

Perttu Jokitalo

**KANNATTAVUUSLASKELMIA ESIMERKKIKIIINTEISTÖJEN LÄM-  
MÖNLÄHTEIDEN MUUTTAMISESTA ILMA-VESILÄMPÖPUMP-  
PUIHIN**

**KANNATTAVUUSLASKELMIA ESIMERKKIKIINTEISTÖJEN LÄM-  
MÖNLÄHTEIDEN MUUTTAMISESTA ILMA-VESILÄMPÖPUMP-  
PUIHIN**

Perttu Jokitalo  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikka

---

Tekijä: Perttu Jokitalo

Opinnäytetyön nimi: Kannattavuuslaskelmia esimerkkikiinteistöjen lämmönlähteiden muuttamisesta ilma-vesilämpöpumppuihin

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: 29+4 liitettä

---

Työn aiheena oli tehdä kannattavuuslaskelmia esimerkkikiinteistöjen lämmönlähteiden muuttamisesta ilma-vesilämpöpumppuihin. Tavoitteena oli laskea, kannattaako esimerkkikiinteistöissä muuttaa nykyinen öljy- tai kaukolämpö ilma-vesilämpöpumppuun ja verrata laskelmien tuloksia toteutuneeseen ilma-vesilämpöpumppukohteeseen tilojen lämmityksen osalta.

Työn kohderakennukset valittiin iän ja koon mukaan. Työhön valikoitui kaksi kaukolämpökiinteistöä Oulusta sekä Kempeleestä yksi kaukolämpö- ja yksi öljylämpökiinteistö. Kohteet nimettiin aakkosittain A, B, C, D ja toteutunut kohde E. Sen jälkeen kysyttiin energialaitoksilta energiankulutustiedot vuodelta 2017. Laskelmiin saatiin käyttöön Mitsubishi Electric ilma-vesilämpöpumppujen maahantuojalta Scanoffice Oy:ltä heidän laskentaohjelmansa. Laskelmien tuloksia analysoitiin tarkasti ja niiden perusteella valittiin sopivimmat laitteet tai laiteyhdistelmät. Scanofficen teknisiltä asiantuntijoilta saatiin myös mielipiteitä ja neuvoja laitevalintoihin. Laskelmien jälkeen vertailtiin lämpöpumpun kattamaa osuutta lämpöenergian tarpeesta sekä hiilidioksidipäästöjen muutoksia.

Neljästä kohteesta C- ja D-kohteeseen olisi todella kannattavaa muuttaa lämmitysjärjestelmä heti ilma-vesilämpöpumppuun ja kahteen muuhun mahdollisesti nykyisen laitteiston teknisen käyttöiän loputtua. C- ja D-kohteissa laitteiden investointien takaisinmaksuajoina ilman huoltokustannuksia saatiin vain 4,5–5 vuotta, A- ja B-kohteissa 12–16 vuotta ilman huoltokustannuksia. Energiansäästöjä tulisi reilusti ja hiilidioksidipäästöt vähenisivät joka kohteessa melkein 70 prosenttia. Laskelmien tuloksia vertailtiin myös toteutuneeseen kohteeseen, mikä kertoo laskelmien olevan lähellä todellisia lukemia.

---

Asiasanat: vesi-ilmalämpöpumppu, kaukolämpö, öljylämpö, kannattavuus, takaisinmaksuaika, energiansäästö

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää tilaajaa Vesnom Oy:tä heidän tarjoamastaan mielenkiintoisesta aiheesta ja tarvittavista lähtötiedoista työhön. Laitteiden maahantuoja Scanoffice Oy:tä haluan kiittää mahdollisuudesta käyttää heidän laskentatyökaluaan sekä heidän teknisiä asiantuntijoitaan laitevalinnoissa. Mikko Niskalaa haluan kiittää työn ohjauksesta sekä kielen tarkistuksesta Pirjo Partasta. Kiitos myös muille tukea ja neuvoa antaneille.

Kempeleessä 31.05.2018 Perttu Jokitalo

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 TYÖSSÄ ESIINTYVÄT LÄMMITYSMUODOT	7
2.1 Ilma-vesilämpöpumppu	7
2.2 Kaukolämpö	8
2.3 Öljylämpö	9
3 LASKELMAKOHTEET	10
3.1 Oulu kaukolämpö A	10
3.2 Oulu kaukolämpö B	12
3.3 Kempele kaukolämpö C	17
3.4 Kempele öljylämpö D	19
3.5 Laskelmien yhteenveto	21
4 LASKELMIEN VERTAILUA	22
4.1 Vertailu toteutuneeseen IVLP-kohteeseen E	22
4.2 Lämpöpumpun kattaman osuuden vertailua lämpöenergian tarpeeseen	23
4.3 Hiilidioksidipäästöjen vertailu	24
5 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	27

Liite 1. Ilma-vesilämpöpumppujen tekniset tiedot

Liite 2. Esimerkkikytkentä rinnakkaislämmönlähteen kytkennästä

Liite 3. Vertailu lämpöpumpun kattaman osuuden tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta

# 1 JOHDANTO

Työn tilaajana on Vesnom Oy, joka on perustettu vuonna 2010. Yritys tekee pääasiassa pientalojen käyttövesi-, lämpöjohto-, lämmönlähde- ja viemäriremontteja ympäri Suomen. Erityisesti vesi-ilmalämpöpumppujen suosio on kasvanut voimakkaasti viime aikoina. Tilaajaa kiinnosti saada selville, millaista potentiaalia on ilma-vesilämpöpumpuissa isompien kiinteistöjen lämmittämiseen, varsinkin kaukolämpökohteissa. Vesi-ilmalämpöpumpuissa pitää huomioida, että se vaatii pakkasilla toisen lämmöntuottotavan esimerkiksi kaukolämmön tai sähkön. Usein se hoidetaan varaajayksikön sähkövastuksilla.

Työn tavoitteena oli tehdä kannattavuuslaskelmia esimerkki kiinteistöjen lämmitysjärjestelmien muuttamisesta ilma-vesilämpöpumppuihin. Laskentakohteina oli kaksi kaukolämpökiinteistöä Oulusta sekä Kempeleestä yksi kaukolämpö- ja yksi öljylämmityskiinteistö. Lisäksi työn tavoitteena oli vertailla laskelmia toteutuneeseen ilma-vesilämpöpumppukohteeseen tilojen lämmityksen osalta.

Laskelmien työkaluna käytettiin Mitsubishi Electricin ilma-vesilämpöpumppujen maahantuojan Scanoffice Oy:n laskentaohjelmaa. Laskelmien perustana käytettiin kiinteistöjen energiankulutuksia vuodelta 2017. Energiankulutustiedot saatiin tilaajalta ja energiayhtiöiltä.

## 2 TYÖSSÄ ESIINTYVÄT LÄMMITYSMUODOT

### 2.1 Ilma-vesilämpöpumppu

Ulkoilma-vesilämpöpumppu (UVLP) tai yleisemmin käytetty nimitys ilmavesilämpöpumppu (IVLP tai VILP) on uusin lämpöpumpputekniikkaa hyödyntävä lämmitysratkaisu. VILP soveltuu niin uudis- kuin saneerauskohteisiin. Ilma-vesilämpöpumppu kerää lämmitysenergiaa ulkoilmasta ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään lämmönsiirtimien kautta ja sillä voidaan lämmittää tiloja sekä käyttövettä. Kompressorin avulla menovesi voidaan hyvillä laitteilla lämmittää noin +60 °C:seen asti, parhaimmillaan jopa +70 °C:seen asti ulkolämpötilan ollessa alimmillaan –10 °C (1). Ilma-vesilämpöpumppujen suosio on kasvanut viime vuosina huimaa vauhtia niiden kannattavuuden takia, minkä vuoksi tätäkin työtä tehdään.

Ilma-vesilämpöpumpun etuna maalämpöpumppuun verrattuna on ilma-vesilämpöpumpun hankintahinta sekä helppo asennettavuus. Ilma-vesilämpö voidaan asentaa lähes kaikkiin rakennuksiin, toisin kuin maalämpö, missä esteeksi voi muodostua huono maaperä. Ilma-vesilämpöpumppu voidaan asentaa aiemman lämmitysjärjestelmän tilalle tai aiemman lämmitysjärjestelmän rinnalle hybridijärjestelmäksi. (2.) Ilma-vesilämpöpumpun huono puoli on, että mitoitusulkolämpötilassa tarvitaan kokonaan toinen lämmönlähde ja ilma-vesilämpöpumppu jää aina osatehoiseksi.

Laitteita verrattaessa kannattaa kiinnittää huomiota toimivuuteen pakkasella, ei niinkään nimellistehoon ja laitteiden tuottamaan lämpökertoimeen (COP). Laitteiden tuottama lämpökerroin (COP) vaihtelee suuresti erimerkkisten laitteiden välillä. Laitteiden nimellisteho ilmoitetaan yleensä standardin EN14511 mukaan + 7 °C:n ulkolämpötilassa ja 35 °C:n ja/ tai 55 °C:n menovedellä, mikä ei juurikaan kerro laitteen tehokkuudesta koska rakennuksen lämmöntarve on + 7 °C:n ulkolämpötilassa varsin pieni. Olennaisempaa ilma-vesilämpöpumpuissa on tietää laitteen tuottama lämpöteho esimerkiksi –15 °C:ssa, koska silloin lämmitystehon tarve on suuri ja myös säästöt energialaskussa ovat suuret. (2.)

VILP tuottaa vähiten energiaa silloin kun lämmitystarve on suurimmillaan, joten järjestelmä tarvitsee rinnalleen täydelle lämmitystarpeelle mitoitetun toisen lämmitysjärjestelmän. Usein se hoidetaan laitteen omilla sähkövastuksilla tai saneerauskohteissa aiemalla lämmitysmuodolla. Suomessa lämmityskauden aikana on kuitenkin vähän sellaisia päiviä, jolloin ilma-vesilämpöpumpun teho ei riitä ja esimerkiksi puiden polttaminen kovilla pakkasilla on tehokas tapa säästää ostettavan sähköenergian määrää. Parhaimmat ilma-vesilämpöpumput toimivat vielä -28 °C:ssa (3), mutta ne tarvitsevat silloin toisen lämmitysmuodon avuksi lämmitystehontarpeen kattamiseksi.

