

Arne Pietilä

2-KERROKSISEN OMAKOTITALON LVI-SUUNNITELMAT

2-KERROKSISEN OMAKOTITALON LVI-SUUNNITELMAT

Arne Pietilä
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Arne Pietilä

Opinnäytetyön nimi suomeksi: 2-kerroksisen omakotitalon LVI-suunnitelmat

Opinnäytetyön nimi englanniksi: HVAC Plans for Two Storey Detached House

Työn ohjaaja: Martti Rautiainen

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: kevät 2021

Sivumäärä: esim. 24 + 5 liitettä

Tässä opinnäytetyössä tehtiin toteutuskelpoiset LVI-suunnitelmat 2-kerroksiseen omakotitaloon. LVI-suunnitelmien pohjalta tehdään rakennukseen nykyaikaiset, toimivuudeltaan pitkäikäiset ja kustannuksiltaan edulliset LVI-järjestelmät. Omakotitaloa aletaan rakennuttamaan keväällä 2021. Lämmönlähteeksi asiakas on valinnut maalämmön. LVI-suunnitelmissa lämpökuvat tehtiin CAD-matic-ohjelman HVAC-sovelluksella. Ilmastointi-, vesi- ja viemäri- sekä asemapiiirustuskuvat tehtiin MagiCAD-ohjelmalla. Suunnitelmat toteutettiin noudattaen ympäristöministeriön voimassa olevia asetuksia.

LVI-suunnitelmien lisäksi rakennukseen tehtiin myös lämmönlähdevertailu 20 vuoden ajalle. Siinä verrattiin maalämmön, kaukolämmön ja suoran sähkön hankinta-, huolto- ja käyttökustannuksia ensimmäisten 20 vuoden ajan. Tuloksena saatiin kohteelle halvin ja ympäristöystävällisin lämmitysmuoto.

Työn tilaajana toimii Niklas ja Eerika Lehtola. Rakennuskohde sijaitsee Kempeleen Linnakankaalla. Tuloksena kohteeseen saatiin suunnitelmien perusteella toimivat LVI-järjestelmät.

Asiasanat: maalämpö, ilmanvaihto, vesi- ja viemärijärjestelmä, LVI, lämmitysvertailu, omakotitalo

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	6
2.1	Lämmitys	6
2.2	Maalämpöpumpun ja porakaivon mitoitus ja valinta	7
2.3	Lattialämmityksen mitoitus	8
2.4	Kiertovesipumpun mitoitus	9
2.5	Paisunta-astian ja varoventtiilin mitoitus	9
3	ILMANVAIHTO	11
3.1	Ilmavirtojen valinta	11
3.2	Ilmanvaihtolaitteisto	13
3.3	Kanavisto	16
4	KÄYTTÖVESI- JA VIEMÄRIJÄRJESTELMÄ	17
4.1	Käyttövesijärjestelmä	17
4.2	Viemärijärjestelmä	23
4.3	Sade- ja salaojajärjestelmä	25
5	LÄMMÖNLÄHDEVERTAILU	26
5.1	Lähtötiedot	27
5.2	Laskelmat	27
5.3	Tulokset	29
5.4	CO ₂ -päästöt	31
6	YHTEENVETO	32
	LÄHTEET	33
	LIITTEET	29

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunnitellaan 2-kerroksiseen omakotitaloon LVI-järjestelmät. Kohteeseen valitaan edulliset ja laadukkaat laitteet ja vesikalusteet, ja valinnoissa on kuunneltu asiakasta. Työn tilaajina ovat Niklas ja Eerika Lehtola. Rakennuksen rakentamisen on tarkoitus alkaa keväällä 2021 Kempeleen Linnakankaalle. Rakennukseen tehdään myös lämmönlähdevertailu maalämmön, kaukolämmön ja suoran sähkön välillä.

Rakennus on 2-kerroksinen, ja sen huoneistoala on 177 m². Rakennuksessa on sauna. Piha-alueella on myös 16 m²:n varistorakennus. Tätä rakennusta käytetään myös teknisenä tilana. Omakotitalossa ja varistorakennuksessa on yhdistetty katto ja niiden välissä terassi. Varistorakennuksen lämmitteä sähköpatteri, ja siinä toimii painovoimainen ilmanvaihto. Omakotitaloon suunnitellaan käyttövesi-, viemäri- ja ilmanvaihtojärjestelmät. Maalämpöpumppu ja tonttijohto sijoitetaan varistorakennukseen, josta ne johdetaan päärakennukseen lämpökanaalissa. Rakennuksen IV-kone sijoitetaan kodinhoituhuoneeseen.

2 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Omakotitaloon suunnitellaan ja mitoitetaan maalämpöjärjestelmä vesikiertoisella lattialämmityksellä. Maalämpöpumppu sijoitetaan päärakennuksen vieressä olevaan varastorakennukseen, joka toimii teknisenä tilana. Varastorakennus lämmitetään sähköpatterilla.

2.1 Lämmitys

Lämpöhäviö laskelmat on tehty CADMATIC HVAC -sovelluksella. Arkkitehdiltä on saatu U-arvot, jotka lisättiin ohjelman tietoihin. Mitoitusulkolämpötilana ohjelmassa käytettiin -32 °C . Huonekohtaisiin tietoihin lisättiin tuloilma, ovet ja ikkunat sekä huonekohtaiset lämpöhäviökertoimet.

Maalämpöpumppu tuottaa päärakennuksen lämmityksen. Maalämpöpumppu on sijoitettu varastorakennukseen. Lattialämmityksen syöttöjohto tuodaan päärakennukseen eristetyllä kanaaliputkella. Lattialämmityksen menoveden lämpötila on 35 °C ja paluueden lämpötila on 32 °C . Samassa kanaaliputkessa tuodaan myös lämmin käyttövesijohto ja lämminvesikiertojohto. Lämpimän käyttöveden lämpötila on 58 °C ja lämpimän kiertoveden lämpötila on 55 °C . Laskelmissa voidaan käyttää arvoa 5 °C maaperän lämpötilana. Kanaaliputki on Uponor Ecoflex Quattro. Lämpötilaeroksi kanaalille saatiin 50 K . Arvo laskettiin kaavalla 1.

$$\Delta t = \frac{(t_1+t_2+t_3+t_4)}{4} - t_0$$

KAAVA 1

t_1 = menoveden lämpötila, °C

t_2 = paluueden lämpötila, °C

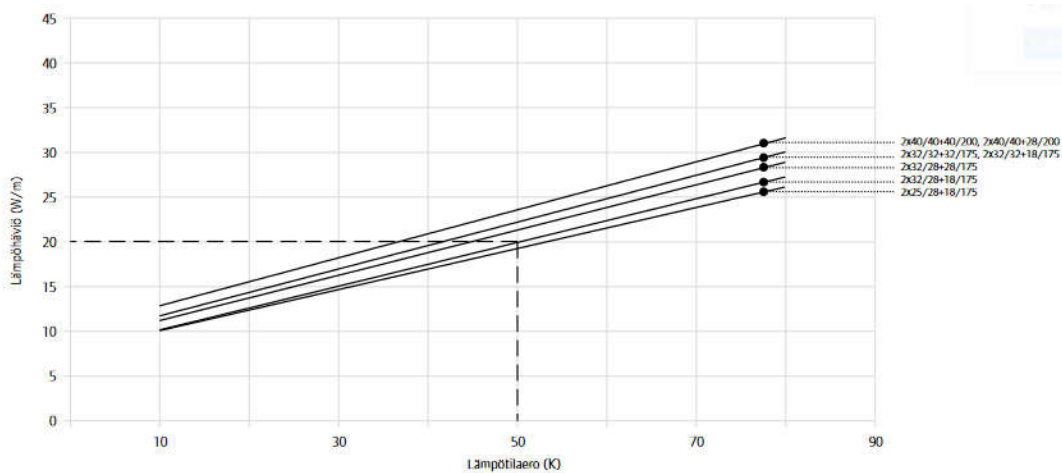
t_3 = lämmin käyttövesi, °C

t_4 = lämpimän käyttöveden kierto, °C

t_0 = maaperän lämpötila, °C

Δt = lämpötilaero, K

Sijoittamalla arvo lämpöhäviödiagrammiin saadaan kanaalille lämpöhäviöksi 20 W/m (kuva 1.)



KUVA 1. Lämpöhäviö diagrammi

Pinnassa ja välipohjassa asennetut putkitukset pitää kannakoida huolellisesti, ettei järjestelmälle aiheudu rasitusta eikä niistä synny meluhaittoja. LVI-järjestelmien kannakoinnin ohjeet löytyvät LVI-kortista LVI 12-10370. (1.) Taulukosta 1 näkee putkistojen kannakointivälit.

