

Teemu Juopperi

OMAKOTITALON JA AUTOTALLIN LVI-SUUNNITTELU

OMAKOTITALON JA AUTOTALLIN LVI-SUUNNITTELU

Teemu Juopperi
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu OAMK

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Teemu Juopperi
Opinnäytetyön nimi suomeksi: Omakotitalon ja autotallin lvi-suunnittelu
Opinnäytetyön nimi englanniksi: HVAC planning of detached house and garage
Työn ohjaaja: Martti Rautiainen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019
Sivumäärä: 43 + 17 liitettä

Tässä työssä suunnitellaan lämmitys-, ilmanvaihto-, käyttövesi- ja viemärintijärjestelmät Tervolan kuntaan rakennettavaan omakotitaloon ja autotalliin voimassa olevien asetusten mukaisesti. Tontilla olemassa oleva yksikerroksinen rakennus puretaan ja rakennetaan uudelleen kaksikerroksisena. Työn tilaajana on Seppo Juopperi ja rakennustyöt on tarkoitus aloittaa kesällä 2019. Työssä vertaillaan lisäksi maalämmön eri toteutustapoja ja näiden kustannuksia, joiden perusteella järkevin ratkaisu valitaan. Työn kaikki LVI-suunnittelut tehdään CADS-suunnitteluohjelmalla.

Työn tuloksena on käyttökustannustehokas lämmitysjärjestelmä ja LVI-suunnitelmat, joiden mukaisesti LVI-laitteistot asennetaan. Lämmitysjärjestelmäksi valittiin maalämpö vesistöön asennettavalla keruupiirillä. Arvioitujen hankintakustannuksien perusteella tämä osoittautui edullisimmaksi maalämmön toteutustavaksi. Sähkölämmitys olisi hankintakustannuksiltaan paljon edullisempi mutta maalämpö maksaa hankintahinnan erotuksen takaisin seitsemässä vuodessa maasta saatavalla ilmaisenergialla. Maalämpö on siis järkevin ratkaisu kohteeseen.

Asiasanat: talotekniikka, husteknik, LVI-tekniikka, LVI-suunnittelu, omakotitalo

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ	8
2.1 Asetukset ja määräykset	8
2.2 Vesikalusteet	8
2.3 Putkivalinnat	9
2.4 Painetaso ja vesimittari	10
2.5 Lämpimän käyttöveden kierto	12
3 JÄTEVESIJÄRJESTELMÄ JA VIEMÄRÖINTI	14
3.1 Jäteveden käsittelyjärjestelmä	14
3.2 Jätevesiviemärointi	15
3.3 Öljynerotuskaivo	16
3.4 Tuuletusviemäri	17
3.5 Sadevesi- ja perustusten kuivatusjärjestelmä	18
3.6 Radon	18
4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	20
4.1 Lämpöhäviölaskenta	20
4.2 Lattialämmityksen suunnittelu	22
4.3 Eristys	23
4.4 E- ja tasauslaskenta	25
5 MAALÄMPÖ	27
5.1 Eri maalämpöjärjestelmät	27
5.2 Vertailu ja valinta	30
5.3 Maalämpöjärjestelmän mitoitus	31
5.4 Paisunta-astian ja varoventtiilin mitoitus	32
6 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ	34
6.1 Ilmavirtojen määrittäminen	34
6.2 Ilmanvaihtolaitteet	36
6.3 Päätelaitteet ja äänenvaimentimet	38
6.4 Eristys ja asennus	39
7 YHTEENVETO	40
LÄHTEET	41

SANASTO

1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi
k	rakennusten käytönaikainen käyttöaste, joka kuvaa ihmisten keskimääräistä läsnäoloa rakennuksessa
n	henkilöiden lukumäärä
P_{puh}	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho tehonsäätölaitteineen (kW)
Q	viemäriin normivirtaamien summa (dm^3/s)
q	viemäriin mitoitusvirtaama (dm^3/s)
Q_{henk}	henkilöiden luovuttama lämpöenergia (kWh)
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta (m^3/s)
RakMK	Rakennusmääräyskokoelma
SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho ($\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$)
ϕ_{henk}	yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho (W/henkilö)
$\Delta t_{\text{oleskelu}}$	oleskeluaika (h)

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tehdään LVI-suunnitelmat Tervolan Ylipaakkolassa sijaitsevaan vuonna 1973 rakennettuun 129 m²:n vapaa-ajan asuntoon, joka muutostarjennetaan nykyaikaiseksi, ympäri vuoden asuttavaksi omakotitaloksi. Tämä yksikerroksinen rakennus puretaan ja alle rakennetaan 90 m²:n kellarikerros, jonka päälle hirsirunko rakennetaan takaisin. Kellarikerrokseen rakennetaan sauna- ja suihkutilat, apukeittiö, takahuone sekä lämmönjakohuone. Lisäksi tontille rakennetaan uudisrakennuksena 60 m²:n autotalli.

Asuinrakennukseen suunnitellaan koneellinen ilmanvaihto lämmöntalteenotolla. Lämmitystavaksi suunnitellaan vesikiertoinen lattialämmitys. Lämmitysmuotona käytetään maalämpöä ja tässä työssä vertaillaan maalämmön eri toteutusvaihtoehtoja. Autotalliin suunnitellaan niin ikään vesikiertoinen lattialämmitys ja ilmanvaihto hoidetaan painovoimaisesti.

Tontti sijaitsee haja-asutusalueella Kemijoen rannalla, eikä siellä ole kunnallista viemäriverkostoa. Näin ollen jätevesi käsitellään paikallisesti saostuskaivolla ja imeytyskentällä. Kaikki työssä laadittavat suunnitelmat listataan piirustusluetteloon liitteeseen 1.

2 KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄ

Käyttövesijärjestelmä suunnitellaan ja mitoitetaan Kyndata Oy:n CADS-suunnitteluohjelmistolla Hepac Pro -sovelluksella.

2.1 Asetukset ja määräykset

Kohteen käyttövesijärjestelmä suunnitellaan ympäristöministeriön asetuksen rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista mukaisesti. Tämä tammikuussa 2018 voimaan astunut asetus korvaa vanhentunutta Suomen rakentamismääräyskokoelman (myöh. RakMk) osaa D1. RakMk:n osaan D1 tullaan silti viittaamaan liittyen mitoitukseen, koska uusi asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista ei sisällä lainkaan mitoituksessa tarpeellisia taulukoita.

Kylmävesijohto suunnitellaan ja asennetaan siten, että kylmän veden lämpötila on 20°C tai alempi. Kahdeksan tunnin käyttämättömyyden jälkeen kylmän veden lämpötila saa nousta enintään 24 °C:een. Lämminvesijärjestelmässä olevan veden on oltava vähintään 55 °C ja enintään 65 °C. Lämmintä vettä on saatava kalusteelta laskettaessa 20 sekunnin sisällä. (1, s. 3.)

2.2 Vesikalusteet

Käyttövesijärjestelmän suunnittelu aloitetaan valitsemalla normivirtaamat, jotka yleisesti pientalorakentamisessa ovat vesikalusteesta riippuen välillä 0,1 dm³/s ja 0,3 dm³/s. Näin ollen ensimmäisenä valitaan vesikalusteet (liite 6), jonka myötä normivirtaamat määräytyvät samalla. Vesikalusteet listataan myös alla olevaan taulukkoon 1.

Vesikalusteiden valinta

- käsienpesualtaat normivirtaamalla 0,1 dm³/s
- keittiön ja kodinhoituhuoneen altaat, joissa liitäntä pesu- tai astianpesukoneelle valitaan hanat normivirtaamalla 0,2 dm³/s
- WC -istuimet normivirtaamalla 0,1 dm³/s
- suihkut normivirtaamalla 0,2 dm³/s
- pientalon vesiposti normivirtaamalla 0,2 dm³/s.

TAULUKKO 1. Vesikalusteluettelo

Tunnus	Kpl	Nimitys	Osat	Lvi-numero	KV	LV	V	l/s	kPa
KH1	1	Keittiöhana	Oras Vega 1825	6215110	12	12	75	0.2/0.6	160
KH2	1	Keittiöhana	Oras Safira 1029f	6215110	12	12	75	0.2/0.6	300
KK1	1	Kuivakaivo	Vieser One -kuivakaivo 32/40 valutuilla	3315936			40	0/0	
LK1	3	Lattiakaivo	Vieser One -vaakakaivo 75 3x32/40 valutuilla	3315931			75	0/0.6	
LK2	2	Lattiakaivo	Vieser One -pystyakaivo 75 3x32/40	3315935			75	0/0.6	
PA1	2	Pesuallashana	Oras Safira 1012 Bidetta-käsisuihkulla	6110198	10	10	75	0.1/0.3	130
SU1	2	Suihkuhana	Oras Optima 7192 Sadesuihkuhana	6310754	12	12		0.2/0	160
WC1	2	WC-istuin	Oras Optima 7192 Sadesuihkuhana	6310754	12	12		0.2/0	160
VP1	1	Vesipostiventtiili	Oras Vesipostiventtiili 431015 L=250-400 mm	2934115	15			0.2/0	160
PA2	1	Pesuallashana	Oras Safira 1015	6110201	10	10	75	0.1/0.3	75
LK3	1	Öljynerotuskaivo	Wavin MiniPEK 0,2	3632213			110	0/0.6	

2.3 Putkivalinnat

Kohteen normivirtaamien summaksi saadaan jakojohdo-osuudella kylmälle vedelle 1,5 dm³/s ja lämpimälle vedelle 1,1 dm³/s. Kuitenkin huoneiston tai pientalon jakojohdon mitoituksessa voidaan normivirtaamien summaksi valita 0,8 dm³/s kylmälle ja 0,8 dm³/s lämpimälle vedelle, vaikka taulukon mukaisilla arvoilla laskettaessa summasta tulisi suurempi (2, s. 36). Jakojohdon mitoitusvirtaamaksi taulukon mukaisilla normivirtaamien summilla tulee kylmälle vedelle 0,41 dm³/s ja lämpimälle vedelle 0,37 dm³/s, mutta koska tässä kohteessa normivirtaamien summana kylmälle ja lämpimälle vedelle käytetään arvoa 0,8 dm³/s saadaan mitoitusvirtaamaksi kylmälle sekä lämpimälle vedelle 0,34 dm³/s. Kohteessa keittiön ja kodinhoituhuoneen johto-osuudet voidaan mitoittaa ottamatta huomioon näihin liitettyjä astian- ja pyykinpesukoneiden normivirtaamia, koska kyseessä olevien johto-osuuksien mitoitusvirtaama on vähintään 0,2 dm³/s.

Käyttövesijärjestelmä asennetaan muoviputkella ala- ja välipohjan lattiavaluun. Kytken-
täjohdot valitaan niin, että normivirtaamalla virtausnopeus on enintään 3 m/s (2, s. 35).
Kaikkien kalusteiden kytkentäjohtoina käytetään PEX 15/2,5 -muoviputkea suoja-putkella
lukuun ottamatta vesipostia, johon käytetään PEX 18/2,5 -muoviputkea riittävän virtaa-
man takaamiseksi. Jakojohdojen putkikoko mitoitetaan niin, että virtausnopeus putkessa
mitoitusvirtaamalla on enintään 2 m/s (2, s. 35). Käytettäessä jakojohdojen mitoitus-
summaa 0,8 dm³/s saadaan sopivaksi putkeksi esim. Uponor 22/3,0 -muoviputki.

