

Tuomas Göös

RINTAMAMIESTALON ENERGIAREMONTTI

RINTAMAMIESTALON ENERGIAREMONTTI

Tuomas Göös
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma, LVI-suunnittelu

Tekijä(t): Tuomas Göös

Opinnäytetyön nimi: Rintamamiestalon energiaremontti

Työn ohjaaja(t): Niko Peltokangas

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 44 + 4 liitettä

Työn tarkoituksena oli selvittää vanhaan 1950-luvun omakotitaloon taloudellisempi ja energiatehokkaampi lämmitystapa nykyisen lämmitystavan tilalle. Nykyisenä lämmitysmuotona toimii sähkölämmitys, jonka lisänä ilmalämpöpumppu.

Työssä selvitetään rakennuksen rakenteiden lämpöhäviöt, rakennukseen tulevat lämpökuormat ja käyttöveden lämmityksen energiantarve ja niiden avulla lasketaan kohteen kokonaislämmitysenergian tarve. Nykyisen sähkölämmitysjärjestelmän tilalle, lämmitystavan muutoksen vuoksi suunniteltiin ja piirrettiin kuvat vesikiertoisesta patterilämmitysjärjestelmästä.

Käyttökustannuksiltaan edullisin vaihtoehto laskentojen perusteella on maalämpö, joka on myös energiatehokkain. Tulevaisuuden kannalta on tärkeää päästä eroon fossiilisista polttoaineista ja siirtyä uusiutuviin, hiilineutraalimpiin energianlähteisiin.

Asiasanat: energiaremontti, lämmitysmuoto, energiatehokkuus, sähkölämmitys, lämpöpumppu

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services, HVAC design

Author(s): Tuomas Göös
Title of thesis: Energy Renovation of an old, Detached House
Supervisor(s): Niko Peltokangas
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022
Number of pages: 44 + 4 appendices

The purpose of this work was to find out more economical and energy-efficient heating method in an old 1950 s detached house. The current heating method is electrical heating with air-to-air heat pump.

The work find out the heat losses of the building structures, the head loads entering the building and the energy demand for domestic water heating and with those calculating the total heating energy demand. Instead of the current electric heating system, due to the change in heating method, was designed and drawing pictures water circulating radiator heating system.

Based on calculations, the cheapest option in terms of operating costs is geothermal, which is also the most energy efficient. For the future, it is important to get rid of fossils fuels and switch to more renewable, carbon-neutral energy sources.

Keywords: energy renovation, heating system, energy efficiency, electric heating, heat pump

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 ENERGIAREMONTIN KOHDE	8
2.1 Korjaushistoria.....	8
2.2 Pohjakuvat.....	8
2.3 U-arvot	9
3 LASKENNALLINEN JA TODELLINEN SÄHKÖENERGIAN KULUTUS.....	11
3.1 Laskennallinen energiankulutus Cadmatic-sovelluksella.....	11
3.2 Laskennallinen energiankulutus Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeen mukaan	12
3.2.1 Johtumislämpöhäviöt	13
3.2.2 Vuotoilma ja korvausilma	15
3.2.3 Lämpökuormat	16
3.2.4 Hyödynnettävä lämpöenergia lämpökuormista	18
3.2.5 Tilojen lämmitysenergian nettotarve.....	19
3.2.6 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve	19
3.2.7 Ilmalämpöpumpun lämmitysenergian tuotto ja kulutus.....	20
3.2.8 Sähkön laskennallinen ostoenergia	21
3.3 Todellinen sähköenergian kulutus	22
3.4 Laskennallisen sähköenergiankulutuksen vertailu todelliseen.....	23
4 MAALÄMPÖ JA ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU	24
4.1 Maalämpö.....	24
4.2 Ilma-vesilämpöpumppu	26
5 KANNATTAVUUSLASKENTA.....	28
5.1 Maalämpöpumppu.....	29
5.2 Ilma-vesilämpöpumppu	32
5.3 Kustannusten vertailu	34
6 LV-SUUNNITELMAT	37

6.1	Lämmityslaittevalinnat	39
7	YHTEENVETO	42
	LÄHTEET	43
	LIITTEET	45

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää ratkaisuja, joilla pienentää lämmityksestä aiheutuvia kustannuksia ja parantaa vanhan talon energiatehokkuutta. Kohteeksi valikoitui 1950-luvun rintamamiestalo, jonka lämmitysenergian tarvetta kartoitetaan laskelmien avulla ja pyritään löytämään taloudellisesti kannattavia keinoja energiatehokkuuden ja parantamiseksi ja lämmityskustannusten pienentämiseksi.

Kohteessa olevan suoran sähkölämmityksen ja ilmalämpöpumpun taloudellisuutta verrataan maalämmön sekä ilma-vesilämpöpumpun kannattavuuteen. Laskelmia varten on selvitetty kohteena olevan rintamamiestalon rakenteellisia ominaisuuksia kuten ala- ja yläpohjien, ja ulkoseinien materiaaleja ja paksuuksia ja talon pinta-alaa. Päivitetyt pohjakuvat rakennuksesta piirretty AutoCAD-ohjelmaa hyödyntäen.

Energian hinnat ovat viime aikoina nousseet eri puolilla Eurooppaa. Sähkön hintaa nostaa liiallinen riippuvuus fossiilisista polttoaineista. Fossiilisen energiatuotannon hintaa nostavat päästöoikeuksien kohonneet hinnat. Suomessa rakennusten lämmitys vie neljäsosan kaikesta käytetystä energiasta. Lämmitysjärjestelmän valinnalla voidaan vaikuttaa rakennuksen lämmityksestä aiheutuviin energian kustannuksiin ja kasvihuonekaasupäästöihin.

2 ENERGIAREMONTIN KOHDE

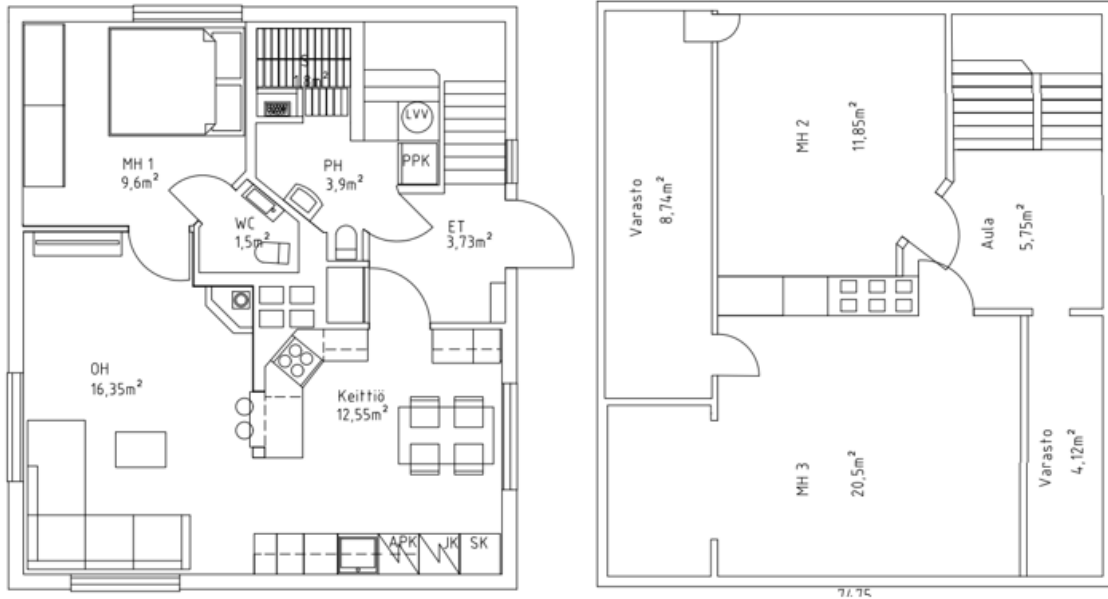
Kohteena on Kokkolassa Halkokarin asutusalueella sijaitseva vanha 1,5 kerroksinen rintamamiestyylinen omakotitalo, joka on rakennettu vuonna 1956. Asuinpinta-ala on noin 100 m², rakennuksen tilavuus 252 m³. Rakennuksessa on 3 makuuhuonetta, keittiö, wc, olohuone, pesuhuone, sauna, ja kaksi varastotilaa yläkerrassa. Rakennus lämpenee suoralla sähkölämmityksellä, jonka lisäksi käytössä myös ilmalämpöpumppu.

2.1 Korjaushistoria

Kohde on peruskorjattu täysin vuosina 2004–2005, jota ennen se on ollut asumattomana n.5 vuotta. Peruskorjauksen yhteydessä rakennuksen lämmöneristävyyttä on parannettu siten, että alakerran ulkoseinät on lisäeristetty sisäpuolelta 50 mm mineraalivillalla, näin on saatu seinien U-arvosta parempi alkuperäiseen ulkoseinärakenteeseen verrattuna. Osassa huoneista myös lattian lämmöneristävyyttä on parannettu vaihtamalla eristeenä käytetty sahanpuru U-arvoltaan parempaan mineraalivillaan. Kaikki ikkunat on peruskorjauksen yhteydessä myös vaihdettu, ikkunoiden U-arvo on 1,2 W/(m²K). Talotekniikan osalta rakennuksen viemärointi ja käyttövesiputket on saneerattu nykyaikaisiksi, poistoilmanvaihto kosteista tiloista (wc, pesuhuone ja sauna) ja liesituulettimeilta toteutettu huippuimurilla. Sähkölämmitysjärjestelmää parannettu siten että kosteisiin tiloihin asennettu sähkölattialämmitys ja kaikki sähköradiaattorit uusittu nykyaikaisempiin.

2.2 Pohjakuvat

Kiinteistöstä ei ole alkuperäisiä pohjakuvia tallessa, joten ne piirrettiin AutoCAD-sovelluksella vastaamaan asunnon nykyistä pohjaratkaisua. Päivitetyistä pohjakuvista on hyötyä myös LVI-suunnitelmia tehtäessä (Kuva 1).



KUVA1 1. ja 2. kerroksen pohjakuvat.

2.3 U-arvot

Alakerran ulkoseinän U-arvo laskettiin CADMATIC-sovelluksella, (taulukko 1) kun tiedettiin ole-
massa olevassa seinärakenteessa käytetyt materiaalit ja materiaalien vahvuudet. Alakerran nykyi-
sen ulkoseinän U-arvoksi saatiin 0,366 W/(m²K).

TAULUKKO 1. Alakerran ulkoseinän rakenne ja U-arvo

Uusi rakenne

Materiaali	Lambda	Paksuus	R
Kipsilevy	0.23	13	0.056
Mineraalivilla[550] + Puu[50]	0.041;0...	50	1.015
Puukuitulevy	0.11	15	0.136
Rakennuspaperi	0	1	0
Sahanpuru	0.12	120	1
Puu	0.14	25	0.178
Puu	0.14	25	0.178

Rakenteen kokonaispaksuus = 249 mm

Lämmönvastus (RT) = 2.73 m²K/W

U-arvo = 0.366 W/(m²K)

Ala- ja yläpohjan sekä yläkerran ulkoseinän alkuperäistä rakennetta ei pystytty näkemään, joten U-arvona niissä käytetään Ympäristöministeriön energiatodistusoppaan 2018 liitteen mukaisia tyyppisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja. Taulukossa 2 tyyppillisen 1½ krs puurunkoisen v. 1946–1960 rakennetun omakotitalon suunnitteluarvoja. (1.)

TAULUKKO 2. *Tyypillinen omakotitalo 1½ krs, puurunko v. 1946–1960 (1, s.24).*

Rakenne	Materiaali	U-arvo (W/m ² K)
Yläpohja	sahanpuru, pahvi, lauta, kantava osa lankkua, 200 mm purua	0,35
Alapohja	puurakenteinen 400 mm, sahanpuru täyt. Rossipohja	0,19
Ulkoseinä	rankorakent. lautaseinä, 125 mm puru, täytetila vuorattu pahvein	0,43

3 LASKENNALLINEN JA TODELLINEN SÄHKÖENERGIAN KULUTUS

Tilojen laskennalliset lämpöhäviöt ja lämmitystehon tarpeet laskettiin vertailun vuoksi monella eri tavalla. Vertailun avulla saadaan rakennuksen lämmitysenergian tarpeesta parempi kuva, ja voidaan laskea keskiarvo tuloksista.

3.1 Laskennallinen energiankulutus Cadmatic-sovelluksella

Cadmatic-sovelluksella rakennuksen tilojen lämpöhäviöksi on laskettu noin 7,36 kW (Taulukko 3). Tästä lasketaan vastaavuus vuotuisen lämmitysenergian määrään (Kaava 1). Lämmitystarveluku lasketaan vertailupaikkakunnan Vaasan vuosittaisesta lämmitystarveluvusta, joka vuonna 2021 on 4469 °Cd. Lämmitystarveluku normeerataan Kokkolaan kuntakohtaisella kertoimella 0,93 ja tulokseksi saadaan 4805 °Cd (Kaava 2). Mitoitusulkolämpötila rakennuksen sijainnin perusteella on -29 °C. Tästä saadaan laskennallinen vuoden 2021 lämmitysenergian määrän tarve, kyseisen vuoden ulkolämpötila tiedoilla ja tulokseksi saadaan 16976 kWh. Vähennetään tuloksesta vielä ilmalämpöpumpun tuottama osuus mitä ei Cadmatic- laskennassa olla otettu huomioon. Ilmalämpöpumpun tuotto on vuodessa, hyötysuhteet huomioiden noin 2572 kWh. Näin saadaan ostettavan sähköenergian määräksi 14404 kWh.