Ilma-vesilämpöpumppu toimii sähköllä. Sähkön hinta muodostuu siirto- ja energiamaksuista sekä veroista. Siirtomaksu veroineen Kempeleessä on 5,4 snt/kWh (4) ja energiamaksu veroineen 3,92 snt/kWh (5), yhteensä siis 9,32 snt/kWh. Oulussa siirtomaksu veroineen on 6,31 snt/kWh (6) ja energiamaksuna voidaan käyttää samaa kuin Kempeleessä, 3,92 snt/kWh, eli yhteensä 10,23 snt/kWh. Näiden lisäksi tulee vielä pieni perusmaksu. Edellisten arvojen perusteella Kempeleen kohteissa sähkönhintana laskelmissa käytettiin noin arvoa 9,5 snt/kWh ja Oulun kohteissa 10,5 snt/kWh.

Lämpöpumppujen suosio on kasvanut Suomessa merkittävästi. Tämä johtaa siihen, että tuontisähkön tarve kasvaa kovilla pakkasilla merkittävästi, kun nykyisinkin sähkövaje Suomessa on yksi Euroopan suurimpia. Sähkömarkkinoiden muuttuessa myös sähkönsiirron hinnoittelu tulee muuttumaan Talotekniikka-lehden mukaan. Teho- eli perusmaksun osuus tulee kasvamaan. Tehomaksu määräytyy suurimman hetkellisen tehontarpeen mukaan. Jos näin käy ja tehomaksu kasvaisi rajusti, sillä voisi olla vaikutusta myös ilma-vesilämpöpumppujen kannattavuuteen. (7.)

## **2.2 Kaukolämpö**

Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto. Kaukolämpöä tuotetaan yhteistuotantolaitoksissa ja erillisissä lämpölaitoksissa. Lämmön ja sähkön yhteistuotannossa otetaan talteen turbiineissa syntyvä hukkalämpö sähköntuotannon yhteydessä. Yhteistuotannon osuus kaukolämmön tuotannossa on noussut paljon viime vuosikymmeninä energiatehokkuuden takia, ja yhteistuotantolaitokset toimivat erittäin hyvällä hyötysuhteella. Kaukolämmön polttoaineena käytetään pääasiassa puuta, maakaasua, kivihiiltä ja turvetta.



Puusta on tullut kaukolämmön merkittävin polttoaine, ja suurin osa siitä on metsähaketta. (8.)

Kaukolämpöverkostoa on yleensä vain taajama-alueilla. Kaukolämpö siirretään vetenä kaksiputkista verkostoa pitkin asiakkaiden lämmönjakohuoneessa sijaitseviin lämmönsiirtimiin, jotka erottavat kaukolämpöveden ja asiakkaan veden toisistaan ja lämmittävät asiakkaan rakennuksen ja käyttöveden. (8.)

Kaukolämmön hinta koostuu liittymis-, energia- ja tehomaksusta sekä veroista. Tässä työssä tarvitsee tarkastella vain energia- ja tehomaksua sekä veroja. Energiateollisuuden julkaisema kaukolämmön hintatilasto on jaettu kolmeen osaan rakennuksen koon ja tehontarpeen mukaan. Tämän työn kohteet kuuluvat teholuokkaan 70 kW. Tässä teholuokassa Oulussa on kokonaishinnaltaan Suomen toiseksi halvinta kaukolämpöä (57,16 €/MWh), vain Haapajärvellä on halvempaa (55,35 €/MWh). Kempeleessä hinta on 73,62 €/MWh. Koko Suomen keskiarvo tässä teholuokassa on aritmeettisesti laskettuna 84,62 €/MWh. (9)

### **2.3 Öljylämpö**

Öljylämmitysjärjestelmä muodostuu lämmöntuotto- ja lämmönjakojärjestelmästä. Lämmöntuotosta vastaavat kattila, poltin, öljysäiliö, savuhormi sekä säätö- ja hallintalaitteet. Poltin saa polttoaineen öljysäiliöstä ja lämmittää kattilan vesitilan. Syntyvät palokaasut poistuvat savuhormiin. Lämpö siirretään huoneisiin kiertovesipumpulla lattia- tai patterilämmitysverkoston avulla. Käyttövesi lämmitetään myös kattilassa lämmönsiirtimen avulla erillään patteriverkostosta. Erillistä lämminvesivaraajaa ei yleensä tarvita riippuen käyttöveden kulutuksesta. Automatiikka mittaa rakennuksen ulkolämpötilaa ja menoveden lämpötilaa ja sen mukaan säädetään lämmitysverkoston menoveden lämpötilaa. (10)

Öljyn kuluttajahinta sisältää kaikki tuotteen loppuhintaan sisältyvät verot ja veroluonteiset maksut, joita ovat polttoainevero, huoltovarmuusmaksu ja arvonnisävero. Öljykohteessa D laskelmissa öljyn hintana käytettiin 2018 alkuvuoden hintojen keskiarvoa 0,95 €/kWh. (11)

### 3 LASKELMAKOHTTEET

Laskelmien teko alkoi lähtötietojen hankkimisella. Taulukossa 1 on esitetty kohteiden lähtötiedot laskelmiin. Laskelmaan valitaan laite, jolla laskenta tehdään. Kohteiden laitevalinnat ovat Scanoffice Oy:n maahantuomia ja Vesnom Oy:n jälleenmyymiä Mitsubishi Electric -ilma-vesilämpöpumppuja. Laitteissa käytetään portaatonta invertteriteknikkaa, joka tuottaa juuri sen määrän energiaa, kuin sillä hetkellä tarvitaan, jos lämmitystehon tarve on alle pumpun maksimitehon sen hetkessä ulkolämpötilassa. Laittevalinnoissa sain neuvoa Scanofficen teknisiltä asiantuntijoilta. Mitsubishi Electric valmistaa ilma-vesilämpöpumput sen omilla tuotantolaitoksilla Japanissa ja Skotlannissa, ja ne on suunniteltu Pohjolan olosuhteisiin. (3) Tärkeää laitevalinnassa on tarkastella lämpöpumpun osuutta energian tuotossa. Rakennusten nykyisten lämmitysmuotojen tai vanhojen patteriverkostojen takia menoveden lämpötilaksi asetettiin kaikissa kohteissa 60 °C. Se on myös laskentaohjelman maksimiarvo menovedelle.

TAULUKKO 1. Laskelmakohteiden lähtötiedot

Kohde	A	B	C	D
Paikkakunta ja lämmitys	Oulu kaukolämpö	Oulu Kaukolämpö	Kempele kaukolämpö	Kempele öljylämpö
Rakennusvuosi	2011-2012	1962, (2005)	2007	1978
Tilavuus (m <sup>3</sup> )	7340	4747	10582	2430
Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	1614	1064	1617	900
KL-kulutus (MWh/v)	120,0	182,7	261,70	
Öljyn kulutus (l/v)				7000
Lämpimän veden kulutus(m <sup>3</sup> /v)	<i>vähäistä</i>	276	365	<i>vähäistä</i>

#### 3.1 Oulu kaukolämpö A

Rakennuksen lähtötietojen perusteella laitteeksi valittiin PUHZ-SHW230YKA. Laitteen tekniset tiedot ovat liitteessä 1. Käyttövesi lämmitetään tässä kohteessa myös ilma-vesilämpöpumpulla pienestä lämpimän veden tarpeesta johtuen. Kovilla pakkasilla vesi lämmitetään laitteen omilla sähkövastuksilla, jotka toimivat siis varajärjestelmänä. Kuvassa

1 henkilömääräksi laskuriin arvioitiin 2 vähäisestä veden kulutuksesta johtuen. Lämmintä vettä käytetään pääsääntöisesti vain käsien pesuun.

Laitetyypit			Energypac	
Laitteet			PUHZ-SHW230YKA	
Mitoitusperuste			MWh	
Pinta-ala	1614	m <sup>2</sup>	Laitteistojen määrä	1
Huonekorkeus	4,55	m	Energia lämmitys, KV MWh	120
Kerros määrä	1		Menovesi [°C]	60
Sisälämpötila	20	°C	Käyttövesi [°C]	55
Henkilömäärä	2		Vuoden keskilämpötila [°C]	3,2
Tilavuus	7344	m <sup>3</sup>	MUL [°C]	-32
Pinta-ala yhteensä	1614	m <sup>2</sup>		

#### KUVA 1. Kohteen A laskennan lähtötiedot

Laskelman tulos näkyy kuvassa 2. Lämpöpumpun osuus on 90,7 % vuosittaisesta lämmöntuotosta ja loput 9,3 % tuotetaan sähköllä. Tuloksen mukaan energiansäästö vuodessa olisi noin 60 MWh ja 1265 €. Laitteen verollinen hankintahinta asennuksineen on 15 000–20 000€. Takaisinmaksuaika olisi näin 12–16 vuotta ilman huoltokustannuksia.

Laitteen investointikustannuksen takia lämmitysjärjestelmän vaihto ei olisi kuitenkaan vielä kannattavaa, koska nykyinen kaukolämmön lämpökeskus on vasta 7 vuotta vanha. Yleensä niiden tekninen käyttöikä on 20–25 vuotta (12). Noin 15 vuoden kuluttua, kun nykyisiä laitteita pitäisi alkaa uusimaan, kannattaa vertailla kaukolämpölaitteiden ja ilma-vesilämpöpumpun investointikustannuksia tarkemmin. Todennäköisesti laitteiston uusimisvaiheessa ilma-vesilämpöpumpun tai muuhun lämmöntuottojärjestelmään siirtyminen olisi taloudellisesti kannattavaa. Kaukolämmössä pysymisen kannattavuuttakin kannattaisi siinä vaiheessa tarkastella uudestaan.