Autotallin pesualtaalle käyttövesijohdot viedään teknisen tilan ja autotallin väliin kaivet-
tavan lämpökanaalin kautta. Lämpökanaalina käytetään Uponor Ecoflex Quattro -ka-
naalia. Tässä käytetään PEX 18/2,5 -muoviputkea, jonka painehäviö autotallin altaan

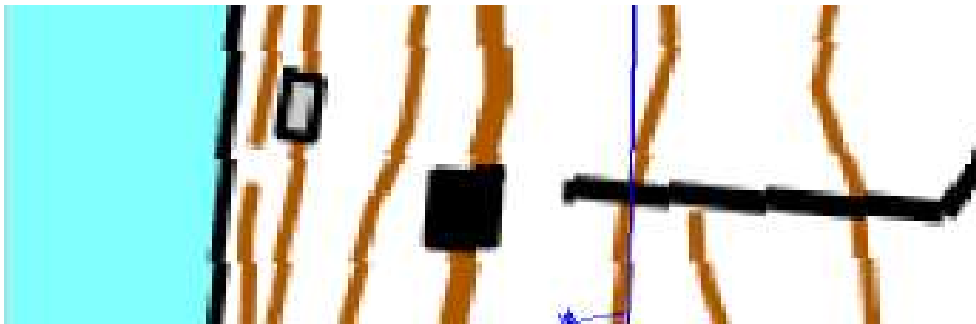
normivirtaamalla on vain 2,5 kPa/m. Matka teknisestä tilasta autotallin vesipisteelle on 20 m, joka on myös edellä mainitun kytkentäjohdon enimmäispituus, jotta suurilta paineiskuilta vältytään.

Tonttijohdon mitoituksessa käytetään mitoitusvirtaamalla niin ikään maksimi virtausnopeutta 2 m/s. PEM 40 -muoviputkella ja tonttijohdon mitoitusvirtaamalla 0,68 dm³/s saadaan D1:n sivun 42 kuvan 3 mukaisesti mitoittaessa virtausnopeudeksi 0,85 m/s ja painehäviöksi 0,31 kPa/m. Tonttijohto liittymäkohdasta vesimittarille tekniseen tilaan on 32 m pitkä ja näin tonttijohdon kokonaispainehäviöksi saadaan 9,92 kPa. CADS-mitoituksessa tonttijohdon painehäviönä käytetään 10 kPa:a.

2.4 Painetaso ja vesimittari

CADS-ohjelman Hepac Pro -sovelluksella pystyy mitoittamaan ja tasapainottamaan käyttövesiverkoston kokonaisuudessaan. Tässä kohteessa verkosto ainoastaan mitoiteetaan koska kohteeseen ei suunnitella lämpimän käyttöveden kiertoa. Mitoitusta aloitettaessa on ohjelmaan syötettävä oikeat mitoitusasetukset. Rakennukseen käytettävissä oleva paine selvitetään jakelujohdon alimmalla normaalipaineella, alimman lattian korkeudesta suhteessa merenpintaan sekä tonttivesijohdon ja vesimittarin painehäviöiden avulla. Tarvittavat tiedot saadaan yleensä selville vesilaitokselta saatavasta liitoslausunnosta verkostoon liityttäessä. Kohdetta ei vielä olla liitetty verkostoon, joten tarvittavat tiedot selvitettiin vesilaitokselta puhelimitse. Tiedusteltaessa jakelujohdon alinta normaalipainetta saadaan vastaukseksi 3 baaria, eli 300 kPa liittymispisteessä. Tämä tarkoittaa tonttijohdon liittymäkohdassa olevaa painetta, ei painetasoa suhteessa merenpinnan tasoon. Rakennuksen alimman lattian korko merenpinnasta on 40 m eli 400 kPa. Jos vesilaitoksen ilmoittama 300 kPa olisi painetaso merenpinnasta, vesijohdosta ei saisi vettä lainkaan. Näin ollen on selvittettävä vesijohdon sijainti ja korko suhteessa rakennuksen alimman lattian tasoon. Karttaa tarkasteltaessa, päärakennus sijaitsee suoraan 40 m:n korkoviivalla ja vesijohto ylemmällä 45 m:n viivalla. Päärakennuksen kellarikerroksen ja 2 m:n syvyydessä olevan vesijohdon korkeusero voidaan selvittää riittäväällä tarkkuudella. Arvioidaan päärakennuksen kellarikerroksen olevan 38 m:n korkeudessa merenpinnasta ja vesijohdon olevan 43 m:n korkeudessa merenpinnasta. Vesi-

johto on siis 5 metriä rakennuksen alimman kerroksen lattian tasoa ylempänä. Varmuuskertoimena laskennassa käytetään alimman kerroksen lattian tasona 40 m:ä, eli 400 kPa:a ja jakelujohdon alimpana normaalipaineena 700 kPa:a. Kuvassa 1 paksun korkoviivan päällä on päärakennus ja sen oikealla puolella sinisellä piirretty vesijohto. Tonttijohdon mitoitus tarkasteltiin luvussa 2.3 Putkivalinnat, jossa tonttijohdolle kokonaispainehäviöksi saatiin 10 kPa. Näillä lähtötiedoilla CADS-mitoitus voidaan ajaa läpi ensimmäisen kerran. Kun mitoitus suoritetaan ensimmäisen kerran ohjelma tunnistaa verkoston ja vesimittari voidaan asettaa paikalleen ja mitoittaa. Vesimittariksi valitaan Kaiko-Elster SUVE MM 7/10 DN32, jonka painehäviöksi saadaan 2,2 kPa. Taulukon 2 mitoitusraportista selviää edellä mainittujen painetasojen lisäksi suurin ja pienin kalustevirtaama, suurin lämpimän veden odotusaika sekä muuta olennaista mitoituksesta.



KUVA 1. Korkotiedot

Nykyisen vesijohtoverkoston paine liittymäkohdassa on 3 baaria, mutta vesilaitos ilmoitti alueen vesijohtoverkoston tehtävän muutoksia lähitulevaisuudessa. Vesilaitoksen edustajan arvion mukaan verkostoon tehtävien muutosten jälkeen tonttijohdon liittymäkohdan uusi painetaso on 4 baaria. Tähän valmistaudutaan suunnittelemalla vesimittarin jälkeiseen putkiosuuteen asennettavaksi vakiopaineventtiili (kuva 2), jolla verkoston paineen noustessa voidaan tarvittaessa säätää painetaso sopivaksi.



KUVA 2. Oras vakiopaineventtiili

2.5 Lämpimän käyttöveden kierto

Taulukossa 2 esitetty suurin lämpimän veden odotusaika koskee keittiön tiskiallasta, jonka kytkentäjohtoon pituus on 15 m. Tälle kalusteelle odotusaika on 7 sekuntia rajan ollessa 20 sekuntia. Autotallin vesikalusteen odotusaikaa ei ole huomioitu CADS -mitoituksessa, sillä autotalliin menevään käyttövesiosuuteen lämpimän käyttöveden kiertojohtoa ei suunnitella. Autotallin vesikaluste ei ole päivittäisessä käytössä ja silloin kun autotallissa käytetään vettä, vedenkulutus on yleensä pidempikestoista, esimerkiksi auton pesu. Päärakennuksessa lämpimän käyttöveden kiertoa ei tarvita. Kanaalin haarautuessa erilleen heti lämmönlähteen jälkeen ei lämpimän käyttöveden kiertojohtoon asentamisesta olisi muille vesipisteille hyötyä juuri lainkaan. Vuotuinen energiankulutus nousisi CADS -energialaskentatyökalun mukaan 3279 kWh jos kierto asennettaisiin tähän kohteeseen lämmittämään yhtä vesikalustetta, jota käytetään satunnaisesti. Myös tilaajan toivomuksesta lämpimän käyttöveden kiertoa ei kohteeseen suunnitella. On silti todennäköistä, ettei tallin vesipisteen lämpimän veden odotusaika nouse yli 20 sekuntiin. Kohteen vesi- ja viemäriverkostosuunnitelmat liitteenä. (Liite 3; liite 4; liite 5.)

TAULUKKO 2. Käyttövesijärjestelmän painehäviölaskelma

KV/LV:	
Normaalipaine	700 kPa
Staattinen painehäviö vesimittarille	400 kPa
Tonttivesijohto+vesimittari painehäviö	12.2 kPa
Käytettävissä oleva painetaso vesimittarin jälkeen	287.8 kPa
Mitoitusvirtaama	0.5 l/s
Kalusteiden normivirtaamien summa KV/LV	1.5 / 1.1 l/s
Kalusteiden mitoitusvirtaama KV/LV	0.41 / 0.37 l/s
Pienin kalustevirtaama	94 %
Suurin kalustevirtaama	147 %
Suurin LV odotusaika	7 s
70% virtaamalla tarvittava painetaso vesimittarin jälkeen	177 kPa
KV-verkoston suurin painehäviö 100% virtaamalla	319 kPa
LV-verkoston suurin painehäviö 100% virtaamalla	318 kPa

3 JÄTEVESIJÄRJESTELMÄ JA VIEMÄRÖINTI

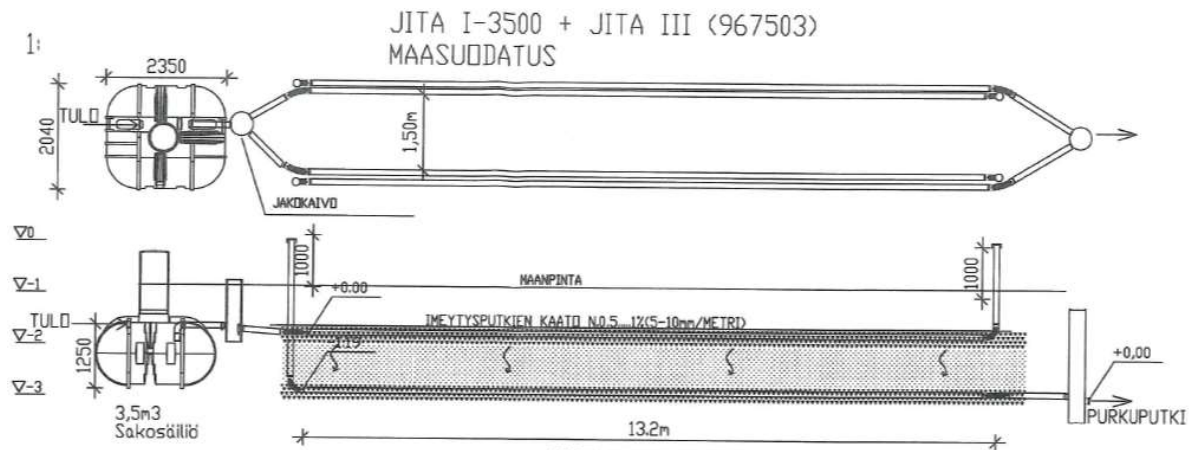
Kiinteistön viemäröinti ja jätevesien käsittelyjärjestelmä suunnitellaan RakMk osan D1 korvanneen ympäristöministeriön asetuksen rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista, sekä LVI 23-10540 -ohjekortin mukaisesti. RakMk osaan D1 tullaan viittaamaan mitoitusohjeiden osalta koska tämän korvanneessa ympäristöministeriön asetuksessa ei käsitellä suunnittelun ohjeistusta. Viemäröinnin suunnittelussa ja mitoituksessa käytetään Kymdata Oy:n CADS -suunnitteluohjelmistoa Hepac Pro -sovelluksella.