TAULUKKO 3. Cadmatic-sovelluksella laskettu lämpöhäviöraportti

LÄMPÖHÄVIÖRAPORTTI								
Päiväys:	15.2.2022							
N:o	TILA	m ²	m ³	Kerroin	W/m ²	W/m ³	W	Kerros
1	OH	17	42,5	1,2	71,3	28,5	1212	1
2	MH1	10	24,5	1,2	100,3	40,9	1003	1
3	WC	2	5	1,2	6,5	2,6	13	1
4	S	2,5	5,5	1,2	57,6	26,2	144	1
5	PH	4,5	11	1,2	6,2	2,5	28	1
6	KEITTIÖ	13	32,5	1,2	72,6	29	944	1
7	ET	6	14,5	1,2	92,3	38,2	554	1
8	MH3	18,5	40,5	1,2	47,2	21,6	873	2
9	MH3	4	5,5	1,2	67,7	49,3	271	2
10	VARASTO 1	9	12,5	1,2	59,1	42,6	532	2
11	MH2	12	27,5	1,2	54,1	23,6	649	2
12	AULA	10,5	24,5	1,2	72,6	31,1	762	2
13	VARASTO 2	4,5	6	1,2	83,1	62,3	374	2
YHTEENSÄ		113,5	252		64,8	29,2	7359	

$$Q = G * S_{(17)} * 24 \frac{h}{d} \quad \text{KAAVA 1}$$

$$Q = \frac{7,36 \text{ kW}}{21 \text{ }^\circ\text{C} - (-29 \text{ }^\circ\text{C})} * 4805 \text{ }^\circ\text{Cd} * 24 \frac{h}{d} = 16976 \text{ kWh} - 2572 = 14404 \text{ kWh}$$

jossa

Q	lämmitysenergia ,kWh
G	lämpökonduktanssi, $G = \Phi / (T_s - T_{u,mit})$,kW/°C
$S_{(17)}$	lämmitystarveluku, °Cd

$$S_{N \text{ kunta}} = S_{N \text{ vpkunta}} / k_1 \quad \text{KAAVA 2}$$

$$S_{N \text{ kunta}} = \frac{4469 \text{ }^\circ\text{Cd}}{0,93} = 4805 \text{ }^\circ\text{Cd}$$

jossa

$S_{N \text{ kunta}}$	Kunnan normaalivuoden lämmitystarveluku
$S_{N \text{ vpkunta}}$	Normaalivuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
k_1	paikkakuntaakohtainen korjauskerroin vertailupaikkakuntaan

3.2 Laskennallinen energiankulutus Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeen mukaan

Vertailun vuoksi laskennallinen energiankulutus vuonna 2021 on laskettu myös Suomen rakentamismääräyskokoelman rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta ohjeen mukaan. (2.)

3.2.1 Johtumislämpöhäviöt

Ulkoseinien, yläpohjien, alapohjien, ikkunoiden ja ovien johtumislämpöhäviöt rakennusosittain lasketaan kaavalla 3 ja rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lämpöhäviöt kaavalla 4. (3, s.16.)

$$Q_{rak.osa} = \sum U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 3}$$

jossa

$Q_{rak.osa}$	johtumislämpöhäviö rakennusosan läpi, kWh
U_i	rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A_i	rakennusosan i pinta-ala, m ²
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

$$Q_{kylmäsilto} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 4}$$

jossa

$Q_{kylmäsilto}$	johtumislämpöhäviöt kylmäsiltojen läpi, kWh
l_k	viivamaisen kylmäsiltojen pituus, m
Ψ_k	viivamaisen kylmäsiltojen lisäkonduktanssi, W/(m K)

Kohteen johtumislämpöhäviöt ja kylmäsiltojen aiheuttamat lämpöhäviöt on laskettu Excel-taulukon kuukausittain (taulukko 4) kaavoilla 3, 4 ja 5. (2, s.15.) Kohteen laskennallinen johtumislämpöhäviö on noin 14 197,5 kWh vuodessa.

$$Q_{joht} = Q_{ulkoseinä} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkuna} + Q_{ovi} + Q_{muu} + Q_{kylmäsilto}$$

KAAVA 5

jossa

Q_{joht}	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
$Q_{ulkoseinä}$	johtumislämpöhäviöt ulkoseinien läpi, kWh
$Q_{yläpohja}$	johtumislämpöhäviöt yläpohjien läpi, kWh
$Q_{alapohja}$	johtumislämpöhäviöt alapohjien läpi, kWh
Q_{ikkuna}	johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi, kWh
Q_{ovi}	johtumislämpöhäviöt ulko-ovien läpi, kWh
Q_{muu}	johtumislämpöhäviö tilaan, jonka lämpötila on poikkeava ulkolämpötilasta, kWh
$Q_{kylmäsililat}$	kylmäsiltojen johtumislämpöhäviö, kWh

TAULUKKO 4 Johtumislämpöhäviöt (T_{u2021} = lähimmän (Vaasa) vertailupaikkakunnan vuoden 2021 säätiedot)

Rakenteet				Kylmäsililat					
	U/W/m ² K	A(m ²)	H(W/K)		pituus(m)	kerroin(W/mK)	H(W/K)		
Ulkoseinät 1	0,366	67,4	24,6684	US_YP	31,9	0,05	1,595		
Ulkoseinät 2	0,43	49,4	21,242	US_AP	27,2	0,06	1,632		
Yläpohja	0,35	60,5	21,175	US_nurkat	13,9	0,04	0,556		
Ikkunat	1,2	11,94	14,328	Ikkuna_ovi_liitos	35,5	0,04	1,42		
Ovi	1	1,89	1,89	Väliopohja	59,1	0,05	2,955		
yht.			83,3034	yht.			8,158		
Alapohja	0,19	54,5	10,355						
Kuukausi	T_{u2021}	d	h	$\Delta T_{maa,kuukausi}$	$T_{maa,kuukausi}$	$Q_{joht,us_yp_ovi_ikkuna}$ (kWh)	$Q_{joht,ap}$ (kWh)	$Q_{kylmäsililat}$ (kWh)	Q_{joht} (kWh)
Tammikuu	-5,4	31	744	0	9,5	1636,212061	88,59738	160,2361728	1885,0456
Helmikuu	-8,6	28	672	-1	8,5	1657,00459	86,982	162,2724096	1906,259
Maaliskuu	-1	31	744	-2	7,5	1363,510051	104,00562	133,530144	1601,0458
Huhtikuu	2,8	30	720	-3	6,5	1091,607754	108,1062	106,902432	1306,6164
Toukokuu	8	31	744	-3	6,5	805,7104848	111,70974	78,904176	996,3244
Kesäkuu	16,5	30	720	-2	7,5	269,903016	100,6506	26,43192	396,98554
Heinäkuu	19,2	31	744	0	9,5	111,5599133	88,59738	10,9251936	211,08249
Elokuu	14,4	31	744	1	10,5	409,0530154	80,89326	40,0590432	530,00532
Syyskuu	9	30	720	2	11,5	719,741376	70,8282	70,48512	861,0547
Lokakuu	7,1	31	744	3	12,5	861,4904414	65,48502	84,3667728	1011,3422
Marraskuu	-0,5	30	720	3	12,5	1289,536632	63,3726	126,28584	1479,1951
Joulukuu	-7,5	31	744	2	11,5	1766,365294	73,18914	172,982232	2012,5367
								yht.	14197,493

3.2.2 Vuotoilma ja korvausilma

Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve johtuen rakenteiden epätiiviyksistä, lasketaan kaavalla 6 (2, s.19). Kohteen vuotoilman laskennallinen lämpöenergian tarve on vuodessa noin 1962,7 kWh.

$$Q_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 6}$$

jossa

$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg/K)
$q_{v, vuotoilma}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila °C
Δt	ajanjakson pituus, h
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Kohteessa on huippuimurilla toteutettu koneellinen poistoilmavirta kosteista tiloista ja liesikuvulta, tällöin kaikki tuloilma tulee korvausilmana rakennukseen korvausilmaventtiileiden kautta. Korvausilmavirta lasketaan kaavalla 7 jossa tuloilmavirta $q_{v, tulo}$ on nolla (2, s.23). Huippuimurin päivittäisellä normaalikäytöllä kohteen korvausilmavirraksi arvioidaan yhteensä 15 dm³/s. Näin saadaan lasketua kohteen korvausilmavirran lämpenemisen lämpöenergian tarpeeksi vuodessa noin 2589 kWh.

$$q_{v, korvausilma} = \sum t_d t_v q_{v, poisto} - \sum t_d t_v q_{v, tulo} \quad \text{KAAVA 7}$$

jossa

$q_{v, korvausilma}$	korvausilmavirta, m ³ /s
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde h/24 h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$q_{v, poisto}$	poistoilmavirta, m ³ /s
$q_{v, tulo}$	tuloilmavirta

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöt, kylmäsiltojen aiheuttamat lämpöhäviöt, vuotoilman ja korvausilman lämpenemisen lämpöenergian yhteenlaskettu lämmitysenergian tarve (kaava 8) (2, s.15) vuodessa on noin 18 750 kWh. Taulukossa 5 laskettu edellä mainitut häviöt kuukausittain.

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad \text{KAAVA 8}$$

jossa

- Q_{tila} tilojen lämmitysenergian tarve, kWh
 Q_{joht} johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh
 $Q_{vuotoilma}$ vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
 $Q_{iv, tuloilma}$ tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
 $Q_{iv, korvausilma}$ korvausilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

TAULUKKO 5 Vuotoilman, korvausilman ja tilojen kokonaislämmitysenergian tarve kuukausittain

Kuukausi	T_{u2021}	d	h	$Q_{vuotoilma}$ (kWh)	$Q_{korvausilma}$ (kWh)	Q_{tila} (kWh)
Tammikuu	-5,4	31	744	268,03	353,5488	2506,63
Helmikuu	-8,6	28	672	271,44	358,0416	2535,74
Maaliskuu	-1	31	744	223,36	294,624	2119,03
Huhtikuu	2,8	30	720	178,82	235,872	1721,31
Toukokuu	8	31	744	131,99	174,096	1302,41
Kesäkuu	16,5	30	720	44,21	58,32	499,52
Heinäkuu	19,2	31	744	18,27	24,1056	253,46
Elokuu	14,4	31	744	67,01	88,3872	685,40
Syyskuu	9	30	720	117,90	155,52	1134,48
Lokakuu	7,1	31	744	141,12	186,1488	1338,61
Marraskuu	-0,5	30	720	211,24	278,64	1969,08
Joulukuu	-7,5	31	744	289,35	381,672	2683,56
			yht.vuosi	1962,7	2589,0	18749,22

3.2.3 Lämpökuormat

Vuotuiset lämpökuormat valaistuksen, ihmisten ja kuluttajalaitteiden osalta lasketaan taulukon 6 arvojen mukaan kaavalla 9 (3, s.7).

TAULUKKO 6 E-luvun laskennassa käytettävä rakennuksen vuorokautinen ja viikoittainen käyttöaika, keskimääräinen valaistuksen, kuluttajalaitteiden ja ihmisten läsnäolon käyttöaste rakennuksen käyttöajan aikana sekä sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti (3, s.7).

