötilan sijaan. Koko ohjausjärjestelmän käyttöliittymänä toimii ilmalämpöpumpun kaukosäädin (kuva 5), joka sovitettiin vastaamaan muutetun järjestelmän tarpeita.



KUVA 5. Ilmalämmityksen kaukosäädin

Ilmalämmitysjärjestelmän logiikkaan ohjelmoitiin myös vapaajäähdytys. Vapaajäähdytyksellä tarkoitetaan sitä, että yöllinen viileä ilma hyödynnetään asunnon jäähdytyksessä kesäiseen kuumaan aikaan. Tässä tapauksessa yöllisen viileämmän ilman jakso hyödynnetään nostamalla tuloilman ja poistoilman määrää öiseen aikaan, jolloin huoneiston lämpökuormaa saadaan vaihdettua tehostetusti. Edellytyksenä on, että ulkolämpötilan lasku on riittävä. Jos lämpötilaero sisäilman ja ulkoilman välillä jää merkityksettömäksi, elektroniikan tehtävänä on hoitaa, ettei tehostettu toiminto kytkeydy päälle. Tätä toimintoa ohjaamaan asennettiin huonetermostaatti, jolla valitaan lämpötila vapaajäähdytyksen tarpeelle.

Koska ilmalämmityksen lämmönluovuttajana toimii ulkoilma, jouduttiin järjestelmä varustamaan myös sulatustoiminnolla, jolla ulkoyksikön jäänmuodostusta hillitään. Sulatusjaksojen aikana puhaltimet pysäytetään, ettei kylmää ilmaa puhallettaisi huoneistoon ja näin jäähdytettäisi huoneilmaa. Sulatusjaksojen toiminnasta huolehtii ulkoanturi, jonka tehtävänä on huolehtia sulatusjaksojen ajoittaminen ulkoyksikön jäänmuodostuksen kannalta kriittisimpään aikaan. Koska ulkoanturi on sijainniltaan ulkoyksikön höyrystinpatterin välittömässä läheisyydessä, voidaan tällä anturilla määrittää myös sulatusjakson pituus, kuitenkin niin, että kello-ohjauksella varmistetaan sulatusjakson tarpeeton venyminen. Ilmalämmityksen tarvitsemaa sähköistä ohjausta varten varustettiin ilmanvaihtuhuone erillisellä sähkökeskuksella (kuva 6), johon keskitettiin kaikki järjestelmän toiminnasta huolehtiva ohjauselektroniikka suojakomponentteineen.



KUVA 6. Ilmalämmityksen ohjauksesta vastaava sähkökeskus

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä pääpaino oli suunnitella ja toteuttaa vaihtoehtoisella tavalla ratkaistu ilmalämmityksen saneeraus. Mahdollisuus tämän työn toteutumiseen tuli, koska kiinteistössä oli luovuttu alkuperäisestä ilmalämmityksestä ja oli siirrytty lämmittämään sähköpattereilla. Ilmalämmitykseen tarkoitettu alajakoinen tuloilmakanavisto antoi työn toteutumiselle hyvät edellytykset. Ilmanvaihtokoneen ja ilmalämpöpumpun olemassaolo vaikutti ilmalämmityksen palauttamiseen ratkaisevasti, jotta muutostyön kustannukset eivät nousseet liian korkeiksi ja olleet näin esteenä kokeelliselle lämmitysjärjestelmälle. Lämmitysjärjestelmän muutostyöllä oli tarkoitus kartoittaa, miten ilmalämpöpumppu saataisiin sovitetuksi kustannustehokkaasti ilmalämmityksen lämmönlähteeksi, saavutetaanko sen käytöllä lämmityskustannuksissa säästöjä ja päästäkö ilmalämmityksen palauttamisella asumismukavuuteen häiritsevästi vaikuttaneesta alajakoinen ilmanvaihdon tuomasta vedontunteesta.