3.1 Jäteveden käsittelyjärjestelmä

Kiinteistön sijaitessa kunnanvaltuuston hyväksymällä vesihuoltolaitoksen jätevesiviemäröinnin toiminta-alueella on rakennuksen liittäminen vesihuoltolaitoksen jätevesiviemäriverkostoon pääsääntöisesti pakollista. Haja-asutusalueella vesihuoltopalvelun usein hoitaa vesihuoltoyhtymä, joka jätevesiviemäriverkostonsa kautta johtaa jätevedet vesihuoltolaitoksen verkostoon tai alueen yhteiseen puhdistamoon. Kohtalaisen harvaankin rakennettujen alueiden keskitetty jätevesiviemäröinti onnistuu uusien viemäröinti- ja pumppaustekniikoiden ansiosta. Jos rakennusta ei liitetä jätevesiviemäriverkostoon, tarvitaan kiinteistökohtainen jäteveden käsittelyjärjestelmä. Tämän sijoittamiseen ja käsitellyn jäteveden purkupaikan valintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. (3, s. 1.)

Tässä kohteessa käytetään kiinteistökohtaista jäteveden käsittelyjärjestelmää, koska kohde sijaitsee haja-asutusalueella eikä kunnallista jätevesiviemäriverkostoa ole tarjolla.

Jätevesien imeytysjärjestelmäksi valitaan JITA I-3500 -paketti (kuva 3), joka sisältää kolmeosastaisen 3500 litran saostussäiliön, imeytyskentän putket, osat ja suodatinkankaan. Järjestelmä täydennetään maasuodatukseen soveltuvaksi JITA III -paketilla, joka sisältää maasuodatuskentässä tarvittavat kokoojaputket, ilmaputket, osat ja kokoojakäivon. Järjestelmä on tarkoitettu asuinrakennusten jätevesien käsittelyyn 1–7 henkilön talouksiin. Imeytysjärjestelmän ja jäteveden tarkastusputkien ja -kaivojen detaljikuvat ovat asemakuvassa liitteessä 2.



KUVA 3. JITA jätevesien imeytyspaketti

3.2 Jätevesiviemäröinti

Rakennusten jätevesilaitteisto suunnitellaan ja asennetaan niin, ettei siitä aiheudu terveydellistä haittaa, hajuja tai melua. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista määrää jätevesiviemäröinnistä seuraavaa:

- Viemärin putkikoko ei saa pienentyä virtaussuunnassa.
- Yhteen lattiakaivoon voi liittää enintään kaksi kolmen metrin sisällä sijaitsevaa kuivakaivoa.
- Tilat, jotka varustetaan lattiakaivolla, ovat suihku ja saunatilat, tekninen tila, yleiseen käyttöön tarkoitettu WC -tila ja autonpesupaikka. (1, s. 7.)

Lukuun ottamatta keittiötä kaikki yläkerran viemäröintipisteet sijaitsevat teknisen tilan yläpuolella. Nämä viedään suoraan välipohjan läpi, kannakoidaan teknisen tilan kattoon, siirretään katon rajassa seinän laitaan, josta putki johdetaan maahan. Keittiön osalta sivuttaissiirto teknisen tilan yläpuolelle tapahtuu keittiön kaapiston sokkelissa. Sivuttaissiirto ei ole pitkä, joten asennus riittävällä kaadolla onnistuu.

Viemärien normivirtaamien summaksi kohteessa saadaan 6,9 dm³/s. Luokan 2 (asuintalot, toimistorakennukset, vanhainkodit) rakennuksissa mitoitusvirtaama lasketaan kaavalla 1 (2, s. 48.)

$$q = 0,585 Q^{0,45}$$

KAAVA 1

Mitoitusvirtaamaksi saadaan 1,4 dm³/s, mutta yksittäisen kalusteen normivirtaaman ollessa tätä suurempi tulee mitoitusvirtaamaksi yhtä suuri kuin kalusteen normivirtaama. WC-istuimen normivirtaama on 1,8 dm³/s, joten tämä tulee tonttviemäriin mitoitusvirtaamaksi. Näin ollen tonttviemäri-, kokoojaviemäri- ja WC-istuinien kytkentäviemäriputkeksi riittää hyvin halkaisijaltaan 110 mm:n muoviputki imeytysjärjestelmältä aina tuuletusviemäriille ja WC-istuimelle saakka, jolle tätä pienempää (DN 100) putkea ei saa asentaakaan. Muut alapohjan alle asennettavat kytkentäviemärit ovat halkaisijaltaan 75 mm:n muoviputkea. Saunan kuivakaivo, kodinhoitohuoneen pesukoneen viemäröintiin ja IV -koneen kondenssivesiputki viemäröidään 32 mm:n muoviputkella viereisiin lattiakaivoihin lattiavalussa.

KytKentäviemäri mitoitetaan vähintään 1 %:n kaltevuudelle ja kokoojaviemäri ja WC-istuimen kytkentäviemäri 2 %:n kaltevuudelle. Tonttviemäri mitoitetaan niin ikään 2 %:n kaltevuudelle, mikä on helppo sovittaa imeytyskentän sijainnilla tontin ollessa rinteessä. Lopulliset korot ja imeytyskentän tarkka sijainti tarkastetaan tontilla.

3.3 Öljynerotuskaivo

Jos jätevesilaitteistoon on mahdollista joutua hiekkaa, bensiiniä, öljyä tai muita haitallisia aineita, on jätevesilaitteistossa oltava näille erotinlaite. Erotinlaite on sijoitettava niin, että se on helppo huoltaa ja tyhjentää. (1, s. 9.)

Autotallissa kyseisten aineiden jätevesilaitteistoon joutuminen on mahdollista, joten erotin vaaditaan. Autotalliin valitaan Wavin Labko MiniPEK 0,2 -hiekan-, öljyn, ja bensiini-nerotin (kuva 4; liite 5) 40 litran hiekan ja lietteen sekä 110 litran öljyn ja bensiinin varastotilavuudella. Yhtä autopaikkaa kohden erotustilavuuden tulee olla 20 litraa ja autosuojalle vähintään 40 litraa. Talli on suunniteltu kahdelle autolle, joiden viereen jää tila työkentelypisteelle, joten erotin on kohteeseen riittävä. Erottimelta lähtevä putki on halkaisijaltaan 110 mm.



KUVA 4. Wavin öljynerotuskaivo

3.4 Tuuletusviemäri

Viemäriverkoston viimeisen viemäröintipisteen jälkeen asennetaan tuuletusviemäri, joka vie rakennuksen vesikaton yläpuolelle. Kylmässä tilassa oleva tuuletusviemäriin putkiosuus lämpöeristetään. Tuuletusviemäriin pystyosaan asennetaan puhdistusyhde. Normivirtaamien summan ollessa yli 5 dm³/s on tuuletusviemäriin halkaisija 110 mm kattoon asti, jonne asennetaan VILPE sadehattu. Päärakennukseen ja autotalliin asennetaan omat tuuletusviemärit.

Tuuletusviemäriin suun vähimmäisetäisyys katosta on 0,5 m, savuhormin aukosta ja jäteilmalaitteesta 1 m, yläpuolella olevasta avattavasta ikkunasta vaakasuunnassa 5 m ja ulkoilmalaitteesta (ilman sisäänottoaukko) vaakasuunnassa 8 m. (2, s. 22.)

3.5 Sadevesi- ja perustusten kuivatusjärjestelmä

Rakennuksella on oltava hulevesilaitteisto, josta hulevedet johdetaan avo-ojaan, vesistöön tai kunnan hulevesiviemäriin. Hulevesilaitteisto on mitoitettava niin, että mitoitussadetta vastaava virtaama ei aiheuta viemärin tulvintaa. (1, s. 9.) Päärakennuksen ja autotallin kattopinta-ala vaakasuoralle pinnalle projisoituna on 248,5 m² ja käytettäessä mitoitussadetta 0,015 dm³/s/m² saadaan sadeveden mitoitusvirtaamaksi 3,7 dm³/s. Asennettavat sadevesiputket on kokoa DN 100 ja kaltevuudeksi määräytyy 1,2%.

Rakennusten perustusten kuivatusjärjestelmä eli salaojajärjestelmä suunnitellaan niin, että kuivatusvesi johdetaan pois rakennukselta aiheuttamatta haittaa jäte- ja hulevesijärjestelmille. Salaojat johtavat perustusten kuivatusvedet salaojakaivojen ja perusvesikaivon kautta avo-ojaan. Hulevesi- ja salaojasuunnitelmat ja ränni-, salaoja- ja perusvesikaivojen detaljikuvat löytyvät asemakuvasta liitteestä 2.

3.6 Radon

Maaperän huokosilman radonpitoisuutta kasvattaa uraani ja radium. Tavallisesti maaperän huokosilman radonpitoisuus on 30 000–100 000 Bq/m³, joka on merkittävin sisäilman radonin lähde Suomessa. Radonia tulee sisäilmaan myös rakennusmateriaaleista ja talousvedestä mutta ei niin merkittävästi. Pitkäaikainen altistuminen radonille kasvattaa keuhkosyövän riskiä. Tästä syystä radonin huomioon ottaminen rakentamisessa on aina perusteltua. (4, s. 1.)

Olemassa olevan rakennuksen radonpitoisuuden tulisi olla alle 400 Bq/m³ ja uudisrakennus tulisi suunnitella niin, ettei radonpitoisuus ylitä arvoa 200 Bq/m³. Säteilyturvakeskuksen nettisivuilta stuk.fi:stä selviää, että Tervolassa mitatuista 59 asunnosta 5 % antoi yli 200 Bq/m³, 2 % yli 300 Bq/m³ ja 0 % yli 1000 Bq/m³ mittaustuloksen. Koska rakennuskohde ei ole päärakennuksen osalta uudisrakennus vaan muutosrakennus, voitaisiin tähän soveltaa olemassa olevan rakennuksen raja-arvoa ja jättää radonpoisto huomioimatta. Ei kuitenkaan ole järkevää jättää järjestelmää asentamatta, kun huomioidaan suhteellisen matalat lisäkustannukset ja pieni vaiva rakennusvaiheessa. Näin vältetään riski sairastua radonin aiheuttamaan syöpään.

Rakennuspohjan tuuletusjärjestelmän tarkoituksena on salaojituskerroksen huokosilman tuulettaminen ja rakennuspohjan alipaineistaminen. Toimenpide vähentää sisäilmaan nousevan radonin määrää. Kuitenkin alapohjan ja perustusrakenteiden tiivis rakentaminen on myös tärkeässä osassa. Järjestelmä koostuu salaojituskerrokseen asennettavasta imukanavistosta, siirtokanavasta, poistokanavasta ja poistopuhaltimesta, jolla ilmaa imetään rakennuksen pohjasta. Keruulenkki ja poistoputkisto tehdään valmiiksi asti rakennusvaiheessa, mutta puhaltimen voi jättää pois ja asentaa sen sijaan sopivan sadehatun katolle. Vapaasti tuulettuvalla radonputkistolla on radonpitoisuutta alentava vaikutus ilman imuriakin. Rakennuksen valmistuessa voi suorittaa radonmittauksen ja jos raja-arvo vielä ylittyy, voidaan puhallin liittää tehostamaan radonin poistoa.

