

Eemeli Saari

Vesikiertoinen lattialämmitys korjausrakentamiskohteessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, LVI (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

9.2.2016

Tekijä Otsikko	Eemeli Saari Vesikiertoinen lattialämmitys korjausrakentamiskohteessa
Sivumäärä Aika	64 sivua + 3 liitettä 9.2.2016
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Koulutusohjelma	rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka
Ohjaaja	lehtori Niilo Kemppainen
<p>Opinnäytetyön ensisijaisena tarkoituksena on saada selville onko sähköinen vai vesikiertoinen lattialämmitysmuoto parempi ratkaisu korjausrakentamiskohteessa. Toissijaisena tarkoituksena on esitellä lattialämmityksen toteutuksen eri vaiheet suunnittelusta käyttöönottoon asti.</p> <p>Ensisijaisen tuloksen selvittäminen pitää sisällään sähköisen ja vesikiertoisen lattialämmityksen eroavaisuuksien vertailua kustannuksien näkökulmista. Tutkimuksessa selvitetään sähköisen ja vesikiertoisen lattialämmityksen toteutuskustannukset sekä käyttökustannukset korjausrakentamiskohteessa. Toissijaisen tuloksen saavuttamiseksi työssä käsitellään lattialämmityksen toteutus siinä järjestyksessä, jossa se rakennushankkeessa tulee suorittaa. Näin ollen lukija saa käsityksen lattialämmitystä koskevasta laajemmasta kokonaisuudesta, sekä kokonaisuuden muodostavista tarkemmista yksityiskohdista.</p> <p>Opinnäytetyö antaaakin kokonaisvaltaista tietoa lattialämmityksestä kiinnostuneille ilman, että lukijan tarvitsee olla rakennusalan ammattilainen, sekä samalla se palvelee rakennusalalla opiskelevia tai alalla työskenteleviä, antamalla tarkkaa yksityiskohtaista tietoa lattialämmityksen toteutuksen eri vaiheista.</p> <p>Tekstiosio pitää sisällään lattialämmityksen toiminnan, sekä lattialämmitysmuotojen esittelyn. Lattialämmityksen suunnittelu esitellään läpi tarkasti vaiheittain, siinä järjestyksessä missä ne suunnittelua tehdessä suoritetaan. Vesikiertoisen lattialämmityksen asennus esitellään tyypillisessä 1960–1970-luvun linjasaneerauskohteessa. Opinnäytetyön tutkimusosiossa syntyi tutkimustulos, missä käy ilmi, että kaukolämmön kokonaisenergiankulutuksen taloudellisuuden takia, pidemmällä aikavälillä sähköisen lattialämmityksen halvempien rakennuskustannuksien ero kuroutuu kiinni. Järjestelmien kokonaiskustannukset kääntyvät lopulta vesikiertoisen lattialämmityksen eduksi. Kustannusten kiinni kuroutumisen jälkeen jäljelle jää 8–13 vuotta, minä aikana vesikiertoinen lattialämmitys tuottaa säästöä taloyhtiölle verrattuna sähkötoimiseen lattialämmitykseen.</p>	
Avainsanat	lattialämmitys, vesikiertoinen lattialämmitys, korjausrakentaminen

Author Title	Eemeli Saari Water circulated floor heating in renovated buildings
Number of Pages Date	64 pages + 3 appendices 9 February 2016
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	HVAC Engineering
Instructor	Niilo Kemppainen, Senior Lecturer
<p>The primary purpose of this thesis was to deliver research results which indicate which is a better option to use in floor heating when renovating buildings: an electronic or water circulation system. The secondary purpose was to introduce the stages of constructing floor heating.</p> <p>For the primary aim, the cost factors of electronic and water circulation floor heating were compared. Both the cost of installing either type of floor heating, and the operating costs for both were studied for a case building.</p> <p>The steps of the implementation of floor heating were recorded to offer a comprehensive understanding of floor heating. With the description, the thesis provides information for both interested lay people and those involved in the construction industry.</p> <p>The results indicate that the lower initial costs of electronic floor heating are lost over time due to the overall cost-efficiency of district heating. Thus, the total costs for water circulation floor heating will be cheaper in the long-term. Once water circulation floor heating has paid itself back in comparison to electronic floor heating, it still has a 8-13 year lifecycle left. Therefore, the water circulation system is more cost-efficient for housing associations than electronic floor heating.</p>	
Keywords	floor heating, water circulated floor heating, building renovation

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Esimerkkikohde	2
3	Lattialämmitys	4
3.1	Yleistä lattialämmityksestä	4
3.2	Lattialämmityksen toiminta	4
3.2.1	Sähkötoiminen lattialämmitys	5
3.2.2	Vesikiertoinen lattialämmitys	5
3.2.3	Ilmakiertoinen lattialämmitys	6
4	Lattialämmityksen suunnittelu	7
4.1	Suunnitteluun vaikuttavat asiat	10
4.1.1	Käyttötarkoitus	10
4.1.2	Käyttäjän tarpeet	10
4.1.3	Ilmanvaihto	10
4.1.4	Rakennuksen sijainti	11
4.2	Mitoitus	12
4.2.1	Rakennuksen vaipan pinta-alan laskeminen	14
4.2.2	Rakennuksen lämpöhäviöiden laskenta	15
4.3	Lämmitystehontarve	20
4.4	Huonekohtainen lämmöntarve	27
4.5	Keskimääräinen lämmöntarve lattiapinta-alaa kohden	28
4.6	Putkitus ja piirit	28
4.7	Virtaamat ja esisäätöarvot	30
4.8	Lattialämmitysjärjestelmän laitteiston mitoitus	32
4.9	Suunnitelma-asiakirjat	32
4.9.1	Piirustukset	32
4.9.2	Työselostus	34
5	Sähköisen lattialämmityksen suunnittelu ja asennus	34
5.1	Sähköisen lattialämmityksen suunnittelu	34
5.2	Sähköisen lattialämmityksen asennus	36

6	Vesikiertoisen lattialämmityksen asennus korjausrakentamiskohteessa	36
6.1	Vesikiertoisessa lattialämmityksessä käytettävät materiaalit ja tarvikkeet	37
6.2	Asennustöiden kulku	43
6.2.1	Purkutyöt	43
6.2.2	Lämmönvaihdinpaketin asennus	44
6.2.3	Runkoputkien asennus	45
6.2.4	Linjanousujen asennus	45
6.2.5	Lattialämmityspiirin asennus	45
7	Käyttöönotto	47
7.1	Täyttö	47
7.2	Ilmaus	48
7.3	Painekoe	48
7.4	Perussäätö	49
7.4.1	Vesivirtojen säätö	49
7.4.2	Lämpötilojen säätö	49
7.4.3	Lämmityskaudella tehtävät säädöt	50
8	Tutkimusosio	51
8.1	Vertailtavan kohteen tiedot	51
8.2	Suunnittelukustannukset	52
8.2.1	Suunnittelukustannusten vertailu	52
8.2.2	Suunnittelukustannusten tulos	52
8.3	Rakennuskustannukset	53
8.3.1	Vesikiertoisen lattialämmityksen rakennuskustannukset	53
8.3.2	Sähköisen lattialämmityksen rakennuskustannukset	54
8.3.3	Rakennuskustannusten tulos	55
8.4	Energiakustannukset	55
8.4.1	Vesikiertoisen lattialämmityksen energiakustannukset	55
8.4.2	Sähkötoimisen lattialämmityksen energiakustannukset	59
8.4.3	Energiakustannuksien tulos	61
8.4.4	Rakennuskustannusten ja ostoenergiankulutuksen ero	62
8.4.5	Energiakustannusten tulos	63
9	Päätelmät	63
	Lähteet	65

Liitteet

Liite 1. LVI-työselostuksen sisällysluettelo

Liite 2. Linjasäätöventtiilin säätökäyrät Oras

Liite 3. Painehäviötaulukot muovi- ja kupariputkelle

Lyhenteet ja käsitteet

Ilmastointi	Ilmanvaihtojärjestelmä, jossa on mahdollisuus kierrättää rakennukseen viileämpää ilmaa esim. kesällä.
Legionella-bakteeri	Haaleassa käyttövedessä leviävä tarttuva bakteeri, joka voi aiheuttaa vakavaa keuhkokuumetta.
LTO	Lämmön talteenotto, yleinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä. Kytetään rakennuksesta poistettavan ja tulevan ilman väliin. LTO siirtää lämpöä poistoilmasta tuloilmaan erilaisten lämmönsiirtimien kautta esim. levylämmönsiirrin.
Poistoilmanvaihto	Ilmanvaihtojärjestelmä joka poistoilmapuhallin puhaltaa rakennuksesta ilmaa ulos likaisten tilojen kautta (WC, kylpyhuone, keittiö).
Tulo- ja poistoilmanvaihto	Ilmanvaihtojärjestelmä, joka on sekä tuloilmalle että poistoilmalle puhallin, joka koneellisesti kierrättää ilmaa rakennuksessa.
Urakkaohjelma	Urakkaohjelma on asiakirja, jossa on määritelty rakennushankkeen suorittamiseen vaadittavat tiedot, eli mm. tilat jossa rakennustöitä tehdään ja mitä osia tai laitteita tullaan rakentamaan tai asentamaan, käytettävät materiaalit, sekä laitteet. Asiakirjan avulla urakoitsija saa tarvittavat lähtötiedot siitä minkälainen rakennushanke on kyseessä

1 Johdanto

Opinnäytetyön ensisijaisena tarkoituksena on saada selville tutkimustulos, josta selviää, onko sähköinen vai vesikiertoinen lattialämmitysmuoto parempi korjausrakentamiskohteessa. Toissijaisena tarkoituksena on esitellä lattialämmityksen toteutuksen eri vaiheet suunnittelusta käyttöönottoon asti.

Ensisijaisen tuloksen selvittäminen pitää sisällään sähköisen ja vesikiertoisen lattialämmityksen eroavaisuuksien vertailua kustannuksien näkökulmista. Tutkimuksessa selvitetään sähköisen ja vesikiertoisen lattialämmityksen erot toteutuskustannuksissa sekä käyttökustannuksissa korjausrakentamiskohteessa.

Toissijaisen tarkoituksen saavuttamiseksi työssä käsitellään lattialämmityksen toteutus siinä järjestyksessä, jossa se rakennushankkeessa tulee suorittaa. Näin ollen lukija saa käsityksen lattialämmitystä koskevasta laajemmasta kokonaisuudesta sekä kokonaisuuden muodostavista tarkemmista yksityiskohdista.

Tekstiosio pitää sisällään lattialämmityksen toiminnan, sekä lattialämmitysmuotojen esittelyn. Lattialämmityksen suunnittelu esitellään läpi tarkasti vaiheittain, siinä järjestyksessä jossa ne suunnittelua tehdessä suoritetaan. Vesikiertoisen lattialämmityksen asennus esitellään tyypillisessä 1960–1970-luvun linjasaneerauskohteessa.

Idea opinnäytetyöhön syntyi yhdessä työnantajani kanssa. Työmailla käydyt keskustelut lattialämmityksen vaihtoehtoista toimivat virikkeenä siihen, että kiinnostuin tekemään opinnäytetyön vesikiertoisesta lattialämmityksestä.

2 Esimerkkikohte

Esimerkkikohteen esittely

Opinnäytetyön esimerkkikohteenä toimii Helsingin Haagassa sijaitseva vuonna 1966 rakennettu asuinkerrostalo. Kerrostalossa on 3 asuinkerrosta sekä kellarikerros, 2 erillistä rappua ja huoneistoja yhteensä 27. Rakennuksen lämmitysmuotona toimii kaukolämpö. Ilmanvaihto on toteutettu painovoimaisesti.

Rakennuskohteessa on suoritettu putkiremontti välillä 2014–2015. Rakennustyöt suoritettiin perinteisen linjasaneerausrakennustavan mukaisesti. Taloteknisellä puolella vesijohdot ja viemärit purettiin ja vaihdettiin uusiksi.

Ilmanvaihdon osalta muutoksia tehtiin taloyhtiön sauna ja pesutiloissa. Tilojen puutteellinen ilmanvaihto uusittiin asentamalla kuhunkin tilaan oma poistokanava ja saunatilaan asennettiin tuloilmalle magneettinen tuloilmaelin. Muissa tiloissa ilmanvaihdon pääte-elimet vaihdettiin sekä hormit nuohottiin.

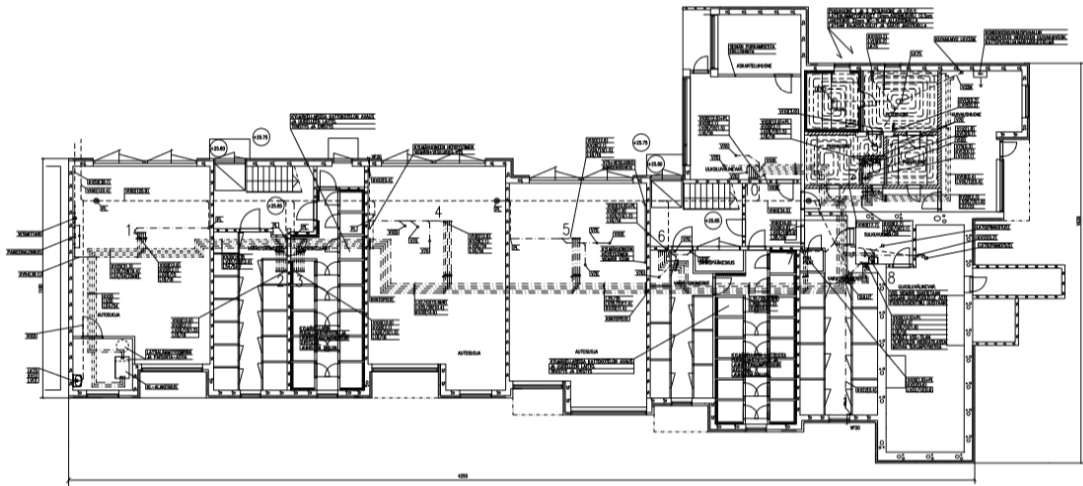
Kohteessa kylpyhuoneiden lämmitys muutettiin vesikiertoisesta patterilämmityksestä vesikiertoiseen lattialämmitykseen. Taloyhtiön sauna-, pesuhuone- sekä pukuhuonetilat liitettiin myös vesikiertoisen lattialämmityksen piiriin, mutta rinnalle jätettiin vesikiertoinen patterilämmitys.

Rakennuskohteen pääurakoitsijana sekä putkiurakoitsijana toimi Mihaka Oy. Rakennuskohteen suunnittelusta vastasi Suomen Talokeskus Oy.

Kuvassa 1 on esitetty esimerkkikohte ulkoa päin ja kuvassa 2 on esitetty saman esimerkkikohteen pohjakuva.



Kuva 1. Esimerkkikohde Helsingin Haagassa [25]



Kuva 2. Esimerkkikohteen pohjakuva [25]

3 Lattialämmitys

3.1 Yleistä lattialämmityksestä

Lattialämmitys on nykypäivänä uudisrakentamisessa yksi käytetyimmistä lämmönsiirtomuodoista. Syynä tähän on lattialämmityksen kattavat hyvät ominaisuudet. Lattialämmitystä voidaan käyttää rakennuksen päätoimisena lämmönjakotapana tai se voidaan kytkeä toimimaan toisen lämmönjakotavan kanssa, esim. rinnakkain pattereiden kanssa. Tämä mahdollistaa, että lattialämmitystä voidaan käyttää ns. mukavuuslämmityksenä esim. pesu- ja wc-tiloissa.

Lattialämmityksen kanssa voidaan käyttää lähes kaikkia nykyajan lattian pintamateriaalivaihtoehtoja mm. laatoitukset, laminaatit, kumimatot ja puuparketit. Pintamateriaalivaihtoehtojen yhteydessä on hyvä kuitenkin varmistaa tuotteen valmistajalta materiaalin soveltuvuus lattialämmitykseen. [1, s. 1.]

Lattialämmitys soveltuu myös korjausrakentamiskohteisiin. Tosin saneerauskohteissa lattialämmityksen toteutus vaikeutuu huomattavasti niin suunnittelun, kuin rakentamisenkin puolesta. Vanhat rakenteet eivät välttämättä sovellu lattialämmitykselle tai rakenteiden lämmöneristyskyky ei vastaa nykyisiä vaatimuksia. Silloin joudutaan saneerauksen yhteydessä päivittämään rakenteita tai rakenteiden lämmöneristyskykyä, jotta lattialämmityksen asennus olisi mahdollista. Hyvän, tarkan ja toimivan suunnitelman, sekä järjestelmän mitoitus- ja toteutuksen tekeminen vaikeutuu, sekä kokonaiskustannukset kasvavat.

3.2 Lattialämmityksen toiminta

Lattialämmityksen voi toteuttaa joko vesi-, tai ilmakiertoisena tai sähkötoimisena. Kaikki nämä kolme tapaa toimivat lämmönsiirron puolesta samalla periaatteella: Lattialämmityspiiri lämmittää lattialaattaa, mikä puolestaan luovuttaa lämpöenergiaa lattian kautta huoneilmaan. Tämän vuoksi lattialämmitystä pidetäänkin mukavuuden puolesta yhtenä parhaimmista lämmitysmuodoista, sillä lattiasta lämpö jakautuu tasaisesti huoneeseen ja oleskelu alueelle ei tule lämpötilaeroja eikä synny ns. ”vedon tunnetta”. Ihmiskeho aistii lämpimän lattian myös mukavana jalan alla. Lämpimän ilman noustessa ylöspäin

se jäähtyy muutaman asteen verran, joten ihmisen pään korkeudessa ilma ei tunnu kuumalta. 24 °C:n lämpöinen ilma lattian tasolla on pään korkeudelle noustessa 21–22 °C, mikä on sisäilmaluokitus 2008 mukaan terveellisen sisäilman lämpötila. [2, s. 457]

3.2.1 Sähkötoiminen lattialämmitys

Sähköisessä lattialämmityksessä lattialaatasta kiertää sähkökaapeli. Kaapeli toimii vas-
tuksena ja lämpenee sähkövirran tehohäviöllä. Huonetiloihin asennetaan termostaatit, joilla säädetään tilan lämmitystehoa. [3]

Saneerauskohteissa sähköisen lattialämmityksen etuna on, se että lattialaatasta kiertävä sähkökaapeli on halkaisijaltaan huomattavasti pienempi kuin vesi- tai ilmakiertoisen lattialämmityksen putkisto, joten lattiavalua ei tarvitse korottaa niin paljoa. Sähköisen lattialämmityksen aiheuttama korotus lattiaan voi jäädä jopa alle 10 mm, jolloin yleensä vältetään ovien ja kynnysten korotukset. Jos ovia joudutaan korottamaan, se yleensä aiheuttaa väliseinien maalauksen ja ovien listoituksen uudelleen.

3.2.2 Vesikiertoinen lattialämmitys

Vesikiertoinen lattialämmitys liitetään lämmitysverkostoon. Aikoinaan vesikiertoinen lattialämmitys liitettiin käyttövedeen, mutta nykypäivänä niin ei saa tehdä. Käyttövedeen liitetty vesikiertoinen lattialämmitys alentaa lämpimän käyttöveden lämpötilaa. Mikäli lämpimän käyttöveden lämpötila laskee liian alas voi se mahdollistaa legionella-bakteerin muodostumista. Toisena syynä on, että lämpimän käyttöveden ohjeellinen lämpötilan alaraja on +50 °C, mikä taas on vesikiertoiselle lattialämmitykselle liian korkea. Yli +50 °C:n vesi on muoviputkesta tehdylle lattialämmityspiirille liian kuumaa. Verkoston menoveden lämpötilan yläraja on +38 °C muoviputkella tehdylle lattialämmityspiirille. Liian kuumen veden kiertäessä lattialämmityspiirissä lattia lämpenee liikaa. Tämän takia lattia voi tuntua epämiellyttävän kuumalta, sekä liian lämmin lattia voi myös vaurioittaa lattia rakenteita ja pintamateriaaleja. [1, s. 1.]