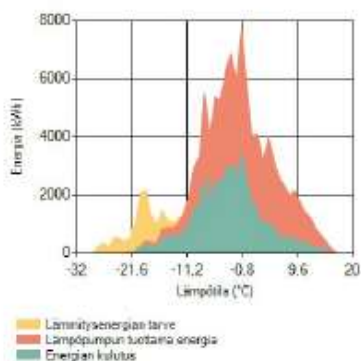
Laskelman tulos			
<b>Lämmitysteho [kW]</b>		<b>Lämmitysenergia [kWh/v]</b>	
Tilat	44,8	Tilat	111984
Käyttövesi	0,2	Käyttövesi	2016
Yhteensä	45,1	Yhteensä	114000
		<b>Tuotettu/kulutettu [kWh]</b>	
		Lämpöpumppu	103361
		Lisäenergia	10639
		LP-ostoenergia	42643
		Lämpöpumpun osuus [%]	90,7
		<b>Lämpökerroin COP</b>	<b>2,4</b>

Lämmityskustannukset eri energiamuodoilla			
Valitse vertailukohde			
		Öljyyn	Sähköön
		Kaukolämpöön	Kaasuun
<b>Kaukolämpö</b>		<b>PUHZ-SHW230YKA</b>	
Hyötysuhde [%]	95	Sähköenergian kulutus [kWh/v]	42643
Kulutus [kWh]	120000	Lisäenergia [kWh/v]	10639
Hinta [€/MWh]	57,1600	Säästö [kWh/v]	<b>60717</b>
Lämmityskustannus [€/v]	6859	Lämmityskustannus [€/v]	5595
<b>Säästö lämpöpumpulla [€/v]</b>	<b>1265</b>		

*Laskelma perustuu saatuihin tietoihin ja tilastopohjaisiin astepäivälukuihin. Laskelma ei takaa että laskettu tulos saavutetaan.*

Graafit



KUVA 2. Kohteen A laskelman tulos

### 3.2 Oulu kaukolämpö B

Tässä kohteessa laitteeksi valittiin Scanofficen suurin ilma-vesilämpöpumppu CAHV P500 HPB, jonka tekniset tiedot ovat liitteessä 1. Laitteella lämmitetään tilat sekä käyttövesi 40 °C:seen. Pelkällä ilma-vesilämpöpumpulla ei ole järkevää lämmittää käyttövettä kokonaan kohteen suuren lämpimän veden kulutuksen takia, vaan kaukolämmöllä lämmitetään vesi 40 °C:sta 55–58°C:seen. Myös COP jää heikoksi, koska käyttöveden minimilämpötila on jatkuvasti korkea. Näin ilma-vesilämpöpumpusta saadaan suurempi hyöty verrattuna siihen, että kaukolämmöllä lämmitäisi kokonaan käyttöveden. Hybridikytkennästä on energiateollisuuden julkaisema esimerkki liitteessä 2. Liitettä voitaisiin soveltaa

tässä. Lämmintä vettä kuluu noin 750 litraa vuorokaudessa, ja suurin osa siitä työpäivän kello 8–17 aikana. Suurta veden määrää ei ole järkevää lämmittää 58 °C:seen ilma-vesi-lämpöpumpulla.

Vuoden 2017 energiankulutus tässä kohteessa oli 182,7 MWh ja lämpimän käyttöveden kulutus 276m<sup>3</sup>. Vesi lämmitetään 5 °C:sta 58 °C:seen. Näillä arvoilla ja kaavalla 1 (13) saadaan laskettua, kuinka suuri osuus vuosittaisesta energiankulutuksesta menee käyttöveden lämmitykseen.

$$Q = \rho * c_p * V * (t_2 - t_1) / 3600$$

KAAVA 1

Q = vedenlämmittämiseen kuluva energia (kWh)

$\rho$  = veden tiheys (1000 kg/m<sup>3</sup>)

$c_p$  = veden ominaislämpökapasiteetti (4,2 kJ/kg°C)

V = vedenkulutus (m<sup>3</sup>)

$t_2$  = lämmitetyn veden lämpötila

$t_1$  = lämmitettävän veden lämpötila

3600 = yksikkömuunnoskerroin (kJ->kWh)

Lasketaan ensin, kuinka paljon käyttöveden lämmittämiseen on kulunut energiaa vuodessa kaavalla 1.

$$Q = 1000 \text{ kg/m}^3 * 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * 276 \text{ m}^3 * (58^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) / 3600 = 17066 \text{ kWh} \approx 17,1 \text{ MWh}$$

Kaukolämmöllä lämmitetään käyttövesi 40 °C:sta 58 °C:seen. Lasketaan kaavalla 1 kaukolämmön osuus käyttöveden energiankulutuksesta.

$$Q = 1000 \text{ kg/m}^3 * 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} * 276 \text{ m}^3 * (58^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}) / 3600 = 5796 \text{ kWh} \approx 5,8 \text{ MWh}$$

Tämä VILP toimii –20 °C:seen asti. Laskennassa pitää vielä huomioida, että yli –20 °C:n pakkasilla kaukolämmöllä pitää lämmittää käyttövesi kokonaan. Ilmatieteenlaitoksen

avoimesta datasta saatavilla tiedoilla (14) yli  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  pakkasia on noin 10 vuorokautta vuodessa vuosien 1996, 2001 ja 2017 perusteella. Lasketaan kaukolämmön energiankulutus kovina pakkaspäivinä kaavalla 1, kun kymmenen vuorokauden vedenkulutus on  $7,5\text{ m}^3$ .

$$Q=1000\text{ kg/m}^3 \cdot 4,2\text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \cdot 7,5\text{ m}^3 \cdot (58\text{ }^{\circ}\text{C} - 5\text{ }^{\circ}\text{C}) / 3600 = 463,8\text{ kWh} \approx 0,5\text{ MWh}$$

Kaukolämmön osuus päivinä, jolloin lämpötila on alle  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , on energiankulutuksessa  $5,8\text{ MWh} + 0,5\text{ MWh} = 6,3\text{ MWh}$

Kohteen mitoitusvesivirta on  $0,53\text{ dm}^3/\text{s}$  ja mitoitus-teho  $100\text{ kW}$ . Mitoitusvesivirralla ilma-vesilämpöpumpun teho ei riitä kattamaan mitoitus-tilanteessa veden esilämmitystä  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen, jolloin esilämmityksen vaatima teho on noin  $76\text{ kW}$ . Rakennukseen on tehty muutoksia mitoituslaskelmien jälkeen, joten mitoitusarvot pitäisi päivittää. Kaukolämmön osuus voi olla todellisuudessa hieman suurempi. Tehdään arvio, että se olisi noin  $7\text{ MWh}$ .

Ilma-vesilämpöpumpulla lämmitetään käyttövesi  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ :sta  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen. Sen energiankulutus saadaan vähennyslaskulla  $17,1\text{ MWh} - 7\text{ MWh} = 10,1\text{ MWh}$ . Kohteeseen kannattaa asentaa lisäksi noin  $700$  litran esilämmitysvaraaja käyttövedelle, jotta lämpöpumpun tuotto olisi todellisuudessa laskelmien mukainen.

Laskelmassa käytetään mitoitusperusteena kuvassa 3 tilojen lämmitykselle ja käyttöveden esilämmitykselle arvoa  $182,7\text{ MWh} - 7\text{ MWh} = 175,7\text{ MWh}$ .

Laitetyypit			Ilma-vesi CAHV	
Laitteet			CAHV P500 HPB	
Mitoitusperuste			MWh	
Pinta-ala	1064	m <sup>2</sup>	Laitteistojen määrä	1
Huonekorkeus	4,46	m	Energia lämmitys, KV MWh	175,7
Kerros määrä	1		Menovesi [°C]	60
Sisälämpötila	21	°C	Käyttövesi [°C]	40
Henkilömäärä	16		Vuoden keskilämpötila [°C]	3,2
Tilavuus	4745	m <sup>3</sup>	MUL [°C]	-32
Pinta-ala yhteensä	1064	m <sup>2</sup>		

### KUVA 3. Kohteen B lähtötiedot

Kohteen B laskelman tulos on kuvassa 4. Sen mukaan lämpöpumpun osuus on 95 % vuosittaisesta tilojen lämmityksestä sekä käyttöveden esilämmityksestä, mutta kaukolämmön osuus pitää vielä huomioida. Lämpöpumpun osuus on 158,6 MWh, sähkön 8,4 MWh ja kaukolämmön 7 MWh. Lämpöpumpun todellinen osuus on siis  $158,6 \text{ MWh} / 174 \text{ MWh} = 91 \%$ . Laskelman tuloksen mukaan energiansäästö vuodessa olisi noin 100,1 MWh ja 3034 €. Energiansäästöä pitää vähentää vielä kaukolämmön osuus 7 MWh käyttöveden lämmityksestä. 1 MWh kaukolämpöä maksaa Oulussa kokonaishinnaltaan tässä teholuokassa 72,84 € (9).  $7 \text{ MWh} \cdot 72,84 \text{ €} = 509,9 \text{ €}$ . Laskelman tuloksesta 100,1 MWh ja 3034 € vähennetään kaukolämmön osuus 7 MWh ja 510 €, joten energiansäästökseksi lopulta tulee 93,1 MWh ja 2524 €.