Käyttötarkoitussluokka	Kellonaika	Käyttöaika		Käyttöaste	Sisäinen lämpökuorma lämmitettyä nettoalaa kohti		
		Vuorokautinen h/24h	Viikoittainen d/7d		Valaistus W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Ihmiset W/m ²
Luokka 1)	00:00-24:00	24	7	valaistus 0,1 muut 0,6	6	3	2
Luokka 2	00:00-24:00	24	7	valaistus 0,1 muut 0,6	9	4	3
Luokka 3)	07:00-18:00	11	5	0,65	10	12	5
Luokka 4)	08:00-21:00	13	6	1	19	1	2
Luokka 5)	00:00-24:00	24	7	0,3	11	4	4
Luokka 6)	08:00-16:00	8	5	0,6	14	8	14
Luokka 7)	08:00-22:00	14	7	0,5	10	0	5
Luokka 8)	00:00-24:00	24	7	0,6	7	9	8

$$Q = kP \frac{t_d}{24} \frac{t_w}{7} \frac{8760}{1000} \quad \text{KAAVA 9}$$

jossa

- k keskimääräinen käyttöaste
 P lämpökuorma W/m²
 t_d vuorokautinen käyttöaika tunteina
 t_w viikoittainen käyttöaika päivinä
 8760 tuntien määrä vuodessa
 1000 yksikkömuunnos

Suora säteilyenergia auringosta ikkunoiden kautta, sekä välillisesti absorboituneena lämpönä rakennuksen sisälle tuleva energia lasketaan kaavalla 10 (2, s.30). Kohteessa on ikkunoita itään, länteen, etelään ja pohjoiseen, yhteensä noin 12 m².

$$Q_{aur} = \sum G_{\text{säteily, vaakapinta}} F_{\text{suunta}} F_{\text{läpäisy}} A_{\text{ikk}} g = \sum G_{\text{säteily, pystypinta}} F_{\text{läpäisy}} A_{\text{ikk}} g$$

KAAVA 10

jossa

- Q_{aur} ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh/kk
- $G_{säteily, vaakapinta}$ vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m² kk)
- $G_{säteily, pystypinta}$ pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m² kk)
- F_{suunta} muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi, -
- $F_{läpäisy}$ säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -
- A_{ikk} ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteen), m²
- g ikkunan valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, -

3.2.4 Hyödynnettävä lämpöenergia lämpökuormista

Rakennuksen lämmityksessä voidaan osittain hyödyntää rakennukseen tulevia lämpökuormia. Hyödynnettävä energiaosuus lasketaan kuukausittain. Hyödyntämisaste ($\eta_{lämpö}$) riippuu lämpökuorman ($Q_{lämpökuorma}$) ja lämpöhäviön (Q_{tila}) suhteesta (γ) sekä rakennuksen aikavakiosta (τ), joka on rakennuksen (tilan) sisäpuolisen tehollisen lämpökapasiteetin (C_{rak}) suhde ominaislämpöhäviöön (H_{tila}). Kaavalla 11 lasketaan lämpökuormien energia, joka hyödynnetään lämmityksessä. (2, s.36.) Hyödynnettävä energia lämpökuormista on laskettu kuukausittain taulukossa 7. Laskennalliset hyödynnettävät lämpöenergiat vuodessa yhteensä $Q_{sis.lämpö}$ noin 4091 kWh.

$$Q_{sis.lämpö} = \eta_{lämpö} Q_{lämpökuorma} \quad \text{KAAVA 11}$$

jossa

- $Q_{sis.lämpö}$ lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
- $\eta_{lämpö}$ lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste
- $Q_{lämpökuorma}$ rakennuksen lämpökuorma eli muun kuin lämmityksen kautta sisälle vapautuva energia, kWh

TAULUKKO 7 Hyödynnettävät lämpöenergiat lämpökuormista

Kuukausi	T _u	d	h	Q _{tila} (kWh)	Q _{lämpökuorma} (kWh)	C _{rak}	H _{tila}	T	Y	a	η _{lämpö}	Q _{sis.lämpö} (kWh)
Tammikuu	-8	31	744	2506,6	302,44	4000,00	116,18	34,43	0,121	3,30	0,999	302,19
Helmi	-7,1	28	672	2535,7	299,96	4000,00	134,29	29,79	0,118	2,99	0,998	299,50
Maaliskuu	-3,53	31	744	2119,0	365,81	4000,00	116,11	34,45	0,173	3,30	0,997	364,89
Huhtikuu	2,42	30	720	1721,3	398,73	4000,00	128,67	31,09	0,232	3,07	0,991	395,30
Toukokuu	8,84	31	744	1302,4	468,28	4000,00	143,96	27,79	0,360	2,85	0,965	451,75
Kesäkuu	13,39	30	720	499,5	439,33	4000,00	91,17	43,88	0,880	3,93	0,845	371,09
Heinäkuu	15,76	31	744	253,5	449,65	4000,00	65,01	61,52	1,774	5,10	0,550	247,34
Elokuu	13,76	31	744	685,4	412,62	4000,00	127,24	31,44	0,602	3,10	0,905	373,61
Syyskuu	9,18	30	720	1134,5	371,83	4000,00	133,30	30,01	0,328	3,00	0,976	362,93
Lokakuu	4,07	31	744	1338,6	329,77	4000,00	106,27	37,64	0,246	3,51	0,994	327,95
Marraskuu	-1,76	30	720	1969,1	296,55	4000,00	120,16	33,29	0,151	3,22	0,998	295,98
Joulukuu	-5,92	31	744	2683,6	298,78	4000,00	133,99	29,85	0,111	2,99	0,999	298,40
											yht.	4090,94 kWh/vuosi

3.2.5 Tilojen lämmitysenergian nettotarve

Lasketaan tilojen lämmitysenergian nettotarve vähentämällä tilojen lämmitysenergian tarpeesta, lämpökuormista hyödynnettäväksi laskettu lämpöenergia (kaava 12) (2, s.17). Kohteen lämmitysenergian laskennallinen nettotarve vuodessa on noin 14659 kWh.

$$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}} = Q_{\text{tila}} - Q_{\text{sis.lämpö}} \quad \text{KAAVA 12}$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh

Q_{tila} tilojen lämmitysenergian tarve, kWh

$Q_{\text{sis.lämpö}}$ lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh.

3.2.6 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve lasketaan lämpimän käyttöveden kulutuksen mukaan kaavalla 13 (2, s.26). Käyttöveden kokonaiskulutus on ollut noin 98 m³, josta lämpimän käyttöveden osuudeksi oletetaan noin 40 % eli lämmintä käyttövettä kulunut noin 39 m³. Käyttöveden lämmitysenergian laskennallinen nettotarve vuonna 2021 on ollut noin 2287 kWh. (Taulukko 8.)

$$Q_{\text{lkv,netto}} = \rho_v c_{pv} V_{\text{lkv}} (T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}) / 3600 \quad \text{KAAVA 13}$$

jossa

$Q_{\text{lkv, netto}}$ lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve, kWh

ρ_v	veden tiheys, 1000 kg/m ³
c_{pv}	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/(kg K)
V_{Ikv}	lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
T_{Ikv}	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
T_{kv}	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

TALUKKO 8 Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve

ρ_v	1000	kg/m ³
c_{pv}	4,2	kJ/(kgK)
V_{Ikv}	39,2	m ³
$\Delta t (T_{Ikv}-T_{kv})$	50	°C
$Q_{Ikv,netto}$	2286,7	kWh

3.2.7 Ilmalämpöpumpun lämmitysenergian tuotto ja kulutus

Pieneen asuinrakennukseen voidaan käyttää taulukossa 9 annettuja arvoja, kun käytössä on ilma-ilmalämpöpumppu, joka tuottaa lämmitysenergiaa suoraan tilaan (4, s.20). Tästä laskettuna kohteeseen ilmalämpöpumpulla tuotettava lämmitysenergian enimmäismäärä vuodessa on 4000 kWh.

TAULUKKO 9 Ilmalämpöpumpun tuottama energian enimmäismäärä vuodessa (4, s.20)

Rakennusluvan vireilletulovuosi	-1985	1985-	10/2003-
Ilma-ilmalämpöpumpun tuottama vuotuinen energia	6000 kWh/laitte, kuitenkin enintään 40 kWh/m ²	5000 kWh/laitte, kuitenkin enintään 35 kWh/m ²	3000 kWh/laitte

Lasketaan lämpöpumpun sähköenergiankulutus (kaava 14) sen ajanjakson osalta, kun lämpöpumppua käytetään. Kohteessa lämpöpumppua käytetään vuosittain lämmityskautena yleensä tammi-, helmi-, maalisk-, loka-, marras- ja joulukuussa. Ilmalämpöpumpun SPF-lukuna voidaan käyttää vyöhykkeellä II arvoa 2,8. (2, s.55.) Ilmalämpöpumpun laskennallinen sähköenergian kulutus on noin 1430 kWh vuodessa.

$$W_{LP,lämmitys} = Q_{LP,lämmitys,tilat} / SFP_{tilat}$$

KAAVA 14

jossa

$W_{LP, lämmitys}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$Q_{LP, lämmitys, tilat}$	lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh
SFP_{tilat}	lämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmityksessä, -

3.2.8 Sähkön laskennallinen ostoenergia

Lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman rakennuksen energiakulutuksen ja lämmityshontarpeen laskenta ohjeen mukaan laskennallinen ostoenergian tarve. Kun on laskettu tarvittavat tiedot, voidaan laskea kohteen laskennallinen kokonaisostoenergian tarve kaavalla 15 vuodelle 2021. Taulukossa 10, lämpimän käyttöveden, valaistuksen, kuluttajalaitteiden, lämmityksen ja ILP oston vuosittaiset sähköenergian kulutukset, sekä lämmityksessä hyödynnettävät lämpöenergiat lämpökuormista ja ilmalämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia. Laskennallinen sähkön kulutus vuonna 2021 on noin 16474 kWh.

$$W_{osto} = W_{lkv} + W_{ILP,osto} + W_{valaistus} + W_{kuluttajalaitteet} + (W_{lämmitys} - Q_{sis.lämpö} - Q_{ILP,tuotto}) \quad \text{KAAVA 15}$$

jossa

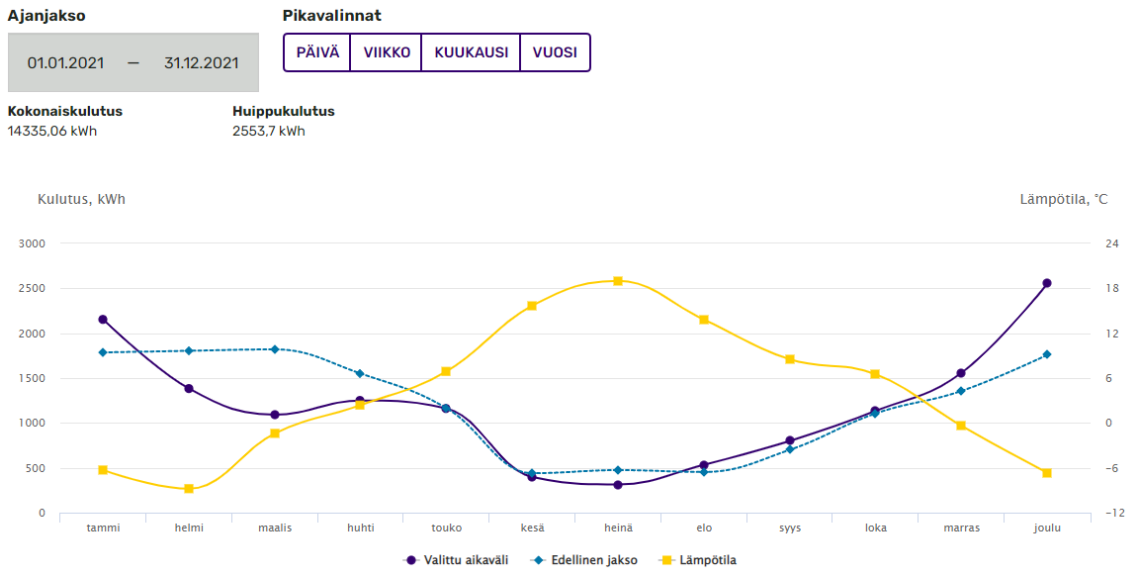
W_{osto}	sähkön ostoenergia, kWh
W_{lkv}	lämpimän käyttöveden sähköenergian kulutus, kWh
$W_{valaistus}$	valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh
$W_{kuluttajalaitteet}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus
$W_{ILP, osto}$	ilmalämpöpumpun sähköenergian kulutus
$W_{lämmitys}$	tilojen lämmityksen sähköenergian kulutus
$Q_{sis.lämpö}$	lämpökuormat, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh.

TAULUKKO 10 Sähkön ostoenergia

Sähkön ostoenergia		
Käyttövesi	2286,0	kWh/a
Valaistus	1576,8	kWh/a
Kuluttajalaitteet	525,6	kWh/a
Lämmitys	18749,2	kWh/a
ILP osto	1428,0	kWh/a
$Q_{\text{sis.lämpö}}$	4091,0	kWh/a
ILP _{tuotto}	4000,0	kWh/a
yht.	16474,62	kWh/a

3.3 Todellinen sähköenergian kulutus

Vuoden 2021 todellinen kokonaissähköenergiankulutus on ollut 14 335,06 kWh. Vuoden 2021 kuukausittainen huippukulutus on ollut joulukuussa, jolloin kulutusta on ollut noin 2554 kWh (Kuva 2) (5).



KUVA 2. Vuoden 2021 kokonaiskulutus, kWh (5, Kokkolan Energia, kompassi).

3.4 Laskennallisen sähköenergiankulutuksen vertailu todelliseen

Cadmatic- sovelluksella sekä Suomen rakentamismääräyskokoelman rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta ohjeen mukaan on laskettu kohteen energiantarpeet. Cadmatic- sovelluksella laskettu vuosittainen sähköenergian kulutus on noin 14404 kWh, ja jälkimmäisenä mainitulla ohjeella laskettuna noin 16475 kWh. Todellinen sähköenergian kulutus on ollut vuonna 2021 noin 14335 kWh.

Syitä laskennallisten energiankulutuksen ja todellisen energiankulutuksen välillä voi olla monia. Oletettavasti rakennuksen ikkunoiden, ovien, ala- ja yläpohjan, ja ulkoseinien todelliset U-arvot voivat poiketa laskennassa käytetyistä, kun todellisia rakenteissa käytettäviä materiaaleja ja niiden vahvuuksia ei päästy tarkasti näkemään. Lisäksi ulkolämpötilat ja sääolosuhteet voivat laskennallisessa olla todellisesta hieman poikkeavat. Myös sisälämpötila on voinut osittain olla laskennassa käytetystä poikkeava, ajoittain muutamallakin asteella, mikä vaikuttaa tilojen lämmitysenergian tarpeeseen. Korvausilman todellista määrää ei myöskään mittaamalla todettu, joten sen lämpenemiseen käytettävä energia voi poiketa todellisesta.

Kun otetaan huomioon kaikki tuloksiin mahdollisesti vaikuttavat asiat, voidaan todeta, että laskennallisten ja todellisen välinen energiankulutuksen keskimääräinen noin 1100 kWh: n erotus vuositasolla on kohtuullisen vähäinen.