Vesikiertoisessa lattialämmityksessä on lattiavaluun asennettu kiertämään putkipiiri. Putkipiirissä virtaavana aineena kulkee vesi. Putkiston materiaalina on ennen käytetty kuparia, mutta nykyään putkisto tehdään yleisimmin muoviputkella tai muovipäälysteisellä kupariputkella. Muoviputkea käytetään sen edullisuuden takia verrattuna kupariin, sillä kupari on materiaalina huomattavasti kalliimpaa kuin muovi. [1, s. 2.]

Putkisto asennetaan lattiaan 15–30 cm:n välein, riippuen huoneeseen tarvittavasta lämpötehosta. Mitä enemmän lämpötehoa tarvitaan, sitä tiheämpi tulee olla putkiston asennusvälin. [3]

Vesikiertoisen lattialämmityksen säädön hoitaa jakotukki, minkä kautta jokainen putkiipiiri kiertää. Jakotukissa on säätöventtiileitä, mitkä säätävät kullekin putkiipiirille menevää vesivirtaa. Yleensä säätö on toteutettu huonetermostaattien avulla. Tämä tarkoittaa, että huoneeseen on asennettu termostaatti, mikä antaa ohjausviestin säätöventtiilille. Säätöventtiili, joko lisää tai laskee virtausta putkiipiirille termostaatin antaman käskyn mukaan. Näin ollen putkiipiiri lämpenee aina huoneen lämmitystarpeen mukaan. [1, s. 7.]

Vesikiertoisen lattialämmityksen hyviin ominaisuuksiin kuuluvat mm. sen monipuolinen käyttömahdollisuus. Lattialämmitysputkiin voikin liittää käytännössä minkä tahansa nykyajan lämmöntuottotavan, esim. kattilalämmityksen, kaukolämmön, maalämmön tai suoransähkölämmityksen. Näin ollen lattialämmityspiiriä ei tarvitse lämmitysmuodon muutoksen yhteydessä uusia, vaan riittää, että vanhoihin putkiipiireihin liittää uuden lämmöntuottotavan. [1, s. 1.]

3.2.3 Ilmakiertoinen lattialämmitys

Ilmakiertoinen lattialämmitys toimii muutoin samalla periaatteella, kuin vesikiertoinen lattialämmitys, mutta kuitenkin sillä erolla, että kiertävänä lämmönsiirtoaineena toimii ilma. Ilma kiertää suljetussa piirissä, eikä näin ollen pääse sekoittumaan sisäilmaan. Lämpöä putkistoon siirtää lattiaan upotettu lämmönsiirtoyksikkö. [2, s. 457.]

Ilma on lämmönsiirto aineena huonompi kuin vesi, sillä ilman ominaislämpökapasiteetti on pienempi. Tämä tarkoittaa, että sama massa ilmaa samalla lämpötilan muutoksella luovuttaa ja sitoo vähemmän lämpöenergiaa kuin vesi. Jotta ilmakiertoisesta lattialämmityksestä saataisiin saman verran tehoa lämmitykseen kuin vesikiertoisesta tai sähköisestä lattialämmityksestä, joudutaan lattialaataassa kiertävän putkiipiirin putken halkaisijaa kasvattamaan. Korjausrakentamisessa tästä voi koitua ongelmia, sillä lattiakoron noustessa ylemmäs huonekorkeus madaltuu. Ilmalämmitysputkiston asentaminen lattiaan aiheuttaa tavallisesti myös muutostöitä oviin ja väliseiniin. [3]

Ilmakiertoisen lattialämmityksen hyvänä puolena verrattuna yllä oleviin järjestelmiin on se, että mikäli putkisto vioittuu, esim. siihen tulee reikä, ei tarvitse ryhtyä korjaustoimenpiteisiin, koska virtaavana aineena toimii ilma veden sijasta. [2, s. 457.]

4 Lattialämmityksen suunnittelu

Nykypäivänä ihmiset viettävät enemmän aikaa sisätiloissa, minkä vuoksi sisäilman laatuun on alettu kiinnittää enemmän huomiota. Lämmitysjärjestelmä pitää suunnitella ja toteuttaa sillä tavoin, ettei sen toiminnasta aiheudu haittaa rakennuksen käyttäjille. Tämä tarkoittaa sitä, että lämmitysjärjestelmä ei saa aiheuttaa pölyä nostattavia ilmavirtauksia ja rakennuksen lämmittimet on asennettava, niin etteivät ne estä rakennuksen puhtaana pitoa. Lattialämmitys on lämmitysjärjestelmänä hyvä ratkaisu, sillä rakennuksen oleskelutiloihin ei tule siivousta haittaavia pattereita tai muita laitteita. Oikein suunniteltu ja asennettu lattialämmitys luovuttaa lämpöä tasaisesti lattiasta huoneilmaan, eikä haitallisia ilmavirran pyörteitä synny ja näin ollen lattialla oleva pöly ei pääse leviämään ilmavirtausten mukana. [2, s. 457.]

Vesikiertoisen lattialämmityksen suunnittelusta ja mitoituksesta vastaa LVI-suunnittelija. Ennen kuin suunnittelija voi aloittaa lattialämmityssuunnitelman tekemisen, tulee hänen selvittää suunniteltavan rakennuskohteen tiedot. Selvitettäviin tietoihin kuuluvat rakennuksen käyttötarkoitus, käyttäjän tarpeet, ilmanvaihdon toteutustapa, sekä rakennuksen sijainti. Tämän jälkeen voidaan aloittaa suunnittelun laskentavaihe, missä suoritetaan rakennuksen rakenteiden lämpöhäviölaskenta. Lämpöhäviölaskennan jälkeen päästään suunnittelun seuraavaan laskenta vaiheeseen, missä selvitetään rakennuksen lämmitystekohantarve. Laskelmien jälkeen voidaan aloittaa suunnittelun asiakirjojen teko. Asiakirjoihin kuuluvat lattialämmityspiirustus sekä piirustusta täydentävä työselostus. [2, s. 458.]

Vaikka vesikiertoisen lattialämmityksen suunnittelusta vastaakin LVI-suunnittelija, tulee hänen tehdä yhteistyötä rakennuksen sähkö- ja rakennesuunnittelija kanssa. Mikäli järjestelmä pitää sisällään automatiikkaa, kuuluu yhteistyötä tehdä vielä automatiikkasuunnittelijankin kanssa.

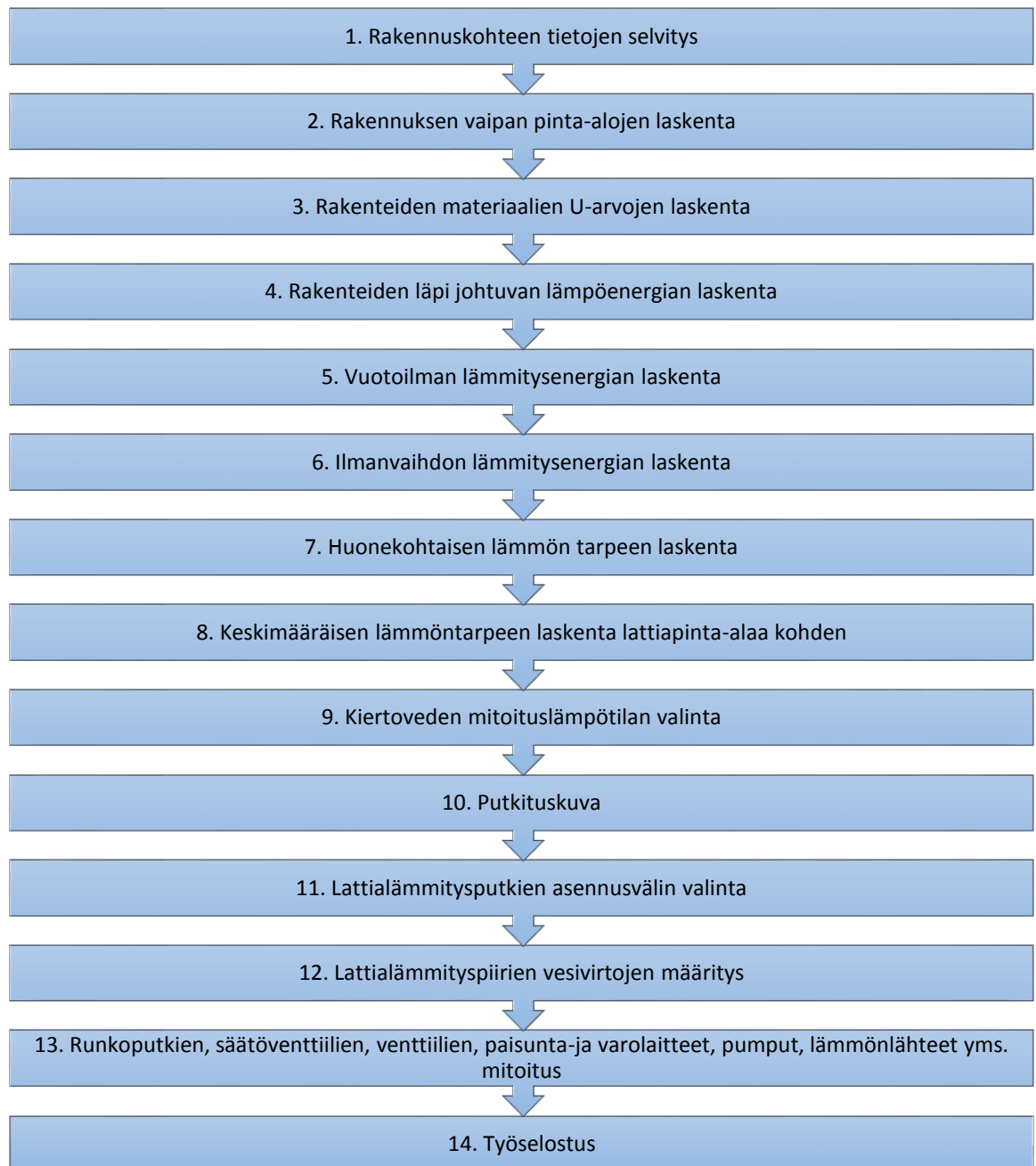
Sähkösuunnittelijalle ilmoitetaan lattialämmitysjärjestelmän termostaattien ja toimilaitteiden paikkojen sijainnit. Sähkösuunnittelija tarkastaa, että termostaatit ja toimilaitteet ovat sijoitettu lopullisten lattialämmityssuunnitelmien mukaan oikeisiin paikkoihin. [2, s. 458.]

Korjausrakentamiskohteissa lattialämmitysjärjestelmän asennuksen yhteydessä tehdään usein rakennukseen rakenteellisia muutoksia, näin ollen rakennesuunnittelijalle tulee ilmoittaa lattialämmityspiirien sijainnit ja vaikutusalueet. [1, s. 3.]

Lattialämmitysjärjestelmä pitää sisällään yleensä automatiikkaa mikä säätelee lattialämmitysjärjestelmän toimintaa. Automatiikkasuunnittelija suunnittelee automatiikan toiminnan. Automatiikan tavoite on tuottaa lämpöä mahdollisimman tehokkaasti ja säästää energiaa riippumatta rakennuksessa käytettävästä lämmitysmuodosta. Vesikiertoisessa lattialämmityksessä automatiikkaa voi olla lämmönsiirrinpaketissa tai jakotukkien säätöelimissä. [4]

Lattialämmityssuunnitelman kulku tapahtuu kuvion (1) mukaan. Suunnitelman teko aloitetaan rakennuksen tietojen selvittämisestä. Tietojen selvityksen jälkeen suoritetaan suunnitelman laskelmat. Laskelmien jälkeen voidaan piirtää järjestelmän putkituskuvat ja määrittää lattialämmityspiirin asennusvälit sekä lämmityspiirien vesivirrat. Näiden jälkeen voidaan mitoittaa lattialämmitysjärjestelmän laitteisto ja viimeiseksi tehdään järjestelmää koskeva työselostus.

Suunnittelun kulku:



Kuvio 1. Lattialämmityssuunnitelman kulku

4.1 Suunnitteluun vaikuttavat asiat

4.1.1 Käyttötarkoitus

Lattialämmityksen suunnittelu aloitetaan, siitä että määritellään rakennuksen käyttötarkoitus. Rakennukselle erilaisia käyttötarkoituksia voivat olla mm. asuinrakennus, liikeraennus, toimistorakennus, teollisuusrakennus ja varastorakennus. Käyttötarkoituksella on merkittävä vaikutus lattialämmityksen vaatimuksille kussakin kohteessa. Käyttötarkoitus vaikuttaa rakennuksen lämpötiloihin, joiden mukaan lämmitysjärjestelmä mitoitetaan oikeaksi. [2, s. 457.]

4.1.2 Käyttäjän tarpeet

Käyttäjän tarpeet tulee ottaa huomioon lattialämmityksen suunnittelussa. Tämä saadaan parhaiten toteutettua suunnittelemalla lattialämmitykselle hyvät säätömahdollisuudet, näin ollen käyttäjä voi säätää lämmitystä tarpeidensa mukaan. [2, s. 457.]

4.1.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon toteutustapa pitää selvittää suunnittelua tehdessä, sillä ilmanvaihdon toteutustapa vaikuttaa lattialämmityksen mitoitukseen. Erilaisia ilmanvaihtotapoja rakennuksessa ovat painovoimainen ilmanvaihto tai koneellinen ilmanvaihto. Koneellisia ilmanvaihtojärjestelmiä on erilaisia, niitä ovat poistoilmanvaihto, tulo- ja poistoilmanvaihto sekä ilmastointi.

Vastaus siihen miten suuri merkitys ilmanvaihdolla on lattialämmityksen suunnittelussa ja mitoituksessa, riippuu siitä, onko ilmanvaihtojärjestelmässä lämmöntalteenottoa (LTO) vai ei sekä onko ilmanvaihtojärjestelmässä esilämmitetty tuloilma vai ei. Mikäli ilmanvaihtojärjestelmässä ei ole LTO:a, voi ilmanvaihdon kautta poistua peräti n. kolmannes rakennuksen lämmittämiseen käytetystä energiasta. Tämä taas vaikuttaa siihen, että lämmitysjärjestelmä joutuu lämmittämään tiloja enemmän, sillä ilmanvaihdon kautta lämmin ilma kulkeutuu ulos rakennuksesta. [1, s. 1.]

Esilämmitetyn tuloilman vaikutus suunnitteluun johtuu siitä, että talvella ilmanvaihtojärjestelmä ottaa raitisilmaa ulkoa ja puhaltaa sitä rakennuksen huonetiloihin. Kylmä tuloilma voi aiheuttaa epämiellyttävää vedon ja kylmän tuntua. Ilmanvaihtoon asennettu

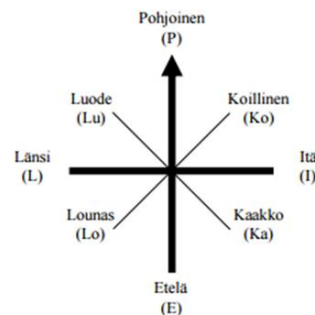
tuloilman esilämmitys lämmittää tuloilman, ja näin ei synny vedon tai kylmän tuntua. Ongelma voidaan myös ratkaista ilmanvaihdon oikealla suunnittelulla. Tuloilman esilämmitys voidaan toteuttaa joko LTO:n avulla tai liittämällä esilämmityspatteri lämmitysjärjestelmään. Mikäli esilämmityspatteria on liitetty lattialämmitysjärjestelmään, pitää sen toiminta ottaa suunnittelussa ja mitoituksessa huomioon. [1, s. 1.]

4.1.4 Rakennuksen sijainti

Sijainnilla tarkoitetaan rakennuksen maantieteellistä sijaintia kartalla. Tämä tulee tietää, sillä lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa käytetään ympäristöministeriön Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 olevia säävyöhykkeiden mitoitusarvoja (Kuva 3.). Mitoitusarvojen avulla saadaan eri puolilla Suomea sijaitseville rakennuksille erilaiset mitoituslämpötilat ja näin ollen rakennus saadaan toimimaan paremmin alueen vallitsevien sääolosuhteiden mukaan. [1, s. 1.]



Kuva L2.1. Säävyöhykkeet.



Taulukko L2.1. Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.		
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
I	-26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4

Kuva 3. SRMK D3 kuva 1.2.1 Säävyöhykkeet [20]

4.2 Mitoitus

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän mitoituksen tarkoitus on saada selville rakennuksen lämpimänä pitämiseen tarvittava lämmitysteho. Rakennuksen lämmitystehontarpeen selvityksen jälkeen voidaan rakennukseen valita oikean kokoinen lämmitysjärjestelmä ja mitoittaa järjestelmän toiminta optimaaliseksi.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 on kaavoja ja ohjeita rakennuksen lämmityksen energiantarpeen laskentaan. Kaavat ja ohjeet on asetettu SRMK D5:ssä käänteiseen järjestykseen. Ennen kuin pääsee laskemaan rakennuksen lämmityksentehontarpeen kaavaa, tulee ensin laskea muut kaavat ja näiden tulokset laittaa lämmityksentehontarpeen kaavaan. Kuviossa 2 on esitetty laskut siinä järjestyksessä, jossa ne pitää suunnitelmaa tehdessä suorittaa. Opinnäytetyössä suoritan laskelmat kuvion 2 mukaisessa järjestyksessä.

Suunnitelman laskentajärjestys:



Kuvio 2. Lattialämmityssuunnitelman laskentajärjestys

4.2.1 Rakennuksen vaipan pinta-alan laskeminen

Rakennuksen vaipalla tarkoitetaan rakennuksen niitä rakenneosia, jotka erottavat rakennuksen lämmöneristetyt tilat ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta. Vaipan eri osia ovat ulkoseinät, ikkunat, ovet, yläpohja ja alapohja. Näin ollen mitoitus tulee aloittaa selvittämällä rakennuksen vaipan pinta-alat. [5, s. 775.]

Rakennuksen vaipan pinta-alat lasketaan seuraavasti:

Alapohja: Alapohjan pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaan. Alapohjassa olevia aukkoja, rakenteita sekä läpivientejä, kuten kanavia, viemäreitä, vesijohtoja ei vähennetä alapohjan pinta-alasta. [6, s. 5.]

Yläpohja: Yläpohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti. Mikäli yläpohjassa on kattoikkunoita, vähennetään niiden pinta-alat yläpohjan pinta-alasta. Yläpohjassa olevia läpivientejä ei vähennetä yläpohjan pinta-alasta. [6, s. 5.]

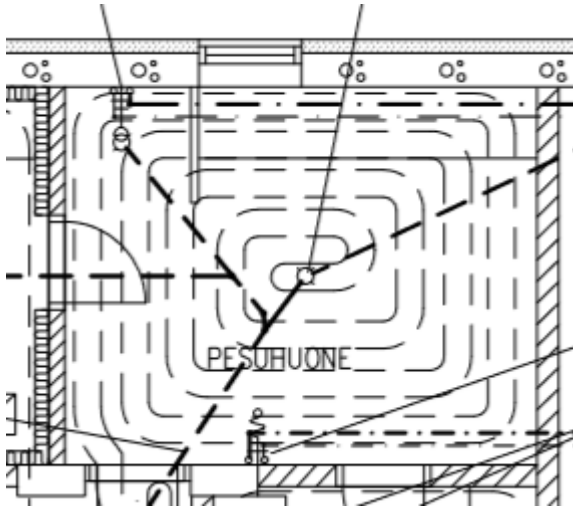
Välipohja: Välipohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaisesti. Porrasaukkoja tai muita aukkoja ei vähennetä välipohjan pinta-alasta. [6, s. 5.]

Ulkoseinät: Ulkoseinien pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaan alapohjan lattiapinnasta yläpohjan alapintaan. Ikkunoiden ja ovien pinta-alat vähennetään ulkoseinien pinta-alasta. [6, s. 5.]

Ikkunat ja ovet: Ikkunoiden ja ovien pinta-alat lasketaan karmien ulkomittojen mukaan. Mikäli rakennuksen julkisivussa tai katossa on rakennuksen muodosta merkittävästi poikkeava ikkuna esim. kupukattoikkuna, lasketaan pinta-ala yleisohjetta soveltamalla. [6, s. 5.]