Ilma-vesilämpöpumpun ja varaajan verollinen hankintahinta asennuksineen on 35 000 - 40 000 €. Takaisinmaksuaika ilman huoltokustannuksia olisi noin 14 - 16 vuotta. Tässä kohteessa kaukolämpö on asennettu tilaajan mukaan vuonna 2003, joten laitteiston teknistä käyttöikä on jäljellä vielä 5–10 vuotta. Ilma-vesilämpöpumpun asentaminen kaukolämmön rinnalle ei ole niin järkevää, että sitä kannattaisi toteuttaa ainakaan vielä. Kun nykyisiä laitteita pitäisi alkaa uusimaan, kannattaa vertailla kaukolämpölaitteiden ja ilma-vesilämpöpumpun investointikustannuksia uudelleen. Todennäköisesti laitteiston uusi-

misvaiheessa ilma-vesilämpöpumppuun tai muuhun lämmöntuottojärjestelmään siirtymisen olisi taloudellisesti kannattavaa. Kaukolämmössä pysymisen kannattavuuttakin kannattaisi siinä vaiheessa tarkastella uudestaan.

Laskelman tulos			
<b>Lämmitysteho [kW]</b>		<b>Lämmitysenergia [kWh/v]</b>	<b>Tuotettu/kulutettu [kWh]</b>
<b>Tilat</b>	62,3	Tilat	155673
Käyttövesi	1,3	Käyttövesi	11242
Yhteensä	63,6	Yhteensä	166915
			Lämpöpumppu 158565
			Lisäenergia 8350
			LP-ostoenergia 58402
			Lämpöpumpun osuus [%] 95
			<b>Lämpökerroin COP 2,7</b>

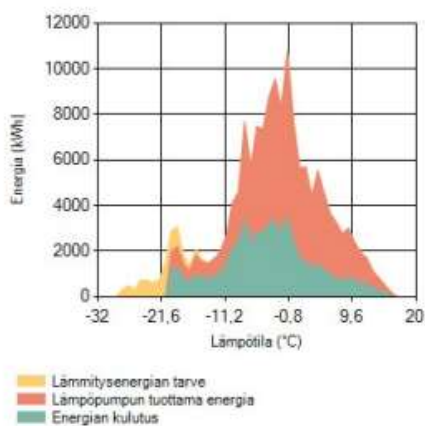
Lämmityskustannukset eri energiamuodoilla	
Valitse vertailukohte	Öljyyn Sähkөөn Kaukolämpöön Kaasuun
<b>Kaukolämpö</b>	
Hyötysuhde [%]	95
Kulutus [kWh]	175700
Hinta [€/MWh]	57,1600
Lämmityskustannus [€/v]	10043
<b>Säästö lämpöpumpulla [€/v]</b>	<b>3034</b>

<b>CAHV P500 HPB</b>	
Sähköenergian kulutus [kWh/v]	58402
Lisäenergia [kWh/v]	8350
Säästö [kWh/v]	<b>100163</b>
Lämmityskustannus [€/v]	7009

*Laskelma perustuu saatuihin tietoihin ja tilastopohjaisiin astepäivälukuihin. Laskelma ei takaa että laskettu tulos saavutetaan.*

#### Graafit



KUVA 4. B kohteen laskelman tulos



### 3.3 Kempele kaukolämpö C

Tässä kohteessa on paljon samaa kuin kohteessa B. Tähänkin valittiin suurin pumppu CAHV-500 HPB (liite 1), ja lämmintä käyttövedtä kuluu niin paljon, että se kannattaa lämmittää osittain kaukolämmöllä. Tässäkin voitaisiin soveltaa energiateollisuuden julkaisemaa esimerkkikytkentää hybridikytkennästä (Liite 2) lisäämällä kytkentään käyttöveden esilämmitysvaraaja. Lämmintä vettä kuluu 1000 litraa päivässä ja suurin osa tässäkin työpäivien aikana kello 8–17.

Vuoden 2017 energiankulutus tässä kohteessa oli 261,7 MWh ja lämpimän käyttöveden kulutus 365 m<sup>3</sup>. Lasketaan ensin kaavalla 1, kuinka paljon käyttöveden lämmittämiseen on kulunut energiaa vuodessa.

$$Q=1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot 365 \text{ m}^3 \cdot (58^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) / 3600 = 22569 \text{ kWh} \approx 22,6 \text{ MWh}$$

Lasketaan kaavalla 1 kaukolämmön osuus käyttöveden energiankulutuksesta.

$$Q=1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot 365 \text{ m}^3 \cdot (58^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}) / 3600 = 7665 \text{ kWh} \approx 7,7 \text{ MWh}$$

Tässäkin pitää huomioida, että alle -20 °C pakkasilla kaukolämmöllä pitää lämmittää käyttövesi kokonaan. Kymmenen vuorokauden veden kulutus on 10 m<sup>3</sup>. Lasketaan kaavalla 1 alle -20 °C:n päivien kaukolämmön energiankulutus.

$$Q=1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \cdot 10 \text{ m}^3 \cdot (58^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) / 3600 = 618 \text{ kWh} \approx 0,6 \text{ MWh}$$

Kaukolämmön osuus on 7,7MWh + 0,6MWh= 8,3 MWh. Kohteesta ei ollut saatavilla mitoitustietoja. Mitoitusvesivirralla lämpöpumpun teho ei riitä kattamaan mitoitustehon tarvetta. Tehdään arvio, että se olisi noin 10 MWh.

Ilma-vesilämpöpumpun energiankulutus saadaan vähennyslaskulla 22,6 MWh – 10 MWh = 12,6 MWh.

Kuvassa 5 laskelmassa käytettiin mitoituspusteena tilojen lämmitykselle ja käyttöveden esilämmitykselle arvoa 261,7 MWh - 10 MWh = 251,7 MWh

Laitetyypit			Ilma-vesi CAHV	
Laitteet			CAHV P500 HPB	
Mitoitusperuste			MWh	
Pinta-ala	1617	m <sup>2</sup>	Laitteistojen määrä	1
Huonekorkeus	6,54	m	Energia lämmitys, KV MWh	251,7
Kerros määrä	1		Menovesi [°C]	60
Sisälämpötila	20	°C	Käyttövesi [°C]	40
Henkilömäärä	21		Vuoden keskilämpötila [°C]	3,2
Tilavuus	10575	m <sup>3</sup>	MUL [°C]	-32
Pinta-ala yhteensä	1617	m <sup>2</sup>		

#### KUVA 5. Kohteen C laskelman lähtötiedot

Kuvassa 6 on laskelman tulos. Lämpöpumpun osuus on 90,4 % vuosittaisesta tilojen lämmityksestä sekä käyttöveden esilämmityksestä, mutta tässäkin pitää huomioida vielä kaukolämmön osuus. Lämpöpumpun osuus on 216,7 MWh, sähkön 22,4 MWh ja kaukolämmön 10 MWh. Lämpöpumpun todellinen osuus on siis  $216,7 \text{ MWh} / 249,1 \text{ MWh} = 87 \%$ . Tuloksen mukaan energiansäästö vuodessa olisi noin 138,4 MWh ja 8971 €. Energiainsäästöä pitää vähentää vielä kaukolämmön osuus 10 MWh käyttöveden lämmityksestä. 1 MWh kaukolämpöä maksaa Kempeleessä kokonaishinnaltaan 82,74 € tässä teholuokassa (9).  $10 \text{ MWh} * 82,74 \text{ €} = 827,4 \text{ €}$ . Laskelman tuloksesta 138,4 MWh ja 8971 € vähennetään kaukolämmön osuus 10 MWh ja 828 € joten energiansäästöksi lopulta tulee 128,4 MWh ja 8143 €.

Ilma-vesilämpöpumpun ja varaajan verollinen hankintahinta asennuksineen on 35 000–40 000 €. Takaisinmaksuaika olisi vain 4,5 - 5 vuotta ilman huoltokustannuksia. Näin lyhyessä ajassa niitä ei ole lähes ollenkaan. Tässä kohteessa kaukolämpö on alkuperäinen vuodelta 2007, joten nykyisen laitteiston teknistä käyttöikää olisi vielä jäljellä, mutta tässä kohteessa olisi todella kannattavaa laittaa kaukolämmön rinnalle jo ennen sitä ilma-vesilämpöpumppu.

Laskelman tulos

Lämmitysteho [kW]		Lämmitysenergia [kWh/v]		Tuotettu/kulutettu [kWh]		Lämpökerroin	
<b>Tilat</b>	89,8	Tilat	224370	Lämpöpumppu	216678	<b>COP</b>	2,8
Käyttövesi	1,7	Käyttövesi	14746	Lisäenergia	22437		
Yhteensä	91,5	Yhteensä	239115	LP-ostoenergia	78186		
				Lämpöpumpun osuus [%]	90,6		

Lämmityskustannukset eri energiamuodoilla

Valitse vertailukohde

Öljyyn Sähköön Kaukolämpöön Kaasuun

**Kaukolämpö**

Hyötysuhde [%]	95
Kulutus [kWh]	251700
Hinta [€/MWh]	73,6200
Lämmityskustannus [€/v]	18530

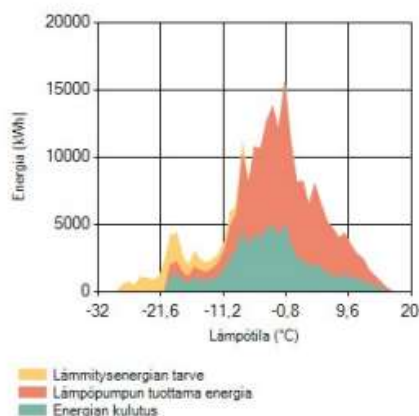
**Säästö lämpöpumpulla [€/v] 8971**

**CAHV P500 HPB**

Sähköenergian kulutus [kWh/v]	78186
Lisäenergia [kWh/v]	22437
Säästö [kWh/v]	<b>138491</b>
Lämmityskustannus [€/v]	9559

Laskelma perustuu saatuihin tietoihin ja tilastopohjaisiin astepäivälukuihin. Laskelma ei takaa että laskettu tulos saavutetaan.