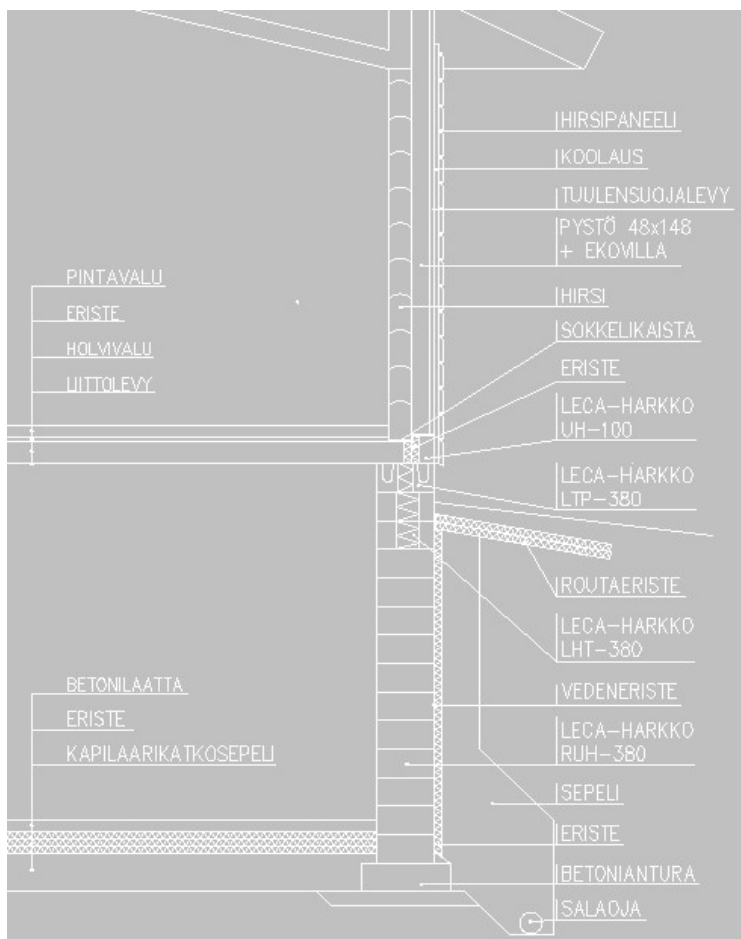
Radonpoistojärjestelmä voidaan toteuttaa keruulenkin osalta salaojaputkella, poistoputkien osalta katolle vieni viemäriputkella ja tarvittaessa poistopuhaltimena käyttää VILPE Eco110 -huippuimuria.

4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Tässä luvussa suunnitellaan lämmitysjärjestelmä. Asuinrakennukseen sekä autotalliin suunnitellaan vesikiertoinen lattialämmitys.

4.1 Lämpöhäviölaskenta

Rakennuksen lämpöhäviöt lasketaan Kyndata Oy:n CADS-suunnitteluohjelmistolla Hepac Pro -sovelluksella. Rakennuksen lämpöhäviöt lasketaan, jotta saadaan tietää lämmitystehon tarve rakennuksen lämpimänä pitämiseen. CADSin Hepac Pro -sovelluksella määritetään erikseen kaikki huoneet ja niihin vaikuttavat lämpöhäviöt, kuten seinärakenteet, ylä- ja alapohjat, ovet sekä ikkunat. Kuvan 5 leikkauskuvassa on rakennuksen ala- ja välipohjan sekä ulkoseinien rakenne.



KUVA 5. Leikkauskuva rakenteista

Yläkerran seinärakenne sisältä ulospäin:

- 150 mm:n vahvuinen hirsi. Puun lämmönjohtavuus $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- 150 mm:n vahvuinen Ekovillalevy + 50 mm:n lisäeristys. Pystöt 600 mm:n välein. Ekovillan lämmönjohtavuus $0,039 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- 25 mm:n vahvuinen Runkoleijona -tuulensuojaeriste. Lämmönjohtavuus $0,052 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Tuulettuva ilmarako pystykoolauksella
- Hirsipaneeli pintaverhous.

Lämmönjohtavuus eli lambda-arvo kertoo kuinka tehokkaasti lämmöneristetuote eristää. Mitä pienempi lambda-arvo, sitä parempi eristävyyskyky. Yläkerran ulkoseinän U-arvoksi edellä mainitun mukaisella rakenteella saadaan $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Kellarikerroksen seinät rakennetaan 380 mm vahvoilla Leca LTH-380 -eristeharkoilla, joiden U-arvo on $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Välipohjaa vasten olevaan ylimpään harkkokierrokseen käytetään palkkiharkkoa, jonka U-arvo on niin ikään $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Alapohjan U-arvona käytetään maanvaraisen alapohjan oletusarvoa $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ja väli- sekä yläpohjassa U-arvoa $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvona laskennassa käytetään $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Korjaus- ja muutostyöskentämisessä energiatehokkuuden parantaminen toteutetaan seuraavia vaatimuksia noudattaen:

- ulkoseinä: Alkuperäinen U-arvo $\times 0,5$, kuitenkin enintään $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Rakennuksen käyttötarkoituksen muuttuessa alkuperäinen U-arvo $\times 0,5$, kuitenkin enintään $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- yläpohja: Alkuperäinen U-arvo $\times 0,5$, kuitenkin enintään $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Rakennuksen käyttötarkoituksen muuttuessa alkuperäinen U-arvo $\times 0,5$, kuitenkin enintään $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- alapohja: Energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaisesti
- ulko-ovien ja ikkunoiden U-arvon oltava $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ tai vähemmän. Vanhoja ulko-ovia ja ikkunoita kunnostaessa on lämmönpitävyyttä parannettava, jos mahdollista. (5, s. 2.)

Laskennassa käytetään Pohjois-Suomen mitoituslämpötilaa -38°C ja tuloilman lämpötilaa 18°C . Jollei rakennusvaipan tiiveyttä voida mitata tai muulla tavalla todistaa tiiviimmäksi, käytetään rakennusvaipan ilmanvuotolukuna (q_{50}) arvoa $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$.

Näillä tiedoilla laskettaessa koko asuinrakennuksen lämmitystehon tarpeeksi saadaan 6923 W . Autotallin osalta ylä- ja alapohjarakenteet ovat asuinrakennusta vastaavat ja ulkoseinien U-arvoksi saadaan 200 mm:n ekovillaeristyksellä $0,217 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Autotallin lämpöhäviöksi saadaan 3128 W . Taulukossa 3 tulokseksi saatu lämpöhäviöraportti.

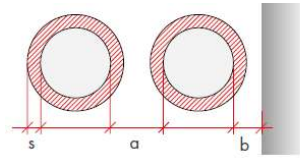
TAULUKKO 3. CADS lämpöhäviöraportti

N:o	TILA	m^2	m^3	Kerroin	W/m^2	W/m^3	W	Kerros
6	AT	60	156	1,3	52,1	20,1	3128	AT
1	MH 1	14	32	1,2	50,3	22	704	1
2	WC	3	7	1,1	26	11,1	78	1
3	TK	2	5,5	1,1	99	36	198	1
4	ET	14	41	1,1	14,6	4,9	241	1
5	K	22,5	66	1,2	43,1	14,7	970	1
6	OH	28	83	1,2	44	14,9	1233	1
7	MH 2	13,5	34	1,2	53,6	21,3	724	1
1	TEKN,	25,5	64	1,2	23,5	9,4	599	KELLARI
2	TAKKAH,	43	108	1,2	31,2	12,4	1342	KELLARI
3	KHH	12,5	31	1,2	32,6	13,1	407	KELLARI
4	PE	7,5	19	1,1	18	7,1	135	KELLARI
5	S	5	11	1,2	58,4	26,5	292	KELLARI
YHTEENSÄ		250,5	657,5		39,3	15	10051	

4.2 Lattialämmityksen suunnittelu

Tilakohtaisten lämpöhäviöiden laskennan tuloksilla lattialämmityspiirit voidaan mitoittaa ja tasapainottaa. Lattialämmitykset mitoitetaan Kyndata Oy:n CADS-suunnitteluohjelman Hepac Pro -sovelluksella. Yhden piirin enimmäisputkipituutena pidetään 90 metriä, jottei lattialämmityspiirin putken painehäviö nouse liikaa. Tästä syystä makuuhuoneiden, olohuoneen ja takkahuoneen lattialämmitys hoidetaan kahdella piirillä. Vastavuoroisesti muutamien tilojen lämpöhäviöt ovat niin vähäisiä, että useita tiloja yhdistetään samaan

TAULUKKO 4. Eristepaksuus ja asennusväli (6, s. 6.)



s = Eristepaksuus

a = Kahden eristettävän putken väli. Eristettyjen putkien väli on 50–60 mm.

b = Eristettävän putken ja kiinteän rakenteen väli. Eristetyn putken ja kiinteän rakenteen väli on putkikoosta riippuen 30–50 mm.

ERISTEPAKUUUS JA ASENNUSVÄLIT										
Putken ulkohalkaisija	Eristepaksuus mm									
	Sarja 21			Sarja 22			Sarja 23			
d mm	s mm	a mm	b mm	s mm	a mm	b mm	s mm	a mm	b mm	
10...49	20	90	60	30	110	70	40	130	80	
50...89	30	110	70	40	130	80	50	150	90	
90...168	40	130	80	50	150	90	60	170	100	
170...324	50	150	90	60	170	100	80	210	120	
325...714	60	170	100	80	210	120	100	260	140	
	Sarja 24			Sarja 25			Sarja 26			
10...49	50	150	90	60	170	100	80	210	120	
50...89	60	170	100	80	210	120	100	260	140	
90...168	80	210	120	100	260	140	120	300	170	
170...324	100	260	140	120	300	170	140	340	190	
325...714	120	300	170	140	340	190	160	380	210	

Taulukossa 5 listattu eri putkiston osille määrätty eristesarjat.

TAULUKKO 5. Putkistoeristeen sarja tai paksuus (6, s. 5.)

PUTKISTOERISTEEN SARJA TAI PAKSUUS				
Eriste	Putkisto/putkiston osa	Sarja tai paksuus *)	Huom.	
PAROC Hvac Combi AluCoat T PAROC Hvac Section AluCoat T PAROC Hvac Section GreyCoat T	Lämpöputki, ensiöpiiri	25	Nousukuilussa sarja 23	
	Lämpöputki, toisiopiiri	24	Nousukuilussa sarja 22	
	Lämmin käyttövesi- ja kiertoputki	25	Nousukuilussa sarja 23	
	Kylmä käyttövesiputki	21	K, ei näkyvä sarja 22	
	Jätevesiviemäri	25	K	
	Sadevesiviemäri	25	K	
	Tuuletusviiemäri	25	K	
	Höyryputkisto		26	
	Lauhdovesiputkisto		24	
	Uima-allasputket		23	K, kylmässä tilassa
	Keskussiivousjärjestelmäputkisto		24	K, kylmässä tilassa
Varavoimakoneen jäähdytysputkisto		21		
PAROC Hvac Combi AluCoat T PAROC Hvac Section AluCoat T PAROC Hvac Section GreyCoat T	Jäähdytysvesiputkisto	21	K	
	Lauhdutusvesiputkisto	21	K	
PAROC Pro Section 100 PAROC Pro Section 140 PAROC Pro Wired Mat 100 PAROC Pro Wired Mat 100 ALI	Pakoputket Pakoputkien äänenvaimentimet	26		

4.4 E- ja tasauslaskenta

Energiatodistusta tarvitaan rakennusta rakennettaessa tai rakennusta myytäessä. Energiatodistuksella rakennuksen energiatehokkuutta voidaan verrata vastaaviin rakennuksiin. Rakennuksen energiatehokkuusluokittelu ja energiatodistuksen laatiminen perustuu E-lukuun eli energiatehokkuuden vertailulukuun. E-luvun lisäksi energiatodistuksessa ilmoitetaan laskennallinen ostoenergiankulutus. (7, s. 4.)