Esimerkkilasku 1

Esimerkkikohteessa ainoa ikkunallinen, ulkoseinällinen sekä maanvarainen tila, johon asennettiin vesikiertoinen lattialämmitys, oli taloyhtiön yleisten tilojen pesuhuone. Tämän takia valitsen pesuhuoneen tarkasteltavaksi esimerkkihuoneeksi. Pesuhuone sijaitsee kellarikerroksessa, joten sen katto on välipohja, eli sitä ei oteta huomioon mitoituksessa. Esimerkkikohteen tarkasteltavan pesuhuoneen pohjakuva on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Pesuhuoneen pohjakuva [25]

Pinta-alat:

Ulkoseinän paksuus 0,35 m

Huonekorkeus 2,5 m

Lattia: $3,4 \text{ m} \times 2,7 \text{ m} = 9,18 \text{ m}^2$

Ikkuna: $0,75 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} = 0,5625 \text{ m}^2 \approx 0,56 \text{ m}^2$

Ulkoseinä: *ulkoseinä – ikkuna*

Seinä: $3,4 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} = 8,5 \text{ m}^2$

$8,5 \text{ m}^2 - 0,56 \text{ m}^2 = 7,9375 \text{ m}^2 \approx 7,94 \text{ m}^2$

4.2.2 Rakennuksen lämpöhäviöiden laskenta

Rakennuksen vaipan pinta-alojen selvittämisen jälkeen selvitetään rakennuksen lämpöhäviöt. Lämpöhäviöitä tapahtuu ulkoilmaan rakennuksen eri pintojen läpi johtamalla. Lämpöhäviöitä tapahtuu myös vuotoilmana eri rakenneosien välistä (nurkat, ikkunan pielet) sekä ilmanvaihdon kautta. Jotta pystytään laskemaan rakennuksen lämpöhäviöt, täytyy selvittää ensiksi rakenteiden lämmönläpäisykyvyt. Tämä tapahtuu siten, että selvitetään rakenteen materiaalit. Materiaaleista selvitetään lämmöneristyskyky eli U-arvo. Mitä pienempi rakenneosan U-arvo on, sitä parempi on osan lämmöneristys. U-arvon

yksikkö on SI-järjestelmän mukaisesti watti Kelvin-astetta ja neliometriä kohti eli $W/(K \cdot m^2)$. Rakenteen eri materiaalien U-arvot summataan yhteen ja siitä otetaan käänteisluku, jolloin saadaan selville yhden rakenneosan lämmönläpäisykyky. Sama toistetaan jokaisen rakenteen kohdalla erikseen, eli yläpohja, alapohja ja ulkoseinät jne. U-arvo lasketaan kuvan 5 kaavalla. [7]

Rakenteiden lämmönläpäisykerroin voidaan laskea, kun tiedetään rakenteen eri materiaalien lämmönjohtavuus ja paksuus. Yleensä seinä-, katto- ja lattiarakenteet koostuvat useasta eri kerroksesta, esim. pintamateriaalit, kantava rakenne ja lämmöneristys. Lämpövirran suhteen on tällöin peräkkäin erilaisia lämpövastuksia. Rakenteen lämpövastus lasketaan kuvan 5 kaavalla. Kokonaisvastus saadaan osavastusten summana. Ilman ja rakenteen pinnan välillä on myös ylimenovastus (R_{se} ja R_{si}). [8]

Esimerkkilasku 2

Kaava 1:

$$R = d/\lambda$$

R rakenteen lämpövastus [m^2K/W]
 D rakenteen paksuus
 λ aineen lämmönjohtavuus

$$U = 1/(R_{si} + R_{se} + R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

U rakenteen lämmönläpäisykerroin [W/m^2K]
 R_{si} sisäilman ja seinän ylimenovastus
 R_{se} ulkoilman ja seinän ylimenovastus
 $R_1 \dots R_n$ rakenneosien lämpövastukset

Kuva 5. Virtuaali ammattikorkeakoulun aineisto U-arvot [8]

Alapohjan U-arvo:

Esimerkkikohteen pesuhuoneen alapohjan rakenne on alhaalta ylöspäin seuraava:

- Tiivistetty sorahiekka
- Eristelevy, paksuus 8 cm
- Betonivalu, paksuus 9 cm
- Vedeneristys, paksuus 0,1 cm

- Kaakelilaatta, paksuus 0,67 cm
- Alapohjan paksuus yhteensä 17,77 cm.

Selvitetään alapohjan rakenne osien lämmönvastus (R). Kaavassa oleva lambda-arvo (λ) saadaan selville Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta C4 Lämmöneristys, Ohjeet 2003. [29]

$$\text{Eristelevy } R_1: R_1 = \frac{0,08}{0,13} = 0,61538 \left(\frac{m^2K}{W} \right) \approx 0,62 \left(\frac{m^2K}{W} \right)$$

$$\text{Betonivalu } R_2: R_2 = \frac{0,09}{0,19} = 0,47368 \left(\frac{m^2K}{W} \right) \approx 0,47 \left(\frac{m^2K}{W} \right)$$

SRMK C4:n taulukosta 2 saadaan lämpövirralle ylimenovastus alaspäin $R_{si}=0,17$ ja $R_{se}=0,04$ [30]

$$A_p: U = \frac{1}{0,17+0,04+0,61538+0,47368 \left(\frac{m^2K}{W} \right)} = 0,76979 \frac{W}{m^2k} \approx 0,77 \frac{W}{m^2k}$$

Ulkoseinän U-arvo

Ulkoseinässä on yksi ikkuna, joka on kooltaan 0,75 m x 0,75 m eli 0,56 m² ja ikkunan U-arvo on tyypillinen 1960-luvun 2-lasisen ikkunan mukainen eli 2,5 W/(m²K).

Esimerkkikohteen pesuhuoneen seinässä erikoista on se, ettei siinä ole lainkaan lämmöneristystä. Seinän rakenne ja paksuus on seuraava ulkoa sisälle päin:

- Betonirappaus, paksuus 10 cm
- Kantava betoniseinä, paksuus 25 cm
- Vedeneristys, paksuus 0,1 cm
- Kaakelilaatoitus, paksuus 0,65 cm
- Ulkoseinän paksuus yhteensä 35,75 cm.

Selvitetään seinän rakenneosien lämmönvastus (R). Kaavassa oleva lambda-arvo (λ) saadaan selville Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta C4 Lämmöneristys, Ohjeet 2003. [29]

$$\text{Betonirappaus } R_3: R_3 = \frac{0,1}{1,2} = 0,08333 \dots \left(\frac{m^2K}{W}\right) \approx 0,083 \left(\frac{m^2K}{W}\right)$$

$$\text{Kantava betoniseinä: } R_4: R_4 = \frac{0,25}{0,55} = 0,4545 \left(\frac{m^2K}{W}\right) \approx 0,45 \left(\frac{m^2K}{W}\right)$$

SRMK C4:n taulukosta 2 saadaan lämpövirralle ylimenovastus vaakasuoraan $R_{si} = 0,13$ ja $R_{se} = 0,04$. [29]

$$U_s: U = \frac{1}{0,13+0,04+0,083+2,5+0,45\left(\frac{m^2K}{W}\right)} = 0,31174 \frac{W}{m^2K} \approx 0,31 \frac{W}{m^2K}$$

Rakennuksen rakenteiden läpi johtuvan lämpöenergian laskenta:

U-arvojen selvittämisen jälkeen siirrytään laskemaan johtumislämpöhäviötehoja eri rakennusosien läpi. Kuvan 6 kaavalla lasketaan jokaiselle rakennusosalle oma johtumislämpöhäviöteho (alapohja, yläpohja, ulkoseinä, ikkunat, ovet ja kylmäsillat).

Kaava 2:

$$\phi_i = \sum U_i A_i (T_s - T_{u,mit}) \quad (9.4)$$

$$\phi_{kylmäsillat} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_{u,mit}) \quad (9.5)$$

joissa

ϕ_i	johtumislämpöteho rakennusosan i läpi, W
$\phi_{kylmäsillat}$	johtumislämpöteho kylmäsillojen läpi, W
U_i	rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
A_i	rakennusosan i pinta-ala, m ²
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u,mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C
l_k	viivamaisen kylmäsillan pituus, m
Ψ_k	viivamaisen kylmäsillan lisäkonduktanssi, W/(m K).

Mitoitustilanteen ulkolämpötila valitaan rakennuksen sijaintipaikan mukaan säätietotaulukosta, joka on esitetty rakentamismääräyskokoelman osan D3 liitteessä 2.

Kuva 6. SRMK D5 kaava 9.4 ja 9.5 Johtumislämpöteho rakennusosan läpi [6]

Esimerkkilasku 3

$$\text{Alapohja: } \phi_{Ap} = 0,76979 \frac{W}{m^2K} * 9,18 m^2 * (21^\circ\text{C} - (-26^\circ\text{C})) = 332,13359W \approx 332W$$

$$\text{Ulkoseinä: } \phi_{Us} = 0,31174 \frac{W}{m^2K} * 7,9375 m^2 * (21^\circ\text{C} - (-26^\circ\text{C})) = 116,29850W \approx 116W$$

$$\text{Ikkuna: } \phi_{Ik} = 2,5 \frac{W}{m^2K} * 0,5625 m^2 * (21^\circ\text{C} - (-26^\circ\text{C})) = 66,09375W \approx 66W$$

Kylmäsilat

Pesuhuoneen ulkoseinä on keskellä ulkoseinää, eli siinä ei ole pystynurkkia, jotka muodostaisivat viivamaisia kylmäsiltoja. Pesuhuoneen katto on välipohja, joten se ei muodosta viivamaista kylmäsiltaa rakenteiden läpi ja sen voi täten jättää pois laskelmista. Sen sijaan ulkoseinän ja alapohjan välinen raja pitää ottaa huomioon mitoituksessa sekä ikkunan karmien rajojen muodostamat viivamaiset kylmäsilat.

Ulkoseinän ja alapohjan välinen viivamainen kylmäsilta K_{s1} :

$$\phi_{Ks1} = 3,4m * 0,24 \frac{W}{mK} * (21^\circ\text{C} - (-26^\circ\text{C})) = 38,352W \approx 38W$$

Ikkunan karmien viivamaiset kylmäsilat K_{s2} :

$$\phi_{Ks2} = 3m * 0,2 \frac{W}{mK} * (21^\circ\text{C} - (-26^\circ\text{C})) = 28,2W \approx 28W$$

Rakennuksen vaipan johtumislämpöhäviötehon laskenta:

Tässä osiossa rakennuksen vaipan eri osien johtumislämpöhäviöt lasketaan yhteen ja saadaan selville johtumislämpöteho rakennusvaipan läpi. Rakennuksen vaipan johtumislämpöhäviöt lasketaan kuvan 7 kaavalla.

Kaava 3:

9.2.1

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho lasketaan kaavalla (9.3)

$$\phi_{\text{joht}} = \phi_{\text{ulkoseinä}} + \phi_{\text{yläpohja}} + \phi_{\text{alapohja}} + \phi_{\text{ikkuna}} + \phi_{\text{ovi}} + \phi_{\text{muu}} + \phi_{\text{kylmäsillat}} \quad (9.3)$$

jossa

ϕ_{joht}	johtumislämpöteho rakennusvaipan läpi, W
$\phi_{\text{ulkoseinä}}$	johtumislämpöteho ulkoseinien läpi, W
$\phi_{\text{yläpohja}}$	johtumislämpöteho yläpohjien läpi, W
ϕ_{alapohja}	johtumislämpöteho alapohjien läpi, W
ϕ_{ikkuna}	johtumislämpöteho ikkunoiden läpi, W
ϕ_{ovi}	johtumislämpöteho ulko-ovien läpi, W
ϕ_{muu}	johtumislämpöteho tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta, W
$\phi_{\text{kylmäsillat}}$	johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi, W.

Lämpöhäviötehot rakennusosien läpi lasketaan jokaiselle rakennusosalle i kaavalla (9.4) ja lämpöhäviötehot kylmäsiltojen läpi lasketaan kaavalla (9.5)

Kuva 7. SRMK D5 kaava 9.3 Rakennusvaipan johtumislämpöhäviötehon laskenta [6]

Esimerkkilasku 4

Johtumislämpöteho rakennusvaipan läpi:

$$\phi_{\text{joht}} = 332,13359W + 116,29850W + 66,09375W + 38,352W + 28,2W = 581,08159W$$

$$\approx 581W$$

4.3 Lämmitystehontarve

Lämmitystehontarpeen mukaan mitoitetaan lattialämmitysjärjestelmän laitteet sekä putkistot. Lämmitystehontarve selvitetään laskennallisesti. Laskentaa varten on ohjeita Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 ja laskennan suorittamiseen on valmistettu erilaisia laskentataulukoita ja -ohjelmia, joita suunnittelutoimistot hyödyntävät lämmitysjärjestelmän mitoituksessa. [6]

Lämmitystehontarve määritteenä tarkoittaa sitä, kuinka paljon rakennuksen huoneiden lämmittämiseen ja lämpimänä pitämiseen tarvitaan energiaa. Rakennuksen todellisen

lämmitystehontarpeen tulee siis olla suurempi kuin rakennuksen kokonaislämpöhäviöt. [9]

Tarkennettuna lämmitystehon laskennassa määritellään rakenteiden läpi johtumalla siirtyvän lämmön ja ilmanvaihdon aiheuttaman lämpöhäviön korvaamiseen tarvittava energia aikayksikössä (teho). Lämmityslaitteiston mitoituksessa on lisäksi otettava huomioon järjestelmän hyötysuhde. On siis tiedettävä, kuinka paljon kiinteistöön tuotavasta energiasta (sähkö, öljy, kaukolämpö, maalämpö jne.) saadaan hyödyksi lämmitettävässä tilassa. [22]

Rakennuksen lämmittämiseen tarvittava teho riippuu rakennuksen koosta, muodosta, rakennusmateriaaleista, eristepaksuuksista, ikkunoiden ja ovien määrästä ja rakennuksen sijainnista, sekä ilmanvaihdon määrästä ja toteutustavasta. [22]

Opinnäytetyössä käsitellään 1960–1970-luvun rakennuksia. Kuvassa 8 esitetään, mistä tämän aikakauden rakennusten lämpöenergiatase koostuu.



Kuva 8. Rakennuksen lämpöenergiatase [28]

Vuotoilmavirran laskenta:

Vuotoilmavirta lasketaan kuvan 9 kaavalla.

Kaava 4:

3.3.2

Vuotoilmavirta lasketaan kaavalla (3.9)

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = \frac{q_{s0}}{3600 \cdot x} A_{\text{vaippa}} \quad (3.9)$$

jossa

$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
q_{s0}	rakennusvaipan ilmanvuotoluku, m ³ /(h m ²)
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala (alaphija mukaan luettuna), m ²
x	kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeimmille rakennuksille 15 kerroskorkeuden ollessa noin 3 m, -. Vain maapinnan yläpuoliset kerrokset otetaan huomioon.
3600	kerroin, joka muuttaa ilmavirran m ³ /h yksiköstä m ³ /s yksikköön.

Rakennusvaipan ilmanvuotolukuna q_{s0} voidaan käyttää lämmitysenergian tarpeen laskennassa arvoa 4 m³/(h·m²), ellei ilmanpitävyyttä tunneta. Taulukossa 3.5 esitetään tyypillisiä ilmanvuotoluvun arvoja eri rakennuksille.

Kuva 9. SRMK D5 kaava 3.9 Vuotoilmavirran laskenta [6]

Esimerkkilasku 5

Vuotoilmavirta:

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = \frac{4 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}^2}}{3600 * 20} * 1371 \text{m}^2 = 0,07617 \text{m}^3/\text{s} \approx 0,076 \text{m}^3/\text{s}$$

Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarpeen laskenta:

Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve lasketaan kuvan 10 kaavalla.

Kaava 5:

9.3.1

Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve lasketaan kaavalla (9.6)

$$\phi_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{vuotoilma}} (T_s - T_{u, \text{mit}}) \quad (9.6)$$

jossa

$\phi_{\text{vuotoilma}}$	vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, \text{vuotoilma}}$	vuotoilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u, \text{mit}}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila, °C.

Kuva 10. SRMK D5 kaava 9.6 Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarpeen laskenta [6]

Esimerkkilasku 6

Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve:

$$\phi_{vuotoilma} = 1,2 \frac{\text{kg}^3}{\text{m}} * 1000 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} * 0,07617 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * (21^\circ\text{C} - (-26^\circ\text{C})) = 4295,988\text{W}$$

$$\approx 4296\text{W}$$

Tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarpeen laskenta:

Esimerkkikohteessa ei ole ilmanvaihtokonetta, vaan ilmanvaihto on toteutettu painovoimaisesti. Näin ollen tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve vastaa koko ilmanvaihdon lämmitystehon tarvetta tarkasteltavassa huoneessa. Lasku suoritetaan kuvan 11 kaavalla.

Kaava 6:

9.4.1

Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve lasketaan kaavalla (9.7)

$$\phi_{tuloilma} = \rho_i c_{pi} q_{v, tulo} (T_s - T_{sp}) \quad (9.7)$$

jossa

$\phi_{tuloilma}$	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, tulo}$	tuloilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_{sp}	sisäänpuhalluslämpötila, °C.

Kuva 11. SRMK D5 kaava 9.7 Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarpeen laskenta [6]

Esimerkkilasku 7

Tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve:

$$\phi_{tuloilma} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1000 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} * 0,008 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * (21^\circ\text{C} - (-26^\circ\text{C})) = 451,2 \text{ W} \approx 451 \text{ W}$$

Korvausilmavirran laskenta:

Mikäli rakennuksessa olisi ilmanvaihtokone, laskettaisiin mitoittava korvausilmavirta seuraavasti kuvan 12 kaavalla.

Kaava 7:

9.5.2

Korvausilmavirta lasketaan kaavalla (9.9)

$$q_{v, korvausilma} = q_{v, poisto} - q_{v, tulo} \quad (9.9)$$

jossa

$q_{v, korvausilma}$	korvausilmavirta, m ³ /s
$q_{v, poisto}$	poistoilmavirta, m ³ /s
$q_{v, tulo}$	tuloilmavirta, m ³ /s.

Kuva 12. SRMK D5 kaava 9.9 Korvausilmavirran laskenta [6]

Korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarpeen laskenta:

Mikäli rakennuksessa olisi ilmanvaihtokone, laskettaisiin korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve kuvan 13 kaavalla.

Kaava 8:

9.5.1

Korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve lasketaan kaavalla (9.8)

$$\phi_{korvausilma} = \rho_i c_{pi} q_{v, korvausilma} (T_s - T_{u, mit}) \quad (9.8)$$

jossa

$\phi_{korvausilma}$	korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v, korvausilma}$	korvausilmavirta, m ³ /s
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{u, mit}$	mitoittava ulkoilman lämpötila, °C.

Kuva 13. SRMK D5 kaava 9.8 Korvausilman lämpenemisen lämpötehon tarpeen laskenta [6]

Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin tehon laskenta:

Mikäli rakennuksessa olisi ilmanvaihtokone, laskettaisiin ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin tehon tarve kuvan 14 kaavalla.

Kaava 9:

9.6.2

Koko rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän tarvitsema lämmitysteho lasketaan ilmanvaihtokoneittain kaavalla (9.10)

$$\phi_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_{sp} - T_{lto,mit}) \quad (9.10)$$

jossa

ϕ_{iv}	ilmavaihdon lämmityspatterin teho, W
ρ_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)
$q_{v,tulo}$	tuloilmavirta, m ³ /s
T_{sp}	sisäänpuhalluslämpötilä, °C
$T_{lto,mit}$	lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötilä mitoitusilanteessa, °C.

Kuva 14. SRMK D5 kaava 9.10 Koko rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän tarvitsema lämmitystehton laskenta [6]

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötilan laskenta:

Mikäli rakennuksessa olisi ilmanvaihtokone, jossa olisi lämmöntalteenotto, laskettaisiin ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila kuvan 15 kaavalla.