Lämmitysjärjestelmän muutostyön jäljiltä voidaan puolen vuoden kylmään aikaan painottuneen kokemuksen perusteella todeta, että asuinmukavuus on parantunut merkittävästi. Asunnon vedontunne on hävinnyt, ja merkille pantavaa oli, että asunnon sisälämpötilaa voitiin laskea kahdella asteella mukavuuden siitä kärsimättä. Tämän seikan uskottiin johtuvan ilmankierrosta johtuvasta tasaisemmasta lämpötilan jakautumisesta. Alussa pelkoa aiheuttanut lisääntyvän ilmanvaihdon aiheuttama melukaan ei haittaa, sillä entisen ilmalämmityksen sisäyksikön tuottama yhdestä pisteestä aiheutunut melu on nyt hajaantunut kaikkien tuloilmaritilöiden kesken ja näin ollen jopa pienentynyt. Lämpöä riittää ilmalämmityksen luonteen takia ja 1980-luvun rakennustavan mukaisen nykyisen mittapuun mukaan varsin vähäisen talon eristyksen takia vain vajaaseen kymmeneen pakkasasteeseen. Pelkästään tehokkaamman lämpöpumpun hankinnalla raja nousisi jo merkittävästi ja kattaisi vuotuisen lämmöntarpeen lähes täysin, myös välikaton eristystä lisäämällä ja nykystandardin mukaan huonon U-arvon omaavilla ikkunoilla on suuri merkitys lämpöpumpun

lämpöenergian riittävyteen. Merkillepantavaa oli, että lämmöntuotto ei niinkään pienentynyt pakkasen ollessa alle -10 asteen, vaan pikemminkin nollan tuntumassa, jolloin huurteenmuodostus on ulkoyksikössä pahinta. Lämmöntarve ei ole tuolloin suurimmillaan, joten lämmöntuottokyky kyllä riittää pienentäen vain lämmöntuottokerrointa.

Mittausjakson aikana tammikuussa, jolloin oli harvinaisen kylmä jakso tammikuun keskilämpötilan ollessa -12,8 astetta, lämmöntuottokapasiteetti ilmalämmityksessä ei riittänyt tuottamaan riittävää lämpöä, vaan lämpö piti tuottaa ensisijaisesti sähköpattereilla. Tällöin havaittiin, että vedon tunne palasi. Tämän seurauksena päätettiin asentaa sähköinen kanavapatteri ensi kesän aikana ja yhdistää se samaan ohjausjärjestelmään pitämään riittävää lämmöntuottoa yllä myös kovimmilla pakkasilla. Näin ollen seinillä olevat sähköpatterit jäävät tarpeettomiksi ja voidaan tulevaisuudessa poistaa.

Muutosten myötä sähkönkulutus on pudonnut huomattavasti. Säästöä ei tuonut pelkästään ilmalämmitykseen siirtyminen, vaan kokonaisuutos varsin tuhlaavasta lämmitysenergian käytöstä kohti tarpeenmukaista lämmitystapaa. Puolen vuoden seurantajakson aikana (elokuu.2015 - helmikuu.2016) on sähkönkulutus laskenut noin 4 000 kilowattituntia edellisvuoden vastaavaan ajankohtaan verrattuna. Laskennallisesti muutos vuositasolla on 20 prosentin luokkaa olettaen, että kesäaikaan, kun lämmitystarvetta ei ole, säästöä ei synny. Vaikka ajanjakson keskilämpötilassa edellisvuoteen verrattuna ei ollut kuin 0,3 asteen poikkeama, ei suoria johtopäätöksiä voi asiasta tehdä, sillä muuttuvia tekijöitä on muitakin. Varsinkin yli -20 asteen pakkasjaksojen aikana, joita mittausjaksoon osui lähes koko tammikuun ajan, oltiin käytännössä sähkölämmityksen varassa. Nämä seikat huonontivat saatavaa tulosta merkittävästi. Tosin vähäisenä ei voida pitää myöskään tiedostamatonta muutosta, jonka uusi lämmitysjärjestelmä mittauksineen toi asukkaille tullessaan.

