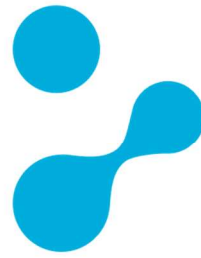




samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

HENNA PAALOSALO

**Vesikiertoisen lattialämmityksen ja su-
lanapidon suunnitteluun ja mitoitukseen
vaikuttavien lähtötietojen tarveselvitys**

Opinnäytetyö

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIikka

2020

Tekijä Paalosalo, Henna	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2020
	Sivumäärä 57	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Vesikiertoisen lattialämmityksen ja sulanapidon suunnitteluun ja mitoitukseen vaikuttavien lähtötietojen tarveselvitys		
Tutkinto-ohjelma Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka (LVI-tekniikka)		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia mitkä asiat vaikuttavat vesikiertoisen lattialämmityksen ja sulanapidon suunnitteluun ja mitoitukseen. Myös yhdistetyn lattialämmitys- ja viilennysjärjestelmän suunnittelu otettiin huomioon.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin Novrel Oy:lle, joka on erikoistunut vesikiertoisen lattialämmityksen myyntiin, markkinointiin ja asennukseen. Työn tavoitteena on tehostaa yrityksen asiakkuudenhallintaa sekä suunnittelutyötä laatimalla suunnittelutyöhön tarvittava lähtötietolomake.</p> <p>Yritykselle tehtiin samanaikaisesti myös toinen opinnäytetyö, joka käsittelee lattialämmityksen ja sulanapidon suunnittelun haasteita ja ongelmakohtia sekä niiden ennaltaehkäisyä. Teoriaosuudet töissä on samanlaiset, mutta erilaisten tavoitteiden vuoksi syvenyvät aiheeseen kuitenkin erilaisesta näkökulmasta.</p> <p>Lattialämmityksen suunnitteluun tarvittavien lähtötietojen tarveselvityksen perustana käytettiin alan kirjallisuuden mukaisia lattialämmityksen mitoitusohjeita ja laskelmia. Lähtötietojen tarpeellisuutta tarkennettiin vielä kolmen eri lattialämmityssuunnittelijan haastattelulla.</p>		
Asiasanat lattialämmitys, sulanapito, lattiaviilennys, vesikiertoinen		

Author Paalosalo, Henna	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2020
	Number of pages 57	Language of publication: Finnish
Title of publication Study of the need for input data affecting the design and dimensioning of water circulating underfloor heating- and defrosting systems		
Degree programme Construction and civil engineering (HVAC)		
Abstract The purpose of the thesis was to investigate which factors affect the design and dimensioning of water circulating underfloor heating- and frost protection systems. The design of the combined underfloor heating- and cooling system was also taken into account. The thesis was carried out for Novrel Oy, which specializes in the sale, marketing and installation of water circulating underfloor heating systems. The aim of the work is to make the company's customer relationship management and design work more efficient by preparing the input data from required for the design work. At the same time, a second thesis was done for the company, which deals with the challenges and problem areas of the underfloor heating and defrosting design and their prevention. The theoretical parts of the work are similar, but due to different goals, they delve into the topic from a different perspective. The source data needed for the planning of the underfloor heating was based on the design and calculations of the underfloor heating according to the literature in the field. The need for baseline data was further clarified by interviewing three different underfloor heating designers.		
<u>Key words</u> underfloor heating, frost protection, floor cooling, water circulation		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 VESIKIERTOINEN LATTIALÄMMITYS.....	6
2.1 Yleistä.....	6
2.2 Suunnittelu.....	8
2.3 Mitoitus	13
2.3.1 Tilojen lämmitystarve	13
2.3.2 Virtaama ja jäähtymä	15
2.3.3 Asennusvälit ja lattiarakenne	16
2.3.4 Lämpötehot ja pintalämpötilat	19
2.3.5 Painehäviöt.....	25
2.4 Tehomitoituksen laskuesimerkki.....	26
2.4.1 Teholaskelmien analysointi	28
2.5 Märkätilojen mukavuuslattialämmitys	30
2.6 Lattialämmitys komponentit.....	30
2.6.1 Jakotukki	31
2.6.2 Putki	32
2.6.3 Säätojärjestelmä	33
2.7 Asennus ja painekoe	35
3 LATTIAVIILENNYS	36
3.1 Yleistä.....	36
4 SULANAPITOJÄRJESTELMÄT	38
4.1 Yleistä.....	38
4.2 Suunnittelu.....	39
4.3 Mitoitusperiaatteet.....	40
4.4 Mitoitusesimerkki.....	41
5 LÄHTÖTIETOJEN TARVESELVITYS.....	42
5.1 Tarjouslaskenta.....	42
5.2 Lattialämmitys.....	43
5.3 Sulanapitojärjestelmät	45
6 LÄHTÖTIETOJEN ESIMERKKILOMAKE.....	46
7 YHTEENVETO	47