TAULUKKO 1. Putkistojen sallitut kannakointivälit

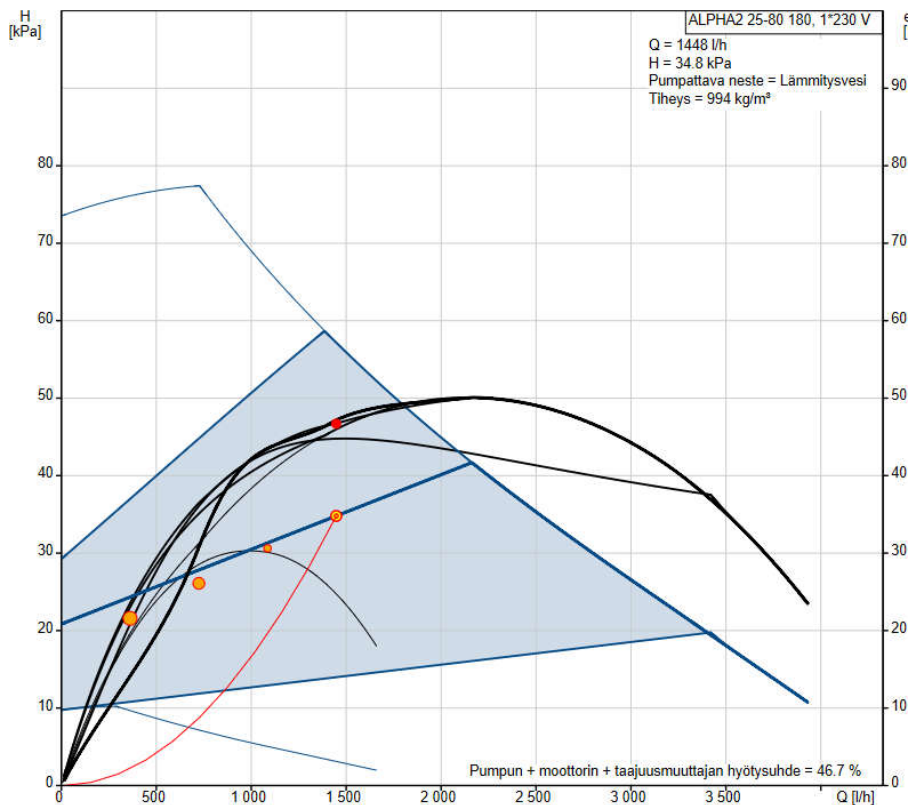
Teräsputket		Kupariputket		Muoviputket		Monikerrosmuoviputket ²⁾		
DN	mm	d _u	mm	d _u	PVC, PEH, PEM mm	PEL, PEX, PB mm	d _u	mm
< 20	2500	8... 15	400... 600 ¹⁾	< 20	700	300	< 20	1200
20	2500	< 22,0	1250	20	700	300	20	1300
25	2500	22,0	2500	25	900	400	25	1300
32	2500	28,0	2500	32	1000	400	32	1400
40	2500	35,0	2500	40	1100	500	40	1400
50	3000	42,0	2500	50	1200	500	50	1500
65	4000	54,0	2500	63	1400	600	63	1500
80	4000	63,0	2500	75	1500	600	75	1500
100	5000	76,1	3000	90	1600	700		
125	5000	88,9	3000	110	1700	700		
		108,0	3000					

2.2 Maalämpöpumpun ja porakaivon mitoitus ja valinta

Maalämpöpumppu ja porakaivo on mitoitettu Bosch-maalämmön mitoitusohjelmalla. Mitoitusohjelmalla saatu energiankulutus maalämpöpumpulle on 23,15 kWh. Mitoituksessa lämpimän käyttöveden lämpötilana käytettiin 35 °C ja paluuveden 32 °C. Lämmityksen kokonaisvirtaus on 1488 l/h. Syvyydeksi aktiiviselle lämpökaivolle ohjelma mitoitti 176 m. Kaivoja on yksi kappale. Kallion lambda-arvo oli mitoituksessa 3,0 W/mK ja keruunesteen keskilämpötilana -0,6 °C. Siirtoputkelle käytettävissä oleva painehäviö on 24 kPa. Lämmönlähteen putkityyppinä on PEM 40 -muoviputki ja keruunesteenä 30-prosenttinen etanoli.

2.4 Kiertovesipumpun mitoitus

Lattialämmitysverkoston kiertopumpun mitoituksessa tarvittavat kokonaisvirtaus ja kokonaispainehäviö saatiin mitoitusohjelmasta. Mitoitusohjelma antoi kokonaispainehäviöksi 34,8 kPa ja kokonaisvirtaukseksi 1448 l/h. Mitoitukseen lattialämmityksen menoveden lämpötilaksi asetettiin 35 °C ja paluuv veden lämpötilaksi 32 °C. Pumpuksi valitaan Grundfos ALPHA1 25-80 180 (kuva 3). Valinta tapahtui Grundfos Product Center -pumpunvalintaohjelmalla.



KUVA 3. Lämmitysverkoston kiertovesipumpun toimintapiste

2.5 Paisunta-astian ja varoventtiilin mitoitus

Paisunta-astia on mitoitettu LVI 11-10472 -kortin ohjeen mukaisesti (2). Paisunta-astian on tarkoitus tasata verkoston lämpötilasta johtuvia tilavuuden muutoksia. LVI-kortin mitoitusohjeiden mukaan paisunta-astian tilavuudeksi saatiin 3,3 l (taulukko 2). Koska sen kokoista paisunta-astiaa ei ole, valitaan seuraava koko, joka on 8 l.

TAULUKKO 2. Paisunta-astian mitoitus

t_m	35	°C		
a	0,0079	-		
V_0	129	dm ³		
h	2	m		
p_{stat}	20	kPa		
p_{sv}	200	kPa		
p_{es}	1	kPa	21	kPa
p_{min}	50	kPa	71	kPa
p_{max}	50	kPa	150	kPa
K_{mit}			3,20	-
V			3,3	dm ³

Varoventtiiliksi valittiin Oras 430152, jonka avautumispaine on 2,5 bar. Lämmönlähteen suurin sallittu teho venttiilille on 50 kW, joten se on hyvä kohteen lämmitysjärjestelmään. (taulukko 3.)

TAULUKKO 3. Oras varoventtiin valintataulukko

Koko		Oras-nro	LVI-koodi	Avautumis-	Lämmönlähteen suurin
DN	G			paine	sallittu teho
				bar	teho kW
15	1/2	430 151	3943330	1.5	36
		430 152	3943331	2.5	50
		430 150	3943332	10	
20	3/4	430 201	3943333	1.5	72
		430 202	3943334	2.5	100
		430 200	3943335	10	

3 ILMANVAIHTO

Kohteeseen mitoitettiin ja suunniteltiin toimiva ilmanvaihto. Ilmanvaihdon mitoituksessa on käytetty Finvacin opasta asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoitukseen. (3.) Ilmanvaihdon suunnittelussa on myös käytetty ympäristöministeriön asetusta uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (4). Ilmanvaihdon suunnitelmat on tehty MagiCAD-ohjelmalla.

3.1 Ilmavirtojen valinta

Huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvona on käytettävä arvoa 21 °C. Huonelämpötilan hallinnan suunnittelussa huonelämpötila voi vaihdella välillä 20–25 °C lämmityskaudella ja välillä 20–27 °C sen ulkopuolella. Huonelämpötilojen hallinnan suunnittelun perusteena käytettävänä mitoitettavina säätietoina on käytettävä eri säävyöhykkeille säädettyjä testivuoden säätietoja ja eri säävyöhykkeille säädettyjä lämmityskauden mitoitettavia ulkoilman lämpötiloja. (4, s. 3.) Ilmanvaihto rakennukseen pitää toteuttaa sillä tavalla, että sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisia määriä hiukkamaisia epäpuhtauksia, fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä eikä hajuja, jotka jatkuvasti heikentävät viihtyvyyttä. (4, s. 3.)

Koko rakennuksen ulkoilmavirraksi on mitoitettava vähintään 0,35 (dm³/s)/m² lattian pinta-alaa kohden. Rakennuksen ilmanvaihtokone on mitoitettava niin, että ilmavirtoja voidaan tehostaa 30 % käyttöajan suunnitelluista ilmavirroista. Rakennuksen ilmanvaihtokoneen ilmavirtoja pitää myös pystyä pienentämään 60 % suunnitelluista käyttöajan ilmavirroista, jos ilmanvaihtoa voi ohjata asuntokohtaisesti. (4, s. 4.)

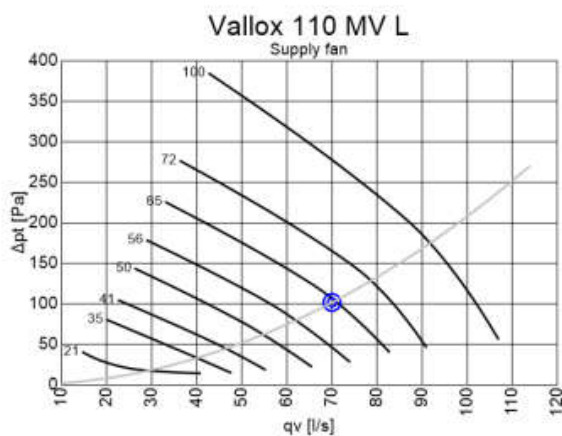
Rakennuksen huonekohtaiset ilmavirrat on mitoitettu Finvacin ohjeen mukaan (3). Ulkoilmavirrat on mitoitettu siten, että rakennus on hieman alipaineinen. Rakennuksen ulkoilmavirraksi käyttötilanteessa saatiin yhteensä 70 l/s ja poistoilmavirraksi 74 l/s (taulukko 4). Mitoitus täyttää ympäristöministeriön asetuksen. Rakennuksen minimi ulkoilmavirraksi saatiin 62 l/s, kun rakennuksen pinta-ala on 177,5 m², ja se mitoitettiin 0,35 (dm³/s)/m² vaatimuksen mukaan. (4, s. 4.) Taulukosta 4 näkee mitoitetut ilmavirrat käyttötilanteessa, tehostustilanteessa sekä asunnon ollessa tyhjillään.