Energiatodistuksen tarpeen määrittelee rakennuksen käyttötarkoitus. Rakennukselle, jonka käyttötarkoitus on rajattu energiatodistusvelvoitteen ulkopuolelle, ei laadita energiatodistusta. Esimerkki kyseisestä tapauksesta on teollisuushallissa sijaitseva toimisto-tila. Kohteen päärakennuksen kuuluessa käyttötarkoituluokkaan 1 (pienet asuinrakennukset, rivitalot ja 2-kerroksiset asuinkerrostalot) ja autotallin kuuluessa luokkaan 9 (muut rakennukset, kuten varastorakennukset, liikenteen rakennukset, uimahallit, jäähallit) laaditaan molempiin erilliset energiatodistukset. Rakennuksen energiatodistuslain vuoden 2016 voimaan tulleen päivityksen jälkeen myös suuret autotallit (yli 50 m²:n moottoriajoneuvosuojat) astuivat energiatodistusvelvoitteen piiriin, minkä takia kohteen autotallille laaditaan oma todistus.

Energialaskennat tehdään CADS-energialaskentatyökalulla. Energiaselvityksen ja -todistuksen lisäksi laskennasta saatavilla tilojen lämmitysjärjestelmän tehontarveluvuilla voidaan mitoittaa sopiva lämpöpumppu ja lämmönkeruupiiri. Energialaskentaan tarvitaan luvussa 4.1 esitellyt lämpöhäviölaskennan tulokset. Näistä saadaan tarvittavat lämpökuorma-, johtumis- ja vuotoilmatiedot sekä oleelliset alat ja tilavuudet. Lisäksi laskentaan vaaditaan lämmitysjärjestelmän, lämmöntuottotavan ja ilmanvaihtojärjestelmän määrittely sekä käyttöveden kulutus. Käyttötarkoituluokan 9 rakennukselle henkilöiden luovuttama lämpöteho lasketaan erikseen. Yhden henkilön luovuttama keskimääräinen kuiva lämpöteho on 85 W (8, s. 31). Autotallin henkilökuormaksi arvioidaan yksi henkilö tunnin ajan per vuorokausi. Henkilöiden luovuttamaksi lämpöenergiaksi suunnitellulla arvoilla saadaan 18,6 kWh vuodessa. Henkilökuorman aiheuttama lämpöenergia lasketaan kaavalla 2 (8, s. 31.)

$$Q_{\text{henk}} = k n \phi_{\text{henk}} \Delta t_{\text{olastelu}} / 1000$$

KAAVA 2

Tulokseksi CADs-Energialaskentatyökalusta saadaan energiaselvitykset ja -todistukset. (liite 12; liite 13) Asuinrakennuksen energialuokaksi saadaan B, E-luvulla 93. Autotalli saadaan energialuokkaan A, E-luvulla 59, vaikka käyttötarkoitukseluokan 9 rakennuksille ei E-lukuvaatimusta olekaan.

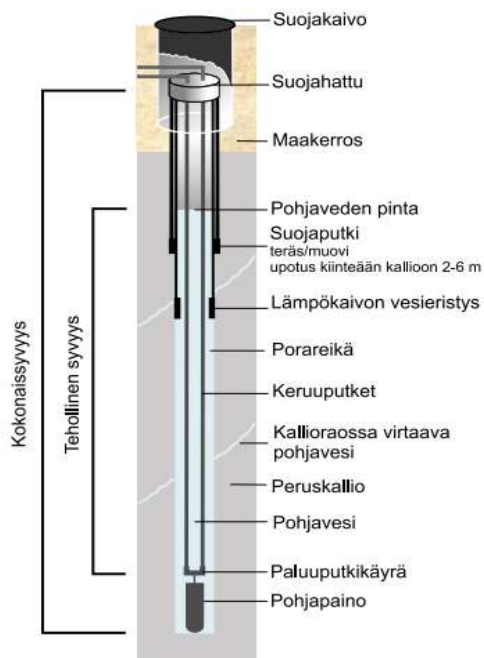
Energiaselvityksistä saatavia tilojen lämmitysjärjestelmän tehon tarpeita tullaan käyttämään lämpöpumppumitoituksessa. Tässä kohteessa tilojen lämmitysjärjestelmän tehontarve päärakennukselle on 7,5 kW ja autotallille 2,7 kW. Lämpimän käyttöveden valmistukseen tarvittava energia on päärakennuksessa 4223 kWh, mutta laskennassa käytetään arvoa 4 200 kWh. Käyttötarkoitukseluokan 1 rakennusten lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarve on enintään 4 200 kWh vuodessa (9, s. 8). Autotallin lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarve on 321 kWh. Päärakennuksen ilmanvaihdon lämmitykseen kuluu vuodessa 833 kWh. Päärakennuksen ja autotallin välisen lämpökanaalin lämpöhäviöistä aiheutuvaa energiankulutusta ei ole huomioitu kummankaan rakennuksen energialaskennassa, joten tämä lasketaan erikseen. Lämpökanaalina käytetään Uponor Ecoflex Quattro -lämpökanaalia, jonka lämmitysenergian tarve vuodessa on noin 1 800 kWh. Nettoenergiantarpeeksi saadaan 30721 kWh/a.

5 MAALÄMPÖ

5.1 Eri maalämpöjärjestelmät

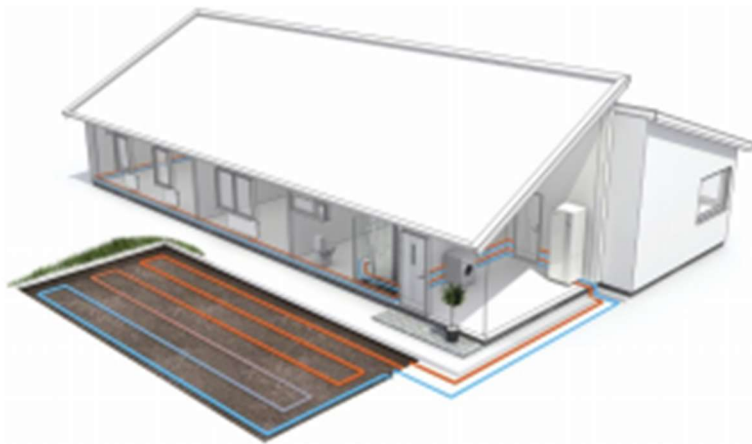
Maalämmön keruujärjestelmiä on olemassa eri tyyppisiä. Niiden toimintaperiaate on sama, mutta lämpöenergian keruutapoja on useita. Lämpöenergiaa voidaan kerätä kalli-oon porattavalla lämpökaivolla, maaperästä lähelle pintaa asennettavalla keruupiirillä tai vastaavasti vesistöön asennettavalla piirillä. Tässä luvussa käydään läpi eri keruupiiri-tyyppien periaate.

Lämpökaivon (kuva 6) porareijän syvyys vaihtelee 120–300 metrin ja halkaisija 105–165 mm:n välillä. Syvyys ja porareikien tarvittava lukumäärä vaihtelee rakennuksen energia- tarpeen mukaan. Kaivon yläpäähän asennetaan suojaputki maanpinnasta kallioperään asti. Tällä estetään ei halutun maa-aineksen pääseminen porakaivoon ja sitä kautta pohjaveteen. Lisäksi kaivo vesieristetään vähintään kuuden metrin syvyyteen asti, jotta hule- ja kuivatusvedet eivät pääse porakaivoon. Porareijän täytyttyä vedellä lasketaan keruuputkisto porareijän pohjalle painon avulla, minkä jälkeen irtoaineksen pääsy pora- reikään estetään suojahatulla. (10, s. 33.)



KUVA 6. Lämpökaivon rakenne (10, s. 35.)

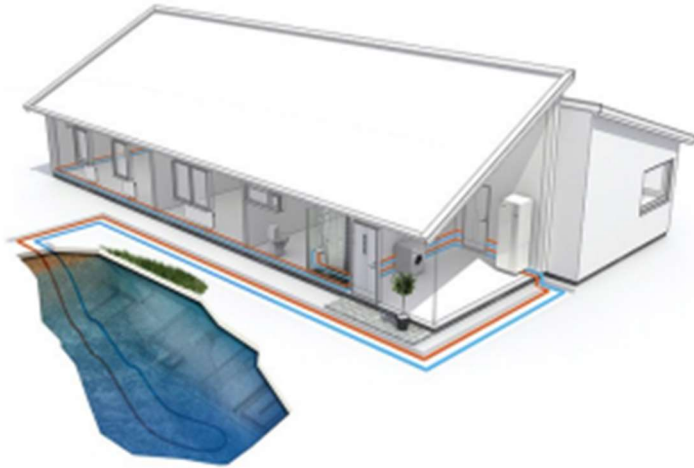
Maaperän pinnasta lämpöenergiaa kerätään pintaan asennettavalla putkistolla eli maapiirillä (kuva 7). Tällä menetelmällä keruuputket asennetaan noin metrin syvyyteen, jolloin putkien pituudeksi tulee pientalokohteissakin helposti 500 metriä. Kuitenkin yhden keruupiirin maksimipituus on 400 metriä, minkä vuoksi mitoituksessa yli 400 metrin keruuputkistot on jaettava useampaan piiriin (11, s. 4). Maapiirin putkien asennusväli on 1,5 m ja piirin kokonaispinta-alan tarve riippuu suuresti maaperän laadusta. Kuivaan maaperään asennettaessa pinta-alan tarve on huomattavasti suurempi kuin esimerkiksi kosteaan savimaahan asennettaessa. (10, s. 8.)



KUVA 7. Maapiirin havainnekuva (11, s. 1.)