Kaava 10:

Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötila lasketaan kaavalla (9.11)

$$T_{lto,mit} = T_{u,mit} + \eta_{l,mit} (T_s - T_{u,mit}) \quad (9.11)$$

jossa

$T_{lto,mit}$	lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötilä mitoitusilanteessa, °C
$T_{u,mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötilä, °C
$\eta_{l,mit}$	lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitusilanteessa, -
T_s	sisäilman lämpötilä, °C.

Kuva 15. SRMK D5 kaava 9.11 Lämmöntalteenoton jälkeinen tuloilman lämpötilan laskenta [6]

Lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhteen laskenta mitoitustilanteessa:

Mikäli rakennuksessa olisi ilmanvaihtokone, jossa olisi lämmöntalteenotto, laskettaisiin ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhte mitoitustilanteessa kuvan 16 kaavalla.

Kaava 11:

9.6.3

Lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhte mitoitustilanteessa lasketaan kaavalla (9.12)

$$\eta_{t,mit} = \frac{\eta_{p,mit}}{R} \quad (9.12)$$

jossa

$\eta_{t,mit}$ lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhte mitoitustilanteessa, -
 $\eta_{p,mit}$ lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhte mitoitustilanteessa, -
 R tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan, -.

Kuva 16. SRMK D5 kaava 9.12 Lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhte mitoitustilanteessa, laskenta [6]

Lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhteen laskenta mitoitustilanteessa:

Mikäli rakennuksessa olisi ilmanvaihtokone, jossa olisi lämmöntalteenotto, laskettaisiin ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhte mitoitustilanteessa kuvan 17 kaavalla.

Kaava 12:

9.6.4

Lämmitystehon laskennassa otetaan huomioon poistoilman lämpötilasuhteen heikentäminen esimerkiksi ohittamalla lämmöntalteenotto, jotta lämmönsiirrin ei jäätyisi. Jäteilman lämpötilana mitoitustilanteessa käytetään ensisijaisesti valmistajan ilmoittamaa varmennettua arvoa. Mikäli valmistajan ilmoittamaa arvoa ei ole käytettävissä, voidaan tehontarpeen laskennassa jäätymisenestön rajoituslämpötilana käyttää kuivissa toimitiloissa jäteilman lämpötilaa 0 °C ja tavanomaisissa asuintiloissa +5 °C, jos jäätymis-suojaus ja käyttöolosuhteet sen sallivat.

$$\eta_{p,mit} = \frac{T_s - T_{jäte}}{T_s - T_{u,mit}} \quad (9.13)$$

jossa	
$\eta_{p,mit}$	lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa, -
T_s	sisäilman lämpötila, °C
$T_{jäte}$	jäteilman lämpötila, °C
$T_{u,mit}$	ulkoilman lämpötila mitoitustilanteessa, °C.

Jos lämmöntalteenotto kykenee nostamaan tuloilman lämpötilan korkeammaksi kuin tuloilman lämpötilan asetusarvo, kaavalla (9.10) laskettu arvo on negatiivinen. Tällöin tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarpeena käytetään arvoa 0 W.

Kuva 17. SRMK D5 kaava Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitustilanteessa, laskenta [6]

4.4 Huonekohtainen lämmöntarve

Huonekohtainen lämmöntarve laskennan avulla saadaan selville yhden huoneen lämmitykseen tarvittava teho. Tämän avulla pystytään valitsemaan huoneeseen oikean kokoinen/ tehoinen lämmönlähde (lattialämmityspiiri, patterit jne.). Tilojen lämmitysenergian tarve lasketaan kuvan 18 kaavalla 13.

Kaava 13:

Tilojen lämmitysenergian tarve lasketaan kaavalla (3.2)

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{iv,tuloilma} + Q_{iv,korvausilma} \quad (3.2)$$

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

Kuva 18. SRMK D5 kaava 3.2 Tilojen lämmitysenergiatarpeen laskenta [6]

Esimerkkilasku 8

Tarkasteltavana tilana toimii esimerkkikohteen pesuhuone.

$$Q_{joht} = 332 \text{ W} + 116 \text{ W} + 66 \text{ W} + 38 \text{ W} = 552 \text{ W}$$

$$Q_{tila} = 0,552 \text{ kWh} + 4,296 \text{ kWh} + 0,451 \text{ kWh} = 5,299 \text{ kWh} \approx 5,3 \text{ kWh}$$

4.5 Keskimääräinen lämmöntarve lattiapinta-alaa kohden

Kaava 14:

$$Q_{lattia} = \frac{Q_{tila}}{Lat. pint.}$$

Esimerkkilasku 9:

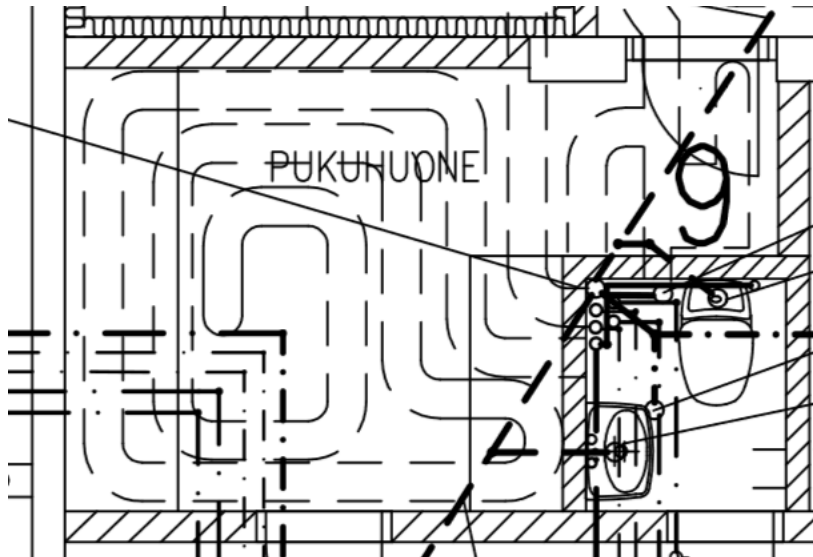
$$Q_{lattia} = \frac{5,299 \text{ kWh}}{9,18 \text{ m}^2} = 0,57723 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \approx 0,58 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$$

4.6 Putkitus ja piirit

Sen jälkeen kun on saatu lattialämmityksen mitoitus ja laskennat tehtyä, voidaan siirtyä piirustusten pariin. Ensiksi valitaan lattialämmityksen jakotukkien paikat. Jakotukit tulee sijoittaa paikkaan, josta niihin päästään käsiksi mutta jossa ne eivät ole rakennuksen käyttäjien edessä. Hyviä sijoituspaikkoja jakotukeille ovat mm. alaslasketun katon sisälle tarkastusluukun taakse, vaatehuoneeseen tai seinän sisään niin ikään tarkastusluukun taakse.

Jakotukkien asennuspaikkojen valinnan jälkeen piirretään runkoputkitus. Lattialämmityksen meno- ja paluurunkoputket piirretään lämmönsiirtimeltä jakotukkeihin.

Kun jakotukit on sijoitettu, voidaan piirtää lämmitettävien huoneiden lattialämmityspiirit. Lattialämmityspiiriä suunniteltaessa pitää määritellä asennustapa eli käytetäänkö rivi-, spiraali- vai tuplaspiraalijakoa. Kun tämä on määritelty, määritellään jaon asennusväli. Kuvassa 19 on annettu esimerkki lattialämmityspiirin putkituspiirustuksesta.



Kuva 19. Lattialämmityksen piiri [25]

Kuvan yhteyteen liitetään myös piirrosmerkkiselitys, josta käyvät selville lattialämmityksen vaikutusalueet, lattialämmityspiirin putkikoko, piirin asennusväli jakotukille tulevien runkoputkien koot, piirin teho, piirin virtaama, painehäviö sekä putkipiirin pituus. Piirrosmerkintäselityksestä on annettu esimerkki kuvassa 20.

JT 4	= Jakotukin tunniste
790 W	= Piirin teho
2 kpl TV	= Toimilaitteiden lukumäärä
12 mm	= Piirin putkikoko
22 mm/ 22 mm	= Jakotukin meno ja paluu putkien koot
12,5 cm	= Asennusväli
63 m	= Lattialämmityspiirin pituus
$q_v = 56 \text{ dm}^3/\text{h}$	= Lattialämmityspiirin virtaus
$P = 28 \text{ kPa}$	= Lattialämmityspiirin painehäviö

Kuva 20. Lattialämmityspiirin piirrosmerkintäselitys

Putkikokojen mitoitus

Vesikiertoisen lattialämmityksen putkikoot pitää valita kohteeseen oikeanlaisiksi, jotta veden virtaus on oikea jokaiselle putkihaaralle ja rakennus saadaan lämpiämään oikein ja tasaisesti. Mitä suurempi virtaus putkessa on, sitä enemmän putki luovuttaa lämpöä. Virtaus ei saa kumminkaan olla liian suuri, sillä silloin lämmityspiirin painehäviö on liian suuri. Putkikoko valitaan rakennustyyppin ja lattiarakenteiden mukaan. [30]

Lattialämmityspiirin putkikoko valitaan yleensä lattiarakenteen ja tarvittavan lämmitystehon mukaan, mutta korjausrakentamisessa kynnykskorkeuden minimoimisen takia yritetään piirit tehdä mahdollisimman pienellä putkella, esim. 12 mm:n muoviputkella.

Runkoputket valitaan virtauksen, tehon ja painehäviön mukaan putkimateriaalin määrittämistä taulukoista. En lähde tätä prosessia esittelemään opinnäytetyössä, sillä putkikokojen mitoitus tehdään nykypäivänä lähes aina tietokoneohjelmilla.

4.7 Virtaamat ja esisäätöarvot

LVI-suunnitelmaa tehdessä jokaiselle linjasäätöventtiilille lasketaan esisäätöarvo sekä virtaama, joka venttiilin läpi kulkee. Molemmat arvot merkataan piirustuksiin sekä venttiilin kylkeen näkyville.

Raja-arvoja virtaamille verkostossa ovat, että virtaus ei saa olla yli 0,8 m/s tai alle 0,15 m/s, sekä verkoston suurin painehäviö ei saa ylittää arvoa 150 Pa/m.

Verkoston virtaamat lasketaan hyödyntämällä tehon kaavaa, joka muunnetaan siten, että saadaan selville virtaus.

Kaava 15:

$$\Phi = \rho * c * q * \Delta T$$

Muunnettu kaava:

$$q = \frac{\Phi}{\rho * c * \Delta T}$$

q on virtaus (l/s)

\emptyset on teho (W)

ρ on veden tiheys, riippuu veden lämpötilasta (g/ cm³)

c on veden ominaislämpökapasiteetti, riippuu veden lämpötilasta (KJ/K*kg)

ΔT on meno- ja paluuveden lämpötilaero (°C)

Esimerkkilasku 10

Yhdessä linjassa on 4 kylpyhuonetta ja yhden kylpyhuoneen lämmitystehontarve on 450 W. Lasketaan linjassa virtaaman veden määrä.

Nousulinjan virtaama

$$q = \frac{450+450+450+450 (W)}{1000\left(\frac{g}{cm^3}\right)*4,2\left(\frac{KJ}{Kkg}\right)*(45^\circ C-35^\circ C)} = 0,0428571428 \frac{l}{s} \approx 0,043 \frac{l}{s}$$

Esimerkki:

- Virtaama: 0,043 l/s
- Nousulinjan pituus: 23 m

Virtaaman mukaan liitteestä 3 katsotaan kupariputken painehäviö metriä kohden. Lattia-lämmityksen nousulinja on tehty 18 mm:n kupariputkesta, joten painehäviöksi saadaan 0,043 l/s virtaamalla 45 Pa/m.

Nousulinjan pituus on 23 metriä, joten painehäviöksi saadaan

$$P = 45 \frac{Pa}{m} * 23 m = 1035 Pa \approx 1,035 kPa$$

Venttiilin valmistajan taulukosta katsotaan virtaaman ja painehäviön avulla venttiilille esisäätöarvo Liite 2. Taulukosta saadaan linjasäätöventtiin kv-arvoksi 1.58 ja esisäätöarvoksi 5.

4.8 Lattialämmitysjärjestelmän laitteiston mitoitus

Vesikiertoisen lattialämmityksen laitteisto mitoitetaan samalla tavalla, kuin muidenkin lämmitysjärjestelmien laitteet. Mitoitettaviin laitteisiin kuuluvat paisunta-astia, varolaitteet sekä kiertovesipumppu.

Kiertovesipumpun mitoitus kuuluu kaukolämmitetyssä rakennuksessa lämmönjakokeskuksen valmistajalle. Tästä syystä en lähde tekemään lattialämmityksen kiertovesipumpun mitoitusta.

Paisunta ja varolaitteet

Mitoitus suoritetaan ohjekortin Rakennustieto (LVI 11–10472) Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus mukaan. [26]

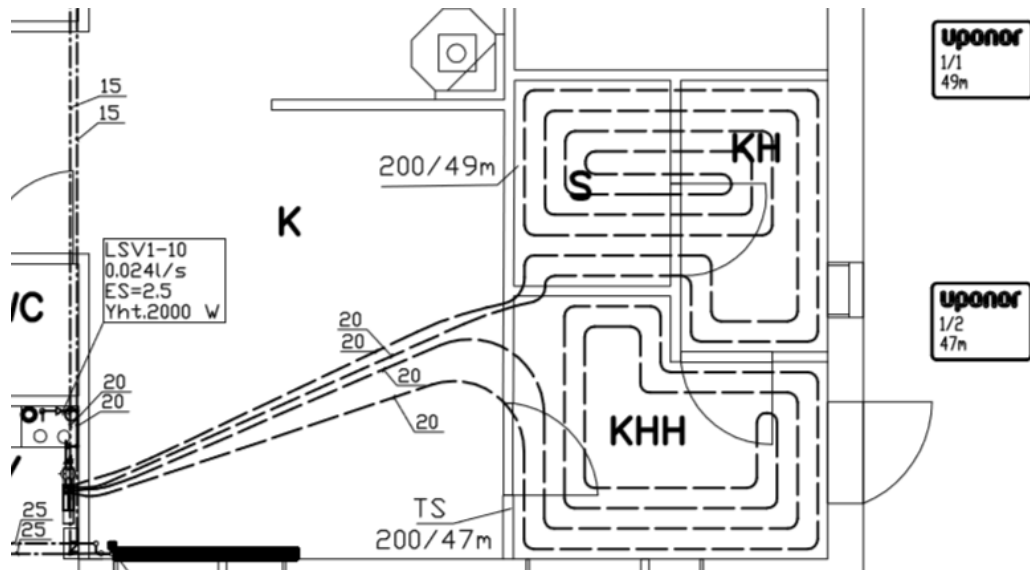
Paisunta- ja varolaitteiden mitoitusta en lähde opinnäytetyössä käymään läpi, sillä niiden mitoitus ei poikkea muista lämmitysjärjestelmistä. Ne eivät näin ollen ole asia tai kokonaisuus, joka vaatisi erityistä huomiota saneerauskohteissa tai vesikiertoisessa lattialämmitysjärjestelmässä.

4.9 Suunnitelma-asiakirjat

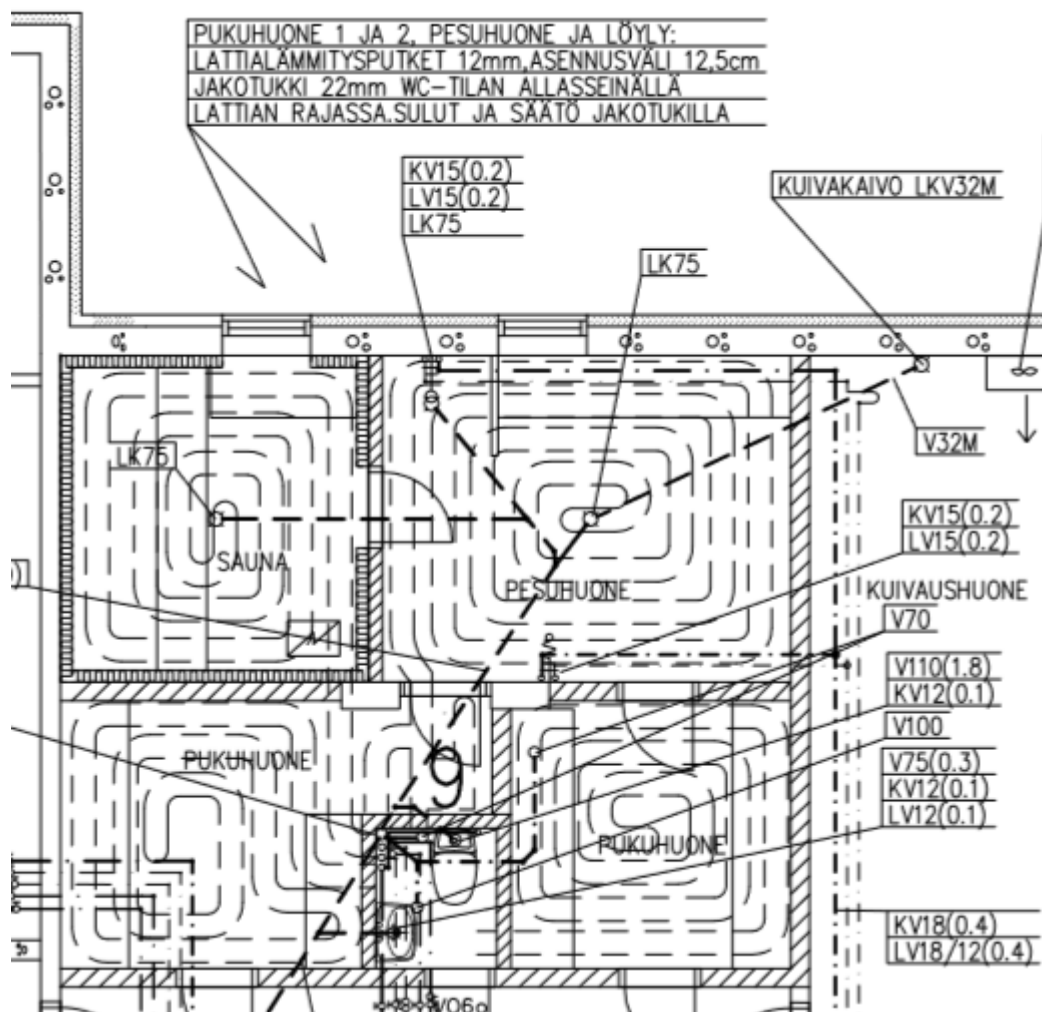
LVI-suunnitelma pitää sisällään asiakirjoja, joiden avulla urakoitsija pystyy laskemaan työnsä hinnan tarjouspyynnön yhteydessä. Asiakirjojen avulla urakoitsija pystyy myös rakentamaan järjestelmän oikein ja kohteeseen sopivaksi. Lattialämmityssuunnitelman asiakirjoihin kuuluvat piirustukset sekä työselostus.

4.9.1 Piirustukset

Lattialämmityspiirustukset tehdään nykypäivänä poikkeuksetta tietokoneohjelmilla. Piirustusten tekemiseen on kehitetty useampia suunnitteluohjelmia, esim. yksikäytetyimmistä MagiCAD-ohjelma. Kuvissa 21 ja 22 on esitetty esimerkit tietokoneohjelmilla tehdyistä lattialämmityspiirin putki- ja laitepiirustuksista.



Kuva 21. Esimerkki lattialämmityksen putkipiirustuksesta, piirustus tehty MagiCAD-ohjelmalla



Kuva 22. Esimerkki lattialämmityssuunnitelmasta [25]

4.9.2 Työselostus

LVI-työselostus on LVI-piirustuksia täydentävä asiakirja, mikä pitää sisällään täydentäviä tietoja LVI-järjestelmistä, niiden toiminnasta, säädöistä ja asentamisesta. Piirustukset ja työselostus eivät saa olla keskenään ristiriidassa. Työselostuksen laatii suunnittelija, joka suunnittelee rakennuksen LVI-järjestelmät. Opinnäytetyön liitteenä 1 on esimerkki LVI-työselostuksen sisällysluettelosta.