4 MAALÄMPÖ JA ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU

Pientalojen lämmitysmuodoksi on tarjolla monia eri vaihtoehtoja. Niitä ovat esimerkiksi sähkölämmitys, maalämpö, kaukolämpö, erilaiset lämpöpumput, puulämmitys, pellettilämmitys, öljylämmitys. Tässä työssä tutustutaan kohteeseen mahdollisesti valittavaan lämmitysmuotoon, maalämpöön ja ilma-vesilämpöpumppuun.

4.1 Maalämpö

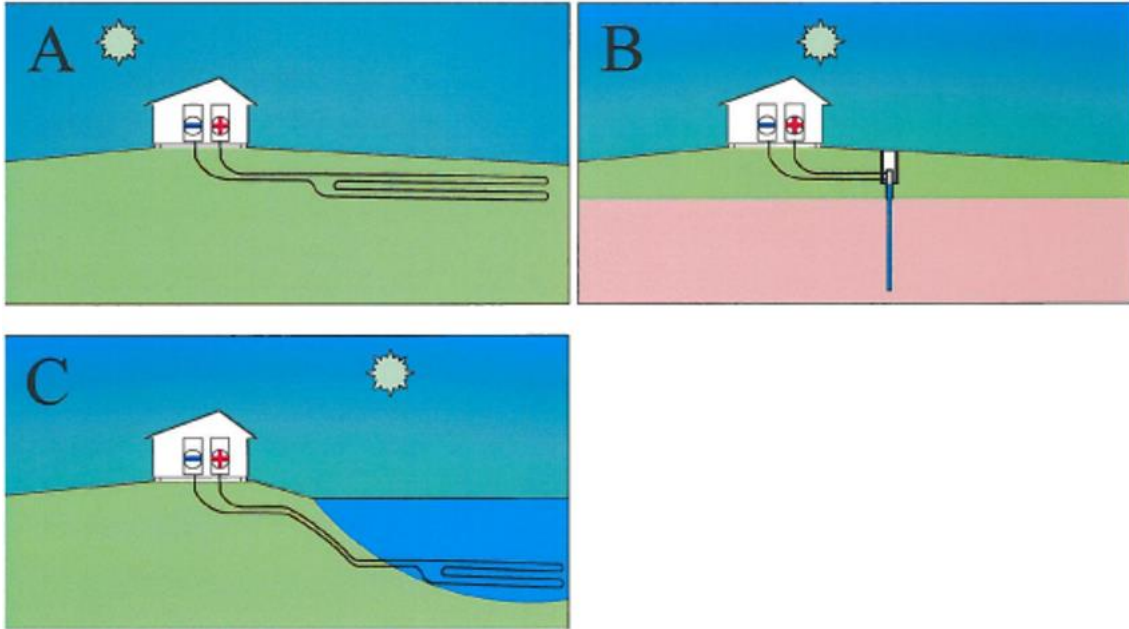
Maalämpö on lämpöenergiaa, joka on varastoitunut maa ja kallioperän pintaosiin ja on pääosin peräisin auringosta. Vuosittain maanpinnan keskilämpötila vaihtelee ilmanlämpötilan mukaan, mutta Etelä-Suomessa n. 14–15 metrin syvyydessä se vakiintuu 5–6 asteeseen. Geoterminen energia nostaa syvemmällä kallioperässä lämpötilaa keskimäärin 0,5–1 astetta / 100 m. Tästä johtuen 300 metrin syvyydessä on kallioperän lämpötila maan eteläisissä osissa noin 6,5–9 °C. (6, s.4.)

Maa- ja kallioperän lämpöenergiaa voidaan hyödyntää käyttöveden lämmitykseen sekä rakennusten ympärivuotiseen lämmittämiseen ja jäähdyttämiseen lämpöpumpputekniikan avulla. Maalämpöjärjestelmään kuuluu keruupiiri, siirtoputkisto ja lämpöpumppu. Keruupiiri asennetaan kallioon porattuun reikään, vesistöön tai maaperään. (Kuva 3) (6, s.6.)

Kallioon porattuun reikään eli energiakaivoon, jonka syvyys on yleensä noin 120–250 metriä, asennetaan keruuputkisto, yhtä rakennusta varten voidaan joutua poramaan useita energiakaivoja lämmitettävän nettotilavuuden mukaan (6, s.27).

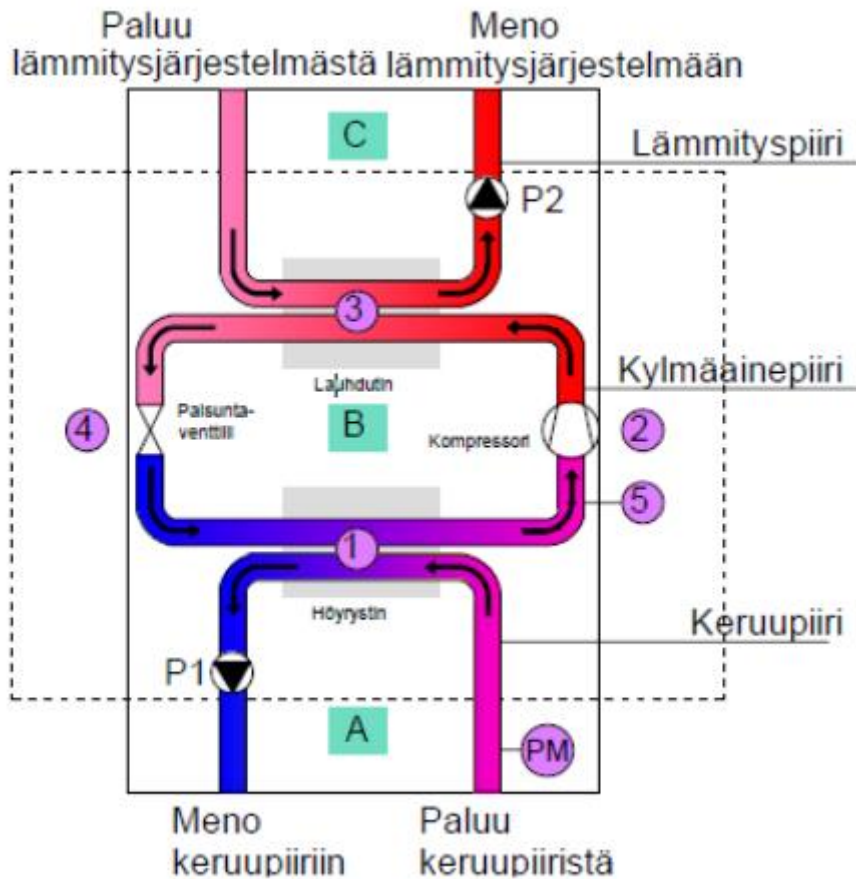
Maaperästä kerättävä energia kerätään keruuputkiston avulla, joka asennetaan maahan noin metrin syvyyteen, keruuputkiston pituus on lähes 500 metriä lyhyimmilläänkin pientalokohteissa. Pinta-ala minkä maapiirin putkisto tarvitsee, on noin 1,5 m² putkimetriä kohden, vaadittavaan pinta-alaan kuitenkin vaikuttaa maaperän laatu. Kuivaan maaperään asennettava putkisto voi tarvita pinta-alaa huomattavasti enemmän kuin esimerkiksi kosteaan savimaahan asennettava putkisto. (6, s.5.)

Vesistöön asennettava keruuputkisto voi aiheuttaa rantamatalaan asennettaessa vesistön väli-
kaista sameutta ja ravinteiden vapautumista, jos putkisto asennetaan ja upotetaan pohjan alapuo-
lalle. Vesialueelle sijoitetut keruuputkistot vaativat suostumukset aluehallintovirastolta ja vesialue-
en omistajalta sekä mahdollisesti myös lähinaapureilta. (6, s.6.)



*KUVA 3 Kuvassa havainnollistettu pientalon maalämpöpumpun energialähteet : maapiiri (A), ener-
giakaivo (B), vesistöpiiri (C) (6, s.6.)*

Vesistöstä, maaperästä tai kallioperästä kerätty energia siirretään maalämpöpumpussa sähkön
avulla rakennuksen käyttöön. Energia keruupiiristä siirretään pumpun avulla lämpöpumpun höy-
rystimeen, josta energia siirtyy lämpöpumpun kylmäainepiiriin. Lämmityspiiriin energia saadaan
luovutettua lauhduttimesta johon kylmäaine kierrätetään lämpöpumpun kompressorin avulla. (Kuva
4.) (6, s.6.)



KUVA 4 Havainnekuva maalämpöpumpun toimintaperiaatteesta. Varsinaisen lämpöpumpun osuus rajattu katkoviivalla (6, s.9.)

Suomessa maalämpöpumppujen suosio on lisääntynyt jatkuvasti 1990-luvulta lähtien, myynti on kasvanut vuosittain keskimäärin 20–30 %. Maalämmön käytön suosiota on lisännyt energian hinnan nousun lisäksi halu ja paine siirtyä uusiutuviin energiamuotoihin. (6, s.8.)

4.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu (ILVP) koostuu sekä sisä- ja ulkoyksiköstä (Kuva 5). Toimintaperiaate on sama kuin maalämpöpumpussa, mutta IVLP ei vaadi vaakaputkistoa tai energiakaivoa ja on inves-

tointikustannukseltaan maalämpöä edullisempi. Ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikkö ottaa ulkoilmasta lämmitysenergiaa ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Suurimman osan vuodesta ilma-vesilämpöpumppu pystyy hoitamaan talon lämmityksen ja lämpimän käyttöveden lämmityksen. Kylmemmillä ilmoilla, ulkoilmalämpötilan ollessa alle $-15 \dots -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ voidaan tarvita sähkövastuksia lisäksi lämmitykseen, vastukset sisältyvät järjestelmään. (7.)

Ilma-vesilämpöpumppuja on kahta tyyppiä, split- ja monoblock- laitteita. Split-laitteessa kylmäaine kiertää sisä- ja ulkoyksikön välillä. Monoblock- laitteessa tekniikka on kokonaisuudessaan ulkoyksikössä ja sisä- ja ulkoyksikön välillä kiertää pelkkä vesi. (8.)



KUVA 5 Ilma-vesilämpöpumpun ulko- ja sisäyksiköt (9, Jäspi Tehowatti Air MONO)

5 KANNATTAVUUSLASKENTA

Kohteen kokonaissähköenergian kulutus todellisuudessa on vuonna 2021 ollut noin 14335 kWh. Tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen on laskentojen perusteella kulunut noin 12250 kWh. Suomen rakentamismääräyskokoelman rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta ohjeen mukaan laskettu tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmityksen energia on vuoden 2021 säätiedoilla noin 15060 kWh. Edellä mainittua tehontarvetta käytetään maa- ja vesi-ilmalämpöpumpun ja nykyisen sähkölämmityksen+ ILP kustannusten vertailussa.

Cadmatic-sovelluksella tilojen yhteenlasketut lämmitystehontarpeet on 7,36 kW. Lasketaan vertailun vuoksi vielä LVI-ohjekortin (LVI 12-10343) likimääräismenetelmällä lämmitystehon tarve, jossa annetaan (taulukko 11) Pohjois-Suomessa sijaitsevalle pientalolle arvoksi 25 W/m³ (10, s.2). Kohteen rakennustilavuus on 252 m³, josta lasketaan lämmitystehontarpeeksi 0,025 kW/m³ * 252 m³ = 6,3 kW.

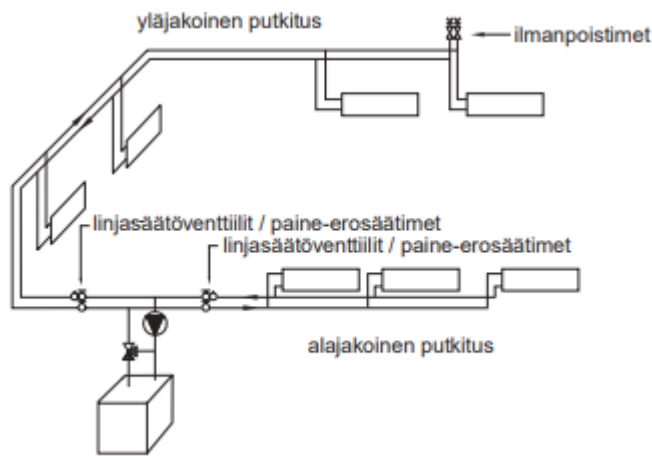
TAULUKKO 11 Likimääräisiä eri rakennustyyppien lämmitystehontarpeita (10, s.2.)

Rakennuksen sijainti	Lämmitystehontarve Pien- ja rivitalot W/m ³	Kerrostalot W/m ³	Liikerakennukset W/m ³
Etelä-Suomi	20	16	24
Pohjois-Suomi	25	21	30

Nykyisten sähköradiaattorien ja pesuhuoneen lattialämmityksen tehot ovat yhteensä noin 6,7 kW.

Uutta lämmitysmuotoa hankittaessa, voidaan käyttää edellä laskettuja arvoja määrittämään tulevan lämmityslaitteen tehontarpeita. Voidaan olettaa, että rakennuksen lämpimän käyttöveden ja tilojen lämmittämiseen riittää väljemmälläkin mitoituksella noin 7–8 kW tehomäärä.