Graafit



KUVA 6. Kohteen C laskelman tulos

### 3.4 Kempele öljylämpö D

Ilmavesilämpöpumpuksi valittiin PUHZ-SHW112YAA. Tekniset tiedot ovat liitteessä 1. Kohteessa on vanha, mutta toimiva öljykattila. Siispä ilma-vesilämpöpumppu voidaan

aluksi asentaa öljykattilan rinnalle. Kun kattila lakkaa toimimasta, sen tilalle voidaan asentaa varaajyksikkö sähkövastuksineen ja osineen. Kohteen henkilömääräksi arvioitiin 2 vähäisestä veden kulutuksesta johtuen, mikä näkyy kuvassa 7.

Laitetyypit			Energypac	
Laitteet			PUHZ-SHW112YAA	
Mitoitusperuste			Öljy	
Pinta-ala	900	m <sup>2</sup>	Laitteistojen määrä	1
Huonekorkeus	2,7	m	Öljy lämmitys m <sup>3</sup>	7
Kerros määrä	1		Menovesi [°C]	60
Sisälämpötila	20	°C	Käyttövesi [°C]	Öljy
Henkilömäärä	2		Vuoden keskilämpötila [°C]	3,2
Tilavuus	2430	m <sup>3</sup>	MUL [°C]	-32
Pinta-ala yhteensä	900	m <sup>2</sup>		

#### *KUVA 7. Kohteen D laskelman lähtötiedot*

Laskelman tulos näkyy kuvassa 8. Lämpöpumpun osuus on 86,8 % vuosittaisesta lämmöntuotosta ja loput 13,2 % tuotetaan öljyllä. Laskelman tuloksen mukaan energiansäästö vuodessa olisi noin 31,6 MWh ja 4174 €.

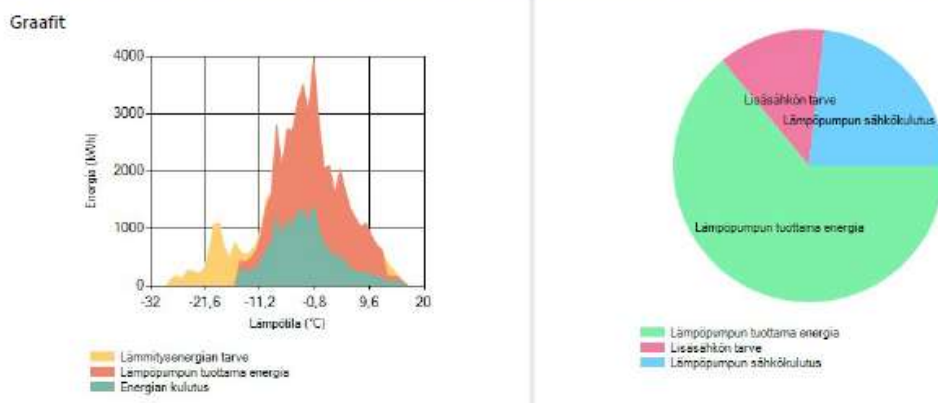
Laitteen verollinen hankintahinta asennuksineen on 11 000 - 15 000e. Takaisinmaksuaika olisi vain 3 - 4 vuotta ilman huoltokustannuksia, mutta niitä on vähän näin lyhyessä ajassa. Ilma-vesilämpöpumpun asentaminen öljykattilan rinnalle olisi todella kannattavaa.

Laskelman tulos			
<b>Lämmitysteho [kW]</b>	<b>Lämmitysenergia [kWh/v]</b>	<b>Tuotettu/kulutettu [kWh]</b>	<b>Lämpökerroin</b>
Tilat 22,9	Tilat 57128	Lämpöpumppu 49607	COP 2,8
Käyttövesi 0	Käyttövesi 0	Lisäenergia 9893	
Yhteensä 22,9	Yhteensä 57128	LP-ostoenergia 17988	
		Lämpöpumpun osuus [%] 86,8	

Lämmityskustannukset eri energiamuodoilla		Valitse vertailukohde	
Öljylämmitteinen vesikiertolämmitys		Öljyyn Sähköön Kaukolämpöön Kaasuun	
Hyötysuhde [%]	85	<b>PUHZ-SHW112YAA</b>	
Kulutus [l/v]	7000	Sähköenergian kulutus [kWh/v]	17988
Hinta [€/l]	0,9740	Lisäenergia (öljy) [l/v]	989
Lämmityskustannus [€/v]	6818	Säästö [kWh/v]	<b>31620</b>
<b>Säästö lämpöpumpulla [€/v]</b>	<b>4174</b>	Lämmityskustannus [€/v]	2644

*Laskelma perustuu saatuihin tietoihin ja tilastopohjaisiin astepäivälukuihin. Laskelma ei takaa että laskettu tulos saavutetaan.*



KUVA 8. Kohteen D laskelman tulos

### 3.5 Laskelmien yhteenveto

Taulukossa 2 näkyy vielä laskelmien yhteenveto numeroina.

TAULUKKO 2. Laskelmien yhteenveto

Kohde	A	B	C	D
Paikkakunta ja lämmitys	Oulu kaukolämpö	Oulu Kaukolämpö	Kempele kaukolämpö	Kempele öljylämpö
Rakennusvuosi	2011-2012	1962, 2005	2007	1978
Energiansäästö €/v	1265	2524	8143	4174
Energiansäästö MWh/v	60,7	93,1	128,8	31,6
Energiansäästö %	51 %	51 %	49 %	45 %
Investointikustannus €	15 000-20 000	35 000-40 000	35 000-40 000	11 000-15 000
Takaisinmaksuaika v	12-16	14-16	4,5-5	3-4

## 4 LASKELMIEN VERTAILUA

### 4.1 Vertailu toteutuneeseen IVLP-kohteeseen E

Työn yhtenä tarkoituksena oli verrata saatuja laskelmia yhteen toteutuneeseen IVLP-kohteeseen tilojen lämmityksen osalta. Toteutunut kohde on valmistunut keväällä 2017. Käyttövesi lämmitetään huoneistokohtaisesti pelkällä sähköllä. Ilma-vesilämpöpumpulla lämmitetään vain tilat. Ensimmäisen vuoden sähkönkulutus lämmityksen osalta on noin 52 MWh. Kohteeseen on asennettu ilma-vesilämpöpumppu SHW160YKA (kuva 9), jonka tekniset tiedot ovat liitteessä 3.



*KUVA 9. Toteutuneen kohteen E ulkoyksikkö SHW160YKA*

Taulukossa 3 on esitetty tilojen lämmityksen kulutus lämmitettävää kuutiota kohden. Kohteiden tietoja ei ole tarkastettu-, eikä mitattu esimerkiksi huoneiden lämpötiloja. Kohteessa A on erityisen pieni kulutus, koska rakennus on melko uusi ja tiiviisti rakennettu. Myös huonelämpötila voi olla normaalia matalampi suuren varastotilan takia. Kohteessa B päinvastoin on erityisen suuri kulutus, koska rakennus on todella vanha ja lämmöneristys, tiiveys sekä ilmanvaihto ovat varmasti aika heikkoja uusiin rakennuksiin verrattuna. Suuri energiankulutus voi johtua osittain myös nosto-ovien aukaisemisista. Rakennukseen on tehty laajennusta vuonna 2005. C-, D- ja toteutuneen kohteen E kulutuslukemat ovat aika lähellä toisiaan ja keskiarvoa. D-rakennus on myös vanha ja lämmöneristys, tiiveys ja ilmanvaihto uusia rakennuksia heikompa.

*TAULUKKO 3. Tilojen lämmitysenergiankulutuksen vertailu*

Kohde	A	B	C	D	E	keskiarvo
kulutus kWh/v	53282	66752	100623	27881	52000	
Rakennusvuosi	2011-2012	1962, 2005	2007	1978	2017	
Rakennuksen tilavuus m <sup>3</sup>	7340	4747	10582	2430	4798	
kulutus kWh/m <sup>3</sup>	7,26	14,06	9,51	11,47	10,84	10,63

Laskelmien tuloksista ja vertailusta voidaan päätellä, että ne olisivat hyvin lähellä todellisia lukemia.

#### **4.2 Lämpöpumpun kattaman osuuden vertailua lämpöenergian tarpeeseen**

Laskelmien tuloksien lämpöpumpun kattaman osuuden tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta vertailtiin Suomen rakentamismääräyskokoelman, energiatehokkuus, rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen -laskentaohjeen taulukkoon (liite 3). Taulukossa on huomioitu lämpöpumpun nimellistehon ja tilojen lämmityksen mitoitustehon suhde, tilojen lämmityksen lämpöenergian tarpeen ja lämpimän käyttöveden lämmittämisen lämpöenergian suhde, korkein menoveden lämpötila ja säävyöhyke. Näillä tiedoilla saatiin taulukkoon 4 liitteen 3 mukaiset osuudet.

Liitteen 3 taulukossa päähuomio keskittyy lämpöpumpun nimellistehon ja tilojen lämmityksen mitoitustehon suhteeseen. Nimellisteho ilmoitetaan ulkolämpötilassa +7 °C ja menoveden lämpötilassa +35 °C. Saman nimellistehon pumpuissa on suuria teho- ja menoveden lämpötilaeroja esimerkiksi –15 °C:n ulkolämpötilassa. Laskentaohjelma huomioi tämän, ja se selittää osittain miksi laskelmien tulokset poikkeavat rakentamismääräyskoelman taulukoiden arvoista A- ja D-kohteissa. Liitteen 3 taulukossa oletus on, että pumppujen alin toimintalämpötila on -20 °C, mutta A- ja D-kohteiden pumppujen alin toimintalämpötila on -28 °C. ”Mikäli nämä oletukset eivät päde laskettavassa tapauksessa, on tapaus laskettava tarkemmin muilla menetelmillä”(15, s.75). A- ja D-kohde eivät ole siis täysin vertailukelpoisia, mistä johtuen erot ovat suuret. B- ja C-kohteissa lämpöpumppujen alin toimintalämpötila on -20 °C, joten ne ovat vertailukelpoisia ja lukemat ovatkin melko lähellä toisiaan.