TAULUKKO 4 Mitoitetut ilmavirrat

	Ohjeelliset ilmavirrat [dm ³ /s]	Suunnittelu ilmavirrat käyttötilanteessa [dm ³ /s]	Suunnittelu ilmavirrat tehostustilanteessa [dm ³ /s]	Suunnittelu ilmavirrat asunnon ollessa tyhjiällä [dm ³ /s]
MH1	+8	+8	+10	+3
MH2	+12	+12	+16	+5
MH3	+8	+8	+10	+3
MH4	+8	+8	+10	+3
VARASTO	+6	+6	+6	+6
WC	-7	-7	-9	-3
WC	-7	-7	-9	-3
VH	-6	-6	-8	-2
AULA	+8	+8	+10	+3
KÄYTÄVÄ	-8	-8	-10	-1
OH	+10	+12	+16	+5
K	-8	-12	-16	-5
PH	-8	-12	-16	-5
KHH/ARKIET	-8	-16	-21	-6
KHH/ARKIET	+0	+8	+10	+3
S	+6	+6	+8	+2
Ulkoilmavirta yhteensä	+60	+70	+90	+28
Poistoilmavirta yhteensä	-58	-74	-96	-30

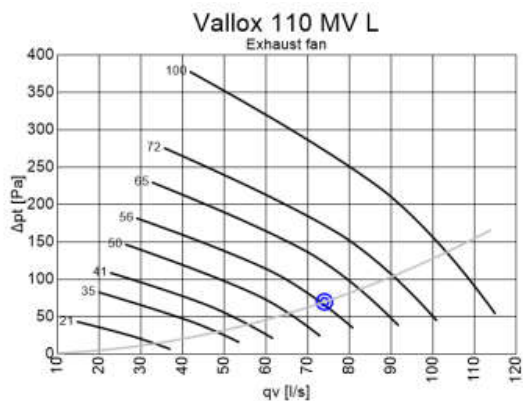
3.2 Ilmanvaihtolaitteisto

Ilmanvaihtokone mitoitettiin Valloxin mitoitusohjelmalla. Mitoitusohjelman avulla koneeksi valittiin Vallox 110 MV L. (liite 2.) Koneen lämmöntalteenotto on ristivastavirtakenno ja mitoituksesta saatu vuosihyötysuhde sille on 77 %. Vallox-mitoitusohjelma laski SFP-luvuksi 1,24 kW/(m³/s), jonka se sai sovellukseen täytetyistä tiedoista. Kanavistojen kokonaispainehäviöt Vallox-mitoitusohjelmaan saatiin MagiCAD-ohjelmasta. Tuloilmakanaviston kokonaispainehäviöksi saatiin 102 Pa ja poistoilmakanaviston kokonaispainehäviöksi 70 Pa. Puhaltimien ottoteho koneessa on 92 W. Kuva 4 näyttää puhallinkäyrän toimintapisteen tuloilmalle käyttötilanteessa.



KUVA 4 Puhallinkäyrä tuloilma

Kuva 5 näyttää puhallinkäyrän toimintapisteen poistoilmalle käyttötilanteessa.



KUVA 5 Puhallinkäyrä poistoilma

Äänenvaimentimiksi ilmanvaihtojärjestelmään asetettiin Lindabin KVAp-160–1000–5. Äänenvaimentimien valinnat tehtiin huoneiden äänenpainetasojen pohjalta, jotka saatiin MagiCAD-soveluksen mitoituksesta. Huonetilojen maksimi äänenpainetasot on esitetty ympäristöministeriön asetuksesta rakennuksen ääniympäristöstä. (5.) Asuinhuoneiden maksimi yhteisäänentaso on 28 dB(A) ja muiden tilojen 33 dB(A) (taulukko 5).

TAULUKKO 5. Rakennusten äänirajoitukset

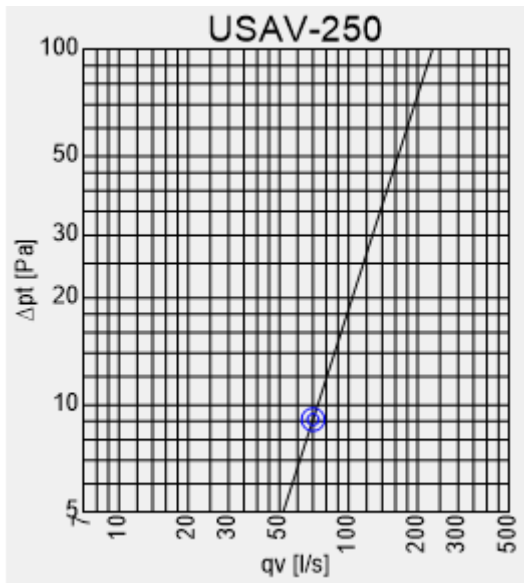
Huone- ja ulkotila	Jatkuva laajakaistainen ääni		Impulssimainen tai kapeakaistainen ääni	
	Keskiaänitaso $L_{Aeq,T}$ (dB)	Enimmäisäänitaso $L_{AFmax,T}$ (dB)	Keskiaänitaso $L_{Aeq,T}$ (dB)	Enimmäisäänitaso $L_{AFmax,T}$ (dB)
Asuin-, majoitus- tai potilashuone	28	33	25	30
Asunnon keittiö tai rakennuksen harrastustila	33	38	30	35
Porrashuone tai uloskäytävä	38	43	35	40
Ulkotila	45	50	40	45

Keittiön liesi on aktiivihillisuodatuksella toimiva (kuva 6). Tämä tarkoittaa että liesituulettimelle ei tarvitse tuoda omaa ilmanvaihtokanavaa. Aktiivihillisuodatuksella toimiva liesi ei tarvitse korvausilmaa, koska se kierrättää ilmaa. Liesi imee ilmaa ja sen sisällä oleva aktiivihillisuodatin kerää itseensä epäpuhtaudet ja sen jälkeen ilma palautuu puhtaana huoneilmaan. Tasoon tuleva induktiotaso liesituulettimella on Bosch PVQ795F25E (musta). Induktiotason kokonaisilmankierto intensiivivilassa on 615 m³/h. Rasvasuodatuksen tehokkuus induktiotasossa on 94, ja se kuuluu luokitukseen B. Puhallinmoottorin teho on 170 W.



KUVA 6 Induktiotaso liesituulettimella

Ilmanvaihtojärjestelmän päätelaitteet ovat Fläktwoodsien valmistamia. Päätelaitteille menevät putket, jotka läpäisevät höyrösulun teipataan huolellisesti höyrytiiviksi. Raitisilmasäleikkönä on USAV -250 ja jäteilman ulospuhallushajoitimenä on Vilpe flow 160P/IS/700H. Raitisilmasäleikön koko on valittu otsapintanopeuden perusteella. Ilmastointikoneiden otsapintanopeus ei saa ylittää 3,0 m/s. Mikäli koneosina on pattereita, joissa tiivistyy vettä, otsapintanopeus ei saa ylittää 2,5 m/s. (6, s. 19.) Raitisilmasäleikön USAV-250 otsapintanopeudeksi saatiin 1,4 m/s. Kuvassa 7 näkyy raitisilmasäleikön toimintapiste. Raitisilma tuodaan rakennuksen pohjoisseinään ja ulospuhallushajoitin matalamman osan kattoon välipohjan läpi. Katossa ja seinässä olevat läpiviennit tiivistetään huolellisesti, jotta niistä ei aiheudu rakennukselle kosteusongelmia.



KUVA 7 Raitisilmasäleen toimintapiste

3.3 Kanavisto

Ilmanvaihtokanavisto on Lindabin valmistamaa kierresaumakanavaa. Ilmanvaihtojärjestelmässä käytettävät osat ovat myös Lindabin valmistamia tiivisteellisiä osia. Haaraosat tehdään lähtökauluksilla. Lähtökauluksien tiivistäminen tehdään siihen tarkoitetulla liimatiivistemassalla. Kylmässä tilassa olevat ilmanvaihtokanavistot eristetään taulukon 6 mukaan.