Kohteeseen on asennettava vesikiertoinen patterilämmitysjärjestelmä mikä toteutetaan kaksiputkijärjestelmällä, se sopii paremmin yhteen matalalämpöjärjestelmän kanssa kuin yksiputkijärjestelmä, kuten esimerkiksi maalämpöpumpun kanssa. Kaksiputkijärjestelmässä on oma meno- ja paluuputki, jotka yhdistetään runkoputkiin (Kuva 7) (10, s.4). Putkitukset tehdään alakerran osalta yläjakoisena ja yläkerrassa alajakoisena.



KUVA 6 Ylä- ja alajakoinen kaksiputkijärjestelmä (10, s.4.)

Käytetään energiaremontin investointikulujen arvioinnissa vertailuarvoja tämän opinnäytetyön kohteen kanssa samalla alueella olevan lähes samanlaiseen, 1950-luvun taloon muutama vuosi sitten jo tehdyn energiaremontin toteutuneita kuluja. Patteriverkoston rakentamiseen vaadittavat tarvikkeet, kuten vesiradiaattorit, patteriventtiilit, putkitustarvikkeet asennuksineen maksaa arviolta noin 6000–7000 €. Energiakaivon poraus, maalämpöpumppu ja puskurivaraaja asennuksineen maksaa noin 10 000 €. Materiaalien hintoihin laskettu varmuuden vuoksi lisäksi oletettu noin 5 % hinnannousu. Lisäksi lämpökaivon poraamiseen tarvitaan kunnan toimenpidelupa.

5.1 Maalämpöpumppu

Investointikustannuksiltaan maalämpö on verrattain kallis, mutta sen käytössä kuluva energia on vähäistä. Kustannustehokkuuden ja laitteen pidemmän eliniän vuoksi, maalämpöpumppua ei kannata mitoitaa kattamaan rakennuksen huipputehontarvetta. Usein maalämpöpumppu mitoitetaan kattamaan 60–80 % rakennuksen tarvittavasta mitoitustehosta, tällöin rakennuksen vuotuisesta energiantarpeesta tuotetaan noin 95–99 %. Loput tuotetaan laitteen sähköisellä lisälämmitysvastuksella. (11.)

Mitoitetaan kohteen maalämpöpumppu osatehomoitoksella, kattamaan 80 % kokonaistehontarpeesta. Lasketaan suhteellinen lämpöteho ϕ_{LPn}/ϕ_{tila} . Taulukosta 12 luetaan lämpöpumpun kattama osuus lämpimän käyttöveden ja tilojen lämmityksen energian tarpeesta, kun menoveden lämpötilana on 50 °C. Tässä tapauksessa lämpöpumpun kattama osuus ($Q_{LP}/Q_{lämmitys, tilat, lkv}$) on 0,95 ja 0,97 välillä kuukaudesta riippuen. (2, s.74.)

TAULUKKO 12 Maalämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta (2, s.74).

ϕ_{LPn}/ϕ_{tila}	$Q_{lämmitys, tilat}/Q_{lämmitys, lkv}$	Maalämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergiasta ($Q_{LP}/Q_{lämmitys, tilat, lkv}$)											
		Säävyöhyke: I-II				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		T_{mv} °C				T_{mv} °C				T_{mv} °C			
		30	40	50	60	30	40	50	60	30	40	50	60
0,30	0,50	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,36	0,36	0,36	0,36
	1,00	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,44	0,44	0,44	0,44
	2,00	0,62	0,60	0,58	0,56	0,60	0,58	0,56	0,54	0,44	0,54	0,52	0,51
	4,00	0,68	0,65	0,62	0,59	0,67	0,63	0,60	0,58	0,63	0,59	0,56	0,54
0,40	0,50	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,48	0,48	0,48	0,48
	1,00	0,67	0,66	0,65	0,64	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59
	2,00	0,78	0,75	0,72	0,70	0,76	0,73	0,70	0,68	0,59	0,69	0,67	0,64
	4,00	0,84	0,79	0,76	0,73	0,82	0,77	0,73	0,70	0,78	0,73	0,69	0,66
0,50	0,50	0,65	0,65	0,65	0,65	0,63	0,63	0,63	0,63	0,61	0,61	0,61	0,61
	1,00	0,82	0,80	0,78	0,76	0,80	0,78	0,76	0,74	0,77	0,74	0,73	0,71
	2,00	0,90	0,87	0,84	0,81	0,89	0,85	0,82	0,79	0,71	0,81	0,78	0,75
	4,00	0,92	0,89	0,86	0,83	0,91	0,88	0,84	0,81	0,89	0,84	0,80	0,76
0,60	0,50	0,81	0,80	0,79	0,78	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	0,74	0,73
	1,00	0,92	0,90	0,88	0,86	0,91	0,88	0,86	0,84	0,88	0,85	0,82	0,80
	2,00	0,95	0,93	0,91	0,89	0,95	0,92	0,90	0,87	0,80	0,90	0,86	0,83
	4,00	0,96	0,94	0,92	0,90	0,96	0,93	0,91	0,88	0,95	0,91	0,88	0,85
0,70	0,50	0,92	0,90	0,88	0,87	0,90	0,88	0,87	0,86	0,87	0,85	0,84	0,83
	1,00	0,97	0,95	0,94	0,92	0,96	0,95	0,93	0,91	0,95	0,92	0,90	0,88
	2,00	0,98	0,96	0,95	0,93	0,98	0,96	0,94	0,92	0,88	0,95	0,92	0,90
	4,00	0,98	0,97	0,95	0,94	0,98	0,96	0,95	0,93	0,98	0,95	0,93	0,90
0,80	0,50	0,97	0,96	0,95	0,94	0,97	0,95	0,94	0,93	0,95	0,93	0,91	0,90
	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,97	0,96	0,95	0,98	0,96	0,95	0,93
	2,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,97	0,95	0,99	0,97	0,95	0,95
	4,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,98	0,97	0,95	0,99	0,98	0,96	0,94
0,90	0,50	0,99	0,98	0,98	0,97	0,99	0,98	0,97	0,96	0,99	0,97	0,96	0,95
	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,98	0,97	0,96
	2,00	1,00	0,99	0,98	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,97	0,96
	4,00	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	0,97	1,00	0,99	0,97	0,96
1,00	0,50	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,98	0,97
	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98
	2,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98
	4,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	1,00	0,99	0,98

Poimitaan taulukosta 13 maalämpöpumpun SPF-luvut tilojen lämmitykseen ja käyttöveden lämmitykseen, kun vuotuinen keruupiirin paluunesteen lämpötila on +3 °C ja lämmityksen menoveden

lämpötila 50 °C (2, s.55). Lasketaan maalämpöpumpun käyttämä vuotuinen sähköenergiankulutus $W_{LP,lämmitys}$ kaavalla 16 (2, s.54).

TAULUKKO 13 Maalämpöpumppujen SPF-lukuja (2, s.55).

Maalämpöpumput: menoveden korkein lämpötila, °C	SPF-luku	
	Vuotuinen keruupiirin pa- luunesteen keskilämpötila, °C	
	-3	+3
Tilojen lämmitys		
30	3,4	3,5
40	3,0	3,1
50	2,7	2,7
60	2,5	2,5
Käyttöveden lämmitys		
60	2,3	2,3

$$W_{LP,lämmitys} = Q_{LP,lämmitys,tilat}/SPF_{tilat} + Q_{LP,lämmitys,lkv}/SPF_{lkv} + W_{lisälämmitys}$$

KAAVA 16

$$W_{LP,lämmitys} = 12389,5 \text{ kWh}/2,7 + 2210 \text{ kWh}/2,3 + 397 \text{ kWh} = 6009,2 \text{ kWh}$$

jossa

$W_{LP, lämmitys}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh
$Q_{LP, lämmitys, tilat}$	lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh
SPF_{tilat}	lämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmityksessä, -
$Q_{LP, lämmitys, lkv}$	lämpöpumpun tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh
SPF_{lkv}	lämpöpumpun SPF-luku käyttöveden lämmityksessä, -
$W_{lisälämmitys}$	tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmityksessä tarvittavan lisälämmityksen sähköenergian tarve ($Q_{lämmitys, tilat} + Q_{lämmitys, lkv}$), kWh.

Osateholämpöpumpun käyttämä laskennallinen vuotuinen sähköenergia on noin 6010 kWh, mikä on noin 50 % vähemmän kuin nykyinen (sähkö+ILP) sähkönkulutus.

Sähkön hinta mukaan lukien kuukausittaiset perusmaksut, sähkön siirto ja käyttösähkö (päivä- ja yötariffi) on tällä hetkellä kohteessa noin 13,1 snt/kWh. Lasketaan edellä mainituilla arvoilla osatehopumpun vuosikustannukset kaavalla 17, ja saadaan tulokseksi noin 787 € vuodessa.

$$Sähkönkulutus\left(\frac{\text{€}}{\text{vuosi}}\right) = \frac{13,1\text{snt}/\text{kWh} * 6010\text{ kWh}}{100\left(\frac{\text{snt}}{\text{€}}\right)} = 787,3\text{ €} \quad \text{KAAVA 17}$$

5.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpulle paras vaihtoehto olisi vesikiertoinen lattialämmitys, mutta se sopii hyvin myös patterijärjestelmiin. Lämpöpumpun hankinnassa pitää olla selvillä rakennuksen huippuenergiankulutus, jotta tulee valittua tarpeeksi tehokas laite. Pumppu pystyy kattamaan lämmitystarpeen -20 °C:een saakka, alemmissa lämpötiloissa avuksi tulee sähkövastus. Ilma-vesilämpöpumppu ei vaadi maalämpöpumpun kaltaista energiakaivoa, joten se on hyvä kohteisiin, johon maalämpöjärjestelmää ei esimerkiksi tontin rajoitusten vuoksi pysty asentamaan. Lisäksi investointikustannukseltaan IVLP on maalämpöpumppua edullisempi ratkaisu, se maksaa kohteesta ja laitteesta riippuen 5000–14 000 €.

Samalla tavalla kuin maalämpöpumpun laskennassa, lasketaan ilma-vesilämpöpumppu 80 %: n tuotolla kohteen kokonaislämmitysenergian tarpeesta ja poimitaan taulukosta 14 arvot laskentaan (2, s.76). Ilma-vesilämpöpumpun kattama osuus ($Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, lkv}}$) on 0,80 ja 0,88 välillä kuukaudesta riippuen. Taulukossa 15 ulkoilmalämpöpumppujen SPF lukuja, ILVP: n tilojen lämmityksen SPF- luku 50 °C: n menovedellä on 2,3 ja käyttöveden lämmityksessä 1,8 vyöhykkeellä I ja II (2, s.55).

TAULUKKO 14 Ilma-vesilämpöpumpun kattama osuus tilojen ja lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarpeesta (2, s.76).

ϕ_{LPn}/ϕ_{tila}	$Q_{\text{lämmitys, tilat}}/$ $Q_{\text{lämmitys, ikv}}$	Ulkoilmalämpöpumpun (ilma-vesi) kattama osuus tilojen ja lämpimän- käyttöveden lämpöenergiasta ($Q_{LP}/Q_{\text{lämmitys, tilat, ikv}}$)											
		Säävyöhyke: I-II				Säävyöhyke: III				Säävyöhyke: IV			
		$T_m, ^\circ\text{C}$				$T_m, ^\circ\text{C}$				$T_m, ^\circ\text{C}$			
		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	0,90	0,89	0,88	0,82	0,81	0,80	0,79

TAULUKKO 15 Ulkoilmalämpöpumppujen SPF-lukuja (2, s.55).

Ulkoilmalämpöpumput: menoveden korkein lämpötila, °C	SPF-luku		
	Säävyöhykkeet		
	I-II	III	IV
Ilma-ilma	2,8	2,8	2,7
Ilma-vesi (tilojen lämmitys)			
30	2,8	2,8	2,7
40	2,5	2,5	2,4
50	2,3	2,3	2,2
60	2,2	2,1	2,0
Ilma-vesi (käyttöveden lämmitys)			
60	1,8	1,6	1,3

Lasketaan ilma-vesilämpöpumpun käyttämä vuotuinen sähköenergiankulutus $W_{LP,lämmitys}$ kaavalla 16 (2, s.54) ja sähkön kulutukselle hinta kaavalla 17.