*TAULUKKO 4. Ilma-vesilämpöpumpun kattaman osuuden vertailu*

Kohde	A	B	C	D
Laskelmien mukainen osuus	0,90	0,91	0,87	0,87
Liitteen 3 mukainen osuus	0,66	0,88	0,79	0,66

### 4.3 Hiilidioksidipäästöjen vertailu

On tärkeää tarkastella muutoksien suunnittelussa myös hiilidioksidipäästöjä. Taulukossa 5 on esitetty, miten hiilidioksidipäästöt muuttuvat lämmitysjärjestelmän muuttuessa. Kaukolämmön hiilidioksidin päästökerroin 227 kg CO<sub>2</sub>/MWh saatiin Oulun Energialta (16). Oulun Energialta saatiin päästökerroin, joka on sama myös Kempeleessä ja kevyen polttoöljyn päästökerroin 261,7 kg CO<sub>2</sub>/MWh Motivalta (17, taulukko 3 s.6). Motivan mukaan sähköntuotannon päästökerroin Suomessa on 164 kg CO<sub>2</sub>/MWh laskettuna viiden vuoden liukuvana keskiarvona. 18).



Hiilidioksidipäästöt vähenisivät joka kohteessa melkein 70 prosenttia lämmitysjärjestelmän vaihtuessa ilma-vesilämpöpumppuun. Hiilidioksidipäästöjen näkökulmasta lämmitysjärjestelmien vaihto olisi erittäin kannattavaa joka kohteessa.

*TAULUKKO 5. Hiilidioksidipäästöjen vertailu*

Nykyinen tilanne:				
Kohde	A	B	C	D
kulutus (MWh)	120,0	182,7	261,7	70,0
Päästökerroin KL/öljy (kg CO <sub>2</sub> /MWh)	227,0	227,0	227,0	261,0
CO <sub>2</sub> päästö (kg CO <sub>2</sub> )	27240,0	41472,9	59405,9	18270,0
Tilanne muutoksen jälkeen:				
Kulutus kaukolämpö/öljy (MWh)	0,0	7,0	10,0	9,9
kulutus, sähkö (MWh)	53,3	66,8	100,6	18,0
Päästökerroin sähkö (kg CO <sub>2</sub> /MWh)	164,0	164,0	164,0	164,0
CO <sub>2</sub> päästö (kg CO <sub>2</sub> )	8741,2	12544,2	18768,4	5535,9
Muutos:				
CO <sub>2</sub> päästöjen väheneminen (kg CO <sub>2</sub> )	18498,8	28928,7	40637,5	12734,1
CO <sub>2</sub> päästöjen väheneminen (%)	67,9	69,8	68,4	69,7

## 5 YHTEENVETO

Työn päätarkoituksena oli tutkia, kannattaako ilma-vesilämpöpumppuja vaihtaa kaukolämmön tai öljylämmön tilalle esimerkkikiinteistöissä ja verrata laskelmien tuloksia toteutuneeseen kohteeseen. Jokaisessa kohteessa tulisi selkeästi energiansäästöjä ilma-vesilämpöpumppuun siirryttäessä. A- ja B-kohteessa takaisinmaksuaika ilman huoltokustannuksia on 12 - 16 vuotta. Niissä olisi järkevintä pysyä vielä kaukolämmössä nykyisen laitteiston teknisen käyttöiän loppuun ja siirtyä sen jälkeen ilma-vesilämpöpumppuun tai muuhun lämmöntuottojärjestelmään mitä silloin on saatavilla, tai pysyä jopa kaukolämmössä. C- ja D-kohteissa takaisinmaksuaika ilman huoltokustannuksia, joita on vähän näin lyhyessä ajassa, on hämmästyttävän lyhyt, vain 3 - 5 vuotta.

Verrattaessa Kempelettä ja Oulua toisiinsa Kempeleessä on huomattavasti kannattavampaa vaihtaa vesi-ilmalämpöpumppuun. Tähän on kaksi selkeätä syytä, Kempeleessä on halvempaa sähköä ja kalliimpaa kaukolämpöä kuin Oulussa. Molemmissa kaupungeissa on silti Suomen keskiarvoa halvempaa kaukolämpöä. Kaupungeissa, missä kaukolämpö maksaa yli 90 €/MWh, saataisiin varmasti valtavia säästöjä ja todella lyhyitä ilma-vesilämpöpumppujen takaisinmaksuaikoja.

Lämmitysjärjestelmän muuttaminen ilma-vesilämpöpumppuihin olisi myös erittäin ekologista. Kaikissa laskentakohteissa hiilidioksidipäästöt vähenisivät melkein 70 prosenttia, mutta valtakunnan tasolla tapahtuva sähkönkulutuksen nousu ja huipputehontarpeen nousu tulevat todennäköisesti lisäämään sähköntuotannon hiilidioksidipäästöjä.

Laitteiston suunnittelussa on huomioitava myös sulakekokojen riittävyys. A-kohteessa ulkoyksikkö vaatii 3x16 A:n sulakkeet, B- ja C-kohteessa jopa 3 x 63 A. D-kohteessa riittää 3 x 16 A. Tarvittaessa sulakekokoja pitää suurentaa, mikä tuo tietenkin lisäkustannuksia asennukseen, sekä lisäksi se voi nostaa sähkönsiirron perusmaksun hintaa.

## LÄHTEET

1. Mitsubishi Electric CAHV-P500 kiinteistölämpöpumppu. Scanoffice Oy. Saatavissa: <https://www.scanoffice.fi/fi/mitsubishi-electric-cahv-p500-kiinteistolampopumppu>. Hakupäivä 02.05.2018.
2. Ilma-vesilämpöpumppu, UVLP. 2018. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu\\_uvlp](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp). Hakupäivä 02.05.2018.
3. Ilma-vesilämpöpumput pientaloihin. Scanoffice Oy. Saatavissa: <https://www.scanoffice.fi/fi/tuotteet/tuoteryhmat/ilma-vesilampopumput-pientaloihin>. Hakupäivä 03.05.2018.
4. Sähkön siirto- ja verkkopalveluhinnasto. 2017. Oulun seudun sähkö. Saatavissa: <https://www.oulunseudunsahko.fi/media/hinnastot/sahkon-siirto-ja-verkkopalveluhinnasto-1.7.2017.pdf> Hakupäivä 08.05.2018.
5. Suomen edullisinta sähköä. MeidänSähkö JÄMPTI -yleissähkö. 2018. Saatavissa: <https://www.oulunseudunsahko.fi/sahko/sahkon-myynti/meidansahko-tuotteet-ja-hinnat.html>. Hakupäivä 08.05.2018.
6. Yleissähkön siirtohinnoista. Oulun Energia. Saatavissa: <https://www.oulunenergia.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkoverkkopalvelut/verkkopalveluhinnasto/sahkon-siirtohinnoista/yleissahkon-siirtohinnoista>. Hakupäivä 08.05.2018.
7. Lämpöpumput nostavat tuontisähkön tarvetta talvella. 2018. Talotekniikka. Saatavissa: <https://talotekniikka-lehti.fi/lampopumput-sahko/>. Hakupäivä 18.05.2018.
8. Kaukolämpö. 2017. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo). Hakupäivä 02.05.2018.

9. Kaukolämmön hinnat tyyppitaloissa eri paikkakunnilla. 2018. Energiateollisuus. Kaukolämmön hintatilasto. Saatavissa: [https://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaali-pankki/tilastot/kaukolampotilastot/kaukolammon\\_hinta](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaali-pankki/tilastot/kaukolampotilastot/kaukolammon_hinta). Hakupäivä 02.05.2018.
10. Öljylämmitysjärjestelmän toiminta. Öljyalan palvelukeskus. Saatavissa: <http://www.oljylammitys.fi/nykyaikainen-oljylammitys/oljylammitysjarjestelman-toiminta>. Hakupäivä 03.05.2018.
11. 1.1 Öljytuotteiden kuluttajahintaseuranta. 2018. Öljy- ja biopolttoaineala. Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/tilastot-1-hinnat-ja-verot/11-oljytuotteiden-kuluttajahintaseuranta>. Hakupäivä 07.05.2018.
12. Lämmön tuotto, kaukolämpö. 2016. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/lahtotilanteeseen\\_tutustuminen/lammontuotto\\_kaukolampo](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaeksperttitoiminta/lahtotilanteeseen_tutustuminen/lammontuotto_kaukolampo). Hakupäivä 10.05.2018.
13. Laskukaavat: Lämmin käyttövesi. 2017. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kiinteiston\\_energian\\_kaytto/kulutuksen\\_normitus/laskukaavat\\_lammin\\_kayttovesi](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi). Hakupäivä 09.05.2018.
14. Havaintojen lataus. Ilmatieteenlaitos. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/> (vaatii rekisteröitymisen). Hakupäivä 23.05.2018.
15. Energiatehokkuus. 2018. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Lämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta. Saatavissa: <file:///C:/Users/Kone/Downloads/Ohje%20-%20Rakennuksen%20energiankulutuksen%20ja%20I%20C3%A4mmitystehontarpeen%20laskenta%2020-12-2017.pdf>. Hakupäivä 22.05.2018.
16. Lämmön alkuperä ja energialähteet. Oulun energia. Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/energia-ja-ymparisto/energiantuotanto/lammon-alkupera>. Hakupäivä 17.05.2018.