TAULUKKO 6. Ilmanvaihtokanavien eristykset

KANAVISTON ERISTYS TOTEUTETAAN SEURAAVAN TAULUKON MUKAAN POIKKEUKSENA PALOERISTEET. LÄMPÖERISTEENÄ KÄYTETÄÄN: PAROC HVAC MAT ALUCCOAT PALOERISTEENÄ KÄYTETÄÄN: PAROC HVAC FIRE MAT BLACKCOAT (50mm=EI30)		
IV- KANAVA	SJOITUS	
	LÄMPIMÄSSÄ TILASSA	KYLMÄSSÄ TILASSA
Polstoilmakanava	Ei eristystä	LE 100mm tai LE50mm+ 150mm PUHALLUSVILLA
Tuloilmakanava	Ei eristystä	LE 100mm tai LE50mm+ 150mm PUHALLUSVILLA
Tuloilmakanava jäähdytetty	Selukumi 13mm (Armaflex) tai 50mm villa+höyrysulku	LE 100mm+höyrysulku tai LE50mm+höyrysulku 150mm PUHALLUSVILLA
Ulkoilmakanava	Selukumi 19mm (Armaflex) tai 50mm villa+höyrysulku	LE 100mm
Jäätöilmakanava	Selukumi 19mm (Armaflex) tai 50mm villa+höyrysulku	LE 100mm

4 KÄYTTÖVESI- JA VIEMÄRIJÄRJESTELMÄ

Rakennukseen suunnitellaan ja mitoitetaan käyttövesi- ja viemärijärjestelmät siten, että rakennus täyttää käyttötarkoituksen mukaisesti kyseisten laitteistojen turvallisuuteen, terveellisyyteen, käytövarmuuteen, kestävyYTEEN ja energiatehokkuuteen vaikuttavat vaatimukset. (7, 3. §.) Käyttövesi- ja viemärijärjestelmien suunnittelu on toteutettu Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista ohjeiden mukaan. (7.) Suunnittelussa on myös käytetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1:n mitoitusohjeita, koska nykyinen ympäristöministeriön asetus sisältää vain määräyksiä. (8.) Vesi- ja viemärlaitteistojen suunnittelussa on huomioitu asiakkaan toiveita. Rakennuksen vesi- ja viemärisuunnitelmat tehtiin CADMATIC-ohjelman HVAC-sovelluksella. Kohteen vesi- ja viemärijärjestelmät kytketään kunnalliseen järjestelmään. Tonttijohdon ja jätevesiviemäriin liittymiskorot ja runkolinjojen koot saadaan Kempeleen vesihuolto Oy:ltä.

4.1 Käyttövesijärjestelmä

Käyttövesijärjestelmän tonttijohto tuodaan varastotilaan maalämpöpumpun läheisyyteen, josta lämpimän käyttöveden osuus johdetaan maalämpöpumpulle ja kylmävesiosuus johdetaan päärakennukseen kylmän käyttöveden jakotukille. Tonttijohto ja varaston ja päärakennuksen välinen kylmävesijohto on PEM 40 -muoviputki. Tonttijohto on mitoitettu D1:n mukaisesti. (8.) Tonttijohdon kitkاپainehäviöksi saadaan 0,14 kPa/m, kun mitoitusvirtaama on 0,42 dm³/s ja putken sisähalkaisija on 32,7 mm (kuva 8.) Tonttijohdon pituus 10 metriä. Tonttijohdon painehäviöksi saatiin 1,4 kPa. Arvo laskettiin kaavalla 2.

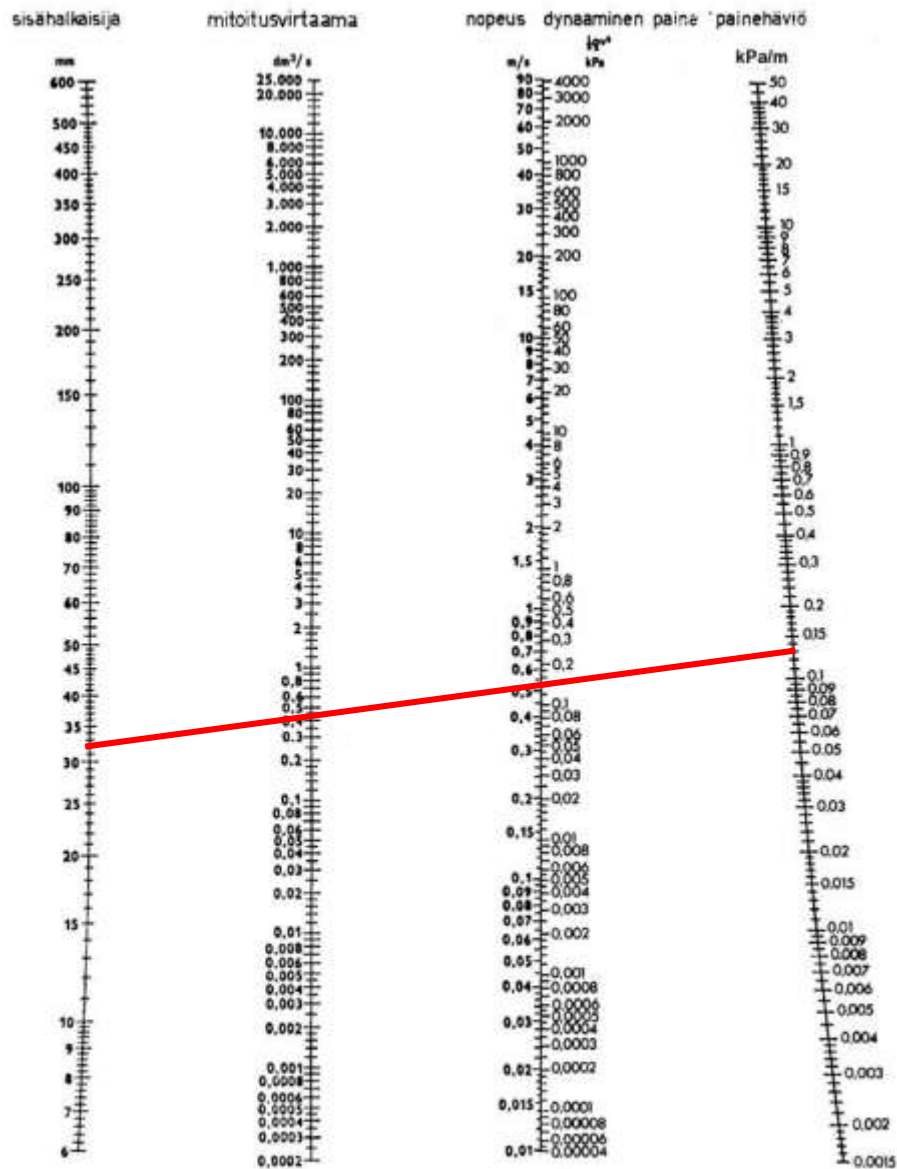
$$\Delta P = L * R$$

KAAVA 2

$$\Delta P = \text{kokonaispainehäviö kPa}$$

$$L = \text{putken pituus m}$$

$$R = \text{virtauskitkasta aiheutuva painehäviö yhtä putkimetriä kohden kPa/m}$$

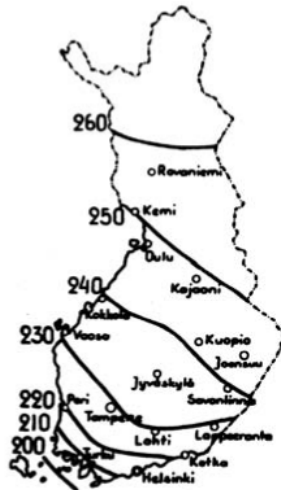


Kuva 5. Painehäviö muoviputkessa.

Nomogrammi perustuu Colebrookin kaavaan, jossa on käytetty pinnankarheutena $k = 0,005$ mm. Veden lämpötila on 10 °C. Painehäviö 55°C:ssa on enintään 25 % pienempi.

KUVA 8 Muoviputken painehäviö

Maahan asennettava vesijohto sijoitetaan taulukon 7 ja kuvan 9 mukaisesti roudattomaan syvyyteen. Jos peitesyvyys ei toteudu, varustetaan vesijohto lämmityksellä tai se lämmöneristetään. (8, s. 14.)



KUVA 9. Roudaton syvyys hietamaassa (cm)

TAULUKKO 7. Eri maalajeista riippuvat kertoimet, joilla kuvasta 2 saatavat syvyysarvot kerrotaan

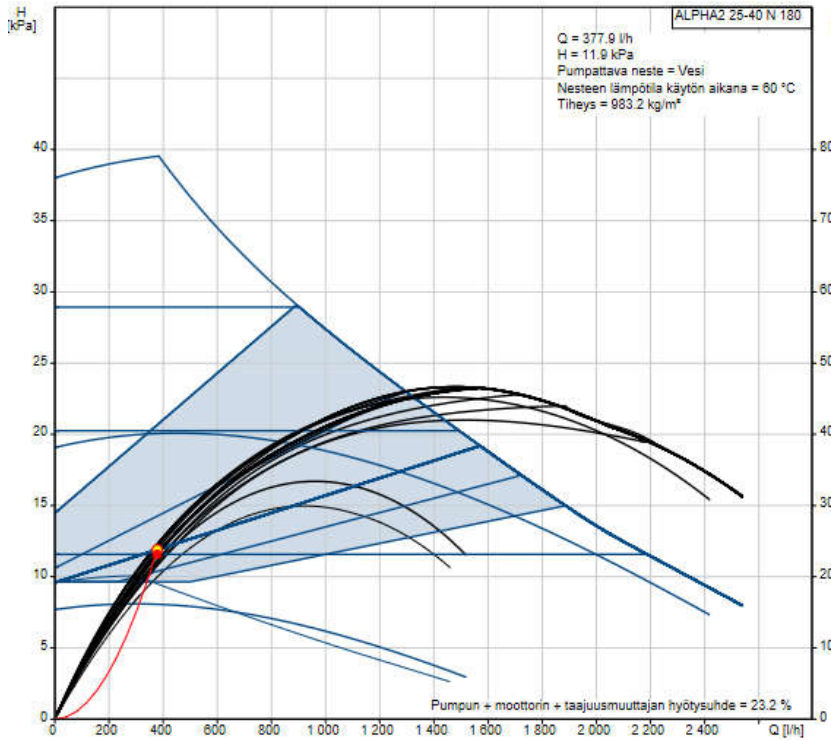
Maalaji	Kuvaus	Routa- syvyys- Kerroin
Sora	Kuiva, kivinen, lohkkareinen sora, kivinen täyte, kallio, sepeli	1,2–1,7
Hiekka	Lohkkareinen, kivinen soramoreeni, sorainen hiekkamoreeni, hiekkainen sora, sorainen hiekka	1,1–1,2
Hieta	Hietamoreeni, hietainen hiesumoreeni, hiekkainen hieta, hietainen hiekka	0,9–1,1
Savi	Savimoreeni, hietainen hiesu, hietainen hiesuinen savi	0,6–0,9
Voimakkaasti routivat	Savi- ja hiesumaalajit, jotka ovat kapillaarisessa yhteydessä pohjaveteen.	0,5–0,7
Turvesuot	Suot, missä vedenpinta on korkealla	0,3–0,5

Routasyvyyskertoimena voidaan käyttää arvoa 1, joka on saatu taulukosta 7. Maaperätukimuksesta on saatu selville, että tontin maaperä on heikosti routivaa / routivaa siltistä hiekkaa. Kuvasta 2 voidaan roudattomaksi syvyydeksi ottaa alueen arvoksi 250 cm. Näiden tietojen perusteella vesijohdon vähimmäis asennuksen syvyydeksi asetetaan 2,5 m.