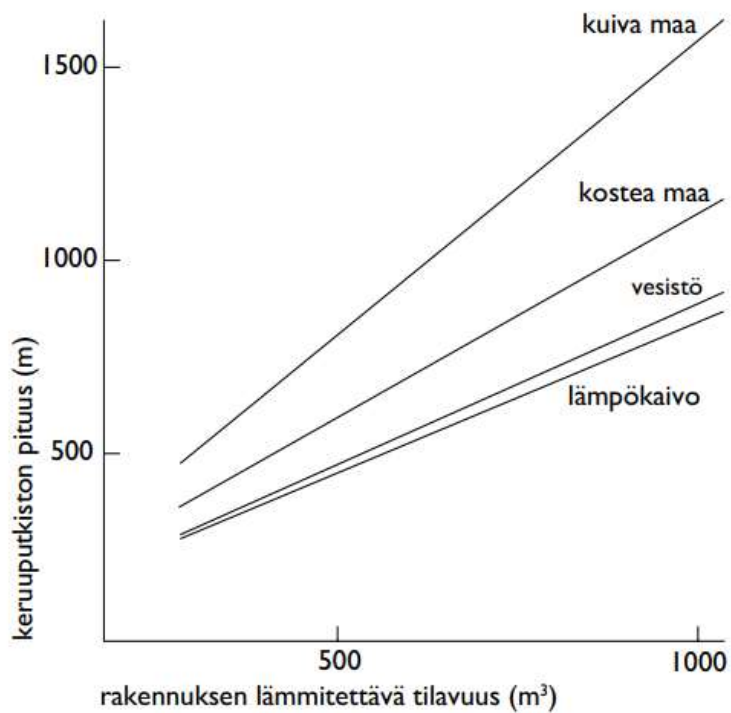
Keruupiirin asentaminen vesistöön (kuva 8) on vesitaloushanke, joka on toteutettava vesilain (587/2011) mukaisesti (10, s. 9). Kun keruupiiri on asennettu vesialueelle ei sitä enää voi ruopata tai ankkuroida venettä. Muutoin periaate on hyvin pitkälti vastaava kuin maapiirissäkin.

Putkisto asennetaan vesistön pohjaan painojen avulla ja asennuksessa on oltava huolellinen, ettei putket pääse nousemaan pintaan. Myös vesistöasennuksessa maksimi keruuputkiston pituus on 400 metriä. Tätä pidemmät putkistot jaetaan useampaan piiriin. (11, s. 4.)



KUVA 8. Vesistöpiirin havainnekuva (11, s. 1.)

Kuvassa 9 on karkea vertailu keruuputkiston pituudesta suhteessa rakennuksen lämmitettävään tilavuuteen eri lämmönkeruumenetelmien välillä. Vertailu ei ole tarkka, eikä sitä näin ollen käytetä osana mitoitusta.



KUVA 9. Keruuputkien pituus suhteessa rakennuksen tilavuuteen (10, s. 8)

5.2 Vertailu ja valinta

Maalämmön eri keruujärjestelmiä vertaillaan, koska tontille on mahdollista asentaa kaikki kolme eri keruujärjestelmää. Taulukossa 6 on arvioitu hankintahinnat eri toteutustavoilla.

TAULUKKO 6. Maalämmön hankintahinta

	Kustannusarvio (hankinta €)		
	Maapiiri	Vesistö	Lämpökaivo
Lämpöpumppu	8795	8795	8795
Putkistot	3782	1260	
Kaivo			5700
Oheistuotteet	1500	1860	350
Maansiirto	1000	500	
Työ	500	500	5000
Yhteensä	15577	12915	19845

Laitteiden ja osien hinnat ovat Taloon.com-verkkokaupan hintoja. Lämpöpumppuna käytetään samaa joka toteutustavalla, koska lämmitystehontarve ei muutu, vaikka lämmönkeruutapa muuttuisikin. Lämpökaivon tapauksessa keruuputkiston yleensä kuulussa kaivon porauksen hintaan, ei sitä erikseen lasketa. Kaivon porauksen hinnaksi arvioidaan 30 €/kallioporausmetri ja 70 €/pintamaametri. Maapiirin kolminkertainen putkistojen hinta verrattuna vesistöpiiriin johtuu maaperästä. Alustavien mitoitusten perusteella tontin kuiva maaperä luovuttaa lämpöä niin heikosti, että lähelle pintaa asennettavalla vaakaputkituksella tarvitaan 1890 m keruuputkea, jotta tarvittava energia saavutetaan.

Lämpökaivon työn hinnan arvioidaan koostuvan pääosin porauksesta, jota työn tilaaja ei itse suorita. Maa- ja vesistöpiiriin arvioidut työn osuudet koostuvat mahdollisista töistä, joita tilaaja ei itse suorita. Esimerkiksi maalämpöpumpun kytkentä ja käyttöönotto.

Maapiiri suljetaan ensimmäisenä ulos suunnitelmista. Vaadittu keruukentän koko on liian suuri (2400 m²) järkevästi toteutettavaksi kohteen tontille. Lämpökaivon ja vesistöpiirin väliltä valinta perustellaan hankintakustannuksilla. Vesistöpiirin todelliset kustannukset muodostuvat pääosin tuotteiden hankinnasta, kun kaivuutyöt ja keruupiirin asennuksen suorittaa tilaaja. Lisäksi vesistöön asennetusta keruupiiristä saadaan lähes yhtä

paljon tai saman verran lämpöenergiaa putkimetriä kohden kuin lämpökaivosta, joten kohteeseen valitaan vesistöpiiri.

LP-optima-mitointiohjelmalla verratessa maalämmityksen lämmityskustannuksia sähkö- ja öljylämmityksen kustannuksiin todellisilla sähkön hinnoilla ja 0,97 €/l lämmitysöljyn hinnalla saadaan selville vuotuinen säästö. Laskennasta selviää maalämmön vuotuisen lämmityskustannusten olevan yli 1300 € sähkölämmitystä edullisemmat ja yli 2700 € öljylämmitystä edullisemmat. Sähkölämmitysjärjestelmän hankintahinnan ollessa noin 9 000 € maalämpöjärjestelmää edullisempi maksaa maalämpö hankintahintansa takaisin seitsemässä vuodessa. Erittely lämmityskustannusvertailusta löytyy liitteestä 14.

5.3 Maalämpöjärjestelmän mitointi

Maalämpöjärjestelmä mitoitetaan LP-optimalla ja Niben mitoituksella. Näin saadaan tulokset kahdesta eri laskentaohjelmasta ja näitä keskenään vertaamalla voidaan varmistua tuloksien oikeellisuudesta. LP-optimalla mitoitettaessa vesistöpiirin putkipituudeksi saadaan 566 m, johon sisältyy siirtoputket. Lämmityksen tehontarpeeksi saadaan 10,7 kW ja lämpöpumpun mitoitustehoksi 10,4 kW (liite 15; liite 16). Niben mitoituksella F1255 lämpöpumpulla putkipituudeksi saadaan 630 m sisältäen siirtoputket. Lämmityksen tehontarpeeksi ja lämpöpumpun tehoksi mitointisulkolämpötilassa saadaan 10,7 kW (liite 17). Tuloksien ollessa hyvin lähellä toisiaan voidaan olettaa, että laskennat ovat luotettavia.

Valitaan keruupiirin putkipituudeksi kahdesta tuloksesta suurempi eli 630 m. Putkipituus on yli 400 m, joten putket asennetaan kahdella piirillä. Putkena käytetään PEM40-muoviputkea, jolla putkiston painehäviöksi kahden asteen meno- ja paluuputken lämpötilaerolla saadaan 37 kPa.

Kohteeseen valitaan Nibe F1255 3-12 maalämpöpumppu, jonka tehonpeittoasteeksi saadaan 100 %. Lämpöpumppu siis kattaa kaiken rakennuksen tarvitseman lämmitystehon -38 °C :een saakka ilman sähkövastusta. Osatehomitoituksessa tyyppillisesti 50–70 %:n tehonpeittoasteella katetaan 60–98 % vuotuisesta lämmitysenergiantarpeesta

(12, s. 8). Näin ollen kohteen lämpöpumppu on täystehomitoitettu. Ne todella harvat päivät vuodessa, jolloin ulkolämpötila on alle $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$, voidaan lisätehon tarve kattaa sähkövastuksella tai varaavan takan lämmityksellä.

Nibe F1255 3-12 on invertterimaalämpöpumppu, jossa on taajuusohjattu kompressori ja kierroslukuohjatut kiertovesipumput. Tämä tarkoittaa sitä, että lämpöpumppu käy 3–12 kW:n välillä tehontarpeen mukaan. Esimerkiksi kesällä lämpöpumpun ei tarvitse käydä lyhyitä hetkiä täydellä teholla (ns. on/off käynti) käyttövettä lämmittääkseen, kun rakennuksen lämmitystarvetta ei ole juuri lainkaan. Tässä mallissa on sisäänrakennettuna 180 l:n lämminvesivaraaja, sähkövastus ja kiertovesipumput.

5.4 Paisunta-astian ja varoventtiilin mitoitus

Paisunta-astia mitoitetaan LVI 11-10472 -kortin mukaisesti. Oikein mitoitettu paisuntajärjestelmä takaa verkostolle pidemmän käyttöiän ja kasvattaa sen käyttövarmuutta. Suljetut paisuntajärjestelmät soveltuvat vesikiertoisten järjestelmien lisäksi vesi-glykoli-seos järjestelmiin (13, s. 1). Paisunta-astia mitoitetaan käyttäen koon DN15 varoventtiiliä, jonka avautumispaine on 1,5 baaria. Kyseistä varoventtiiliä saa käyttää, jos lämmönlähteen suurin sallittu teho on enintään 36 kW, eli kyseinen venttiili käy tähän tilanteeseen hyvin. Paisunta-astian nimellistilavuudeksi saadaan 16 litraa. Valitaan paisunta-astiaksi lähimmäksi sopiva suurempi astia, joka tässä tapauksessa on Reflex NG 18 l -kalvopaisunta-astia. Paisuntajärjestelmän mitoitusarvot esitetään taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Paisunta-astian mitoitus

H _{verkosto}	3 m	
H _{varmuus}	1 m	
ΔV%	2 %	
P _{VV}	1,5 bar	
ΔP _{TP}	0,3 bar	
ΔP _{LP}	0,3 bar	
ΔP _{alarajahälytys}	0,2 bar	
ΔP _{ylärajahälytys}	0,2 bar	
V _{verkosto}	147 l	
ΔV	2,94 l	
P _{EP}	0,4 bar	YP
P _{AP}	0,7 bar	YP
P _{YP}	1,2 bar	YP
P _{EP}	1,4 bar	ABS
P _{AP}	1,7 bar	ABS
P _{YP}	2,2 bar	ABS
P _{alarajahälytys}	0,6 bar	YP
P _{ylärajahälytys}	1,3 bar	YP
V_N	16 l	
η	0,36	
ΔV _T	2,8 l	

$$P_{EP} = H_V + 2 m_{VP}$$

$$P_{AP} = P_{EP} + 0,3 \text{ bar}$$

$$P_{YP} = P_{VV} - 0,3 \text{ bar}$$

P_{EP}= kaasun esipaine

P_{AP}= verkoston täyttöpaine, kun liuos on kylmää (verkoston minimipaine)

P_{YP}= verkoston normaali maksimipaine, kun liuos on kuumaa

P_{VV}=varoventtiilin avautumispaine

$$V_N = \frac{P_{YP} * P_{AP}}{P_{EP} * (P_{YP} - P_{AP})} * \Delta V$$

Huom. paineet ovat absoluuttisia paineita.

6 ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ

Kohteeseen suunnitellaan koneellinen ilmanvaihto. Suunnitelmat tehdään Kyndata Oy:n CADS-suunnitteluohjelmiston Hepac Pro -sovelluksella, jolla järjestelmä myös mitoitetaan. Ilmanvaihtosuunnitelmat löytyvät liitteistä 10 ja 11.