17. Yksittäinen kohde. Hiilidioksidipäästöt. Laskentaohjeet. CO2 päästökertoimet. 2012. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/6817/CO2-laskenta\\_yksittainen\\_kohde.pdf](https://www.motiva.fi/files/6817/CO2-laskenta_yksittainen_kohde.pdf). Hakupäivä 17.05.2018.
18. CO<sub>2</sub>-päästökertoimet. 2018. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto\\_suomessa/co2-laskentaohje\\_energiankulutuksen\\_hiilidioksidipaastojen\\_laskentaan/co2-paastokertoimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet). Hakupäivä 17.05.2018.
19. Mitsubishi Electric Energiansäästäjä - Nykyisen lämmitysjärjestelmän rinnalle. Scanoffice Oy. Saatavissa. <https://www.scanoffice.fi/fi/tuotteet/tuoteryhmat/ilma-ve-silampopumput/mitsubishi-electric-energiansaastaja-nykyisen>. Hakupäivä 15.05.2018.
20. Poistoilmalämpöpumppu (PILP) kaukolämpötaloon: ohjeet suunnittelijalle. 2017. Energiateollisuus. Saatavissa: [https://energia.fi/files/2137/Poistoilmalampopumppu\\_kaukolampotaloon\\_ohjeet\\_suunnittelijalle.pdf](https://energia.fi/files/2137/Poistoilmalampopumppu_kaukolampotaloon_ohjeet_suunnittelijalle.pdf). Hakupäivä 22.05.2018.

MALLI	PUHZ-SW50VKA	PUHZ-SW75VHA	PUHZ-SW75YAA-SG	PUHZ-SW100YAA	PUHZ-SW100YKA	PUHZ-SHW80YAA	PUHZ-SHW112YAA	PUHZ-SHW230YKA2
Energialuokka	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++	A++
Lämmitysteho, min-maks (kW)	2.4 - 7.6	3.8 - 10.2	2.9-9.51	3.4-13.1	5.8 - 27.7	3.4-9.3	3.4-13.1	11.4 - 28
Nimellisteho (kW) +7°C/W 35°C	5.5	8.0	8.0	11.2	22.0	8.0	11.2	23.0
Maksimi menoveden lämpötila (°C)	60	60	60	60	60	60	60	60
Lämmönvaihdin, tyyppi	CBH 60-30	CBH 60-30	CBH 60-30	CBH 60-50	CBH 60-70	CBH 60-50	CBH 60-50	CBH 60-70
COP, lämpökertoimen	4.42	4.40	4.40	4.46	4.20	4.65	4.46	3.65
Alin toiminta-alue (kompressorilla)	-20°C	-20 °C	-20 °C	-20 °C	-20 °C	-28°C	-28 °C	-28 °C
Jännite, vaihe/taajuus	230, 1/50	230, 1/50	400, 3/50	380-415, 3/50	380-415, 3/50	400, 3/50	400, 3/50	380-415, 3/50
Nimellis ottoteho (kW)	1.38	1.82	1.82	2.51	5.24	1.72	2.51	6.31
Sulakkeet (A)	1 x 18A	1 x 16/20A	3 x 10A	3 x 16A	3 x 25A	3 x 16A	3 x 16A	3 x 25A (32A)
Puikot, kylmäainepuikot ø mm	1/4" 1/2"	3/8" 5/8"	3/8" 5/8"	3/8" 5/8"	3/8" 22mm	3/8" 5/8"	3/8" 5/8"	1/2" 22mm
Lämmönvaihtimen vesiyhde uk	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"	1"
Tehdastyttö kylmäaine R410/kg	1.4	3.2	2.9	4.2	7.1	4.0	4.0	7.7
Paino (kg)	43	75	104	126	138	128	128	149
Mitat (mm)	Leveys 809+62 Syvyys 300 Korkeus 630	950 330+30 943	1050 480 1020	1050 480 1020	1050 330+30 1338	1050 480 1020	1050 480 1020	1050 330+30 1338
Äänitaso dB(A)* (SPL)	46	51	43	47	54	46	49	59
Hankintaturvatuote	✓	✓	✓	✓		✓	✓	

\* Äänitaso mitattu 1 metrin päästä kohli suoraan lämpöpumpun edestä ja 1,5 metrin korkeudella maasta

#### Lisävarusteet:

Levylämmönvaihdin CBH60-30	x	x						
Levylämmönvaihtimen eriste / 3456214102	x	x						
Levylämmönvaihdin CBH60-50				x			x	
Levylämmönvaihtimen eriste / 3456214104				x			x	
Levylämmönvaihdin CBH60-70					x			x
Levylämmönvaihtimen eriste / 3456214106					x			x

#### Ohjauksyksikkö malli PAC-IF061B-E

Kiertovesipumpun käynnistys	230V:n ohjaussignaali ohjauksyksiköltä
3-leventilän ohjaus	230V:n ohjaussignaali ohjauksyksiköltä
Lisälämmittimet	2 kpl 230V:n ohjaussignaalit ohjauksyksiköltä ulkoisten lämmönlähteiden käynnistämiseksi
Legionellavastus	230V:n ohjaussignaali ohjauksyksiköltä ulkoisen lämmittimen käynnistämiseksi
Legionella suojaus	Ohjelmoitava toiminto ohjauksyksiköltä
Asetusarvojen muuttaminen	Ohjelmoimalla säätimestä (ulkolämpötilaohjaus)
Hälytystieto	230 V:n signaali ohjauksyksiköltä

#### Ohjauksyksikkö PAC-IF061B-E lisävarusteet

Langaton kaukosäädin (ei rinn. as.)	PAR-WT50R-E	Oheisten lisävarusteiden saatavuuden lisäksi, PAC-IF061B-E mahdollistaa mm. monipumppuohjauksen, enemmän säätömahdollisuuksia ulkopuolisille lämmönlähteille, kahden lämmityspiirin säädön sekä Modbus valmiuden.
Langaton vastaanotin (ei rinn. as.)	PAR-WR51R-E	
Melcloud Wifi -ohjain	MAC-567IF-E	
Käyttövesianturi	PAC-TH011TK-E	
Modbus liitäntäyksikkö	Procon A1M	
Lämpimän käyttöveden tuoton ohj.	PAC-TH011TK-E termistori	
MODBUS liitäntäyksikkö	Procon A1M	
Cyclone DN 25 ilanerotin	7897425	
Cyclone DN 35 ilanerotin	7897432	malleihin PUHZ-SW160 ja PUHZ-SHW230

#### Virtausvahdit:

SIKA VHS25M virtausvahti	VHS25m011752
SIKA VHS20M pieni virtausvahti (SW50/SW75)	3756220102

#### Sulatusvesilämmittimien ohjauksyksikkö

Mao-AutoStart1-fi sul.vesilämm.ohj.yks.	Mao-AutoStart1-fi
---	-------------------

## Tekniset tiedot

Malli	CAHV P500YB-HPB	
Lämmitysteho (kW) +7°C/45°C	10.5 – 63.8	
COP	4.2	
Ottoteho (kW)	15,2	
Käynnistysvirta (A)	8	
Maksimi käyntivirta (A)	57,7	
Ilmavirta (m <sup>3</sup> /s)	6.1	
Menoveden korkein lämpötila °C	70	
Vesivirta (nimellis l/s)	3.0	
Painehäviö kPa	35	
Äänitaso (dpA)*	59	
Kylmäaine	R407C	
Kylmäainemäärä (Kg)	5.5 x 2	
Asennustietoja		
Paino (Kg)	526	
Mitat (mm)**		
	Leveys	1978
	Syvyys	760
	Korkeus	1710
Putkiyhteet, vesi	1 1/2" sisäkierre	
Suunnittelupaine (Bar)	10	
Jännite, vaihe/taajuus	400,3/50	
Sulake (A)	3 x 63	
Pakollinen lisävaruste	Lumi/tuuliohjain, virtausvahti	
Mac-AutoStart1-fi	Mac-AutoStart1-fi sulatusvesilämmittimien ohj. yks.	

\* Äänitaso mitattu 1 metrin etäisyydestä laitteen edestä ja 1 metrin korkeudesta maanpinnasta ilman lumi/tuulisuojaa.



\*\* Mitat ilman lumi/tuulisuojaa

Virallinen maahantuojaja:

**SCANOFFICE**  
*ilman muuta*

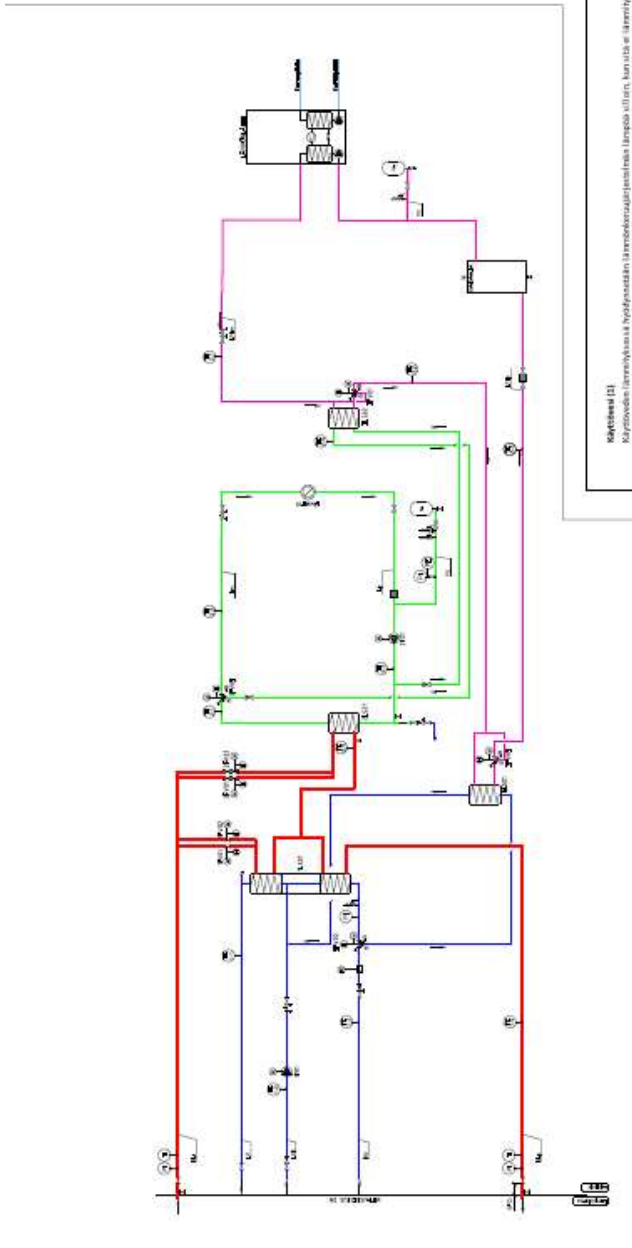
# ESIMERKKIKYTKENTÄ RINNAKKAISLÄMMÖNLÄHTEEN KYTKENNÄSTÄ (20) LIITE 2

Energiateollisuus ry  
Lämmönkäyttöryhmä

1.12.2017

ESIMERKKIKYTKENTÄ HYBRIDI 2 (ver 2)  
Rinnakkaislämmönlähteen kytkentä

Hybridi 2 kytkentää voidaan käyttää silloin, kun kaukolämpölaitteet ovat suhteellisen uudet ja LVI-suunnittelija on varmistanut, että uusi laitteisto soveltuu mitoitukseltaan ja toimintoiltaan kytkettäväksi olemassa olevien laitteiden rinnalle