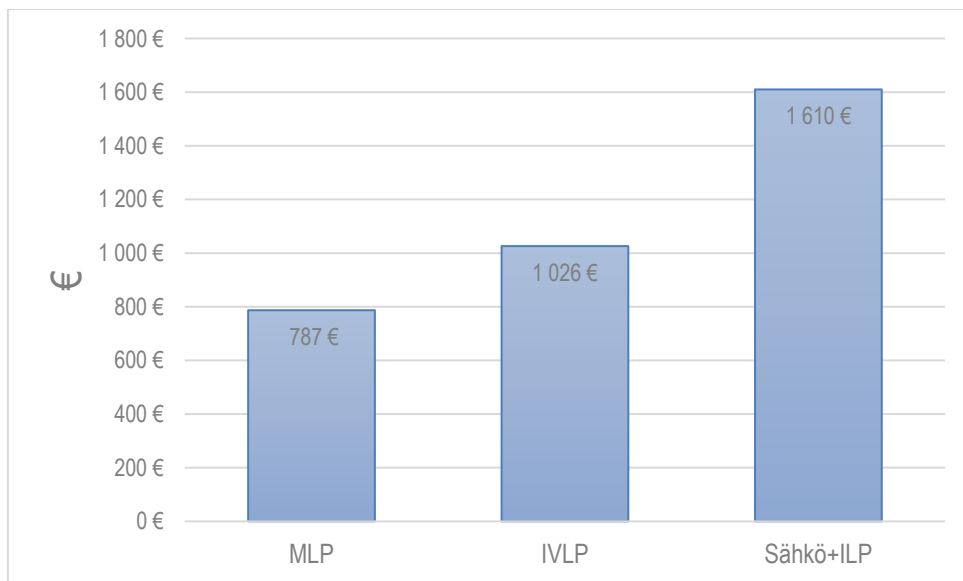
$$W_{LP,lämmitys} = 11236 \text{ kWh}/2,3 + 1975,9 \text{ kWh}/1,8 + 397 \text{ kWh} = 7830,4 \text{ kWh}$$

KAAVA 16

$$\text{Sähkönkulutus}_{\text{(vuosi)}} \left(\frac{\text{€}}{\text{vuosi}} \right) = \frac{13,1 \text{ snt/kWh} * 7830 \text{ kWh}}{100 \left(\frac{\text{snt}}{\text{€}} \right)} = 1026 \text{ €} \quad \text{KAAVA 17}$$

5.3 Kustannusten vertailu

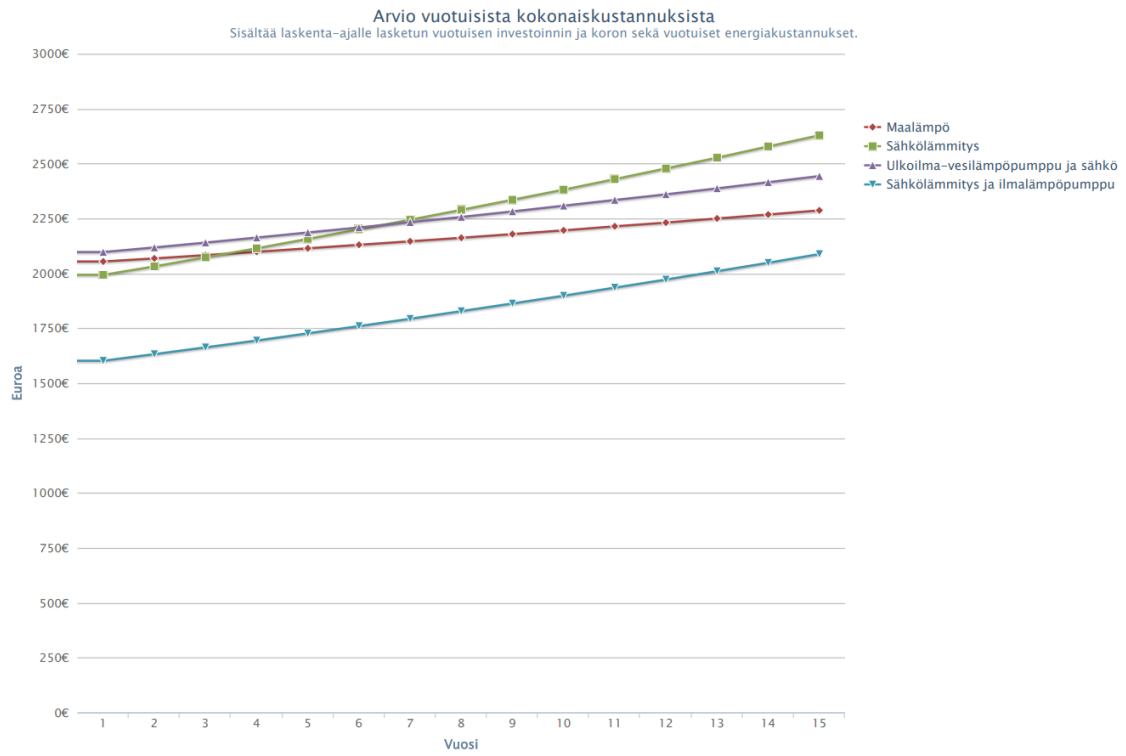
Lämpimän käyttöveden ja tilojen lämmityksen osalta maalämpöpumpun sähkökulutus laskennallisesti on noin 6010 kWh (787 €), ilma-vesilämpöpumpun noin 7830 kWh (1026 €) vuodessa, ja tämän hetkiselä lämmönlähteellä sähkö+ILP kulutus noin 12270 kWh (1610 €) (Kuva 7).



KUVA 7 Sähkönkulutuksen vuosikustannukset eri lämmitysmuodoilla, laskennallisen kulutuksen mukaan.

Lasketaan mukaan kunkin laitteen investointikustannukset ja kohteeseen mahdollisen lämmitysmuodon vaihdon yhteydessä vaadittavan vesikiertoisien patterilämmitysjärjestelmän rakentamisen kustannukset. Nykyisen sähkölämmityksen osalta kohteeseen ei tarvitse tehdä mitään muutoksia. Arvioidaan että maalämpöpumpun osalta investointikustannukset kokonaisuudessaan olisivat noin 17 000 €. Ilma-vesilämpöpumpun investointikustannukset olisivat arviolta noin 13 000 €.

Kuvassa 8 Motivan lämmitystapojen vertailulaskurilla 15 vuoden laskenta-ajalle jaettu investoinnit ja korot sekä sisällytetty myös vuotuiset energiakustannukset ja niiden oletetut hinnannousut, kunkin lämmitysmuodon osalta (12). Energiaremontin kannattavuutta on helpompi tarkastella, kun nähdään kokonaiskustannukset pidemmällä aikavälillä. Näyttäisi olevan niin, että pienessä, noin 100 m² omakotitalossa, missä lämmitykseen kuluva energia on alle 20 000 kWh vuodessa, sähkölämmitys ilmalämpöpumpun kanssa olisi edullisin vaihtoehto vielä ainakin 15 vuoden laskenta-ajan kuluessa, mikäli sähköenergian hinta ei nouse kohtuuttomasti ja kun katsotaan pelkästään rahallisia kustannuksia. Mutta energiatehokkuuden ja ympäristöystävällisyyden kannalta sekä ajassa kauemmaksi katsoen esimerkiksi maalämpöpumppu olisi hyvä vaihtoehto kohteeseen, vaikka kerta investointikustannukset ovat kalliit.



KUVA 8 Lämmitysmuotojen energiakustannukset investointikuluineen, 15 vuoden laskenta-ajalle (12).

6 LV-SUUNNITELMAT

Suunnitellaan kohteeseen vesikiertoinen patterilämmitysjärjestelmä. Lämmitysjärjestelmän suunnitelmat on toteutettu MagiCAD -ohjelmalla. Kohteeseen valitut lämmityspatterit on valittu kunkin tilan lämpöhäviön perusteella, jotka on laskettu Cadmatic- ohjelmalla (Taulukko 2). Patterit ovat malliltaan Purmo Compact C, paneeliradiaattoreita (Kuva 9) (13).



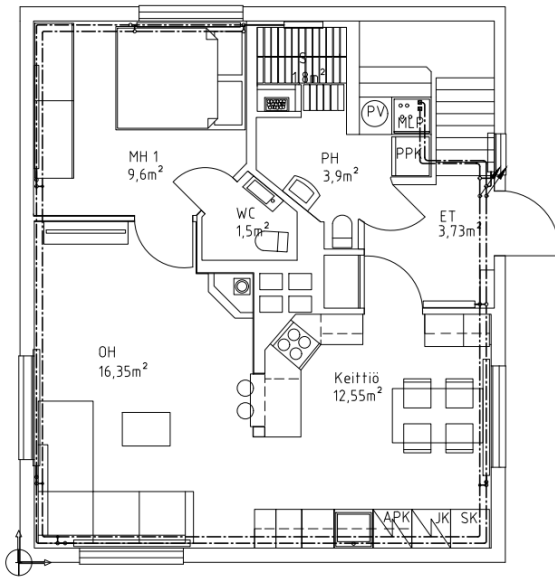
KUVA 9 Purmo Compact C radiaattori (13).

Pattereiden tiedot tilakohtaisesti taulukossa 12, jossa näkyy myös tilojen lämpöhäviöt ja pattereiden tehot. Saunan patterin tehossa huomioitu myös pesuhuoneen lämpöhäviöt ja yläkerrassa on yksittäisten tilojen lämpöhäviötä huomioitu ja jaettu muiden tilojen pattereiden tehossa. Yhteensä lämpöhäviöitä on Cadmatic- ohjelmalla laskettu noin 7,36 kW, ja suunnitelmassa olevien pattereiden yhteenlaskettu teho on noin 7,5 kW, joka on noin 2 % suurempi kuin tilojen yhteenlasketut lämpöhäviöt.

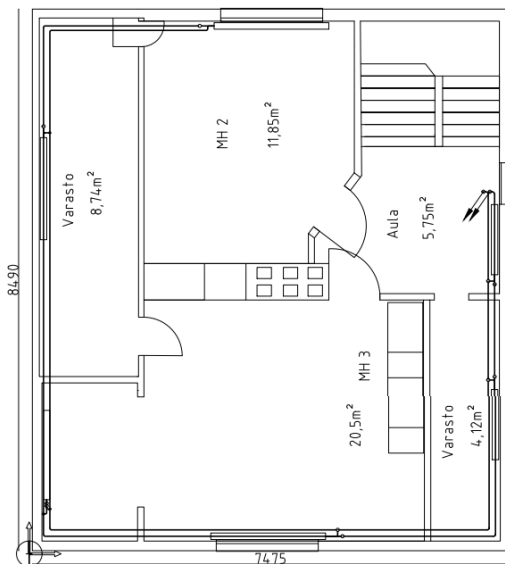
TAULUKKO 16 Tilojen lämpöhäviöt ja pattereiden tiedot.

TILA	m ²	Tilan lämpöhäviöt (W)	Patteri	kpl	Pattereiden tehot (W)
OH	17,0	1212	PC22-600-1800	2	1474
MH1	10,0	1003	PC21-600-1600	2	1042
WC	2,0	13		0	
S	2,5	144	PC22-450-600	1	196
PH	4,5	28		0	
KEITTIÖ	13,0	944	PC22-600-1600	1	737
ET	6,0	554	PC22-600-800	1	573
			PC22-600-600	1	
MH3	22,5	1144	PC22-600-1200	1	1146
			PC22-600-1800	1	
VARASTO 1	9,0	532	PC22-600-1600	1	655
MH2	12,0	649	PC22-600-1600	1	655
AULA	10,5	762	PC22-900-1100	1	616
VARASTO 2	4,5	374	PC22-600-1000	1	409
	YHT:	7359			7503

Ala- ja yläkertaan suunnitellut LVI-suunnitelmat kuvissa 10 ja 11, putkisto piirretty Unipipe komposiittiputkella, alakerrassa yläjakoisesti ja yläkerrassa alajakoisesti. Suunnitelmiin mallinnettu maalämpöpumppu ja puskurivaraaja pesuhuoneen yhteyteen.



KUVA 10 Alakerran lämpöjohtosuunnitelma.



KUVA 11 Yläkerran lämpöjohtosuunnitelma.

6.1 Lämmityslaittevalinnat

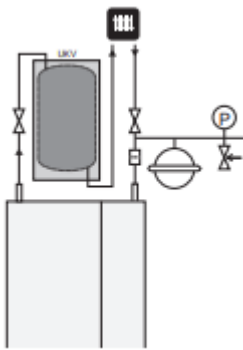
Mahdolliseksi lämmityslaitteiksi valitaan joko maalämpöpumppu tai ilma-vesilämpöpumppu. Yhdeksi vaihtoehdoksi maalämpöpumpulle voisi olla 8 kilowatin tehoinen NIBE F1226-8 NEW (Kuva

12). Pumppu sisältää lämminvesivaraajan (180 l), lämmitysvastuksen, kiertovesipumput ja ohjausjärjestelmän, näiden ansiosta laite on vaivaton ja helppokäyttöinen sekä taloudellinen. (14.)



KUVA 12 NIBE 1226-8 NEW (14).

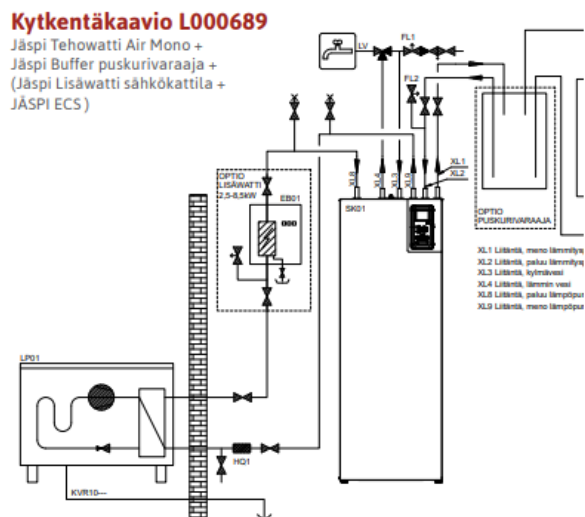
Kuvassa 13 kytkentämalli, jossa maalämpöpumpun rinnalle lisätään NIBE UKV, ulkoinen puskurivaraaja lämmitysverkoston tilavuuden suurentamiseksi, tällä varmistetaan lämmitysjärjestelmän moitteettoman ja käyttäjäystävällisen toiminnan ympäri vuoden. (15.)



KUVA 13 Puskurivaraajan kytkentäkaavio (15).