5 Sähköisen lattialämmityksen suunnittelu ja asennus

5.1 Sähköisen lattialämmityksen suunnittelu

Sähköisen lattialämmityksen suunnitelman tekee sähkösuunnittelija ja se aloitetaan samalla tavalla kuin vesikiertoisen lattialämmityksen suunnittelu, eli lasketaan rakennuksen lämpöhäviöt huone- tai tilakohtaisesti. [27]

Lämmitysteho määräytyy lämpöhäviöiden lisäksi sen mukaan, halutaanko lämmityksellä olevan varaavuutta vai onko se jatkuvasti toimiva. Jatkuvasti toimiva lämmitys mitoitetaan n. 1,2 x lämpöhäviöt, jolloin asennettava lämmitysteho on yleensä noin 50–100 W/m². [27]

Osittain varaavan lämmityksen mitoituksessa käytetään noin 1,2–2 kertaa lämpöhäviöt, varausasteesta riippuen. Useimmissa kohteissa asennettava teho onkin noin 75–120 W/m². [27]

Seuraavaksi lasketaan se osa tilan lattiapinta-alasta, johon lämmitys asennetaan. Lämmityskaapelia ei asenneta sellaisiin osiin lattiaa, mitkä jäävät kiinteiden kalusteiden, väliseinien tai muiden kiinteiden rakenteiden, yms. alle. Asennettava neliöteho (W/m²) määräytyy siis vapaan lattiapinta-alan mukaan. [27]

Tämän jälkeen valitaan jokaiseen huoneeseen oma lämmityskaapeli saadun tehon perusteella. Isossa tilassa voidaan käyttää kahta tai useampaa kaapelia.

Kaapelille määritellään keskimääräinen asennusväli, jonka tulisi olla noin 10–25 cm, kun lattiapinnoite on hyvin lämpöä johtavaa (laatta tms.). Mikäli lattiapinnoite on parkettia tms., tulisi asennusväli olla noin 10–30 cm. [27]

Liian suuri asennusväli voi aiheuttaa lattiassa epätasaisen lämpötilan. Tällöin tulee valita esim. pidempi ja mahdollisesti eri metritehoinen kaapeli. Asennusväli ei saa myöskään alittaa valmistajan ilmoittamaan pienintä etäisyyttä. [27]

Keskimääräisen asennusväli saadaan kaavalla:

$$d = \frac{A}{I}$$

A on asennuspinta-ala

I on kaapelin pituus

Suunnitelma-asiakirjoihin merkitään asennusalue, kaapelin tyyppi, pituus, teho ja asennusväli. Asiakirjoihin merkitään myös termostaattien tai huoneyksiköiden paikat, sekä lattia-anturit. [27]

Huonekohtaiset termostaatit valitaan tilan lattiapinnoitteiden ja käyttötarkoituksen perusteella. Asuinhuoneissa huonelämpötilan tulee pysyä tasaisena ja lattian lämpötilaa rajoitetaan niin, ettei lattiapinnoite vaurioidu, tällöin käytetään yhdistelmätermostaattia. [27]

Märkätiloissa halutaan laatoitetun lattian pintalämpötila pitää miellyttävänä, tällöin käytetään lattiatermostaattia [27].

Tämän jälkeen piirretään pohjakuva, jossa esitetään lämmittimien tehot, koot ja asennusvälit sekä ryhmytykset. Seuraavaksi suunnitellaan lämmityksen ohjaus ja tarvittavat keskuskytkennät, sekä suunnitellaan lämmityksen ryhmäjohdot kytkennän mukaisesti. [27]

5.2 Sähköisen lattialämmityksen asennus

Sähköisen lattialämmityksen asennuksen suorittaa sähköurakoitsija. Sähköisen lattialämmityksen asennus suoritetaan muuten lähes samalla tavalla kuin vesikiertoisen lattialämmityksen, kuitenkin sillä erolla, että lattialämmityspiiri tehdään sähkökaapelilla putken sijasta sekä runkoputket jäävät pois ja virta lattialämmitykseen otetaan sähkökaapista. Asennuksen eri vaiheista kerrotaankin tarkemmin seuraavassa osiossa.

6 Vesikiertoisen lattialämmityksen asennus korjausrakentamiskohteessa

Korjausrakentaminen on Suomessa tällä hetkellä suuressa nousussa ja suurin piikki on vasta tulossa muutaman vuoden sisällä. Tämä johtuu siitä, että valtaosa isojen kaupunkien rakennuksista on rakennettu 1960–1980-luvuilla. Tämän aikakauden rakennukset ovat tulleet iältään siihen pisteeseen, että niiden taloteknisiä järjestelmiä joudutaan saneeraamaan. [10]

1960–1970-lukujen rakennukset ovat tyypillisesti rakennettu betonista, joko paikallaan valettuina tai betonielementeistä kasattuina. Tämän takia käsittelen opinnäytetyössä vesikiertoisen lattialämmityksen asennuksen betonirakenteisiin rakennuksiin.

Lattialämmitysjärjestelmä toimii parhaiten betonirakenteisessa lattiassa. Lattialämmitys onkin toimiva ratkaisu 1960–1980-luvuilla rakennetuissa korjausrakentamiskohteissa.

Korjausrakentamisessa LVI-työt suoritetaan rakennustöiden yleisaikataulun mukaan, mikä tarkoittaa, sitä että LVI-asennustyöt, mm. vesikiertoisen lattialämmityksen asennustyöt etenevät rakennustöiden kanssa rinnakkain. Yleisin tapa suorittaa rakennustöitä asuinkerrostalon saneerauksessa on edetä viemäri- ja vesijohtonousulinja kerrallaan eli ns. linjasaneeraus. [10]

Vesikiertoisen lattialämmityksen asennustyöt tulee suorittaa, niin kuin muutkin LVI-asennustyöt eli Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset RYL 2002 -osia sekä hyviä asennustapoja noudattaen. [11]

6.1 Vesikiertoisessa lattialämmityksessä käytettävät materiaalit ja tarvikkeet

Putket

Lattialämmitysjärjestelmän putkiston materiaalina voidaan käyttää kupari- tai muoviputkea. Kupariputkesta voidaan tehdä runkolinjat. Mikäli lattialämmityspiiri tehdään kupariputkesta, putket pitää olla muovipäällysteistä kupariputkea, jottei lattiavalun betonimassa ole kosketuksissa paljaan kuparin kanssa. Kosketus betonin ja kuparin välillä voi aiheuttaa putken pinnassa korroosiota, joka vaurioittaa putkea ja voi aiheuttaa ajan myötä vuotoja.

Muoviputki on lattialämmityspiireissä käytetympi, sillä se on materiaalina huomattavasti halvempaa kuin kupari ja sen työstäminen on helpompaa.

Rakennukseen asennettava järjestelmän putkistot ja laitteet on sijoitettava siten, että mahdollinen vesivuoto voidaan havaita luotettavasti ja ajoissa ja osat ovat helposti tarkistettavissa ja korjattavissa. Tämä tarkoittaa, että suljettuihin putkihormeihin tulee asentaa tarkastusluukkuja, mistä päästään tarkastamaan putkistoa.

Nousuhormit varustetaan myös vuodonilmaisimilla, jotta mahdollinen putkivuoto tulee ajoissa esille. Putkille vuodonilmaisimia on valmiina suppiloina, jotka asennetaan putken ympärille. Suppilosta asennetaan letkun pää esim. kylpyhuoneeseen näkyville. Näin ollen vuototilanteessa suppiloon valuva vesi tulee havaittavaksi kylpyhuoneen lattialle. Vuodonilmaisimien voidaan myös tehdä betonista valamalla hormin pohjalle betonikaukalo, mikä vedeneristään. On hyvä muistaa, että vedeneristys tulee asentaa putken pintaan kiinni, ei eristeeseen, sillä muuten mahdollinen vuotovesi pääsee valumaan eristeen sisällä. Betonikaukalon alimmasta kohdasta asennetaan vuodonilmaisinputki seinän läpi näkyville. Tällä tavoin saadaan mahdolliset vuodot havaittua.

Liitokset

Asennukset suoritetaan samalla tavoin kuin muut LVI-työt eli RYL 2002:n mukaisesti ja hyviä asennustapoja noudattaen. Lattialämmityspiirin putkitus pitää tehdä yhtenäisestä putkesta. Näin ollen minimoidaan liitoksien aiheuttamat mahdolliset vuodot.

Runkolinjojen liitoksissa voidaan hyödyntää käytössä olevia erilaisia liitostapoja riippuen käytetystä materiaalista.

Kupariputki: Kupariputken liitoksia voidaan tehdä juottamalla, puristusliitoksella, puserusliitoksella (helmiliitos) sekä pistoliitoksella. [12]

Muoviputki: Muoviputken asennuksessa liitokset eivät saa jäädä rakenteiden sisälle paikkoihin, josta niitä ei päästä tarkastamaan. Liittämisessä on käytettävä sellaisia liitinosia, joiden avulla putket tarvittaessa pystytään irrottamaan. Puserrusliitoksia tehtäessä muoviputken sisään asennetaan messinkinen tai kuparinen tukiholkki ja sen jälkeen kiristetään liitos pitäväksi. Liittäminen voidaan tehdä myös kuparisilla tai muovisilla kuristusrenkailla. [13]

Muoviputki asennetaan kulkemaan suojaputkessa silloin, kun se kulkee läpi rakennesasta toiseen esim. lattiavalun läpivienti. [13]

Käytettävän muoviputken materiaalin tulee olla ristosilloitettua happidiffuusiosuojattua polyeteeniputkea, jotta ilmassa oleva happi ei pääse diffuusion avulla putken seinämän läpi lämpöjohtoverkostoveteen. Ennen asennustöiden tekemistä on varmistettava, että putket ovat oikeaa materiaalia ja käyttötarkoitukseen soveltuvaa. Muoviputket voivat vaurioitua liiallisesta taivuttamisesta tai liian korkeista lämpötiloista. [13]

Putkiston kannakointi

Kannakointi tulee tehdä siten, että se kestää putkien, putkieristeen, lämpöliikkeen ja veden virtauksen aiheuttaman rasituksen. Kannakoinnin tulee myös estää putkien liikkumisen sivuttain ja pitää putkien välinen etäisyys toisiinsa oikeana. Kannakkeiden tulee olla tehdasvalmisteisia. Kannakkeet eivät saa olla sellaisia, että ne aiheuttavat putken kulumista. Kannakkeet eivät saa aiheuttaa ääntä yhdessä putken kanssa. Näin ollen kannakkeiden pitää olla kumitiivistein varustettuja, tärinävaimennettuja. Kumitiiviste tarvitaan myös siinä tapauksessa, jos kannakemateriaali on eri metallia kuin putkimateriaali. Eriste estää epäjalomman materiaalin syöpymisen ja vähentää myös mekaanista kulumista. Kannakointi tehdään usein yhteiskannakoinnilla, jossa lämmitys- ja käyttövesiputket, viemärit sekä ilmanvaihtokanavat ovat kiinni yhteisessä kannatuskiskossa. Kannakkeiden materiaali on kuivissa tiloissa yleensä kuumasinkittyä terästä. Kannakkeet voi olla

myös valmistettu kuparista, alumiinista, muovista, ruostumattomasta teräksestä tai ha-
ponkestävästä teräksestä. Eristetyt putket kannakoidaan putkesta eikä eristeestä. [14]

Kannakointiväli

Kannakkeet täytyy asentaa tasaisesti vaatimusten mukaisten kannakointiväliden mukaan, jotta yhdelle kannakkeelle ei tule liian suurta kuormaa. Kannakointiväleille on ohjeita Ra-
kennustiedon (LVI 12–10210) Putkistojen ja kanavien kannakointi -ohjeessa. Kannak-
keet tulee kiinnittää kiviainerakenteisiin seinään tai kattoon kiila-ankkurein tai vastaavilla
kiinnitystulpilla. Kannatinrakenteita ei saa kiinnittää LVI-laitteisiin tai putkiin, eikä niihin
saa laittaa roikkumaan mitään varusteita tai laitteita. [14]

Kiintopiste

Kiintopisteet eli putkiston ankkurointi ja muu kannatus tehdään siten, että putkiston läm-
pölaajeneminen riittävän laajasti on mahdollista. Kaikki kiintopisteet kiinnitetään raken-
teeseen, joka kestää lämpöliikkeen vaikutukset. [14]

Pystynousut kannakoidaan siten, että kannakkeet kantavat putken painon ja eristeen ja
veden aiheuttama voima kohdistuu kannakkeeseen eikä vaakaputken ja pystyputken vä-
liseen liitoskohtaan. Pitkässä pystynousussa, jossa tarvitaan lämpölaajenemisen takia
kiintopiste, tämä asennetaan keskelle nousua. Näin ollen lämpölaajenemisesta aiheu-
tuva putken liike jakautuu tasaisesti kiintopisteen molemmille puolille. [14]

Eistäminen

Putkien eristämisessä käytetään mineraalivilla, lasivilla- tai solumuovisia eristeitä.

Mikäli putkia tulee rakennuksen yleisiin tiloihin näkyville, asennetaan villaeristeiden
päälle PVC-muovikalvo. Kalvo kiinnitetään putken ympärille nastoilla ja saumat teipataan
teipillä siisteiksi. Putkissa olevat laitteet sekä niiden liitoskohdat jätetään eristämättä ja
kalvottamatta mahdollisten huoltotöiden helpottamiseksi. Kalvon päät peitetään peltisten
manseteiden avulla siisteiksi. Mansetit asennetaan myös putkiston niihin liitoskohtiin,
jossa putken halkaisijan koko vaihtuu. Näin pystytään myöhemmin paikallistamaan,
missä kohdassa verkoston putkikoko vaihtuu. [15]

Venttiilit

Lattialämmitysjärjestelmässä käytetään samoja venttiileitä kuin muissakin LVI-tekniikan järjestelmissä. Linjasäätöventtiilit ovat järjestelmän säädön puolesta tärkeimpiä, niiden avulla saadaan tasapainotettua järjestelmä toimimaan oikein. Sulkuventtiileitä asennetaan järjestelmään helpottamaan jatkossa tarvittavien huoltotöiden tekoa. Venttiileihin on usein merkattu nuoli, joka osoittaa virtaussuunnan ja sen mukaan venttiili pitää asentaa oikein päin. Kuvassa 23 on esitetty esimerkki lämmitysjärjestelmissä käytettävistä linjasäätöventtiileistä. Kuvassa 24 on esitetty lämmitysjärjestelmissä käytettävistä sulkuventtiileistä.



Kuva 23. Oras-linjasäätöventtiili [23]



Kuva 24. Oras-sulkuventtiili [23]

Jakotukki

Jakotukki on lattialämmitysjärjestelmässä erittäin keskeinen osa; kuvassa 25 on esimerkki lattialämmityksen jakotukista. Jakotukin kautta ohjataan oikea vesivirta lattialämmityspiirille. Jakotukin menopuolella on esisäätöventtiili, johon asetetaan arvo, joka on saatu selville suunnitelman laskelmia tehdessä. Tämän avulla venttiilin läpi kulkee oikea virtaus, jotta lattialämmityspiirille saadaan oikeat vesivirrat ja se lämpenee halutulla tavalla.

Jakotukin paluupuolella on toimilaite, minkä avulla lattialämmityspiiriä säädetään. Mikäli järjestelmään kuuluu huonetermostaatti, toimilaite on yhteydessä termostaatin kanssa ja säättää vesivirtaa sen mukaan minkälaiset lämpötilat on asetettu termostaattiin.



Kuva 25. Vesikiertoisen lattialämmityksen jakotukki [24]

Säätöjärjestelmä

Vesikiertoinen lattialämmitys varustetaan säätöjärjestelmällä, joka toimii ulkolämpötilan mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että säätökeskukseen on asetettu menoveden ja ulkolämpötilan välille säätökäyrä. Näin ollen ulkolämpötilan laskiessa järjestelmä nostaa lattialämmityksen menoveden lämpötilaa. Säätökeskus varustetaan myös menoveden ylä- ja alaraja asetuksella. Säätökeskuksen kautta asetetaan menoveden lämpötilalle yläraja; tällä varmistetaan, etteivät lattiapinnat tule epämiellyttävän kuumiksi eivätkä lattiarakenteet eivät pääse vioittumaan liiallisesta lämmöstä. Lattialämmityksen menoveden yläraja on +50 °C. Lattialämmityksen menoveden alaraja asetus estää lattian pääsyn liian kylmäksi kesäaikaan. Näin ollen esim. märkätilojen lattia pysyy kesällä mukavan lämpimänä, mikä nopeuttaa sen kuivumista. Menoveden alarajaksi valitaan usein +25 °C. [1]

Lattialämmityspiirien säätö tapahtuu jakosäätimien avulla. Huonekohtainen lämpötilan säätö toteutetaan siten, että jakosäätimeen asennetaan piirikohtainen säätöventtiili, jossa on toimilaite. Toimilaitteellinen säätöventtiili pitää huonelämpötilan haluttuna huonetermostaatin tai -anturin avulla. [1]

Kesällä lattialämmitysjärjestelmiä on tapana käyttää märkätiloissa mukavuuslattialämmityksenä ja talvella varsinaisena lämmityksenä. Tämä voidaan toteuttaa rakentamalla mukavuuslattialämmityspiirit omana verkostona, tai toinen toteutustapa on, että muiden tilojen lattialämmityspiirit suljetaan. Tämä voidaan tehdä joko sulkemalla runkoputkien sulkuventtiilit tai sulkemalla jakosäätimistä piirikohtaiset sulut. [1]

Mukavuuslattialämmitystä hyödyntäessä kesäaikaan ilman, että mukavuuslattialämmitys on rakennettu erillisenä verkostona. Tällöin järjestelmässä on vain yksi kiertovesipumppu, ja sen takia siinä pitää olla mahdollisuus säätää vesivirtaa, koska tällä tavoin voidaan kesäaikana laskea pumpun pyörimisnopeutta mukavuuslattialämmitykselle sopivaksi. [1]

Mukavuuslattialämmityksen huonekohtainen säätö voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tapa on kiinnittää termostaatti tai anturi verkoston paluuputkeen, tällöin lattialämmityspiirin säätöventtiilin toimilaite pitää paluuv veden lämpötilan halutussa arvossa. Toinen tapa on säätää paluupuolen jakosäätimeltä vesivirtaa tarvittavan lämpötehon mukaiseksi. Menopuolen säätöventtiilistä jätetään pois toimilaite. Tilalle laitetaan käsipyörä, jonka avulla piirin vesivirtaa pystyy pienentämään. [1]

6.2 Asennustöiden kulku

6.2.1 Purkutyöt

Korjausrakentamiskohteessa rakennustyöt alkavat purkuvaiheella. Purkutyöt suoritetaan urakkaohjelman mukaisesti. Urakkaohjelmassa (katso lyhenne ja käsiteluettelo) on määritelty, miltä osin rakennuksen järjestelmät uusitaan sekä miten ja millä materiaaleilla ne uusitaan.

Tyypillisessä saneerattavassa asuinkerrostalossa putkihormit kulkevat kylpyhuoneiden seinän sisällä, joten kylpyhuoneiden seinät avataan, jolloin päästään käsiksi putkiin, jotka kulkevat nousuhormissa. Kylpyhuoneiden lattiat usein myös puretaan pois kantavaan rakenteeseen asti. Tällä tavoin saadaan vanhat viemärit ja vesijohdot purettua pois ja saadaan uusille putkille enemmän tilaa ja näin pystytään minimoimaan kynnysten liiallinen nousu sekä alaslaskettujen kattojen laskeutuminen. Lattialaatan purku mahdollistaa myös kylpyhuoneen kalustesijoittelun uusimisen käyttäjän toiveiden mukaisesti, esim. wc-istuimen paikkaa voidaan vaihtaa.