Varasto- ja päärakennuksen välinen kylmävesiputki eristetään, koska se asennetaan muiden syötöputkien kanssa samaan kaivantoon 1 m:n syvyyteen. Lämminvesi ja lämminkiertovesi johdetaan päärakennuksen sisälle jakotukin viereen Uponor Ecoflex Quattro -kanaalissa. Päärakennuksen käyttövesiputkistot toteutetaan Roth pex -putkella, jossa voidaan käyttää niiden omia pistoliitinosia. Vesipisteille tulevissa kytkentäjohdoissa käytetään seinän sisään asennettavia hanakulmarasioita. Kaikki muoviputkiliitokset tulee varmistaa tukiholkilla, mikä varmistaa liitoksen. Pinta-asennuksena tehtävät kytkennät jakotukille ja maalämpöpumpulle tehdään kupariputkella.

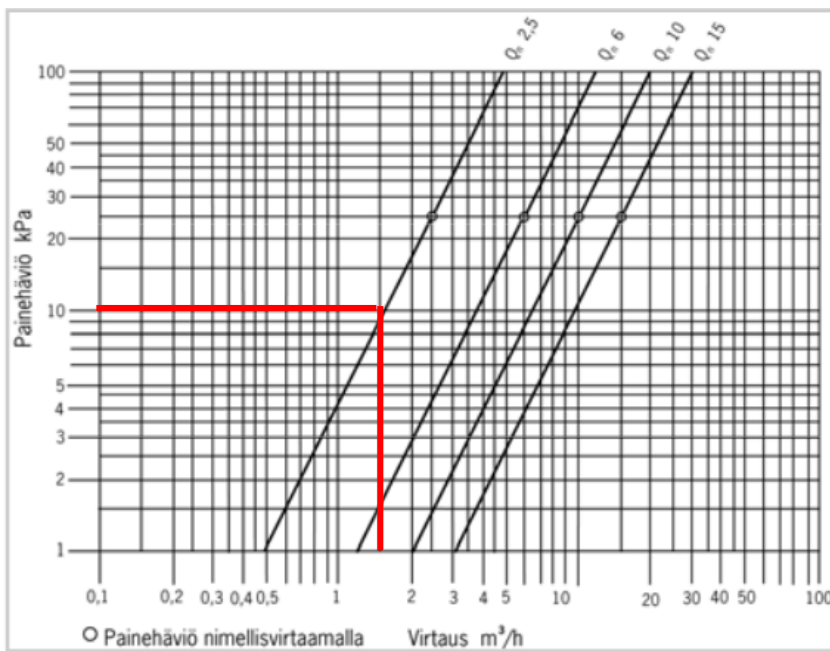
Jakotukilta vesipisteille kulkevat vesijohdot asennetaan lattiaeristeessä. Vesijohdoille tehdään eristeeseen urituskoneella ura, joihin vesijohdot painetaan. Kylmävesijohdot kulkevat alimmassa eristekerroksessa. Tällä huolehditaan, että kylmävesi ei pääse lämpenemään liikaa ja vesijohdossa ei tapahdu mikrobikasvua. Lämminvesijohdot jakotukin ja vesipisteiden välillä kulkevat päällimmäisessä eristekerroksessa betonivalun sisässä. Tämä varmistaa, että lämminkäyttövesi ei viilene ja sitä saadaan asetusten mukaisesti. Asetuksessa sanotaan, että lämpimän käyttöveden on oltava vähintään 55 °C ja sitä on saatava vesikalusteesta 20 s:n kuluessa. Vesikalusteesta saatava lämminvesi saa kuitenkin olla maksimissaan 65 °C. (7, 6. §.) Kaikki piilossa menevät muoviputket tulee olla suojaputkessa, jotta vesijohdot ovat vaihdettavissa. Myös varastoon tuleva tonttijohto sekä varaston ja päärakennuksen välinen kylmävesijohto tuodaan rakennusten sisälle suojaputkessa.

Koska maalämpöpumppu sijaitsee erillisessä rakennuksessa, lämpimän käyttöveden odotusaika ylittyy ja näin ollen kohteeseen suunnitellaan lämminvesikierto. Käyttöveden lämmittimellä käytetään kaukolämmityksen käyttöveden lämmittimen painehäviötä, koska maalämpöpumpun käyttöveden lämmittimelle ei ole saatavilla painehäviön arvoa. Käyttöveden lämmittimen painehäviö on 1 kPa. Lämminvesikiertojohto johdetaan varastorakennuksesta Uponor Ecoflex Quattro -kanaalissa päärakennukseen. Suurin lämpimän veden odotusaika kohteessa on 6 s, joka täyttää vaatimuksen. Lämpimän kiertoveden pumppu on mitoitettu Grundfos Product Center -pumpunvalintaohjelmalla. Mitoitusohjelma antoi kokonaispainehäviöksi 11,9 kPa ja virtaamaksi 378 l/h. Pumpuksi valittiin Grundfos Alpha2 25-40 N 180 (kuva 10).



KUVA 10 Lämpimän kiertoveden pumppu

Liitoskohdassa oleva painetaso on 400 kPa. Liitoskohdassa oleva painetaso on saatu liitoslausunnosta. Kohteen päävesimittari mitoitettiin HVAC-sovelluksella ja vesimittariksi valittiin Kaiko-Elster SUVE MM 3/5 DN20. Vesimittarin painehäviö on 10 kPa (kuva 11).



KUVA 11 Kaiko-Elster SUVE MM 3/5 DN20 painehäviö

Kuvasta 12 nähdään mitoituksen antamat arvot, jotka on mitoitettu CADMATIC-ohjelman HVAC-sovelluksella.

KV/LV:	
Normaalipaine	400 kPa
Staattinen painehäviö vesimittarille	186 kPa
Tonttivesijohto+vesimittari painehäviö	15 kPa
Käytettävissä oleva painetaso vesimittarin jälkeen	199 kPa
Mitoitusvirtaama	0.49 l/s
Kalusteiden normivirtaamien summa KV/LV	1.6 / 0.9 l/s
Kalusteiden mitoitusvirtaama KV/LV	0.42 / 0.35 l/s
Pienin kalustevirtaama	76 %
Suurin kalustevirtaama	109 %
Suurin LV odotusaika	6 s
70% virtaamalla tarvittava painetaso vesimittarin jälkeen	172 kPa
KV-verkoston suurin painehäviö 100% virtaamalla	316 kPa
LV-verkoston suurin painehäviö 100% virtaamalla	325 kPa
LVK:	
LVK-verkoston virtaus	378 l/h
LVK-verkoston painehäviö (ilman venttiilejä)	7.9 kPa
LVK-verkoston putkien yhteispituus (sis. LV)	15.3 m
LVK-verkoston PSV painehäviö	3 kPa

KUVA 12 Painehäviölaskelma

Seinien sisässä ja välipohjassa kulkevat muoviputket tulee kannakoida LVI-kortin LVI 12-10370 ohjeiden mukaisesti (1). Kannakoinnin on kestettävä putkien, nesteen, eristeen ja mahdollisten ulkoisten kuormitusten paino sekä lämpöliikkeen ja nesteen virtauksen aiheuttamat rasitukset. (1, s. 1.) Oikea kannakointi estää käyttövesijärjestelmän paineiskuista aiheuttamat äänihaitat. Taulukosta 8 nähdään muoviputkien kannakointivälit.