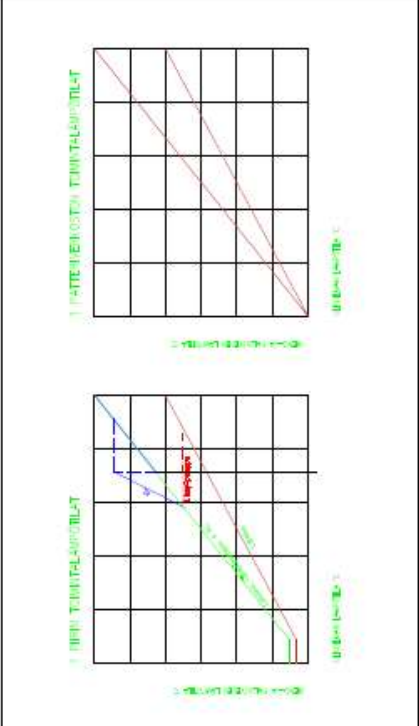
**Kytkentä (2)**  
Käytetään LVI-suunnittelijan ja LVI-suunnittelijan välillä olevissa lämpöjohtimissa, kun uusia lämpöjohtimia ei ole vielä asennettu. Käytetään LVI-suunnittelijan ja LVI-suunnittelijan välillä olevissa lämpöjohtimissa, kun uusia lämpöjohtimia ei ole vielä asennettu. Käytetään LVI-suunnittelijan ja LVI-suunnittelijan välillä olevissa lämpöjohtimissa, kun uusia lämpöjohtimia ei ole vielä asennettu.

**LVI-suunnittelija**  
Käytetään LVI-suunnittelijan ja LVI-suunnittelijan välillä olevissa lämpöjohtimissa, kun uusia lämpöjohtimia ei ole vielä asennettu. Käytetään LVI-suunnittelijan ja LVI-suunnittelijan välillä olevissa lämpöjohtimissa, kun uusia lämpöjohtimia ei ole vielä asennettu.

**LVI-suunnittelija (2)**  
Käytetään LVI-suunnittelijan ja LVI-suunnittelijan välillä olevissa lämpöjohtimissa, kun uusia lämpöjohtimia ei ole vielä asennettu. Käytetään LVI-suunnittelijan ja LVI-suunnittelijan välillä olevissa lämpöjohtimissa, kun uusia lämpöjohtimia ei ole vielä asennettu.

**U-piiritys**  
Käytetään LVI-suunnittelijan ja LVI-suunnittelijan välillä olevissa lämpöjohtimissa, kun uusia lämpöjohtimia ei ole vielä asennettu. Käytetään LVI-suunnittelijan ja LVI-suunnittelijan välillä olevissa lämpöjohtimissa, kun uusia lämpöjohtimia ei ole vielä asennettu.

**LVI-suunnittelija**  
Käytetään LVI-suunnittelijan ja LVI-suunnittelijan välillä olevissa lämpöjohtimissa, kun uusia lämpöjohtimia ei ole vielä asennettu. Käytetään LVI-suunnittelijan ja LVI-suunnittelijan välillä olevissa lämpöjohtimissa, kun uusia lämpöjohtimia ei ole vielä asennettu.





# VERTAILU LÄMPÖPUMPUN KATTAMAN OSUUDEN TILOJEN JA LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖENERGIAN TARPEESTA (15, s.75-76). LIITE 3

Taulukossa L2.2 esitetään ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergiasta. Taulukon lukuarvojen laskennassa on oletettu, että ulkoilmalämpöpumppujen alin toimintalämpötila on  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Lisäksi on oletettu, että tiloja ja käyttövettä lämmittävät ulkoilmalämpöpumput lämmittävät vuorotellen käyttövettä tai tiloja siten, että käyttövettä lämmitetään ensisijaisesti. Mikäli nämä oletukset eivät päde laskettavassa tapauksessa, on tapaus laskettava tarkemmin muilla menetelmillä.

Taulukko L2.2. Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta ( $Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$ ). Taulukossa ( $\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}}$ ) on lämpöpumpun tuottaman lämpötehon ja tilojen lämmityksen mitoitustehon suhde, ( $Q_{\text{lämmitys, tilat}}/Q_{\text{lämmitys, lkv}}$ ) tilojen lämmityksen lämpöenergian tarpeen ja lämpimän käyttöveden lämmittämisen lämpöenergian tarpeen suhde ja ( $T_m$ ) on korkein menoveden lämpötila. Lämpöpumpun nimellisteho  $\phi_{LPn}$  annetaan toimintapisteessä  $T_u/T_{\text{meno}} +7/35$ .

$\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}}$	$Q_{\text{lämmitys, tilat}}/Q_{\text{lämmitys, lkv}}$	Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergiasta ( $Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$ )											
		Säävyöhyke: I-II				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		$T_m, \text{ }^{\circ}\text{C}$				$T_m, \text{ }^{\circ}\text{C}$				$T_m, \text{ }^{\circ}\text{C}$			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
0,30	0,50	0,33	0,33	0,33	0,33	0,31	0,31	0,31	0,31	0,28	0,28	0,28	0,28
	1,00	0,39	0,39	0,39	0,39	0,37	0,37	0,37	0,37	0,33	0,33	0,33	0,33
	2,00	0,49	0,48	0,47	0,46	0,46	0,45	0,44	0,44	0,40	0,39	0,39	0,38
	4,00	0,56	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,49	0,48	0,46	0,44	0,43	0,41
0,40	0,50	0,44	0,44	0,44	0,44	0,42	0,42	0,42	0,42	0,38	0,38	0,38	0,38
	1,00	0,52	0,52	0,52	0,52	0,50	0,50	0,49	0,49	0,44	0,44	0,44	0,44
	2,00	0,63	0,61	0,60	0,58	0,60	0,58	0,57	0,56	0,52	0,51	0,50	0,49
	4,00	0,68	0,65	0,63	0,61	0,64	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54	0,52	0,51
0,50	0,50	0,54	0,54	0,54	0,54	0,52	0,52	0,52	0,52	0,47	0,47	0,47	0,47
	1,00	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,60	0,55	0,54	0,54	0,53
	2,00	0,73	0,71	0,69	0,68	0,70	0,68	0,66	0,64	0,61	0,60	0,58	0,57
	4,00	0,78	0,75	0,72	0,70	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60	0,58
0,60	0,50	0,64	0,64	0,64	0,64	0,62	0,62	0,62	0,61	0,55	0,55	0,55	0,55
	1,00	0,75	0,74	0,72	0,72	0,72	0,70	0,69	0,69	0,64	0,63	0,62	0,61
	2,00	0,82	0,79	0,77	0,75	0,78	0,76	0,74	0,72	0,69	0,67	0,65	0,64
	4,00	0,84	0,82	0,80	0,77	0,81	0,78	0,76	0,73	0,71	0,69	0,66	0,64
0,70	0,50	0,73	0,73	0,73	0,73	0,70	0,70	0,70	0,70	0,63	0,63	0,63	0,63
	1,00	0,83	0,81	0,80	0,78	0,79	0,78	0,76	0,75	0,71	0,69	0,68	0,67
	2,00	0,87	0,85	0,83	0,82	0,84	0,82	0,80	0,78	0,75	0,73	0,71	0,69
	4,00	0,89	0,87	0,85	0,83	0,86	0,84	0,81	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70
0,80	0,50	0,81	0,80	0,80	0,79	0,80	0,80	0,79	0,78	0,72	0,71	0,71	0,70
	1,00	0,88	0,87	0,85	0,84	0,86	0,85	0,84	0,82	0,77	0,76	0,74	0,73
	2,00	0,90	0,89	0,88	0,86	0,88	0,86	0,85	0,84	0,79	0,77	0,76	0,74
	4,00	0,91	0,90	0,88	0,87	0,88	0,87	0,85	0,84	0,79	0,77	0,76	0,74
0,90	0,50	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,77	0,76	0,76	0,75
	1,00	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,81	0,80	0,78	0,77
	2,00	0,92	0,91	0,90	0,89	0,90	0,89	0,88	0,87	0,81	0,80	0,79	0,77
	4,00	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,81	0,80	0,78	0,77
1,00	0,50	0,92	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,82	0,81	0,80	0,79
	1,00	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89	0,83	0,82	0,81	0,80
	2,00	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	0,89	0,89	0,83	0,82	0,81	0,80
	4,00	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	0,88	0,82	0,81	0,80	0,79

Lasketun tulokset VILP:n kattamasta osuudesta:

A = 0,90  
D = 0,87

C = 0,87

B = 0,91

Suhteellisen lämpötehon arvo  $\phi_{LPn}/\phi_{\text{tila}} = 1,0$  vastaa lämpöpumpun tehomitotusta noin  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ulkolämpötilassa menoveden lämpötilan ollessa  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tarkka mitoituspisteen ulkolämpötila riippuu lämpöpumpun lämmöntuotokyvystä alle  $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$  ulkolämpötiloilla ja se voidaan tarvittaessa määrittää laitekohtaisesti.