Purkutöiden suorittamisen kanssa pitää olla tarkkana, sillä 1960–1980-luvuilla rakentamisessa käytettiin rakennusmateriaalina asbestia. Asbestia on käytetty rakentamisessa mm. putkieristeissä, ruiskutettuna eristeenä, tasoitteissa, kiinnityslaasteissa, maaleissa, liimoissa, rakennuslevyissä, ilmastointikanavissa, muovimatoissa, saumauslaasteissa, kaakeleissa, vinyylilaatoissa, palokatkoeristeissä, ovissa, etenkin palo-ovissa, propausmassoissa sekä vesikatto- ja julkisivumateriaaleissa. Tämän takia 1960–1980-luvuilla rakennetuissa rakennuksissa tulee tehdä asbestikartoitus ennen purkutöiden aloittamista. [16]

Asbestipurkutyö on luvanvaraista, joten asbestipurkutyötä saa tehdä ainoastaan työnantaja, jonka työsuojeluviranomainen on valtuuttanut tekemään asbestipurkutyötä. Valtuus edellyttää, että hakija on pätevä tekemään asbestipurkutyötä, hänellä on asianmukaiset laitteet ja varusteet ja että työntekijät ovat saaneet koulutuksen asbestipurkutyöhön ja heidän terveydentilansa on sopiva kyseiseen työhön. Työnantajan on toimitettava työsuunnitelma asbestityöstä työsuojeluviranomaiselle vähintään seitsemän vuorokautta ennen työn aloittamista. [17]

Sosiaali- ja terveysministeriö on tehnyt asetuksen koskien asbestitöitä (Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta 798/2015) asetus on julkaistu 29.6.2015 ja astuu voimaan 1.1.2016. [18]

Purkutöiden suorittamisen jälkeen alkaa uusien järjestelmien rakentaminen. Opinnäytetyössä lähdetään tutkimaan vesikiertoisen lattialämmityksen asennusta lämmönjakohuoneesta eteenpäin.

6.2.2 Lämmönvaihdinpaketin asennus

Lämmönvaihdin sijaitsee rakennuksen lämmönjakohuoneessa ja on osa rakennuksen lämmönjakokeskusta. Kuvassa 26 on esimerkki lämmönvaihdinkesuksesta. Lattialämmityksen lämmönvaihdinkeskukseen kuuluu lämmönsiirrin ja kiertovesipumppu. Kiertovesipumpun jälkeen paluupuolelle asennetaan varoventtiili, paisunta-astia ja verkoston tyhjennysventtiili.

Lämmönsiirtimessä on kaksi putkiliitos paikkaa lattialämmitykselle. Toinen liitos on verkoston menovedelle ja toinen paluuedelle.



Kuva 26. Lämmönvaihdinkeskus [21]

6.2.3 Runkoputkien asennus

Lämmönsiirtimestä lähdettäessä eteenpäin kutsutaan meno- ja paluuputkia runkoputkiksi. Runkoputket voidaan asentaa kulkemaan, joko rakennuksen kellarin katossa tai lattiassa. Runkoputket viedään linjanousuille, jossa putket nousevat ylös putkihormiin. Runkoputkista otetaan haarat nousulinjoille ja samalla runkoputkia jatketaan seuraavalle nousulinjalle.

6.2.4 Linjanousujen asennus

Nousulinjan haaroihin asennetaan venttiilit, menopuolelle sulkuventtiili ja paluupuolelle linjansäätöventtiili. Venttiilien jälkeen asennetaan nousulinjojen runkoputket putkihormin sisälle. Putkihormissa kulkevista putkista otetaan haarat jokaiseen kylpyhuoneeseen. Kylpyhuoneessa haaroihin asennetaan sulkuventtiilit. Venttiileiden jälkeen putket yhdistetään lattialämmityspiirin jakotukkiin.

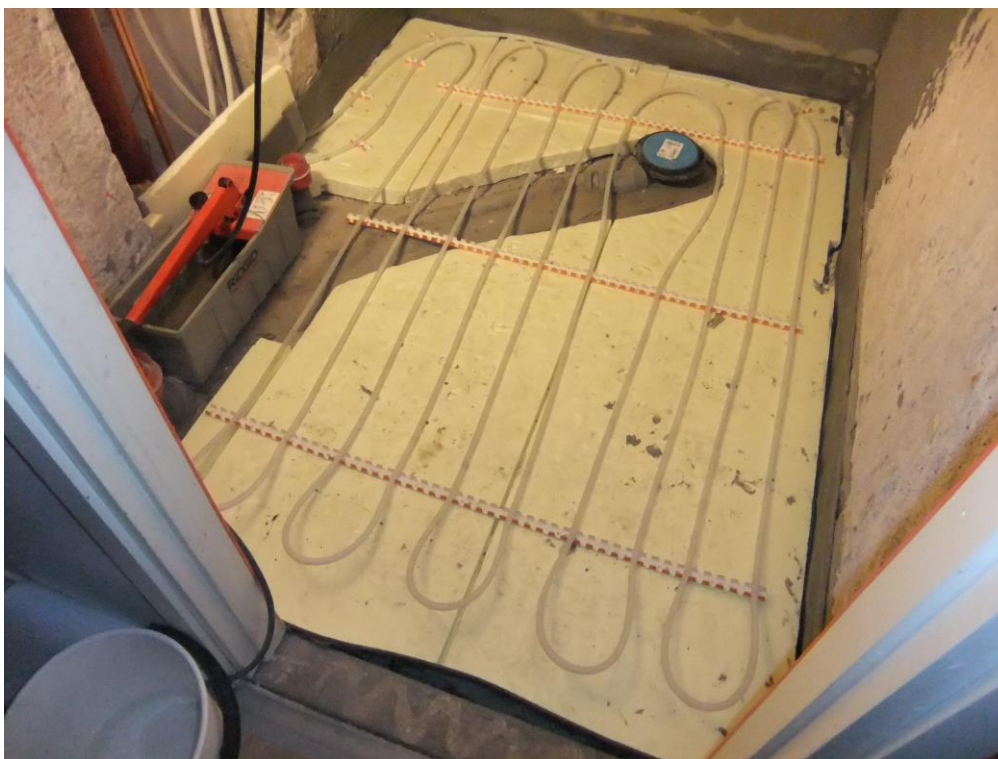
6.2.5 Lattialämmityspiirin asennus

Ennen kuin lattialämmityspiiriä voidaan alkaa asentamaan, pitää kylpyhuoneen lattia rakenteen olla kunnossa. Lattiarakenteen merkitys lattialämmityksen toiminnalle on merkittävä, joten se on hyvä käydä läpi lattialämmityspiirin asennuksen yhteydessä.

Kylpyhuoneen seinään asennetaan eristeeksi reunanauha. Reunanauha erottaa lattiarakenteen kylpyhuoneen seinästä, estäen näin lämmönsiirtymisen seinärakenteisiin.

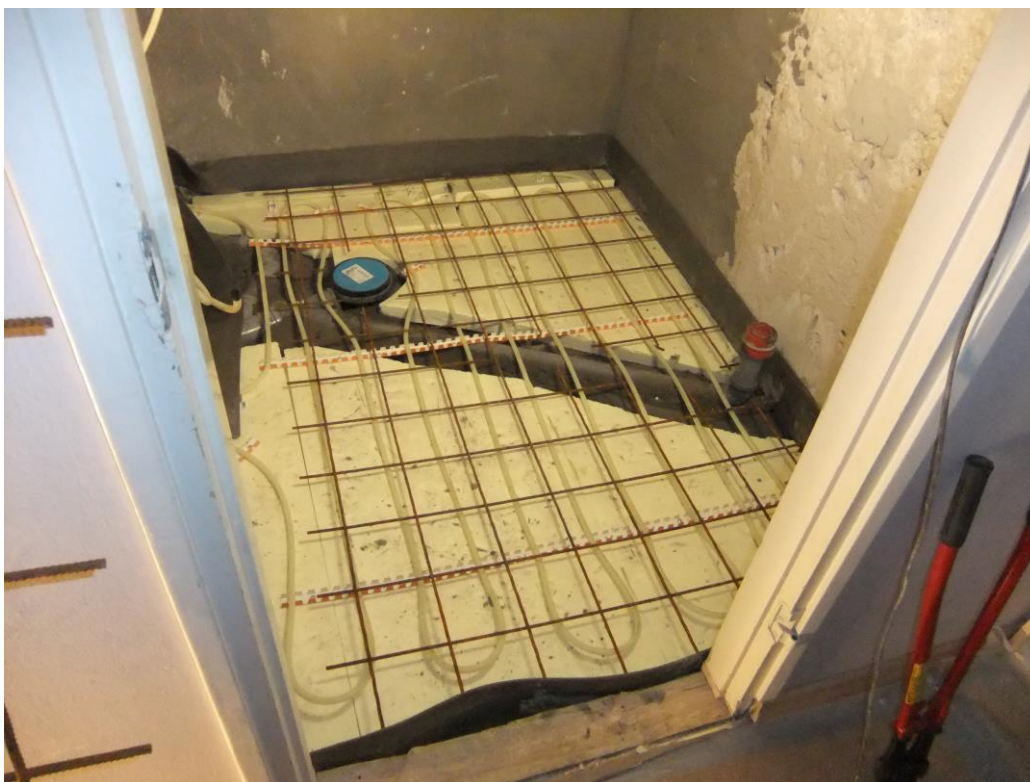
Kantavan lattialaatan päälle asennetaan 3–5 cm:n paksuinen eristelevy riippuen siitä, kuinka paljon kynnyshöheus antaa tilaa. Eristelevyllä on suuri merkitys lattialämmityksen säädettävyyden kanssa. Eristelevy estää lämmönjohtumisen alaspäin, ja näin lämpö saadaan pysymään halutussa paikassa. Ilman eristelevyä lämpöä siirtyy lattiasta alakerran kylpyhuoneen kattoon. Näin ollen kylpyhuone lämpenee ylhäältä päin ja lattialämmitystä ohjaava termostaatti laskee huoneen lattian lämpötilaa, jolloin pahimmassa tapauksessa lattialämmityksen hyvät ominaisuudet katoavat. Siten lattia ei lämpene tarpeeksi ja tuntuu viileältä jalan alla.

Eristelevyn päälle asennetaan lattialämmityspiiri kuva 27. Ensiksi asennetaan kannakkeet, joihin lattialämmityspiirin putket asennetaan käyttäen spiraali-, rivi- tai kaksoispiraalijakoa.



Kuva 27. Lattialämmityspiiri asennettuna eristelevyn päälle, muovikannakkeihin käyttäen rivijakoa [25].

Lattialämmityspiirin päälle laitetaan rauditusverkko lattiavalun vahvikkeeksi kuva 28. Rauditusverkko voidaan laittaa myös eristelevyn päälle, jolloin lattialämmityspiirin putket voidaan kiinnittää rauditusverkkoon. Mikäli asennustyö tehdään näin, tarvitsee rauditusverkon alle laittaa korokekappaleet, millä varmistetaan, että verkko on irti eristelevystä.



Kuva 28. Rauditusverkko asennettu lattialämmityspiirin päälle [25]

Rauditusverkon asennuksen jälkeen suoritetaan lattialämmityspiirille painekoe. Tämän avulla varmistetaan, että putkipiiri on ehjä ennen lattiavalun valamista. Painekoe suoritetaan Talotekniikka RYL 2002 Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset -osien ohjeiden mukaan. Hyväksytyyn painekokeen jälkeen voidaan suorittaa lattian valaminen. Lattian valamisen aikana lattialämmityspiirissä pidetään paineet päällä. Näin varmistetaan, ettei lattialämmityspiirin putkisto painu kasaan, sekä havaitaan, jos valun aikana putkistoon tulee vuotoja. Tämän jälkeen voidaan kytkeä lattialämmityspiirin menoja paluuputkien päät kiinni jakotukkiin. [11]

7 Käyttöönotto

7.1 Täyttö

Käyttöönotossa olisi tärkeää edetä riittävän hitaasti. Tämä tarkoittaa, sitä että betonivalujen annetaan kuivua riittävän kauan ennen lattialämmityksen kytkemistä päälle. Riittävä aika riippuu siitä, minkälaista betonia käytetään valuissa, mutta hyvä aika olisi noin 3 viikkoa. Toinen syy on, että betonilattiassa on massaa, joten sen terminen hitaus on

suuri. Tämä tarkoittaa, että lämpötilaa nostettaessa voi kestää muutama päivä ennen, kuin vaikutus näkyy huoneilmassa. [1]

Betonivalun kuivumisen jälkeen voidaan aloittaa lattialämmitysjärjestelmän täyttö. Täyttö aloitetaan asettamalla menoveden lämpötilaksi +20 °C ja lämpötilaa pidetään yllä muutamien päivien ajan. Parin päivän jälkeen voidaan lämpötilaa nostaa 2-4 °C kerrallaan muutaman viikon aikana, kunnes on saavutettu suunniteltu käyttölämpötila. [1]

7.2 Ilmaus

Ennen painekokeen suorittamista tulee putkisto ilmata huolella. Ilmauksen voi tehdä useammalla eri tavalla, mutta parhaiten se onnistuu kiertovesipumpun avulla. Kiertovesipumppua hyödyntäessä ilmauksessa muut kuin ilmattava piiri suljetaan. Pumppua pysäytetään ajoittain vähäksi aikaa ja päästetään jakosäätimessä olevasta ilmausruuvista ilmat ulos. Samalla tavalla toimitaan jokaisen lattialämmityspiirin kanssa erikseen. [1]

7.3 Painekeo

Putkitöiden ohessa vaaditaan aina tehtäväksi painekokeita, joilla varmistetaan kunkin putkijärjestelmän tiiveys. Painekeo suoritetaan aina ennen putkien peittämistä, ja jos jokin putkiston osa peitetään ennen kuin koko putkisto on valmis, niin tälle osalle tehdään aina painekeo erikseen. Korjausrakentamisessa näin toimitaan lähes aina, sillä koko lattialämmitysjärjestelmää ei saada tehtyä kerralla valmiiksi, vaan sen osia joudutaan peittämään vaiheittain urakan etenemisen mukaan. Paineekokeen suorittamiseen on ohjeita ja vaatimuksia Talotekniikka RYL 2002 Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset-teoksessa. [1]

Verkoston painekeo voidaan suorittaa seuraavasti:

Pumpataan verkostoon haluttu koepaine, esim. 5 bar. Paine ei saa kumminkaan ylittää järjestelmän heikoimman osan rakennepainetta. Paineet pidetään putkistossa 2 tunnin ajan, minkä jälkeen paine nostetaan uudelleen haluttuun koepaineeseen. Näin toimitaan, sillä paine saattaa laskea putkiston joustavuudesta ja lämpötilasta johtuen, etenkin jos materiaalina on käytetty muoviputkea. Painekeo hyväksytään, kun paine on pysynyt yhden tunnin ajan halutussa koepaineessa. Painekeoista pidetään pöytäkirjaa. [11]

7.4 Perussäätö

Lattialämmitysjärjestelmän asennuksen jälkeen on vuorossa säätöjen tekeminen. Jotta lattialämmitysjärjestelmä saadaan toimimaan oikein, tarvitaan oikeaoppisen säädön lisäksi hyvä suunnittelu, toteutus sekä käytön aikana tarvittava huolto.

Lämmitysjärjestelmän perussäädön tarkoituksena on saada järjestelmä toimimaan oikein suunnitellulla tavalla. Perussäädön avulla saadaan rakennuksen eri huoneisiin tasapainoiset lämpötilat. Oikein säädetty lämmitysjärjestelmä lisää asumismukavuutta ja pienentää rakennuksen lämmityskustannuksia, joten sen merkitystä ei kannata vähätellä. [19]

Rakennuksen lattialämmitysjärjestelmän säädöt tehdään LVI-ohjekortin (LVI 41–10230) Lämmitysverkoston säätö -ohjeiden mukaan. Näitä ohjeita seuraamalla onnistutaan säädöt tekemään oikein ja taataan lämmitysjärjestelmän oikeaoppinen toiminta.

Perussäätö jakautuu kolmeen eri vaiheeseen: vesivirtojen säätöön, lämpötilojen säätöön, sekä lämmityskaudella tehtäviin säätöihin.

7.4.1 Vesivirtojen säätö

Vesivirtojen säätö lähtee liikkeelle siitä, että urakoitsija asettaa jakotukkiin, sekä linjasäätöventtiileihin suunnitelmista löytyvät esisäätöarvot. Tällä saadaan virtaama jokaiseen piiriin ja linjaan tasattua oikeiksi. Mikäli lämmitysjärjestelmässä on moottorisäätöventtiileitä, avataan ne kokonaan auki asentoon. Pumpun kokonaisvesivirta säädetään pumpun säätöventtiilillä vastaamaan suunniteltuja arvoja. Linjasäätöventtiileistä mitataan virtaamat ja säädetään ne vastaamaan suunniteltuja arvoja. Tuloksissa saa olla eroa korkeintaan +/- 10 %.

7.4.2 Lämpötilojen säätö

Lämpötilojen säätö suoritetaan lämmityskaudella vuorokauden keskilämpötilan ollessa alle -5 °C , tällä varmistetaan luotettavat mittaustulokset.

Menoveden lämpötila säädetään puolestaan lämmönlähteen automatiikalla. Asukkaan ei tarvitse tehdä tälle mitään, sillä ulkolämpötila-anturi mittaa ulkolämpötilaa ja säättää

sen perusteella menoveden lämpötilan oikeaksi. Oikean säätökäyrän löydyttyä voidaan mitata huonelämpötilat.

Mittaustuloksista ja säätöarvoista tehdään pöytäkirja. Pöytäkirja sisältää säätöjen tekijän allekirjoituksen, säätöjen ajankohdan, mittaustilanteen ulkolämpötilat, verkoston meno ja paluu lämpötilat, huonelämpötilat, huoneiden tunnuksat ja linjasäätöventtiilien esisäätöarvot, huoneiden ilmansuunnat, kuormitukset aurinko ja sisäiset kuormat, sekä muut havainnot. Venttiilien lopulliset säätöarvot merkitään piirustuksiin sekä venttiilien merkintälappuun. Merkintälapussa tulee olla merkittynä linja, DN-koko, vesivirta, säätöasento, kv-arvo ja paine-ero.

7.4.3 Lämmityskaudella tehtävät säädöt

Lämmityskaudella tehtävät säädöt suoritetaan, kun ulkolämpötila on alle -5 °C . Optimaalisin tilanne on, kun lämpötila on tasainen. Säätöjä tehtäessä tulee myös rakennuksen olosuhteiden olla normaalit, eli ilmanvaihto päällä ja säädettynä, ikkunat ja ovet kiinni, rakennuksen ulkoiset ja sisäiset lämpökuormat normaalit sekä rakennustekniset työt valmiina. Perussäädön jälkeen lämpötilat suunnitelluista ei saa poiketa enempää kuin yli $\pm 3\text{ °C}$. Takuuajana selvinneet häiriöt selvitetään ja korjataan tarkistusmittauksin. Mikäli säätöarvot muuttuvat, ne merkitään muistiin.

8 Tutkimusosio

Opinnäytetyön tutkimusosiossa vertaillaan vesikiertoisen sekä sähköisen lattialämmityksen kustannuksia toisiinsa. Tutkimustuloksena saadaan tieto siitä, kumpi järjestelmästä on kokonaiskustannuksiltaan parempi vaihtoehto tyypillisessä 1960–1970-luvun asuin-kerrostalon korjausrakentamiskohteessa.

Vertailtavia asioita kustannuksien puolesta ovat suunnittelukustannukset, rakennuskustannukset sekä järjestelmien käytöstä aiheutuvat energia-/ käyttökustannukset.