TAULUKKO 8. Putkistojen kannakointivälit

Teräsputket		Kupariputket		Muoviputket			Monikerrosmuoviputket ²⁾	
DN	mm	d _u	mm	d _u	PVC, PEH, PEM	PEL, PEX, PB	d _u	mm
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
< 20	2500	8...15	400...600 ¹⁾	< 20	700	300	< 20	1200
20	2500	< 22,0	1250	20	700	300	20	1300
25	2500	28,0	2500	25	900	400	25	1300
32	2500	35,0	2500	32	1000	400	32	1400
40	2500	42,0	2500	40	1100	500	40	1400
50	3000	54,0	2500	50	1200	500	50	1500
65	4000	63,0	2500	63	1400	600	63	1500
80	4000	76,1	3000	75	1500	600	75	1500
100	5000	88,9	3000	90	1600	700		
125	5000	108,0	3000	110	1700	700		

4.2 Viemärijärjestelmä

Rakennuksen jätevesi johdetaan kunnalliseen viemäriverkkoon. Liittymiskohta ja korko jäteveden viemärijärjestelmään on saatu liitoslausunnosta. Liittymäkorko on +14,67 ja padotuskorkeus on +17,37. Runkolinjasta tuodaan haara päärakennuksen ja varaston sisään. Varastorakennukseen asennetaan lattiakaivo, ja siihen johdetaan maalämpöpumpun varolaitteiden ulospuhallusputket. Koska lattiakaivon käyttö on vähäistä, lattiakaivo varustetaan erikoisvesilukolla, joka estää lattiakaivon kuivumista ja hajujen syntymistä. Molempiin rakennuksiin tuleva runkolinja on kokoa DN 100. Rakennuksen DN 70- ja DN 100 -kokoa olevat putket tuodaan täyttöhiekassa viemäripisteille. Alle DN 75 -kokoa olevat putket esim. DN 32 kuivakaivon viemäriputki kulkee lattiaeristeessä, koska maassa kulkevan viemäriin minimi koko on DN 70. Saunan kuivakaivon viemäriputki kytetään suihkutilassa olevaan lattiakaivoon.

Rakennuksen 2.kerroksen viemäriputki tuodaan väliseinässä vaatehuoneen alaslaskuun ja siitä välipohjan läpi viemäripisteelle. Viemäriputken pystyosaan on asennettava puhdistusluukku ja sen pitää olla helposti käytettävissä. Viemärit tulee kannakoida niin, että mekaaniset voimat ja lämpölaajeneminen eivät aiheuta painaumia tai haitallisia muutoksia viemäreissä. (7, 30. §.) Kokoojaviemäriin minimikaltevuus on 20 ‰, WC-istuintien kytkentäviemärien minimikaltevuus 20 ‰ ja altaiden kytkentäviemärien minimikaltevuus 15 ‰.

Pyykinpesukoneen poistoviemäriletku kytketään sille tarkoitettuun viemäripisteeseen. Astianpesukoneen poistoletku voidaan kytkeä sen vieressä olevan altaan vesilukkoon. Ilmanvaihtokoneen kondenssiviemäri johdetaan sille tarkoitettuun viemäripisteeseen.

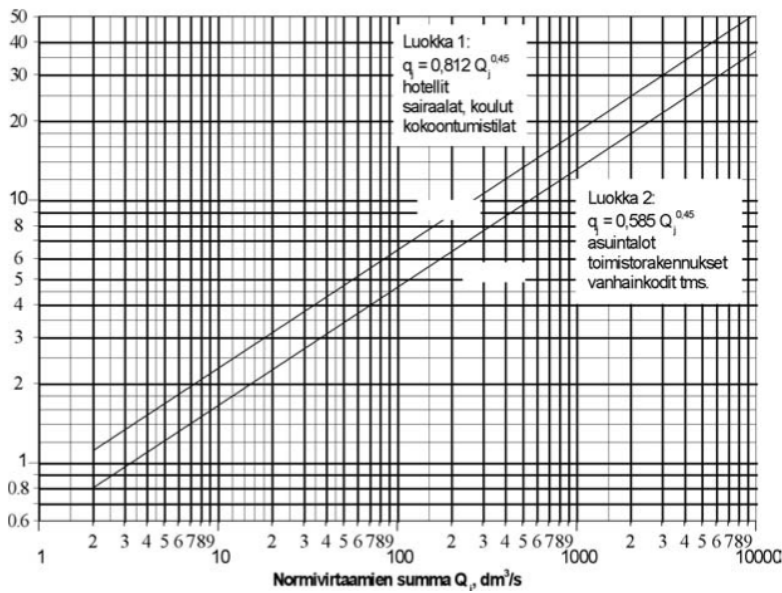
Rakennuksen tuuletusviemäri viedään vesikatolle sille tarkoitettussa kotelotilassa. Tuuletusviemäri kytketään vesikatolla olevaan läpivientiin, esimerkiksi Vilpe Classic. Läpiviennin väri tarkastetaan arkkitehdin suunnitelmista. Vesikatolla oleva läpivienti tulee tiivistää liimamassalla, ettei siitä aiheudu rakennukselle kosteusongelmia. Kylmässä tilassa oleva viemäriputki eristetään esimerkiksi Paroc alucoat 50:llä. Höyrystulusta läpi menevä putken läpivienti teipataan huolellisesti höyrytiiviksi. Tuuletusviemäriin koko on valittu D1:n ohjeen mukaan. (7, s. 51, taulukko 4.) Rakennuksen normivirtaamien summa on yli 5 dm³/s, joten tuuletusviemäriin koko on DN100.

Rakennuksen normivirtaamien summa on laskettu D1:n ohjeiden mukaan (9). Taulukosta 9 näkee eri viemäripisteiden normivirtaamat. Normivirtaamien summa on 12 l/s.

TAULUKKO 9. Viemäripisteiden normivirtaamat

Viemäripiste ¹⁾	Normivirtaama dm ³ /s	Huomautus
Pesuallas	0,3	
Pesuistuin	0,3	
Kylpyamme tai suihkuallas	0,9	
Suihku	0,6	
WC-istuin	1,8	
Astianpesuallas	0,6	
Astianpesuallas ammattikäyttö, 2-altainen	0,6	Ravintolassa rasvan- erottimen kautta.
Astianpesuallas ammattikäyttö, 3-altainen	0,9	
Astianpesukone, kotitalous	0,6	1)
Astianpesukone, ravintola	1,2	DN 110 lattiakaivoon
Pesukone, kotitalous	0,6	1)
Pesukone, talopesula tai vastaava	1,2	DN 110 lattiakaivoon
Tasapohja-allas tai kaatoallas	0,6	
Urinaali huuhteluventtiilillä	0,6	
Urinaali huuhteluhanalla	0,3	
Huuhteluallas, sairaala	1,8	
Pesukouru/metri (samanaikaisuuskerroin 1)	0,4	0,3 dm ³ /s pesupaikka
Juoma-allas	-	Virtaamia ei oteta huomioon mitoituksessa.
Sylkyallas	-	
Lattiakaivo DN 50	≤ 0,9 dm ³ /s ²⁾	
Lattiakaivo DN 75 (DN70)	≤ 1,5 dm ³ /s ²⁾	
Lattiakaivo DN 110 (DN100)	≤ 1,8 dm ³ /s ²⁾	

Mitoitusvirtaama voidaan laskea D1:n saadun kaavan mukaan tai suoraan kuvasta 13. Myös mitoitusvirtaaman kaava näkyy kuvassa 3. Viemärijärjestelmä kuuluu luokkaan 2. Laskemalla mitoitusvirtaama normivirtaamien summaksi saatiin 1,49 dm³/s. Koska normivirtaamien summa on alle 12 dm³/s luokassa 2, on huolehdittava, ettei mitoitusvirtaama alita siihen sisältyvää suurinta normivirtaamaa. Koska rakennuksen suurin normivirtaama on wc-istuemella 1,8 dm³/s, asetetaan mitoitusvirtaamaksi sen arvo.



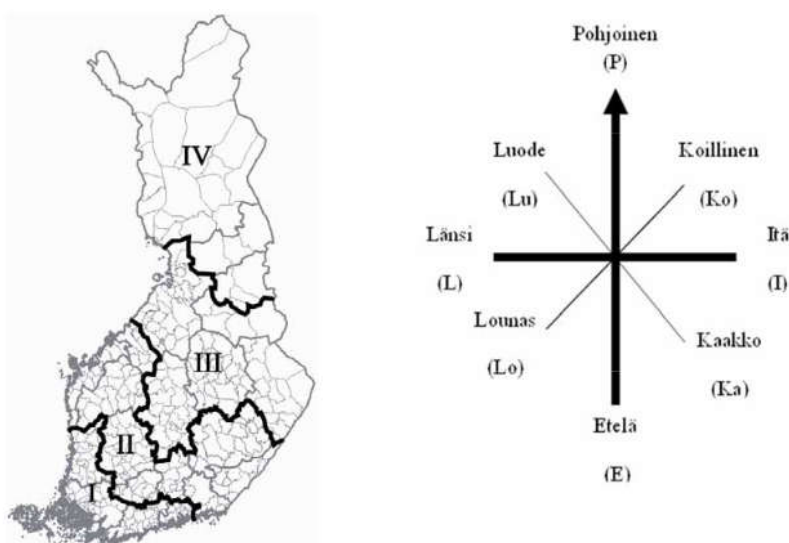
KUVA 13. Viemärin mitoitusvirtaama

4.3 Sade- ja salaojajärjestelmä

Sadeveden poisto kiinteistön alueelta on järjestettävä niin, ettei siitä aiheudu vahingon- tai tapaturmanvaaraa, tulvimista tai muuta haittaa (8). Kohteen sade- ja salaojajärjestelmät on suunniteltu ja mitoitettu HVAC-sovelluksella. Kohteen hulevedet johdetaan kunnan hulevesijärjestelmään. Liittymiskohta ja korko hulevesijärjestelmään on saatu Kempeleen kunnalta. Kunnallistekniikan liittymäkorko on +16.06 ja padotuskorkeus +17,35. Asfalttialueelle tehdään kaato nurmialuetta kohti, jonka johdosta sadevedet kulkeutuu nurmialueelle ja näin imeytyy maahan. Rakennuksen katto pinta-alan avulla lasketaan sadevesijärjestelmälle mitoitusvirtaama. Mitoitusvirtaamaksi saatiin 2,96 dm^3/s . Mitoitussademääränä laskelmissa käytettiin 0,015 $\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$. Sade- ja salaojaputkien kooksi saatiin mitoituksessa DN 100. Sade- ja salaojajärjestelmät kytketään ensin perusvesikaivoon. Perusvesikaivossa on pallopadotusventtiili salaojajärjestelmää varten. Pallopadotusventtiili estää tulvan aiheuttaman veden pääsyn takaisin salaojajärjestelmään. Perusvesikaivon jälkeen hulevedet johdetaan yhdellä putkella kunnan hulevesijärjestelmään. Sadevesi- ja salaojaputkille asetetaan 15‰:n minimikaltevuus DN 100 -koolla.