6.1 Ilmavirtojen määrittäminen

Ilmanvaihtojärjestelmää suunniteltaessa ensimmäisenä määritetään tilakohtaiset tulo- ja poistoilmavirrat. Koko asunnon ilmavirrat mitoitetaan tasapainotilaan. Toisin sanoen asunto ei jää ali- tai ylipaineiseksi koneellisen ilmanvaihdon vaikutuksesta.

Ulkoilmavirtojen mitoitukseen on muutamia vähimmäisvaatimuksia. Koko asuinpinta-alaa kohden lasketun ulkoilmavirran on oltava vähintään $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$, joka vastaa ilmanvaihtokerrointa $0,5 \text{ 1/h}$ $2,5 \text{ m}$:n huonekorkeudella. Koko asunnon ulkoilmavirran on oltava vähintään $18 \text{ dm}^3/\text{s}$, sekä jokaisen asuinhuoneen ulkoilmavirran on oltava vähintään $0,35 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$. Maksimissaan 11 m^2 asuinhuoneisiin on tuotava vähintään $8 \text{ dm}^3/\text{s}$ ulkoilmaa ja yli 11 m^2 asuinhuoneisiin vähintään $12 \text{ dm}^3/\text{s}$. Lisäksi jos asunnossa on sauna, lisätään kokonaisulkoilmavirtaan $6 \text{ dm}^3/\text{s}$. (14, s. 36.)

Tilakohtaiset tulo- ja poistoilmavirrat mitoitetaan vähintään Finvacin ilmanvaihdon mitoitusoppaan minimi-ilmavirtojen suuruiseksi. Oppaan minimi-ilmavirroilla mitoittaessa koko rakennuksen ilmanvaihtokerroin jää kuitenkin liian pieneksi, joten ilmavirtoja nostetaan oppaan minimiarvoja korkeammiksi. Näin päästään haluttuun ilmanvaihtokertoimeen, sekä tulo- ja poistoilmavirrat saadaan yhtä suuriksi. Asunnon tehostettu ilmanvaihto mitoitetaan käyttöajan normaalia ilmanvaihtoa 30% suuremmaksi ja käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto mitoitetaan Finvacin mitoitusoppaan mukaisesti 60% käyttöajan suunnitteluarvoja pienemmäksi. Käyttöajan ulkopuolista ilmanvaihtoa saa käyttää ainoastaan asunnon ollessa tyhjillään ilman ylimääräisiä kosteuden lähteitä, kuten kuivuva pyykki. Huonekohtaiset ilmavirrat saavat poiketa enintään 20 % ja asunnon kokonaisilmavirta enintään 10 % suunnitteluarvoista. (14, s. 37.) Taulukossa 8 esitetään tilakohtaiset ilmavirrat normitilanteessa, tehostettuna sekä käyttöajan ulkopuolella.

TAULUKKO 8. Tilakohtaiset ilmavirrat

Tila	Koko		Käyttötilanne					
			Tehostus [dm ³ /s]		Normaali [dm ³ /s]		Poissa [dm ³ /s]	
	m ²	m ³	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto
KELLARI KRS TEKN	25,5	63,8	7,8	7,8	6	6	2,4	2,4
KELLARI KRS TAKKAH.	41	102,5	26,0		20		8,0	
KELLARI KRS KHH	12,4	31,0	10,4	18,2	8	14	3,2	5,6
KELLARI KRS PE	7,6	19,0		18,2		14		5,6
KELLARI KRS S	4,60	11,5	10,4	10,4	8	8	3,2	3,2
KELLARI KRS YH-TEENSÄ	91	228	55	55	42	42	17	17

1 KRS MH1	13,8	40,7	15,6		12		4,8	
1 KRS MH2	13,6	40,1	15,6		12		4,8	
1 KRS OH	28,1	82,9	23,4		18		7,2	
1 KRS K	22,4	66,1		26,0		20		8,0
1 KRS ET	14	41,3						
1 KRS WC	2,9	8,6		15,6		12		4,8
1 KRS TK	2,2	6,5		13,0		10		4,0
1 KRS YHTEENSÄ	97	286,2	54,6	54,6	42	42	16,8	16,8

YHTEENSÄ	188	514	109	109	84	84	34	34
-----------------	------------	------------	------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------

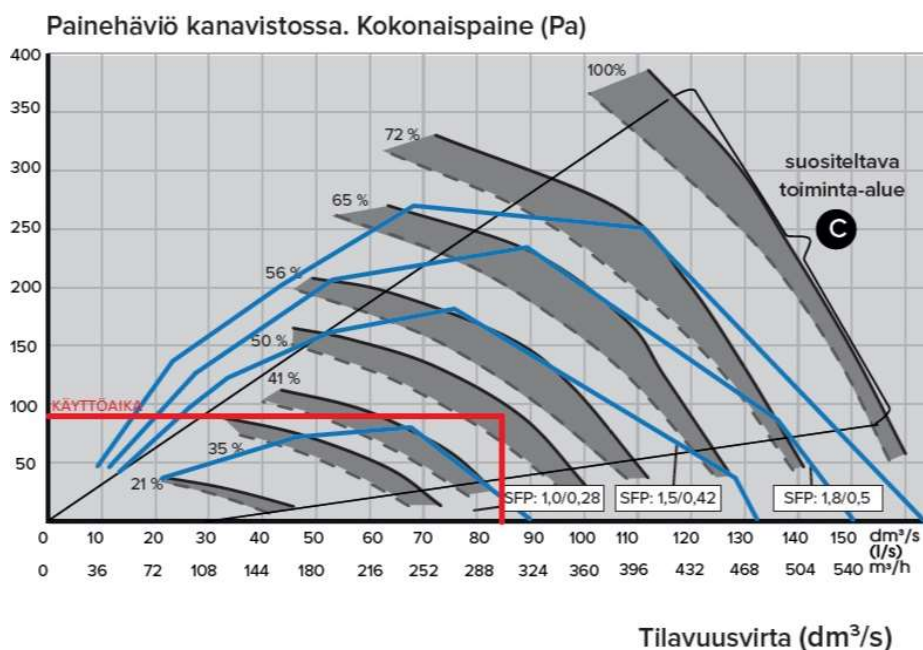
Autotallin ilmanvaihto suunnitellaan painovoimaiseksi. Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän toiminta perustuu pääasiassa korkeus- ja lämpötilaerojen sekä tuulen aiheuttamiin paine-eroihin, niin että sisäilma virtaa ulos rakennuksesta ja tilalle tulee ulkoilmaa ulkoilmalaitteiden kautta (15, s. 2). Painovoimaisessa järjestelmässä ilmanvaihtoventtiilit on sijoitettava niin, että ne on helppo sulkea (15, s. 4). Autotallin painovoimainen ilmanvaihto mitoitetaan rakennusmääräyskokoelman osan D2 opastuksella.

Enintään 60 m²:n moottoriajoneuvosuojissa voidaan käyttää painovoimaista ilmanvaihtoa. Tuloilma-aukko sijoitetaan ulkoseinän tai oven alaosaan ja poistoilma-aukko sijoitetaan seinän yläosaan tai kattoon tuloilma-aukon vastapuolelle. Tulo- ja poistoilma-aukon vapaa poikkipinta-ala on vähintään 0,1 % lattiapinta-alasta mutta kuitenkin vähintään 150 cm². (16, s. 35.)

Autotallin tuloilma tuodaan henkilökulkuoveen asennettavalla 400 x 150 mm:n virtaus-säleiköllä. poistoilma johdetaan ulos pohjoispäädyn seinästä kahdesta halkaisijaltaan 200 mm:n pyöreästä kierresaumakanavasta. Sisäpuolelle asennetaan poistoilmaventtiilit ja ulkopuolelle USAV-200-ulkoilmasäleiköt.

6.2 Ilmanvaihtolaitteet

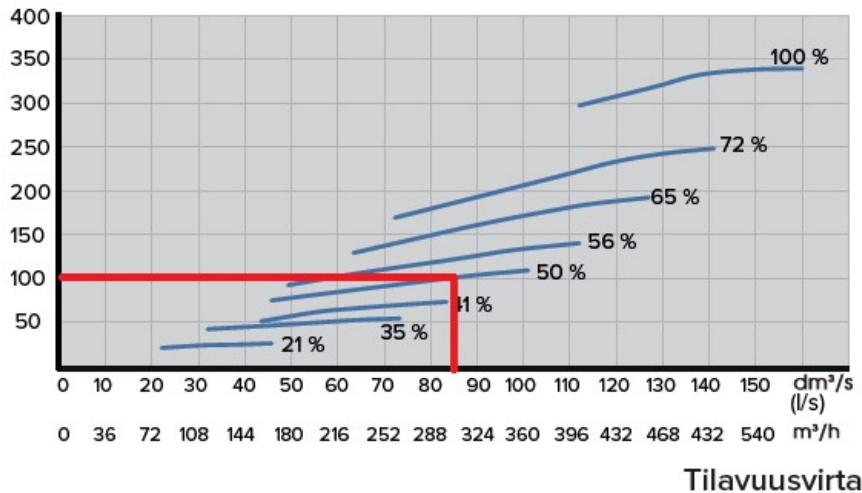
Ilmanvaihtokoneeksi kohteeseen valitaan Vallox 145 MV L vastavirtalämmöntalteenotolla, jonka valmistajan ilmoittama vuosihyötysuhde on 75%. Jotta ilmanvaihtokoneen toimintapiste ja sen kautta SFP -luku saadaan selvitettyä, on verkosto ensin mitoitettava ja tasapainotettava. CADS -ohjelman mitoituksen kautta selvitetään suunniteltu painehäviö kanavistossa, joka tuloilmakanavistossa on 66 Pa ja poistokanavistossa 47 Pa. Näihin lisätään ulko- ja ulospuhalluskanavien painehäviöt, jonka jälkeen tulokseksi tulo/ulkoilmakanaville saadaan 88,5 Pa ja poisto/ulospuhalluskanaville 91,5 Pa. Näiden avulla selvitetty ilmanvaihtokoneen toimintapiste normaalitilassa on esitetty kuvassa 10.



KUVA 10. Ilmanvaihtokoneen normaali käyttö

Ilmanvaihtokoneen SFP-luvun laskemiseksi selvitetään koneen puhaltimien sähköteho toimintapisteen avulla (kuva 11). Ilmanvaihtojärjestelmä suunnitellaan niin, ettei koneellisessa tulo- ja poistoilmajärjestelmässä ominaissähköteho ylitä arvoa 1,8 kW/(m³/s) tai koneellisessa poistoilmajärjestelmässä arvoa 0,9 kW/(m³/s). (8, s. 57.)

Sähköteho (W)



KUVA 11. Ilmanvaihtokoneen sähköteho

Ilmanvaihtokoneen SFP-luvuksi saadaan 1,25 kW/(m³/s). Se lasketaan ilmanvaihtokoneen sähkötehoa ja tehostamattoman käyttöajan tulo- tai poistoilmavirtaa käyttäen kaavalla 3 (8, s. 57.)

$$SFP = \frac{P_{puh}}{q_v}$$

KAAVA 3

Liesituulettimen poistoilmavirraksi suunnitellaan –25 dm³/s, joka siirretään katolle VILPE Eco190P -huippumurin ja saarekemallin liesikuvun toimesta. Liesituulettimen toimivuuden varmistamiseksi viedään liesikuvulta 24 V:n ohjausjännite ilmanvaihtokoneen digitaalituloon. Ilmanvaihtokoneelle ohjelmoidaan liesikuputehostusohjelma, jolla kompensoidaan liesituulettimen käynnistyksen seurauksena kasvanutta poistoilmavirtaa. Liesituulettimen käynnistyttyä menee ilmanvaihtokoneesta liesikuputehostusohjelma päälle ja liesituulettimen pysähtyessä palaa ilmanvaihtokone normitilaan.