8.1 Vertailtavan kohteen tiedot

Opinnäytetyön vertailtavan kohteen tiedot ovat seuraavat:

- Sijainti Helsinki
- Rakennustyyppi kerrostalo
- Tilavuus 6 180 m³
- Huoneistoala 1 371 m²
- Lattialämmityksen vaikutus pinta-ala 111 m²
- Kerrosluku kellari + 3 asuinkerrosta
- Huoneistojen lukumäärä 27 kpl
- Porrashuoneita 2 rappua
- Ilmanvaihto painovoimainen
- Rakennusvuosi 1966
- Lämmitysmuoto kaukolämpö
- Lämmönjako: Vesikiertoinen patterilämmitys asuinhuoneissa. Kylpyhuoneissa on vesikiertoinen lattialämmitys sekä toisena vaihtoehtona, että kylpyhuoneiden lattialämmitys on toteutettu sähköisesti.

8.2 Suunnittelukustannukset

8.2.1 Suunnittelukustannusten vertailu

Tyypillisesti nykypäivänä putkiremontoitava asuinrakennuskohde on 1960–1970-luvulla rakennettu. Saneerattaviin järjestelmiin kuuluvat vesijohdot, viemärit, ilmanvaihto, lämmitys sekä rakennuksen sähköt. Mainituille taloteknisille järjestelmille on erilaisia saneeraustapoja (esim. perinteinen putkiremontti, sukitus, hybridi jne.).

Mikäli kysymyksessä on asuinkerrostalo, on saneerattavana kohteena sen verran iso rakennus, että lähes poikkeuksetta taloteknisen saneerauksen LVIS-suunnittelusta vastaa yksi iso suunnittelutoimisto. Tästä johtuen suunnittelukustannuksissa ei tule merkittävää eroa, koska valittu suunnittelutoimisto pystyy suunnittelemaan joko vesikiertoisen lattialämmityksen tai sähkötoimisen lattialämmityksen. Toisessa tapauksessa työllistään suunnittelutoimiston sähkösuunnittelijaa enemmän ja toisessa taas LVI-suunnittelijaa.

Molemmat suunnitelmat, sekä LVI- että sähkösuunnitelma, tehdään nykypäivänä suunnittelun tietokoneohjelmia hyödyntäen (esim. MagiCAD, CADS Electric yms.), joten ajallisesti aikaa kuluu käytännössä saman verran. Näin ollen suunnittelutoimistojen hinnoittelussa ei synny suurta eroa vesikiertoisen ja sähkötoimisen lattialämmityksen välille.

Vaikka teknisesti järjestelmät poikkeavatkin toisistaan paljon, eivät eroavaisuudet ole suunnittelun puolesta suuria, sillä mitoituksen perustana toimivat samat perusteet eli lämmitystehontarve ja lämmitystehontarpeeseen vaikuttavat asiat.

8.2.2 Suunnittelukustannusten tulos

Suunnittelukustannuksien puolesta järjestelmien välille ei synny merkittävää eroa, joka koituisi jommankumman lämmönjakotavan eduksi tai haitaksi korjausrakentamiskohdeissa.

8.3 Rakennuskustannukset

Rakennuskustannuksissa vertailtavissa järjestelmissä on niin ikään paljon samaa, vaikka ne ovat tavallaan vastakohtia toisilleen. Sähkötoimisen lattialämmityksen asennuksen tekee sähköasentaja ja vesikiertoisen lattialämmityksen asennuksen tekee LVI-asentaja, toisessa piirit ovat putkea, toisessa taas sähkökaapelia jne.

Ero syntyy siitä, että vesikiertoisessa lattialämmityksessä joudutaan lämmönvaihdinkeskukseen lisäämään laitteita. Näiden laitteiden hankintahinta on yksi osatekijä siihen, miksi vesikiertoinen lattialämmitys on rakennuskustannuksiltaan kalliimpi. Hankittaviin laitteisiin kuuluvat mm. ylimääräinen lämmönsiirrin, paisunta-astia, suljetun järjestelmän varolaitteet sekä ylimääräinen kiertovesipumppu. Sähkötoimisessa lattialämmityksessä ei näitä laitteita tarvita, vaan riittää, että asuntojen sulaketauluihin varataan paikat lattialämmitykselle ja sähköpääkeskuksessa niin ikään paikat lattialämmitykselle. Joitakin syöttökaapeleita joudutaan toki vetämään isommiksi, mutta siitä ei koidu niin merkittäviä kustannuseriä kuin vesikiertoisen lattialämmityksen laitteistoista.

Vesikiertoisen lattialämmityksen rakennuskustannuksia korottavat myös materiaalit. Vesikiertoisessa lattialämmityksessä joudutaan rakentamaan erillinen kaksiputkiverkosto järjestelmälle. Kokonaan uuden putkiston rakentaminen ja asentaminen maksaa rakentajalle enemmän kuin sähkötoimisen lattialämmityksen kaapeleiden vetäminen. Lisäksi putkiston materiaali, esim. kupari, on arvokasta ja järjestelmä pitää sisällään venttiileitä ja jakotukkeja, joita taas sähköisessä järjestelmässä ei ole. Vesikiertoisen lattialämmityksen putkistot tulee myös eristää, mistä koituu lisää materiaalikustannuksia sekä laskutettavia työtunteja.

Rakennuskustannuslaskelma

Laskelmat perustuvat urakoitsijalta saatuihin hintoihin. Laskelmat on tehty Microsoft Excel-ohjelmalla.

8.3.1 Vesikiertoisen lattialämmityksen rakennuskustannukset

Kuvassa 29 on esitetty vesikiertoisen lattialämmityksen rakennuskustannuslaskelma Microsoft Excel-ohjelmalla.

	Tarvikkeet/ Materiaalit (€)	Työtunnit (h)		(€)
Lattialämmityspiiri:				
Jakotukit	150	1		
Lattialämmityspiiri	150	1		
Säätölaitteet	120	1		
			Yhteensä (€):	615
Runko:				
Putket meno/ paluu kupari 54 mm	20,2	m		1434
Putket meno/ paluu kupari 42 mm	8	m		528
Putket meno/ paluu kupari 35 mm	15,5	m		946
Putket meno/ paluu kupari 28 mm	7	m		392
Putket meno/ paluu kupari 18 mm	100	m		3400
			Yhteensä (€):	6700
Yksi linja sisältää 3 kylpyhuonetta	1845	€		
Rakennuksessa 9 lämmityslinjaa	16605	€		
Lämmönvaihdinkeskuksen lisälaitteiden arvo:			Yhteensä (€):	2000
			Kokonaiskustannukset (€):	25305

Kuva 29. Vesikiertoisen lattialämmityksen rakennuskustannuslaskenta (Microsoft Excel)

8.3.2 Sähköisen lattialämmityksen rakennuskustannukset

Kuvassa 30 on esitetty sähkötoimisen lattialämmityksen rakennuskustannuslaskelma Microsoft Excel-ohjelmalla.

	Tarvikkeet/ Materiaalit (€)	Työtunnit (h)		
Lattialämmityspiiri:				
Kaapeli	120	1		
Termostaatti	120	1		
Putkitus + rasiat	100	1		
			Yhteensä (€):	535
Yksi linja sisältää 3 kylpyhuonetta	1605	€		
Rakennuksessa 9 kylpyhuone linjanousua	14445	€		
			Kokonaiskustannukset (€):	14445

Kuva 30. Sähkötoimisen lattialämmityksen rakennuskustannuslaskenta (Microsoft Excel)

8.3.3 Rakennuskustannusten tulos

$$\text{Rakennuskustannusten ero} = 25305\text{€} - 14445\text{€} = 10860\text{€}$$

Lattialämmityksen lämmönjakotapojen rakennuskustannuksien välille syntyy ero sähkötoimisen lattialämmityksen eduksi. Ero koostuu vesikiertoisen järjestelmän lisälaitteista sekä materiaaleista ja työtunneista. Ero on n. 10 000 euroa.

8.4 Energiakustannukset

Tässä osiossa lasketaan vertailukohteen energialuku siten, että samoilla lähtöarvoilla lasketaan ero, joka rakennuksen energiankulutukseen ja energiatehokkuuteen tulisi sekä vesikiertoisella lattialämmityksellä että sähkötoimisella lattialämmityksellä.

Laskelmat lasketaan SRMK D5:n Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2012 kaavojen ja ohjeiden mukaan.

8.4.1 Vesikiertoisen lattialämmityksen energiakustannukset

Rakennuksen lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Rakennuksen lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus lasketaan kuvan 31 kaavalla.

Kaava 16:

$$W_{\text{tuotto, apu}} = e_{\text{tuotto}} A_{\text{netto}} \quad (6.9)$$

jossa

$W_{\text{tuotto, apu}}$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
e_{tuotto}	apulaitteiden ominaiskulutus (taulukko 6.6), kWh/(m ² a)
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty netto-ala, m ² .

Kuva 31. SRMK D5 kaava 6.9 Rakennuksen lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus laskenta [6]

Lasku 1:

SRMK D5:n taulukosta 6.7 saadaan e_{tuotto} arvoksi 0,07 kWh/(m²a).

$$W_{tuotto} = 0,07 \frac{kWh}{m^2 a} * 111 m^2 = 7,77 \frac{kWh}{a} \approx 7,8 \frac{kWh}{a}$$

Rakennuksen lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus:

Rakennuksen lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus lasketaan kuvan 32 kaavalla 17.

Kaava: 17

$$W_{tilat} = e_{tilat} A_{netto,i} \quad (6.3)$$

jossa

W_{tilat}	lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
e_{tilat}	lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutus, (taulukko 6.2), kWh/(m ² a)
$A_{netto,i}$	rakennuksen osan i lämmitetty netto-ala, jonka lämmön jakelujärjestelmä kattaa, m ² .

Kuva 32. SRMK D5 kaava 6.3 Rakennuksen lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus laskenta [6]

Lasku 2:

SRMK D5:n taulukosta 6.2 saadaan e_{tilat} arvoksi 2,5 kWh/(m²a).

$$W_{tilat} = 2,5 \frac{kWh}{m^2 a} * 111 m^2 = 277,5 \frac{kWh}{a} \approx 278 \frac{kWh}{a}$$

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus lasketaan kuvan 33 kaavalla.

Kaava 18:

6.4.3

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla (6.8)

$$W_{\text{lämmitys}} = W_{\text{tilat}} + W_{\text{tuotto,apu}} + W_{\text{lkv,pumppu}} + W_{\text{aurinko,pumput}} + W_{\text{LP,lämmitys}} \quad (6.8)$$

jossa

$W_{\text{lämmitys}}$	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
W_{tilat}	lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, (kohta 6.2.3), kWh/a
$W_{\text{tuotto,apu}}$	lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus (kohta 6.4.4), kWh/a
$W_{\text{lkv,pumppu}}$	lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, (kohta 6.3.4), kWh/a
$W_{\text{aurinko,pumput}}$	aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergian kulutus (kohta 6.5), kWh/a
$W_{\text{LP,lämmitys}}$	lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, (kohta 6.6), kWh/a.

Kuva 33. SRMK D5 kaava 6.8 Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus laskenta [6]

Lasku 3:

$$W_{\text{lämmitys}} = 277,5 \frac{\text{kWh}}{a} + 7,77 \frac{\text{kWh}}{a} = 285,27 \frac{\text{kWh}}{a} \approx 285 \frac{\text{kWh}}{a}$$

Rakennuksen tilojen lämpöenergian tarve

Rakennuksen tilojen lämpöenergian tarve lasketaan kuvan 34 kaavalla.

Kaava 19:

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}}{\eta_{\text{lämmitys,tilat}}} + Q_{\text{jakelu,ulos}} + Q_{\text{varastointi,ulos}} \quad (6.1)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys,tilat}}$	tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a
$Q_{\text{lämmitys,tilat,netto}}$	tilojen lämmitysenergian nettotarve, joka katetaan laskettavalla lämmön jakelujärjestelmällä, kWh/a
$Q_{\text{jakelu,ulos}}$	lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan, kWh/a
$Q_{\text{varastointi,ulos}}$	laskettavan lämmön jakelujärjestelmän varastoinnin lämpöhäviö, kWh/a
$\eta_{\text{lämmitys,tilat}}$	laskettavan lämmön jakelujärjestelmän hyötysuhde, -.

Kuva 34. SRMK D5 kaava 6.1 Rakennuksen tilojen lämpöenergiatarpeen laskenta [6]

Lasku 4:

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{16250 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}{0,8} = 20312,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \approx 20313 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Ostoenergian kulutus

Ostoenergian kulutus lasketaan kuvan 35 kaavalla.

Kaava 20:

$$E_{\text{osto}} = \frac{Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{lämmitys}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + Q_{\text{jäähdytys}} + W_{\text{jäähdytys}} + W_{\text{kuluttajalaitteet}} + W_{\text{valaistus}} - W_{\text{käytetty omasähkö}}}{A_{\text{netto}}} \quad (2.1)$$

jossa

E_{osto}	rakennuksen ostoenergiankulutus, kWh/(m ² a)
$Q_{\text{lämmitys}}$	lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{lämmitys}}$	lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{ilmanvaihto}}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
$Q_{\text{jäähdytys}}$	jäähdytysjärjestelmän lämpöenergian (kaukojäähdytyksen) kulutus, kWh/a
$W_{\text{jäähdytys}}$	jäähdytysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{kuluttajalaitteet}}$	kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{valaistus}}$	valaistusjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{\text{käytetty omasähkö}}$	rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/a
A_{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ² .

Kuva 35. SRMK D5 kaava 2.1 Ostoenergian laskenta [6]

Lasku 5:

Kaavasta voidaan jättää huomioimatta ilmanvaihtoa, jäähdytystä, omavaraissähköenergiaa, valaistusta sekä kuluttajalaitteiden sähköenergiaa koskevat arvot, sillä ne ovat samat kummassakin vertailtavassa vaihtoehdossa.

$$E_{\text{osto}} = \frac{20312,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} + 285,27 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}{111 \text{ m}^2} = 185,57 \frac{\text{kWh}}{(\text{m}^2 \text{a})} \approx 186 \frac{\text{kWh}}{(\text{m}^2 \text{a})}$$

Rakennuksen kokonaisenergian kulutus (E-luku):

Rakennuksen kokonaisenergian kulutus lasketaan kuvan 36 kaavalla.

Kaava 21:

$$E = \frac{f_{\text{kaukolämpö}} Q_{\text{kaukolämpö}} + f_{\text{kaukojäähdytys}} Q_{\text{kaukojäähdytys}} + \sum_i f_{\text{polttoaine},i} Q_{\text{polttoaine},i} + f_{\text{sähkö}} W_{\text{sähkö}}}{A_{\text{netto}}} \quad (2.3)$$

jossa

E	rakennuksen energialuku, kWh _E /(m ² a)
Q _{kaukolämpö}	kaukolämmön kulutus, kWh/a
Q _{kaukojäähdytys}	kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/a
Q _{polttoaine,i}	polttoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/a
W _{sähkö}	sähkön kulutus, josta on vähennetty rakennuksessa käytetty omavaraissähköenergia, kWh/a
f _{kaukolämpö}	kaukolämmön energiamuodon kerroin, -
f _{kaukojäähdytys}	kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin, -
f _{polttoaine,i}	polttoaineen i energiamuodon kerroin, -
f _{sähkö}	sähkön energiamuodon kerroin, -
A _{netto}	rakennuksen lämmitetty nettoala, m ² .

Kuva 36. SRMK D5 kaava 2.3 Rakennuksen kokonaisenergian kulutuksen laskenta [6]

Lasku 6:

$$E = \frac{0,7 * 20312,5 \frac{kWh}{a} + 1,7 * 285,27 \frac{kWh}{a}}{111 m^2} = 132,47 \frac{kWh}{(m^2 a)} \approx 132 \frac{kWh}{(m^2 a)}$$

8.4.2 Sähkötoimisen lattialämmityksen energiakustannukset

Rakennuksen lämmönjakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Lasku suoritetaan opinnäytetyön kuvan 32 kaavalla (17). SRMK D5:n taulukosta 6.2 saadaan e_{tilat} arvoksi 0,5 kWh/(m²a).

Lasku 7:

$$W_{\text{tilat}} = 0,5 \frac{kWh}{m^2 a} * 111 m^2 = 55,5 \frac{kWh}{a} \approx 56 \frac{kWh}{a}$$

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus:

Lasku suoritetaan opinnäytetyön kuvan 33 kaavalla (18).

Lasku 8:

$$W_{\text{lämmitys}} = 55,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \approx 56 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Rakennuksen tilojen lämpöenergian tarve

Lasku suoritetaan opinnäytetyön kuvan 34 kaavalla (19).

Lasku 9:

$$Q_{\text{lämmitys,tilat}} = \frac{16250 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}{0,85} = 19117,65 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} \approx 19118 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

Ostoenergian kulutus:

Lasku suoritetaan opinnäytetyön kuvan 35 kaavalla (20).

Lasku 10:

$$E_{\text{osto}} = \frac{19117,65 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} + 55,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}{111 \text{ m}^2} = 172,73 \frac{\text{kWh}}{(\text{m}^2 \text{a})} \approx 173 \frac{\text{kWh}}{(\text{m}^2 \text{a})}$$

Rakennuksen kokonaisenergian kulutus (E-luku):

Lasku suoritetaan opinnäytetyön kuvan 36 kaavalla (21).

Lasku 11:

$$E = \frac{1,7 * 16250 \frac{\text{kWh}}{\text{a}} + 1,7 * 55,5 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}{111 \text{ m}^2} = 249,72 \frac{\text{kWh}}{(\text{m}^2 \text{a})} \approx 250 \frac{\text{kWh}}{(\text{m}^2 \text{a})}$$

8.4.3 Energiakustannuksien tulos

Ostoenergian kulutus:

Rakennuksen ostoenergian kulutuksella tarkoitetaan energiaa, joka hankitaan rakennukseen esim. sähköverkosta tai kaukolämpöverkosta. Ostoenergia koostuu lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta energiamuodoittain eriteltynä ja siinä on otettu huomioon hyödyksi käytetyn uusiutuvan omavaraisenergian ostoenergiaa pienentävä vaikutus. [32]

Järjestelmien eroavaisuus ostoenergiankulutuksessa:

$$\text{Ostoenergiankulutuksen ero} = 185,57 \frac{kWh}{m^2a} - 172,73 \frac{kWh}{m^2a} = 12,84 \frac{kWh}{m^2a} \approx 13 \frac{kWh}{m^2a}$$

Rakennuksen kokonaisenergiankulutus (E-luku):

E-luvulla kuvataan rakennuksen energiankäytön vaikutuksia ympäristöön ja luonnonvaroihin. E-luku määritetään rakennuksen käyttötilanteelle vuotuisen ostettavan energiankulutuksen avulla, jota painotetaan energiamuotojen kertoimilla. Laskennassa summaataan eri energiamuotojen painokertoimilla painotetut laskennalliset ostoenergiat. [32]

Järjestelmien eroavaisuus kokonaisenergiankulutuksessa:

$$\begin{aligned} \text{Kokonaisenergiankulutuksen ero} &= 249,72 \frac{kWh}{m^2a} - 132,47 \frac{kWh}{m^2a} = 117,25 \frac{kWh}{m^2a} \\ &\approx 117 \frac{kWh}{m^2a} \end{aligned}$$

Kokonaisenergiankulutuksessa kahden eri vaihtoehdon välille tulee suuri ero. Vesikiertoinen lattialämmitys on kokonaisenergiankulutuksen merkeissä parempi vaihtoehto kuin sähkötoiminen lattialämmitys. Kokonaisenergiankulutuksen laskennassa käytetään eri kertoimia eri energiamuodoille, joten rakennuksen lämmitystavalla on merkitystä. Kaukolämmölle energiamuodon kerroin laskennassa on 0,7 ja sähkölle vastaava luku on 1,7. Näiden kertoimien perusteella vesikiertoisen ja sähkötoimisen lattialämmityksen välille syntyykin suuri ero. Kerroin vaikuttaa myös siihen, että mitä isompi rakennus on eli mitä enemmän sen lämmittämiseen menee energiaa, sitä suuremmaksi ero kasvaa lattialämmitysjärjestelmien välillä.