5 LÄMMÖNLÄHDEVERTAILU

Kohteeseen asiakas on valinnut lämmönlähteeksi maalämmön ja lämmönjakotavaksi vesikiertoisen lattialämmityksen. Kyseisestä projektista tehdään silti maalämmön, kaukolämmön ja sähkön välinen vertailu. Vertailussa käydään läpi näiden lämmitysmuotojen energiankulutuksia, investointikustannuksia, huoltokustannuksia ja ostoenergian hintaa. Vertailu tehdään seuraavalle 20 vuodelle. Valituille lämmitysmuodoille tehdään myös vertailu hiilidioksidipäästöistä. Rakennus sijaitsee Kempeleessä, joka on säävyöhykkeellä 3 ja sen mitoitusulkolämpötila -32 °C . (kuva 14).



<i>Taulukko 1.1. Mitoittavat ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.</i>	
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C
I	-26
II	-29
III	-32
IV	-38

KUVA 14. Säävyöhykkeet ja mitoittavat ulkoilman lämpötilat (4, s. 11).

5.1 Lähtötiedot

Vertailtavista lämmitysmuodoista on tehty tarjouspyynnöt. Hintoihin sisältyy kaikki varusteet ja työ. Maalämpöpumpun ja kaivon porauksen yhteishinnaksi on saatu 9700 €. Sähköjärjestelmän hinta on 2500 €. Tähän hintaan kuuluu sähkökattila ja asennukset. Laskelmissa on käytetty sähkön hintana 13 snt/kWh. Kaukolämpöjärjestelmän hinta ja asennus on 4000 €. Kaukolämmön lähin liittymäkohta rakennuksesta on 500 m:n päässä ja liittymähinnaksi tulee 70000 €. (9.) Näin ollen kaukolämpö ei ole mahdollista kyseiseen rakennukseen, mutta yleisyytensä vuoksi kaukolämpö on silti mukana vertailussa. Kaukolämmön energianhinta on 5,642 snt/kWh. (10.) Päärakennuksen vieressä oleva varastorakennus lämmitetään sähköpatterilla. Varastorakennuksen sähkölämmityksen kustannukset on huomioitu kaikissa tapauksissa.

Laskelmiin tarvittavat energiankulutukset on saatu energiatodistuksesta (11). Saatu energiatodistus on alustava, joten siinä olevat laskelmat eivät ole tarkkoja mutta riittävät kyseiseen projektiin. Laskelmia varten tarvitaan lämmitysenergian ja käyttöveden lämmitysenergian laskennalliset vuotuiset kulutukset. Rakennuksen lämmitysenergian tarve on 10654 kWh/v ja käyttöveden lämmitysenergian tarve 4200 kWh/v. (11.) Maalämpöpumppu sijaitsee varastorakennuksessa, ja tämän vuoksi laskelmiin pitää myös huomioida varastorakennuksen ja päärakennuksen välisen lämpökanaalin lämpöhäviö. Lämpökanaali on Ecoflex Quattro, ja sen laskennallinen vuotuinen lämmitysenergian tarve on 964 kWh/v. Lämpökanaalin pituus on 5,5 m, ja sen lämpöhäviö on 20 W/m. Lämpökanaalin vuotuinen lämmitysenergian tarve saadaan kaavan 3 avulla.

$$Q = \frac{L \cdot \Phi}{1000} * 8760$$

KAAVA 3

Q = lämpökanaalin vuotuinen lämmitysenergian tarve kWh/v

L = lämpökanaalin pituus m

Φ = lämpökanaalin lämpöhäviö kW

5.2 Laskelmat

Maalämpöpumpun laskelmissa käytetään lämpöpumppujen energialaskentaopasta. (12.) Koska maalämpöpumppu on mitoitettu täystehoiseksi sen suhteellinen lämpöenergia ($Q_{LP}/Q_{L\text{lämmitys,tilat,LKV}}$)

on arvoltaan 1. Tilojen lämmitysenergia on 6,45 kW ja käyttöveden lämmitysenergia 2,57 kW. (11.) Tilojen lämmitysenergian ja käyttöveden lämmitysenergian väliseksi suhteeksi ($Q_{Lämmitys,tilat}/Q_{Lämmitys,LKV}$) laskemalla on saatu 2,5. (kaava 4.)

$$\frac{Q_{Lämmitys,tilat}}{Q_{Lämmitys,LKV}} = 2,5$$

KAAVA 4

$Q_{Lämmitys,tilat}$ = tilojen lämmitysenergian kulutus, kWh

$Q_{Lämmitys,LKV}$ = käyttöveden lämmityksen energiankulutus, kWh

Laskelmissa käytetään taulukosta lähintä arvoa, joka on 2 (12, taulukko 1). Taulukoissa säävyöhykkeenä käytetään vyöhykettä 3. Laskelmia varten tarvitaan myös maalämpöpumpun SPF-luvut. Tilojen ja käyttöveden lämmitykselle on molemmille omat SPF-luvut, jotka saadaan lämpöpumpujen energialaskentaoppaasta. (12, taulukko 6.) Koska lattialämmityksen menoveden lämpötila on 35 °C, saadaan lämmitykselle SPF-luvuksi 3,2. Käyttövedelle SPF-luvuksi saadaan 2,3. SPF-luvun valinnassa keruupiirin paluunesteen keskilämpötilana on käytetty arvoa –3 °C. (12, taulukko 6.) Taulukossa esitetään maalämpöjärjestelmän tiedot. Kaukolämpö- ja sähköjärjestelmän kaikki arvot ovat 1, joten niitä ei ole huomioitu taulukossa 10.

TAULUKKO 10. Maalämpöjärjestelmän lähtötiedot

	$Q_{LP}/Q_{Lämmitys,tilat,LKV}$	$Q_{Lämmitys,tilat}/Q_{Lämmitys,LKV}$	SPF _{LKV}	SPF _{TILAT}
Maalämpöpumppu	1	2,5	2,3	3,2

Maalämpöpumpun tarvitseman energian laskemista varten pitää tietää lämmityksen ja käyttöveden SPF-luvut ja maalämpöpumpun tuottama lämmitysenergia tilojen ja käyttöveden lämmitykseen. Lämpöpumpun käyttämä kokonaisenergia voidaan laskea kaavalla 5.

$$W_{LP} = \frac{Q_{LP,lämmitys,tilat}}{SPF_{Tilat}} + \frac{Q_{LP,lämmitys,LKV}}{SPF_{LKV}}$$

KAAVA 5

W_{LP} = lämpöpumpun käyttämä kokonaisenergia, kWh

$Q_{LP,lämmitys,tilat}$ = lämpöpumpun tuottama tilojen lämmitysenergia, kWh

$Q_{LP,lämmitys,LKV}$ = lämpöpumpun tuottama käyttöveden lämmitysenergia, kWh

SPF_{tilat} = lämpöpumpun SPF-luku tilojen lämmityksessä

$SPF_{LKV} = \text{Ilämpöpumpun SPF-luku käyttöveden lämmityksessä}$

Lämmitysjärjestelmistä on laskettu vertailtavien lämmitysjärjestelmien ostoenergiat taulukossa 11. Maalämpöpumpun osto- ja ilmaisenergian laskennassa on käytetty taulukon 10 arvoja.

TAULUKKO 11. Lämmitysjärjestelmien energiamäärälaskelmat

	Maalämpöpumppu	Kaukolämpö	Sähkö
	kWh/v	kWh/v	kWh/v
Järjestelmän tuottama lämmitysenergia	15818	15818	15818
Ostoenergia lämmitys	3329	11618	11618
Ostoenergia LKV	1826	4200	4200
Ostoenergiat yhteensä	5155	15818	15818
Ilmaisenergia	10662	0	0

5.3 Tulokset

Vertailtavilla lämmitysmuodoilla on suuria hintaeroja. Hankinta- ja huoltokustannuksiltaan kallein on maalämpö. Yleensä maalämpöjärjestelmän kallein osuus on porakaivon poraus. Tässä kohteessa maalämmön hinta on saatu alhaiseksi. Tämä vaikuttaa suuresti takaisinmaksuaikaan. Maalämpöpumpun ja porakaivon yhteishinta on 9700 €. Maalämpöpumpun komponenttien toimivuutta on hankala arvioida, mutta voidaan ajatella, että 20 vuoden aikajaksolla kompressori vaihdetaan kerran. Tämän yhteydessä vaihdetaan myös maalämpönesteet ja kylmäaineet. Varaudutaan myös siihen, että maalämpöjärjestelmä voi aiheuttaa huoltomiehen tarvetta. Maalämpöjärjestelmän kuluiksi voidaan arvioida 6000 €.