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyön tavoitteena on tutkia mitkä rakenteelliset ja tekniset asiat vaikuttavat vesikiertoisen lattialämmityksen ja sulanapitojärjestelmien suunnitteluun sekä kehittää näiden tietojen hankintaa yrityksen ja asiakkaan näkökulmasta. Tavoitteena on, että turhalta työltä vältyttäisiin sekä osattaisiin ennaltaehkäistä suunnitelmien jälkikäteen päivittämistä ja tehostettaisiin työskentelyä. Opinnäytetyö rajataan koskemaan ainoastaan betonirakenteeseen asennettavaa lattialämmitystä.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Novrel Oy, joka on erikoistunut vesikiertoisen lattialämmityksen ja sulanapidon myyntiin, markkinointiin ja asennukseen. Yrityksen näkökulmasta yksi haaste järjestelmän suunnitteluun liittyen on suunnitelmien tekoon tarvittavien lähtötietojen hankinta, johon pyritään saamaan kehitystä tämän opinnäytetyön tavoitteena.

Lähtötietolomakkeen perustan tiedonhaku toteutetaan alan kirjallisuuden ohella osittain kolmen lattialämmityssuunnittelijan haastatteluna. Näiden haastatteluiden pohjalta tehdään päätelmiä ja tarkasteluita ja laaditaan kolme erilaista lähtötietolomaketta, jotka palvelevat yritystä ja tehostavat samalla sen asiakkuudenhallintaa ja projektinhoitoa.

Yritykselle tehdään samanaikaisesti kaksi opinnäytetyötä, joista toinen käsittelee vesikiertoisen lattialämmityksen ja sulanapidon suunnitteluun liittyviä haasteita ja ongelmia sekä niiden ennaltaehkäisyä. Opinnäytetyöt kulkevat käsikädessä ja teoriaosuudet näissä on samanlaiset, mutta molempien töiden erilaisten tavoitteiden vuoksi ne syventyvät aiheeseen erilaisesta näkökulmasta.