Sopiva valinta ilma-vesilämpöpumpuksi voisi olla esimerkiksi Jäspi Tehowatti Air MONO. Tässä mallissa lämmitysjärjestelmän vesi kiertää ulkoyksikössä, joka sisältää kompressorin. Tukilämmitysmuotona 9 kilowatin sähkövastus sisäyksikössä paukkupakkasia varten. Sisäyksikössä lämminvesivaraaja (220 l) sekä ohjausyksikkö, mikä tekee laitteesta käyttäjälle vaivattoman ja helppokäyt-

töisen. Järjestelmän toimivuuden kannalta puskurivaraaja (Jäspi Buffer) on hyvä kytkeä lämmitys-
järjestelmään mukaan, sekä mahdollisesti myös Jäspi Lisäwatti sähkökattila, joita löytyy eri tehoi-
sina tarpeen mukaan. (Kuva 14) (16.)



KUVA 14 Kytentäkaavioesimerkki Jäspi Tehowatti Air MONO, sisältäen puskurivaraajan (16).

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli laskea vanhan rintamamiestalon lämmitysenergian tarpeet ja vertailla sitten mikä lämmitysmuoto olisiärkevin, taloudellisin ja energiatehokkain vaihtoehto. Kohteeseen aiemmin tehdyt lisäeristykset ja ikkunoiden ja ulko-oven vaihdot ovat jo osaltaan parantaneet rakennuksen energiatehokkuutta, kuitenkin rakenteiden lämmönjohtavuudet eivät vastaa nykyisiä rakentamisen määräyksiä.

Päädettiin laskemaan nykyiselle lämmitysmuodolle korvaaviksi lämmitystavoiksi joko maalämpö- tai ilma-vesilämpöpumppu. Laskettiin niiden vuotuiset energiantarpeet ja kustannukset. Lisäksi kohteeseen suunniteltiin vesikiertoinen patterilämmitysjärjestelmä ja laskettiin ja arvioitiin sen rakentamisesta aiheutuvat kustannukset.

Vertailtiin nykyistä sähkölämmityksen ja ilmalämpöpumpun yhteiskäytöstä aiheutuvia kustannuksia maalämpö- ja ilma-vesilämpöpumpun kustannuksiin. Käyttökustannuksiltaan maalämpö on ylivoimaisesti edullisin vaihtoehto, ja ilma-vesilämpöpumppukin huomattavasti edullisempi nykyiseen verrattuna. 10–15 vuoden aikana esimerkiksi maalämpö investointikustannusten osalta olisi maksanut itsensä takaisin ja sen jälkeen rahallisia säästöjä tulisi sähkölämmityksen aiheuttamiin kuluihin verrattuna. Sähkölämmitteisissä pienissä omakotitaloissa, joissa energiantarve on pieni, on syytä harkita kannattaako lämmitystapaa muuttaa, vai lisääkö sähkölämmityksen rinnalle esimerkiksi 1–2 ilmalämpöpumppua tuottamaan edullisempaa ja energiatehokkaampaa lämmitysenergiaa. Ympäristöystävällisyyden ja myös energiatehokkuuden kannalta esimerkiksi maalämpö olisi parempi ratkaisu tulevaisuudenkin kannalta, kun fossiilisista polttoaineista pyritään kokonaan eroon.

LÄHTEET

1. Ympäristöministeriö. Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja. Energiatodistusoppaan liite 2018. Hakupäivä 20.2.2022. https://www.motiva.fi/files/16465/Tyypillisia_olemassa_olevien_vanhojen_rakennusten_alkuperaisia_suunnitteluarvoja_-_Energiatodistusoppaan_2018_liite.pdf
2. Ympäristöministeriö 2018. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta ohje. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Hakupäivä 20.2.2022. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B4332AA81-75E1-4CA0-B208-B0ACB60A267F%7D/133692>
3. 1010/2017. 2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Ympäristöministeriö. Suomen säädöskokoelma. Hakupäivä 28.2.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>
4. 1048/2017. 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Liite 1. Hakupäivä 1.3.2022. <https://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6822.pdf>
5. Kokkolan Energia. Asiakasportaali. Kompassi. Hakupäivä 7.3.2022. <https://kompassi.kokkolanenergia.fi/Login?lang=fi> Vaatii kirjautumisen.
6. Ympäristöministeriö 2013. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Energiakaivo-opas. Hakupäivä 9.3.2022. <https://www.ym.fi/download/noname/%7B3B0524D3-E4F6-4CC5-903F-CA21709D3052%7D/31318>
7. Motiva 2012. Lämpöä ilmassa-ilmalämpöpumput. Hakupäivä 9.3.2022. https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/kaikki_julkaisut/lampoa_ilmassa_ilmalampopumput.9236.shtml

8. Motiva. 2022. Ilma-vesilämpöpumppu. Uusiutuva energia. Hakupäivä 9.3.2022. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilma-vesilampopumppu
9. Jäspi. Jäspi Tehowatti Air MONO. Hakupäivä 14.3.2022. <https://jaspi.fi/tuote/tehowatti-air-mono-ilma-vesilampopumppu/#oppaat>
10. LVI 12–10343. 2002. Vesikiertoinen patterilämmitys. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 22.3.2022. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/resource/juha/content/12511#page=1> Vaatii lisenssin.
11. Energiatehokas koti. 2020. Maalämpöpumppu. Hakupäivä 25.3.2022. https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo- ja maalampopumput/maalampopumppu
12. Motiva. Lämmitystapojen vertailulaskuri. Hakupäivä 30.3.2022. <https://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/>
13. Purmo. Paneeliradiaattorit. Hakupäivä 30.3.2022. https://www.purmo.com/fi-fi/tuotteet/lammitys/radiaattorit/paneeliradiaattorit/vaakasuuntaiset-radiaattorit/compact_-c
14. NIBE. Maalämpöpumput. NIBE F1226. Hakupäivä 11.4.2022. https://www.nibe.eu/fi/fi/tuotteet/maalampopumput/NIBE-F1226-Maal%C3%A4mp%C3%B6pumppu-_-232
15. NIBE. Asentajan käsikirja. NIBE F1226. Hakupäivä 11.4.2022. <https://www.nibe.fi/assets/documents/23697/231654-2.pdf>
16. Kaukora. 2020. Jäspi Tehowatti Air MONO. Asentajan käsikirja. Hakupäivä 11.4.2022. <https://jaspi.fi/wp-content/uploads/2017/01/Asentajan-kasikirja-TW-AIR-.pdf>

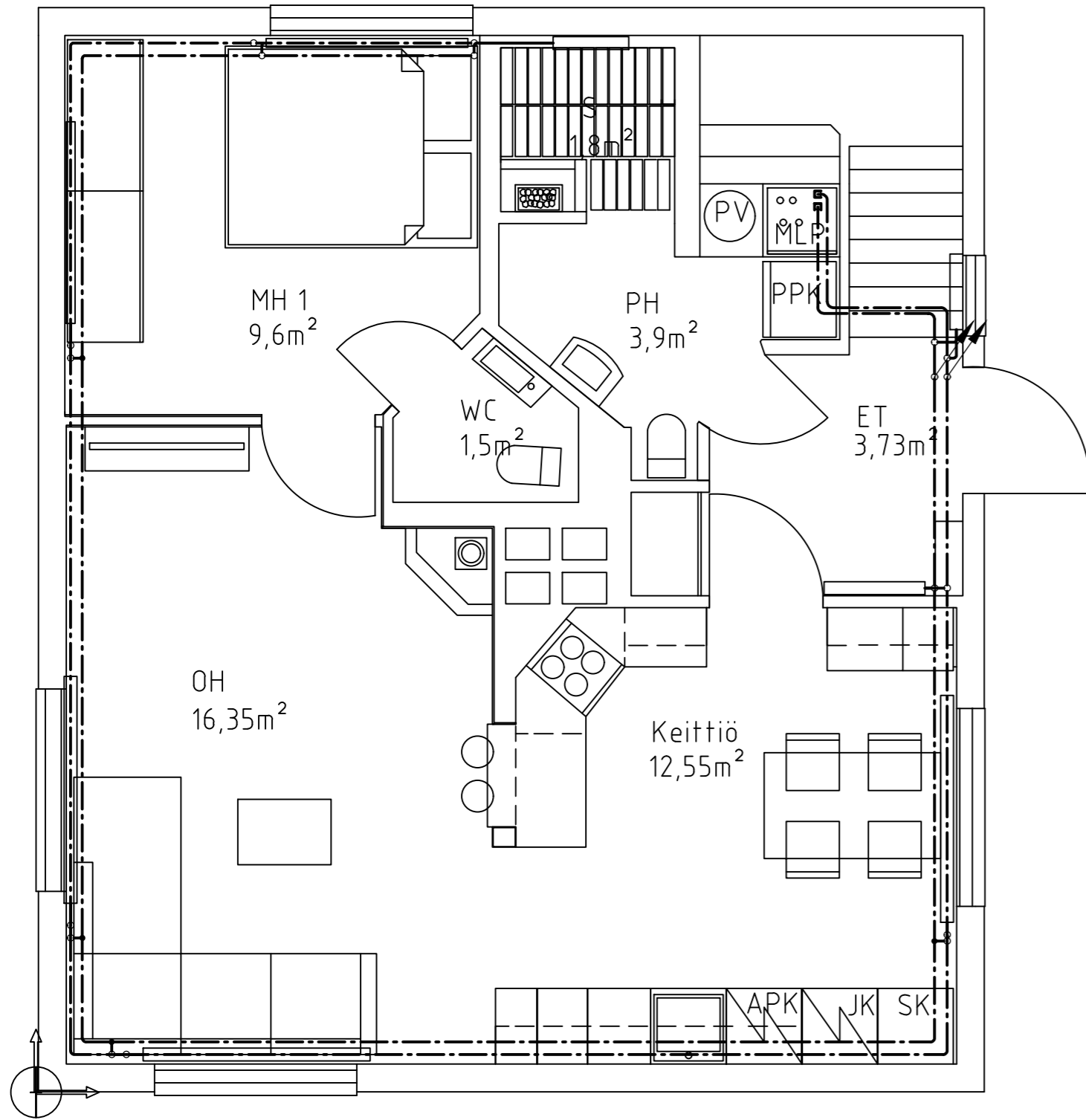
LIITTEET

Liite 1 Alakerran lämmityssuunnitelma

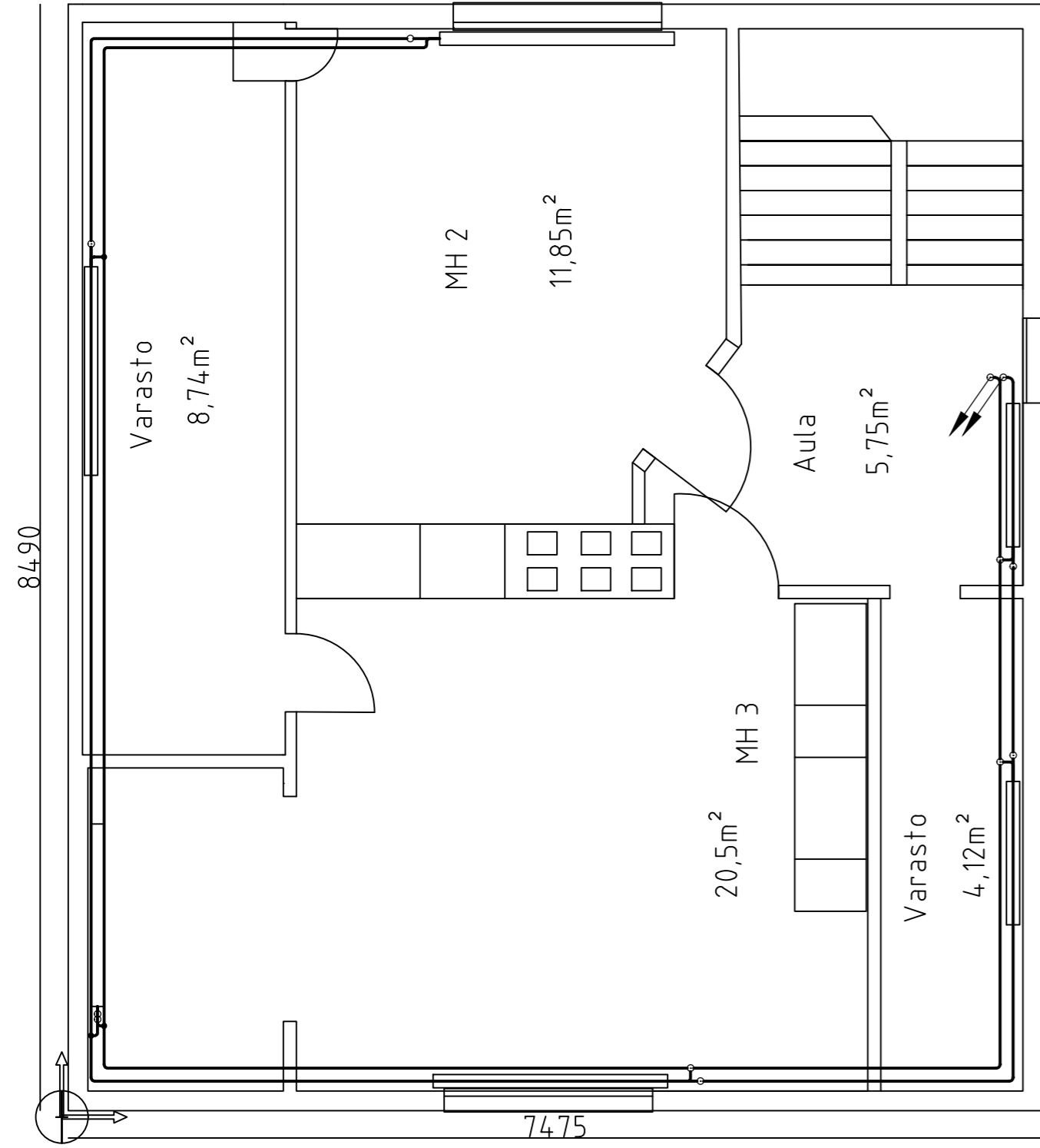
Liite 2 Yläkerran lämmityssuunnitelma

Liite 3 NIBE F1226-8 NEW

Liite 4 Jäspi Tehowatti Air MONO



K.OSA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	VIRANOMAISTEN MERKINTÖJÄ			
RAKENNUSTOIMENPIDE	ENERGIASANEERAUS		PIIRUSTUSLAJI		JUOKS.No	
			LVI-PIIRUSTUS		1	
RAKENNUSKOHTTEEN NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		MITTAKAAVAT	
			LÄMMITYS		.	
					.	
					.	
Kokkola			SUUNALA	TYÖ No	PIR.No	MUUTOS
			LVI	1		
			PAIVAYS	YHT.HENK.		
				TÖÖ		