Vallox MV -sarjan ilmanvaihtokoneiden takkakytkin on ohjelmoitavissa. Voidaan siis asettaa, kasvatetaanko tuloa ja/tai vähennetäänkö poistoilmavirtaa, kuinka paljon ja kuinka pitkään. Takkakytkin asetetaan tehostamaan tuloilmavirtaa 10 % ja pienentämään poistoilmavirtaa 10 % ja asetetaan ohjelman pituudeksi 10 minuuttia. Asetukseen tehdään muutoksia tarvittaessa.

Takkakytkintä ei kuitenkaan ole tarkoitettu palamisilmavirraksi tulipesälle, vaan on pelkästään auttamassa sytytysvaiheessa, kun hormi on vielä kylmä. Tulisijan alle asennetaan palamisilmakanava suoraan ulkoilmasta ennen alapohjan valua. Putkena käytetään halkaisijaltaan 100 mm:n valurautaviemäriputkea. Ulkona putken päähän asennetaan sadehattu.

6.3 Päätelaitteet ja äänenvaimentimet

Päätelaitteina käytetään FläktGroup Oy:n valmistamia venttiileitä. Tuloilmaventtiileinä käytetään kattoasennuksissa KTS-tuloilmaventtiiliä ja seinäasennuksessa STQA-tuloilmaventtiiliä. Poistoilmaventtiileinä käytetään KSO-lautasmallin venttiiliä. Ulkoilmalaitteena käytetään USAV-250 -ulkoilmasäleikköä ja ulospuhalluslaitteena EYMA-2-016-hajoittajaa.

Teknisen tilan venttiilien sijaitessa heti ilmanvaihtokoneen välittömässä läheisyydessä painehäviö päätelaitteella nousee liikaa. Tästä syystä teknisen tilaan haarautuviin kanvaosuuksiin asennetaan IRIS-säätöpellit. Näin kaikkea kuristusta ei tarvitse saada päätelaitetta sulkemalla. Tekniseen tilaan tulo- ja poistokanavan juureen asennetaan KVAP-160-1000-äänenvaimentimet ja makuuhuoneisiin KVAP-125-600-äänenvaimentimet. Osaluettelo löytyy kokonaisuudessaan taulukosta 9.

TAULUKKO 9. Osaluettelo

Tuote	Tyyppi	Koko	Laatu	Eriste	Määrä	Yksikkö
Huippuimuri	VILPE ECo190P/125/700 IMURI	125			1	kpl
IV-kone	VALLOX 145 MV L				1	kpl
Jatkoliitin		Ø125			1	kpl
Jatkoliitin		Ø160			5	kpl
Kanava		Ø100			7,58	m
Kanava		Ø125			19,69	m
Kanava		Ø160			57,62	m
Kanava		Ø250			0,26	m
Käyrä		Ø100/45°			4	kpl
Käyrä		Ø100/90°			9	kpl
Käyrä		Ø125/90°			6	kpl
Käyrä		Ø160/0°			1	kpl
Käyrä		Ø160/45°			4	kpl
Käyrä		Ø160/90°			20	kpl
Muuntoliitin		Ø100/Ø125			4	kpl
Muuntoliitin		Ø125/Ø100			1	kpl
Muuntoliitin		Ø125/Ø160			6	kpl
Muuntoliitin		Ø160/Ø200			4	kpl
Muuntoliitin		Ø250/Ø160			1	kpl
Päätelaite	EYMA-2-016	160			1	kpl
Päätelaite	KSO-100	100			5	kpl
Päätelaite	KSO-125	125			2	kpl
Päätelaite	KSOS-100	100			1	kpl
Päätelaite	KTS-100	100			3	kpl
Päätelaite	KTS-125	125			2	kpl
Päätelaite	STQA-125	125			2	kpl
Päätelaite	USAV-250	250			1	kpl
Säätöpelti	IRIS-100	100			2	kpl
Säätöpelti	IRIS-125	125			2	kpl
T-kappale		Ø125/Ø125			4	kpl
T-kappale		Ø160/Ø100			4	kpl
T-kappale		Ø160/Ø125			1	kpl
T-kappale		Ø160/Ø160			4	kpl
Äänenvaimennin	KVAP-125-600-1	125			2	kpl
Äänenvaimennin	KVAP-160-1000-1	160			2	kpl

6.4 Eristys ja asennus

Ilmanvaihtokanavistona käytetään sinkittyä kierresaumakanavaa ja tiivisteellisiä osia. Kanavistot asennetaan teknisessä tilassa katon rajaan, josta kanavat nostetaan yläker-taan makuuhuoneen alas laskettuun kattoon. Rappukäytävän kohdalla ei ole alaslaskua, joten kanavat asennetaan siltä osin välikatolle. Rakennuksen pohjoispäädystä ka-navat viedään takaisin kellariin pesutiloille, kodinhoitohuoneelle ja takahuoneelle. Näin vältytään ylimääräiseltä koteloinnilta rappukäytävän alueella myös kellarin osalta. Tulo- ja poistoilmakanava eristetään välikatolla olevalta osalta 50 mm:n kanavaeristematolla ja vähintään 50 mm:n puhallusvillakerroksella. Ulko- ja ulospuhallusilmakanavat eriste-tään 100 mm:n alumiinipäällystetyllä verkkokiinnitteisellä kanavaeristematolla. Liesituu-lettimen kanava paloeristetään paloluokan EI30 kivivillaverkkomatolla ja lämpöeriste-tään 50 mm:n verkkokiinnitteisellä kanavaeristematolla.

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli suunnitella toteutuskelpoiset, kustannustehokkaat sekä aikaa ja käyttöä kestävät LVI-järjestelmät Tervolan kuntaan rakennettavaan omakotitaloon ja autotalliin sekä selvittää kohteeseen kannattavin lämmöntuottotapa. Työn tuloksena on käyttökustannustehokas lämmitysjärjestelmä ja LVI-suunnitelmat, joiden mukaisesti LVI-laitteistot asennetaan.

Lämmitysjärjestelmäksi valittiin maalämpö vesistöön asennettavalla keruupiirillä. Arvioitujen hankintakustannuksien perusteella tämä osoittautui edullisimmaksi maalämmön toteutustavaksi. Sähkölämmitys olisi hankintakustannuksiltaan reilusti edullisempi mutta maalämpö maksaa hankintahinnan erotuksen takaisin seitsemässä vuodessa maasta saatavalla ilmaisenergialla. Maalämpö on siis järkevin ratkaisu kohteeseen.

Rakennustyöt on tarkoitus aloittaa kesällä 2019. Työlään kohteesta tekee olemassa oleva rakennus, joka on purettava ennen uuden rakentamista. Suunnittelussa järjestelmät mitoitettiin tarkasti ja mietittiin järjestelmien järkevimpiä toteutustapoja, joiden perusteella raportissa mainittuihin valintoihin päädyttiin.

LÄHTEET

1. 1047/2017. 2018. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. Suomen säädöskokoelma. Saatavissa: <https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/sk20171047.pdf>. Hakupäivä: 11.2.2019
2. D1 (2007). 2007. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. Suomen rakennusmääräyskokoelma. Saatavissa: https://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf. Hakupäivä: 21.3.2019
3. LVI 23-10540. 2013. Haja-asutuksen jätevesien käsittely. Rakennustieto. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2066-11133> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä: 25.1.2019
4. LVI 37-10513. 2012. Radonin torjunta. Rakennustieto. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2081-11099> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä: 11.4.2019
5. 4/13. 2018. Asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/none/%7B924394EF-BED0-42F2-9AD2-5BE3036A6EAD%7D/31396>. Hakupäivä: 22.3.2019
6. Talotekniikan eristykset. 2018. Paroc. Saatavissa: <https://www.paroc.fi/-/media/files/brochures/finland/hvac-installation-guide-paroc-fi.ashx>. Hakupäivä: 12.4.2019
7. Rakennuksen energiatodistus ja E -luvun määrittäminen. 2018. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Rakennuksen_energiatodistus/Energiatodistuslomakkeet. Hakupäivä: 20.3.2019
8. Energiatehokkuus. 2018. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus. Hakupäivä: 3.3.2019

9. 1010/2017. 2017. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BFD99E48D-F28B-452E-8175-29EA77ABD4CA%7D/133872>. Hakupäivä: 14.3.2019
10. Juvonen, Janne – Toivo, Lapinlampi. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. 2013. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=4&isAllowed=y. Hakupäivä: 7.3.2019
11. Pientalojen maalämpöpumppu opas. 2014. Nibe. Saatavissa: <https://www.nibe.fi/upload/haato/Ohjeet/PIENTALO-JEN%20NIBE%20MLP%20OPAS%201420-7.pdf>. Hakupäivä: 7.3.2019
12. Lämpöpumppujen energialaskentaopas. 2012. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus. Hakupäivä: 21.3.2019
13. LVI 11-10472. 2011. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. Rakennustieto. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2011-10472> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä: 16.4.2019
14. Seppänen, Olli – Lönnqvist, Siru – Säteri, Jorma – Railio, Jorma – Strand, Tiina – Ahola, Mervi. Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet. 2017. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B59DC42F9-7C8A-4CBE-817E-1E2DBB67E02E%7D/133706>. Hakupäivä: 11.2.2019
15. 1009/2017. 2018. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Suomen säädöskokoelma. Saatavissa: <https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/sk20171009.pdf>. Hakupäivä: 11.2.2019
16. D2 (2010). 2010. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Saatavissa: <https://www.ym.fi/download/noname/%7BD7685B7F-AE4B-4DD3-B689-BC8418933265%7D/102967>. Hakupäivä: 17.4.2019

LIITTEET

Liite 1 Piirustusluettelo

Liite 2 Asemakuva

Liite 3 Päärakennus, kellari, vesi- ja viemärisuunnitelmat

Liite 4 Päärakennus, 1. krs, vesi- ja viemärisuunnitelmat

Liite 5 Autotalli, vesi- ja viemärisuunnitelmat

Liite 6 Kalusteluettelo

Liite 7 Päärakennus, kellari, lämmityssuunnitelmat

Liite 8 Päärakennus, 1. krs, lämmityssuunnitelmat

Liite 9 Autotalli, lämmityssuunnitelmat

Liite 10 Päärakennus, kellari, ilmanvaihtosuunnitelmat

Liite 11 Päärakennus, 1. krs, ilmanvaihtosuunnitelmat

Liite 12 Energiaselvitys, päärakennus

Liite 13 Energiaselvitys, autotalli

Liite 14 LP-optima, Lämmityskustannusvertailu

Liite 15 LP-optima, Maalämpömitoitus

Liite 16 LP-optima, Vesistöpiirin mitoitus

Liite 17 Nibe Maalämpömitoitus