Lämmityksen saneerauksen voi toteuttaa kyseisellä tavalla ja tässä

tapauksessa lopputulokseen voi olla tyytyväinen. Jotta järjestelmästä saataisiin kaikki hyöty irti, pitäisi lämmitysjärjestelmän saneerauksen yhteydessä kiinnittää myös huomio talon U-arvoon ja pyrkiä pääsemään kohti nykystandardien vaatimaa eristystasoa, sillä hyötysuhteeltaan lämpöenergian tuottajana lämpöpumppu on parhaimmillaan, kun maksimilämpötilaa ei tarvitse prosessissa nostaa tarpeettoman korkeaksi.

LÄHTEET

Kaappola, E., Hirvelä, A., Jokela, M. & Kianta, J. 2014. Kylmätekniiikan perusteet. 3. painos. Helsinki: Juvenes Print - Suomen Yliopistopaino Oy.

Lampopumppu.fi. ilmalampopumppu. lampopumppu.fi [viitattu 19.1.2016]. Saatavissa: <http://www.lampopumppu.fi/lampopumput/ilmalampopumppu/>

lampopumput.info. lämpöpumppujärjestelmän suunnittelu.

lampopumput.info.[viitattu19.1.2016]. Saatavissa:

<http://lampopumput.info/foorumi/index.php?action=dlattach;topic=1138.0;attach=491>

Motiva. 2011. Ilmakiertoiset lämmönjakojärjestelmät. Motiva Oy [viitattu 5.4.2015]. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammonjaon_vaihtoehdot/ilmakiertoiset_lammonjakojarjestelmat

Motiva. 2015a. Ilma - vesilämpöpumppu. Motiva Oy [viitattu 21.1.2016].

Saatavissa:

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu

Motiva. 2015b. Ilma - vesilämpöpumppu, UVLP. Motiva Oy [viitattu 21.1.2016]. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp

Motiva. 2015c. Ilmanvaihto. Motiva Oy [viitattu 5.4.2015]. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/rakentaminen/rakentajan_ohjeet/hyva_talo/ilmanvaihto

Motiva. 2015d. Lämpöpumput. Motiva Oy [viitattu 19.1.2016]. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput

Motiva. 2015e. Maalämpöpumppu. Motiva Oy [viitattu 20.1.2016].

Saatavissa:

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitys_muodot/maalampopumppu_mlp

Motiva. 2016a. Ilma - vesilämpöpumppu. Motiva Oy [viitattu 21.1.2016].

Saatavissa:

http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-_ja_maalampopumput/ilma-vesilampopumppu

Motiva.2016b. Lämpöä omasta maasta. Motiva Oy [viitattu 20.1.2016].

Saatavissa:

http://www.sulpu.fi/documents/184029/190695/Motiva%2C%20Lampoa_omasta_maasta-1.pdf

Motiva. 2016c. Poistoilmalämpöpumppu. Motiva Oy [viitattu 21.1.2016].

Saatavissa:

http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-_ja_maalampopumput/poistoilmalampopumppu

Motiva.2016d. Tutkittua säästöä ilma-vesilämpöpumpulla. Motiva Oy

[viitattu 21.1.2016]. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/files/5919/Tutkittua_saastoa_ilma-vesilampopumpulla.pdf

Perälä, O. & Perälä, R. 2013. Lämpöpumput. Helsinki: Alfamer/Karisto Oy.

Seppänen, O. & Seppänen, M. 1996. Rakennusten sisäilmasto ja lvi-tekniikka. Jyväskylä: Sisäilmayhdistys ry.

Säteri, J. 1999. Lämmitys 2000. Lämmitysjärjestelmien oikea käyttö ja kunnossapito. Saarijärvi: Suomen LVI-liitto, SuLV.

Upo. 1997. Upovari. Esite