Kaukolämpöjärjestelmän hankinta- ja huoltokustannukset ovat kohtuullisen edulliset. Tässä kohteessa kaukolämpöjärjestelmän hankintakustannukset ovat 4000 €, mihin kuuluu vaihdin ja työ. Tämä on hyvin yleinen hinta normaalikokoisessa omakotitalossa. Kaukolämpö ei kuitenkaan ole tässä kohteessa mahdollisuus sen liittymäkohdan kaukaisuuden vuoksi. Hinnaksi liittymiselle tulisi 70 000 €. Kaukolämpö on silti lisätty vertailuun. Perusmaksu tässä kohteessa kaukolämmöllä on 463 €/v.

Huoltokustannukset kaukolämmössä ovat hyvin pienet toimintavarmuuden vuoksi. Kaukolämmitykseen kuuluu yleensä myös viritys ja huoltopalvelu, jotka ovat sisällytetty perusmaksuun. Kaukolämpöön kuuluvien komponenttien kustannus kuuluu kuitenkin asiakkaalle. Niiden vaihtamiseen tarkailuajalle on ajateltu kuluvan 1500 €.

Kaikista halvimaksi hankita- ja huoltokustannuksiltaan tulee sähkölämmitysjärjestelmä. Sähkökattilan ja sähkökiertoisen lattialämmityksen sekä niiden asennuksen yhteishinnaksi on saatu 3000 €. Toimintavarmuuden vuoksi sähköjärjestelmälle ei tule suuria huoltotoimenpiteitä, joten hinnaksi voidaan arvioida 300 € (taulukko 12).

TAULUKKO 12. Lämmitysjärjestelmien kustannukset tarkastelujakson aikana

	Maalämpöpumppu	Kaukolämpö	Sähkö
Energian hinta [€/kWh]	0,13	0,056	0,13
Perusmaksu [€/v]	0	463	0
Hankintakustannus [€]	9700	74000	3000
Ostoenergia Lämmitys [kWh/v]	3329	11618	11618
Ostoenergia LKV [kWh/v]	1826	4200	4200
Ostoenergiat yhteensä [kWh/v]	5155	15818	15818
Ostoenergian hinta _{20v} [€]	13404	27109	41126
Huoltokulut _{20v} [€]	6000	1500	300
Kokonaiskustannus _{20v} [€]	29104	102609	44426

Taulukosta näkee, että tarkastelujakson aikana halvin lämmitysmuoto maalämpö, seuraavana sähkölämmitys ja viimeisenä kaukolämpö. Kuitenkin jos kaukolämmön liittymispiste sijaitsisi kohteen lähetyvillä, olisi kaukolämmitys sähköä halvempi lämmitysmuoto.

5.4 CO₂-päästöt

Kohteeseen tehtiin myös lämmitysjärjestelmien hiilidioksidipäästövertailu. Laskennassa on huomioitu energiantuotannossa syntyvät hiilidioksidipäästöt. Päästökertoimet on saatu Motivan CO₂-päästökertoimista. Päästökertoimet ovat viimeisen kolmen vuoden keskiarvoja, koska tilastokeskus on lopettanut kunnittaisten päästökertoimien julkaisun vuonna 2019. (12.) Kaukolämmön CO₂-päästökerroin on 0,154 kgCO₂/kWh ja sähkön 0,141 kgCO₂/kWh.

TAULUKKO 13. Lämmitysjärjestelmien CO₂-päästöt

	Maalämpö	Kaukolämpö	Sähkö
Päästökerroin [kgCO ₂ /kWh]	0,141	0,154	0,141
Energiantarve [kWh/v]	5155	15818	15818
Päästöt vuodessa [kgCO ₂ /v]	727	2436	2230

Taulukosta 13 näkee että kaukolämpö- ja sähköjärjestelmän hiilidioksidipäästöt ovat huomattavasti suuremmat maalämpöjärjestelmään verrattuna. Tämä johtuu siitä, että maalämpöpumpun maasta otettavasta energiasta ei synny hiilidioksidipäästöjä. Maalämmön päästöt ovat yli kolmanneksen verrattuna kaukolämpö- ja sähköjärjestelmään. Jos kaukolämmöstä olisi kunnittaiset päästökertoimet, tämä vähentäisi kohteessa kaukolämmityksestä syntyviä hiilidioksidipäästöjä, niin että ne olisivat pienemmät kuin sähköjärjestelmästä syntyvät hiilidioksidipäästöt.

6 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön tarkoitus oli suunnitella omakotitaloon LVI-suunnitelmat, joiden pohjilta voi rakentaa kohteeseen toimivat LVI-järjestelmät. Kohteeseen tehtiin lisätyönä myös vertailu eri lämmönlähteille. Tehdystä vertailusta näkee verrattavien lämpöjärjestelmien energiakulutukset, päästöhäviöt ja rahalliset kustannukset. Kohteen LVI-piirustukset tehtiin käyttäen CADMATIC- ja MagiCAD-ohjelmia.

Rakennus on 2-kerroksinen omakotitalo ja se sijaitsee Kempeleessä, Pohjois-Pohjanmaalla. Rakennuksen tilavuus on 679 m³. Lämmönlähteeksi asiakas valitsi kohteeseen edullisuuden vuoksi maalämmön. Jos kohteeseen olisi ollut saatavilla kaukolämpö, olisi tämä halvin valinta, mutta kohteen halvimaksi lämmitysmuodoksi vertailussa saatiin maalämpö. Kohteen varistorakennuksen lämmityskustannukset ovat kaikissa tapauksissa samat koska se lämmitetään sähköpatterilla.

Rakentaminen alkaa maatoilla huhtikuussa 2021. Tähän mennessä asemapiirustus pitää olla valmiina. Asemapiirustuksen maaurakoitsija lisää kaivinkoneen mittalaitteeseen, mistä kaivinkone lukee LVI-järjestelmien tarkat kohdat ja korot.

7 LÄHTEET

1. LVI 12-10370.2004. Putkistojen ja kanavien kannakointi. Rakennustieto Oy. Saatavilla: <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/resource/juha/content/6353#page=1>.
Hakupäivä 07.04.2021.
2. LVI 11-10472.2011. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. Rakennustieto Oy. Saatavilla: <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezp.oamk.fi:2047/resource/juha/content/11604#page=1>.
Hakupäivä 08.04.2021.
3. Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoitukseen. 2017. Finvac ry. Saatavilla: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-asuinrakennusten-ilmanvaihdon-mitoitukseen_2019-C28A5C3D_0A1B_4504_98BB_14D9C1820FE9-144725.pdf. Hakupäivä 01.04.2021
4. 1009/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 2017. Ympäristöministeriö. Saatavilla: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Julkaistu-sisailmasto-2017-AAD7DB92_F571_4766_A3F1_BFF63383191B-133875.pdf. Hakupäivä 30.03.2021.
5. 796/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. 2017. Ympäristöministeriö. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796>. Hakupäivä 30.03.2021
6. Oulun tilapalveluiden suunnitteluohje. LVI-suunnittelu. LVI2010 Nimikkeistö 2019. Saatavilla: https://www.ouka.fi/documents/18242227/18344334/LVI_Suunnitteluohje_2019_Tilapalvelut.pdf.
Hakupäivä: 03.05.2021
7. 1047/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. 2017. Ympäristöministeriö. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171047#Lidp446641520>.
Hakupäivä: 30.03.2021.
8. D1 (2007). 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. D1 suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavilla: https://ym.fi/documents/1410903/0/D1_2007.pdf. Hakupäivä 25.03.2021

9. Kaukolämmön liittymismaksut. 2021. Oulun energia Oy. Saatavilla: <https://www.ouluenergia.fi/oulu-energia/lampopalvelut/kaukolammon-hinnastot/kaukolammon-liittymismaksu/>.
Hakupäivä 12.03.2021.
10. Kaukolämmön energia- ja perusmaksut. 2021. Saatavilla: <https://www.ouluenergia.fi/oulu-energia/lampopalvelut/kaukolammon-hinnastot/kaukolammon-energia--ja-perusmaksut/>. Hakupäivä 12.03.2021
11. Energiaselvitys OKT Lehtola 2021. Saatavissa: Lehtola Eerika. Rajoitettu saatavuus.
12. Lämpöpumppujen energialaskentaopas. 2012. Ympäristöministeriö. Saatavilla: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Lampopumppujen-energiälaskentaopas-3.10.2012-10A732A6_EA2F_45F9_869C_6F909138CB26-30757.pdf. Hakupäivä 13.03.2021
13. Co2-päästökertoimet. 2021 Motiva. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-paastokertoimet. Hakupäivä 05.03.2021

LIITTEET

Liite 1 Bosch maalämpöpumpun valintaohjelman mitoitus tiedot

Liite 2 Vallox ilmanvaihtokoneen valintaohjelman mitoitus tiedot

Liite 3 LVI-asemapiirros

Liite 4 Vesi- ja viemäri 1.krs

Liite 5 Vesi- ja viemäri 2.krs

Liite 6 Lämpöjohdot 1.krs

Liite 7 Lämpöjohdot 2.krs

Liite 8 Ilmanvaihto 1.krs

Liite 9 Ilmanvaihto 2.krs