8.4.4 Rakennuskustannusten ja ostoenergiankulutuksen ero

Vertailtavan kohteen rakennuskustannusten ja ostoenergiakulutuksen eron takaisin maksuaika lasketaan seuraavien arvojen mukaan:

- Rakennuskustannusten ero on 10 860 €
- Kaukolämmön ostoenergiankulutus on 185,57 kWh/(m²a)
- Sähkön ostoenergiankulutus on 172,73 kWh/(m²a)
- Kaukolämmön hinta on (Helen Oy 1.2.2016) 65,80 €/MWh [34]
- Sähkön hinta on (Helen Oy 1.2.2016) 15,55 snt/kWh [33]

Kaukolämmön hinta vuodessa:

$$\text{Kaukolämmön hinta} = 0,18557 \frac{\text{MWh}}{\text{m}^2\text{a}} * 65,80 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 12,210506 \frac{\text{€}}{\text{m}^2\text{a}} \approx 12,21 \frac{\text{€}}{\text{m}^2\text{a}}$$

$$\begin{aligned} \text{Kaukolämmön hinta vuodessa} &= 12,210506 \frac{\text{€}}{\text{m}^2\text{a}} * 111 \text{ m}^2 = 1355,366166 \frac{\text{€}}{\text{a}} \\ &\approx 1355,37 \frac{\text{€}}{\text{a}} \end{aligned}$$

Sähkön hinta vuodessa:

$$\text{Sähkön hinta} = 172,73 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}} * 0,1555 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 26,859515 \frac{\text{€}}{\text{m}^2\text{a}} \approx 26,86 \frac{\text{€}}{\text{m}^2\text{a}}$$

$$\text{Sähkön hinta vuodessa} = 26,859515 \frac{\text{€}}{\text{m}^2\text{a}} * 111 \text{ m}^2 = 2981,406165 \frac{\text{€}}{\text{a}} \approx 2981,41 \frac{\text{€}}{\text{a}}$$

Energiakustannusten ero:

$$\begin{aligned} \text{Energiakustannusten ero} &= 2981,406165 \frac{\text{€}}{\text{a}} - 1355,366166 \frac{\text{€}}{\text{a}} = 1626,03999 \dots \frac{\text{€}}{\text{a}} \\ &\approx 1626,04 \frac{\text{€}}{\text{a}} \end{aligned}$$

Rakennuskustannusten ja energiakustannusten eron tasoittuminen:

$$Tasoitus\ aika = \frac{10860\ \text{€}}{1626,04\ \frac{\text{€}}{a}} = 6,68\ a \approx n.7\ vuotta$$

8.4.5 Energiakustannusten tulos

Vesikiertoinen lattialämmitysjärjestelmän kalliimmat rakennuskustannukset ottavat sähköisen lattialämmityksen kustannukset kiinni noin 7 vuodessa. Lämmönsiirtimen taloudellinen käyttöikä on n. 15–20 vuotta, joten takaisinmaksun jälkeen jäljelle jää 8–13 vuotta aikaa josta koituu pelkkää säästöä taloyhtiölle.

9 Päätelmät

Kokonaisuudessaan yhteenvetona voi päätellä, että vesikiertoisessa lattialämmityksessä ja sähkötoimisessa lattialämmityksessä on paljon samaa, niin suunnittelussa, kuin asennuksessa ja järjestelmien toiminnassakin, mutta toisaalta ne eroavat paljon toisistaan ja ovat toistensa vastakohtia.

Sähkötoimisen lattialämmityksen kustannukset tulevat suoraan asukkaan maksettaviksi. Tästä johtuen on olemassa vaara, että asukas laittaa kosteiden tilojen sähkötoimisen lattialämmityksen kokonaan pois päältä, oman huoneistokohtaista säästöä ajatellen. Kun lämmitystä ei ole, märkätilat kuivuvat hitaammin, mikä voi aiheuttaa kosteusongelmia rakenteissa. Vesikiertoisissa lattialämmitysjärjestelmissä tämä ongelma usein poistetaan sillä, että asukas ei saa kytkettyä kosteiden tilojen piirejä asuntokohtaisesti kokonaan pois. Kaukolämpöratkaisuissa energian kulutus lasketaan neliöiden mukaan yhtiövastikkeessa, jolloin vesikiertoista lattialämmitystä ei turhaan kytketä pois päältä.

Tiivistettäessä tutkimuksen tuloksen yhteen voi todeta, että vesikiertoinen lattialämmitys on pidemmällä ajanjaksolla kannattavampi ratkaisu tyypilliseen 1960–1970-luvun saneerattavaan asuinrakennuskohteeseen.

Vesikiertoisen lattialämmityksen etuna on sen energiatehokkuus, joka syntyy vesikiertoisen lattialämmityksen lämmitysmuodon toteutuksesta kaukolämmön avulla. Kaukoläm-

mön edullisuuden takia verrattuna sähkөөn pidemmällä aikavälillä sähköisen lattialämmityksen rakennuskustannuksien edullisuuden ero kuroutuu kiinni ja kääntyy lopulta vesikiertoisen lattialämmityksen eduksi. Kiinni kuroutumisen jälkeen jää jäljelle 8–13 vuotta, jona aikana vesikiertoinen lattialämmitys tuottaa säästöä taloyhtiölle energiakustannuksissa verrattuna sähkötoimiseen lattialämmitysratkaisuun.

Lähteet

- 1 LVI 13-10261. 1996. Ohjetiedosto. Vesikiertoinen lattialämmitys. Helsinki: Rakennustieto Oy. Luettu 1.10.2015.
- 2 Palolahti, Tuomas, diplomi-insinööri. Lattialämmitys. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK070403.pdf>. Luettu 3.10.2015.
- 3 Lattialämmitys. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Lattial%C3%A4mmitys>>. Luettu 20.12.2015.
- 4 Suomäki, Jorma ja Vepsäläinen, Sami. 2013. Lämmityksen automaatio. Verkkotiedosto. <https://www.kiinkust.fi/ContentFiles/tuotteet/Talotekniikan%20automaatio/Talotekniikan%20automaatio_naytesivut.pdf>. Luettu 21.12.2015.
- 5 Minna Teikari, diplomi-insinööri ja Hannu Keränen, diplomi-insinööri. Ulkoseinän lämpöhäviöiden määrittäminen. Verkkotiedosto. Rakennustieto Oy. <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010704.pdf>>. Luettu 6.10.2015.
- 6 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö. Luettu 1.1.2016.
- 7 Lämmönläpäisykerroin. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4mm%C3%B6nl%C3%A4p%C3%A4isykerroin>>. Luettu 20.12.2015
- 8 Harsia, Pirkko. 2005. Sähkölämmityksen peruskurssi. U-kerroin. Verkkodokumentti. Virtuaali Ammattikorkeakoulu. <<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/0505015/1119948180490/1119952720312/1119957895471/1119957967792.html>>. Luettu 25.11.2015.
- 9 Harsia, Pirkko. 2005. Sähkölämmityksen peruskurssi. Lämmönsiirtyminen. Verkkodokumentti. Virtuaali Ammattikorkeakoulu. <<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/0505015/1119948180490/1119952720312/1119957895471/1119957951965.html>>. Luettu 25.11.2015.
- 10 Talotekniikka. Linjasaneeraus. 2011. Verkkodokumentti. Korjaustieto.fi. <<http://www.korjaustieto.fi/taloyhtiot/korjaushankkeet/lvi-korjaukset/linjasaneerauksen-vaiheet-ja-valvonta.html>>. Luettu 6.10.2015.
- 11 LVI 01-10356. 2003. Ohjetiedosto. Talotekniikka RYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset, osa 2. Luettu 12.11.2015.

- 12 Kupariputkien asennus. Verkkodokumentti. Cupori Oy. <<http://www.cupori.com/kupariputkien-asennus/asennus-asennusopas/kupariputkien-liittaminen>>. Luettu 28.12.2015.
- 13 Asentamisen perusteet. Muoviputki. Verkkodokumentti. Talotekniikan opetussivusto. <<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/lvi/aihio3/muoviputket.htm>>. Luettu 13.11.2015.
- 14 Kupariputkien kannakointi. Verkkodokumentti. Cupori Oy. <<http://www.cupori.com/kupariputkien-asennus/asennus-asennusopas/kupariputken-kannakointi>>. Luettu 28.12.2015.
- 15 Talotekniikan eristykset, asennusopas. 2012. Verkkotiedosto. Paroc Oy. <www.paroc.fi/~media/Files/.../HVAC-Installation-guide-Paroc-FI.ashx>. Luettu 28.12.2015.
- 16 Asbesti. 2015. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Asbesti>>. Luettu 23.11.2015
- 17 Toimiva asbestipurku. Verkkotiedosto. Työturvallisuuskeskus. <http://www.tyoturva.fi/files/2134/Toimiva_asbestipurku.pdf>. Luettu 23.11.2015.
- 18 Säädöskokoelma. Verkkotiedosto. Edilex. <<https://www.edilex.fi/saadokoelma/20150798.pdf>>. Luettu 23.11.2015.
- 19 LVI 41-10230. 1994. Ohjetiedosto. Lämmitysverkoston säätö. Helsinki: Rakennustieto Oy. Luettu 18.11.2015.
- 20 Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki. Ympäristöministeriö.
- 21 Lämmönsiirrinpaketti. Products. Kuva. Verkkodokumentti. Alfa Laval. <<http://www.alfalaval.fi/products/heat-transfer/hvac-solutions/Heating-systems-medium/Midi-Compact/>>. Luettu 25.12.2015.
- 22 Harsia, Pirkko. 2005. Lämmöntarpeen määrittely. Verkkodokumentti. Virtuaali ammattikorkeakoulu. <<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/0505015/1119948180490/1119952720312/1119957895471/1119957951965.html>>. Luettu 5.11.2015.
- 23 Venttiilit. Kuva. Verkkotiedosto. Oras Oy. <<http://www.oras.com/fi/professional/products/productgroups/Pages/Valves.aspx>>. Luettu 25.11.2015
- 24 Jakotukki. WehoFloor-lattialämmitys. Kuva. Verkkodokumentti. Wehopex. <<http://www.wehopex.fi/Link.aspx?id=1117282>>. Luettu 25.12.2015.
- 25 Kuvia. Linjasaneeraus. Mihaka Oy. Arkisto. Luettu 10.10.2015.

- 26 LVI 11-10472. 2011. Ohjetiedosto. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. Helsinki: Rakennustieto Oy. Luettu 26.12.2015
- 27 Harsia, Pirkko. 2005. Sähköinen lattialämmitys. Verkkodokumentti. Virtuaali Ammattikorkeakoulu. <<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/0505015/1119948180490/1119959757290/1119959880369/1119962385334.html>>. Luettu 5.11.2015.
- 28 Rakennuksen lämpöenergiatase. Kuva. Verkkodokumentti. <<http://www.teeparannus.fi/parhaatkaytannot/ratkaisuja/kerrostalonenergiatase/>>. Luettu 25.11.2015.
- 29 Lämmöneristys, Ohjeet. 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C4. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 30 KWH PIPE AB Oy. 2009. Tuusula: Wehofloor Lattialämmitysjärjestelmän asennus-, käyttö- ja mitoitusohjeet. Luettu 11.11.2015.
- 31 Finlex. 2013. Energiatodistuksen Kokonaisenergiakulutuksen E-luvun määrittäminen. 176/2013. Luettu 22.12.2015.
- 32 Haakana, Maarit ja Kalliomäki, Pekka. 2013. Energiatodistusopas. Rakennuksen energiatodistus ja kokonaisenergiankulutuksen määrittäminen. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. Luettu 1.1.2015.
- 33 Helen sähkönhinta. Verkkodokumentti. Energiavirasto. <<http://www.sahkonhinta.fi/summariesandgraphs>>. Luettu 1.2.2016.
- 34 Helen kaukolämmön hinta. Verkkodokumentti. Energiatodistus. <<http://energia.fi/tilastot/kaukolammon-hinnat-tyyppitaloissa-eri-paikkakunnilla>>. Luettu 1.2.2016.

LVI-työselostus

Liite (1) pitää sisällään esimerkin LVI-työselostuksen sisällysluettelosta.

Sisällysluettelo

1	YLEISET VAATUMUKSET
1.1	Tiedot rakennushankkeesta
1.2	LVI-tarvikkeet
1.3	Asennustyö
1.4	Asennustoleranssit
1.5	Kokeet, mallit ja malliasennukset
1.6	Varaukset
1.7	LVI-merkinnät
1.8	Akustiset vaatimukset
1.9	Tarkastukset ja käyttöönotto
2	LÄMMITYS
2.1	Yleiset vaatimukset
2.2	Kaukolämpöputket
2.3	Lämpöjohdot
3	VESIJOHDOT JA VIEMÄRIT
3.1	Yleiset vaatimukset
3.2	Vesijohdot
3.2.1	Kylmä-, lämmin- ja kiertovesiputket
3.2.2	Vesijohtoverkoston kytkettävät laitteet
3.2.3	Venttiilit ja putkistovarusteet
3.3	Viemäriverkostot
3.4	Vesi- ja viemärikalusteet
4	ILMANVAIHTO
4.1	Ilmanvaihdon yleiset vaatimukset
4.2	Ilmastointikoneet ja niiden osat
4.3	Kanavat ja kanavavarusteet
4.4	Tulo- ja poistoilman päätelaitteet
5	SÄÄTÖ- JA VALVONTALAITTEET
5.1	Yleiset vaatimukset

- 5.2 Säätolaitteet
- 5.3 Hälytyslaitteet
- 6 LVI-ERISTYKSET**
- 6.1 Eristyksien yleiset vaatimukset
- 6.2 Vesijohtojen ja viemäreiden eristykset
- 6.3 Ilmakanavien eristykset

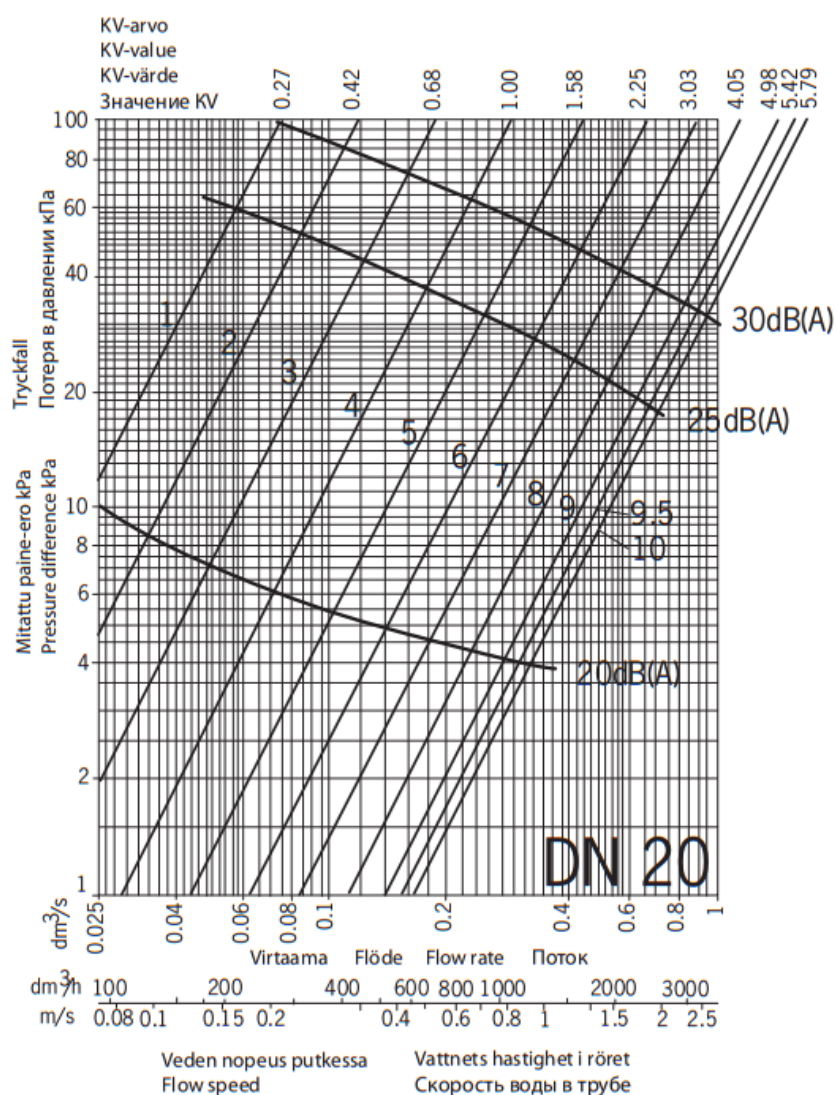
Linjasäätöventtiilin säätökäyrät

Liite (2) pitää sisällään Oraksen linjasäätöventtiilin (DN 20) säätökäyrät.

Venttiilit/Säätökäyrät



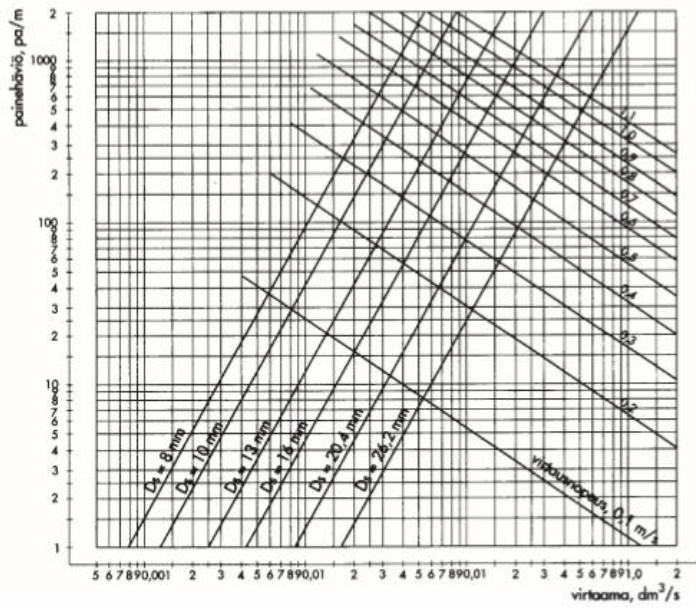
Linjasäätöventtiili / 410020
Pumpunsäätöventtiili / 411018 / 411022
LVK-linjasäätöventtiili / 412018 / 412022



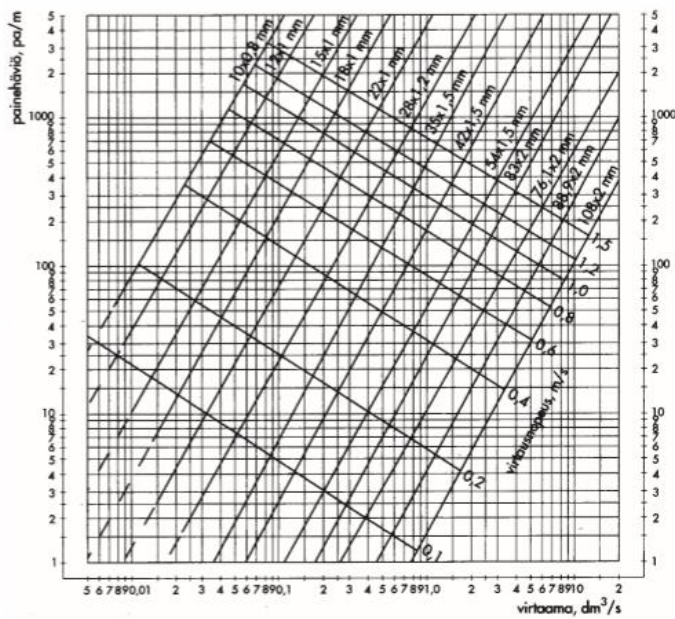
Virtaamakäyrät on laadittu vedelle. Muiden nesteiden, esim. glykolin, erilainen viskositeetti muuttaa käyrää. Ohjeita ja kertoimia saa valmistajalta.

Painehäviötaulukot Rakennustieto LVI- 13–10261

Liite (3) pitää sisällään painehäviö taulukot muovi- ja kupariputkesta



Kuva 12.
Muoviputkien painehäviöt (veden lämpötila +40 °C).



Kuva 13.
Kupariputkien painehäviöt (veden lämpötila +55 °C).