K.O.SA	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	VIRANOMAISTEN MERKINTÖJÄ			
Halkokari			PIIRUSTUSLAJI		JUOKS.No	
ENERGIASANEERAUS			LVI-PIIRUSTUS		1	
RAKENNUSKOHTeen NIMI JA OSOITE			PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		MITTAKAAVAT	
Kokkola			Lämmitys		.	
			.		.	
			.		.	
			SUUNALA	TYÖ No	PIIR.No	
			LVI	1	MUUTOS	
			PAIVAYS	YHT.HENK.		
			11.4.2022	TGÖ		

NIBE F-sarja



Maalämpöpumppu NIBE F1226

NIBE F1226 on NIBE maalämpöpumppu, jossa on mukana 180 litran lämminvesivaraaja ruostumattomasta teräksestä. Lämpöpumppu on suunniteltu omakoti- ja paritaloihin samoilla laatuvaatimuksilla ja peruskomponenteilla kuin NIBEn monipuolisemmat mallit. NIBE F1226:n suunnittelussa ei ole tingitty tehokkuudesta, se on luokassaan huippua. Lämpöpumpusta on tehovalhtoehdot 6, 8 ja 12 kW.

NIBE F1226:lla saat kotiin tasaisen lämmön helpokäyttöiseltä graafiselta näyttöltä ohjaamalla.

- Maalämpöpumppu, jossa on integroitu RST lämminvesivaraaja.
- Luokassaan huipputehokkuus.
- Helpokäyttöinen.

A+++

Järjestelmän tehokkuusluokka huoneiden lämmityksessä, 35 °C

A++

Järjestelmän tehokkuusluokka huoneiden lämmityksessä, 55 °C

NIBE F1226		6 kW	8 kW	12 kW
Järjestelmän tehokkuusluokka huoneiden lämmityksessä: 35/55 °C ¹⁾		A++/A++	A+++/A++	A++/A++
Tuotteen tehokkuusluokka huoneiden lämmityksessä: 35/55 °C ²⁾			A++/A++	
Lämpimän veden energiatehokkuusluokka/juokutusprofiili ³⁾			A/XL	
SCOP _{10000h} keskilämmin ilmasto, 35/55 °C		4,3/3,4	4,7/3,6	4,5/3,5
SCOP _{10000h} kylmä ilmasto, 35/55 °C		4,5/3,4	4,8/3,7	4,6/3,6
Nimellinen lämmitysteho (P _{avg,op})	kW	7/6	9/8	13/13
Tehotiedot standardin EN 14511 mukaiset, nimellinen Q/35 – Antoteho	kW	5,49	7,37	11,52
Tehotiedot standardin EN 14511 mukaiset, nimellinen Q/35 – COP		4,17	4,46	4,30
Äänitehotaso (L _{WA}) standardi EN 12102 mukainen, Q/35	dB(A)	43	44	44
Nimellisjännite		400 V 3N – 50 Hz		
Kyväaine (CO ₂ -ekvivalentina)	tonnia	1,51	1,95	2,13
Korkeus/leveys/syvyys	mm	1800/600/620		
Varaajan tilavuus	l	n. 180		
Paino	kg	235	245	255

¹⁾Järjestelmän tehokkuusluokka-asteikko huoneiden lämmityksessä A+++ – G. Ilmoitetussa tehokkuudessa on huomioitu tuotteen lämpötilansäädin. ²⁾Tuotteen tehokkuusluokka-asteikko huoneiden lämmityksessä A+++ – G, ohjauksen vaikutus poistettu. ³⁾Tehokkuusluokka-asteikko käyttöveden lämmityksessä A–G. ⁴⁾Energiatehokkuutta vastaava lämmitystehon tarve mitoitustilapöytälaissa.

JÄSPI®
Jäspi Tehowatti Air Mono
Ilma-vesilämpöpumppu

- Kokonainen lämmitysjärjestelmä: sisäyksikkö, ulkoyksikkö, eristetty kondenssivedenpoistoputki, asennussarja, maatelie
- Tehontarpeeseen mukautuva monoblock-ulkoyksikkö
- Mallit 6, 8 tai 12
- Käyttöalue -20 °C asti
- Tuottaa max. 58-asteista vettä
- Helppokäyttöinen, suomenkielinen käyttövalikko
- Sisäyksikössä integroitu RST-käyttövesivaraaja 215 l
- MyUpway-etävalvonta vakiona



Jäspi Tehowatti Air Mono ilma-vesilämpöpumpusta saadaan sekä lämmitys että lämmin käyttövesi. Järjestelmä on loistava ratkaisu niin uudistaloon lämmitysjärjestelmäksi kuin saneeraustaloonkin öljylämmityksen korvaajaksi. Voidaan liittää lattialämmitykseen tai kiinteistössä jo oleviin lämpöpattereihin. Sopii toimintateholtaan useimpiin omakotitaloihin (50-200 m²).

A⁺⁺

 Energialuokka:
Järjestelmä Lattia-
lämmityksessä

Etävalvonta

Tekniset tiedot, ulkoyksikkö		6	8	12
LVI-numero, järjestelmä		5058555	5058534	5058550
Mitat K x L x S	mm	791 x 993 x 364	900 x 1035 x 422	1000 x 1145 x 452
Paino	kg	66	90	105
Pohjalaatan suositellut mitat L x S	mm	1100 x 850		1200 x 850
Maatelineen mitat K x L x S	mm	400 x 924 x 760	400 x 965 x 760	400 x 1075 x 760
Energiamerkintä *		A++		
SCOP Lattia/patterilämmitys **		3,7/3,0	3,6/2,8	3,6/2,9
Äänenpainetaso ***	dB(A)	36/26,5	40/30,5	43/33,5
Asennus		LVI-asentaja		
Kompressorit		Twin Rotary Inverter		
Kylmäainemäärä (R410)	kg	1,5	2,55	2,9
Sulakekoko, ulkoyksikkö	A	1 x 16		1 x 25

* Järjestelmä 35/55 °C. ** Kylmä ilmasto. *** Ulkoyksikön äänenpainetaso 2/6 metrin etäisyydellä vapaassa tilassa.

Tekniset tiedot, sisäyksikkö		
Mitat K x L x S	mm	1670 x 600 x 620
Paino	kg	115
Tilavuus	l	215
Sähkövastus, porrashajattu	kW	9
Sulakekoko, sisäyksikkö	A	3 x 16
Käyttövesiyhteet	mm	Ø 22
Lämmitysytteet	mm	Ø 22
Liitäntäytteet, lämpöpumppu	mm	Ø 22
Käyttöviedentuotto 40 °C, eco-normal-luxus	l	220-250-280

Lisävarusteet	Tuote-/LVI-nro
Lisäuhuttisarja alle 80 m ²	M02556
Lisäuhuttisarja yli 80 m ²	M02691
Lisäwatti sähkökattila	T000744
Buffer 50 puskurivaraaja*	5360158
Buffer 100 puskurivaraaja*	5360118
Buffer 200 puskurivaraaja*	5360119

* Buffer: Patterijärjestelmien lämmön tasaus, lämmön jaon vesiläpävuden lisäminen, ulkoyksikön sulatustoiminnan optimointi.

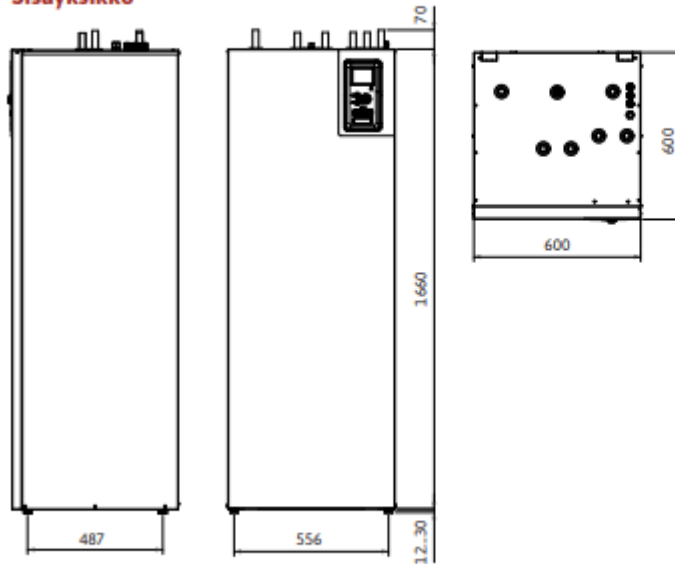
Viiennyskonvektorit**	LVI-nro
Cool W3	5360187
Cool W4	5360188
Cool R5	5360189
Aktiiviviiennyspaketti	5058527

** Viiennys Tehowatti Airin kanssa: tarvitaan aktiiviviiennyspaketti ja konvektori.

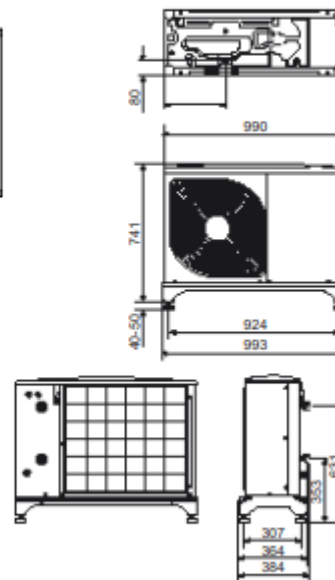
Muut lisävarusteet myynnistämme.

Jäspi Tehowatti Air Mono

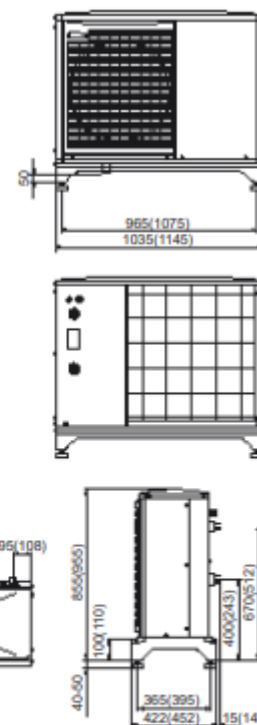
Sisäyksikkö



Ulkoyksikkö 6

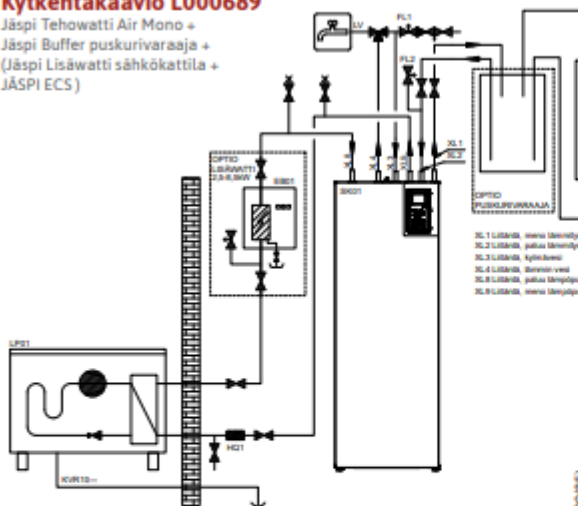


Ulkoyksikkö 8(12)



Kytentäkaavio L000689

Jäspi Tehowatti Air Mono +
Jäspi Buffer puskurivaraaja +
(Jäspi Lisäwatti sähkökattila +
JÄSPI ECS)



- XL 1 LISÄWATTI, lämmin lämmitys
- XL 2 LISÄWATTI, jalkaus lämmitys
- XL 3 LISÄWATTI, kylmävesi
- XL 4 LISÄWATTI, lämmin vesi
- XL 5 LISÄWATTI, jalkaus lämmitys
- XL 6 LISÄWATTI, lämmin lämmitys



Tuotekatu 11, PL 21, 21200 Raisio
puh. 02 4374 600

kaukora@kaukora.fi
www.jaspi.fi

Lisää tuotetietoa käyttöohjeissa.
© Kaukora Oy 01/2022
Muutosvarausin.