2 VESIKIERTOINEN LATTIALÄMMITYS

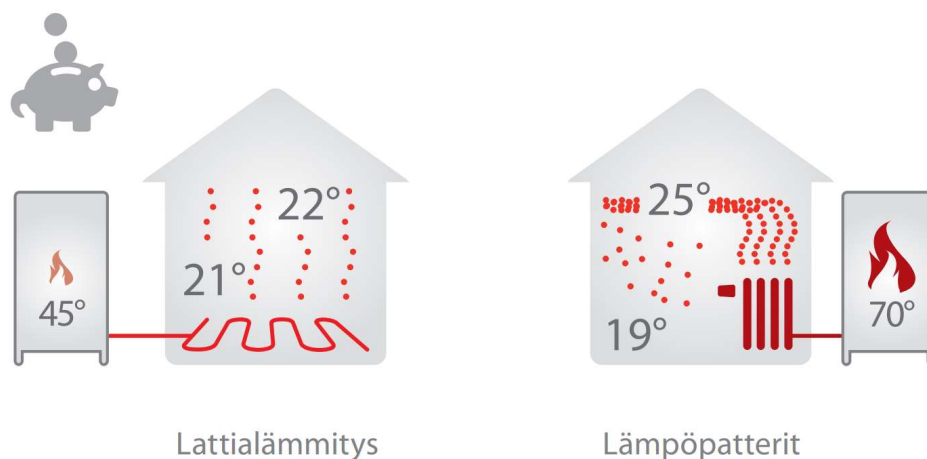
2.1 Yleistä

Vesikiertoinen lattialämmitys on energiatehokas ja asukasystävällinen tapa toteuttaa rakennuksen lämmönjako. Järjestelmä on hyvä vaihtoehto perinteiselle patterilämmitykselle joko yksinään tai yhdessä muiden lämmönjakotapojen kanssa. Verrattuna patterilämmitykseen lattialämmitys on energiatehokkaampi sekä siinä lämmön jakautuminen huonetilassa on tasaisempaa ja huoneilman lämpötila on lähes sama riippumatta siitä missä kohtaa huonetta ollaan (Kuva 1). Järjestelmänä lattialämmitys on käyttömukava ja se voidaan toteuttaa lähes kaikkien lattiamateriaalien sekä lämmönlähteiden (esimerkiksi sähkö, öljy, kaukolämpö) kanssa. Järjestelmän laajojen toteuttamismahdollisuuksien vuoksi se on hyvä vaihtoehto myös tulevaisuutta ajatellen, sillä lämmönlähdettä voidaan haluttaessa vaihtaa myös jälkikäteen rakennuksen elinkaaren aikana.

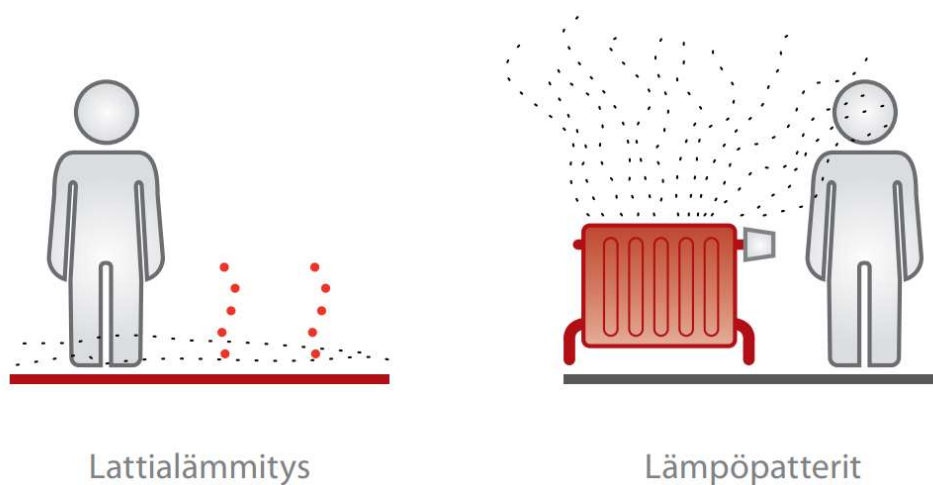
Energiatehokkaan lämmitysmuodon järjestelmästä tekee sen suuren lämmityspinta-alan mahdollistama alhainen menoveden lämpötila (35-45°C). Matalan menoveden lämpötilan vuoksi lattialämmitys on kytkettävä aina erilliseen lämmitysverkostoon, eikä sovi kytkettäväksi yhteen esimerkiksi lämpimän käyttövesiverkoston kanssa. Lämpimän käyttövesiverkoston ohjearvon alarajana pidetään +55°C:tta, joka on puolestaan liian korkea lattialämmityksen toteuttamiseen. Myös legionella bakteerin muodostumisen riski halutaan poissulkea käyttövesiverkostossa ja järjestelmien yhdistämistä ei tämän vuoksi sallita. (RT 52-10801 2003, 2)

Asukkaalle lattialämmitys tuo lisää asumisviihtyvyyttä sen korkeamman lattian pintalämpötilan vuoksi ja tavoitteena onkin ettei lattia tunnu kesälläkään paljaalle jalalle kylmältä. Rakenteisiin piilotetun järjestelmän ansiosta se ei vie tilaa pienenkään asunon neliöistä eikä haittaa huonekalujen sijoittelua tai sisustamista. Lattialämmityksen käyttö ehkäisee myös pölyn leijailua huoneilmassa. Kun verrataan patterilämmitystä ja lattialämmitystä, patterilämmityksessä patterit nostavat ilmaa paljon enemmän ylöspäin kuljettaen pölyä mukanaan oleskelualueelle (Kuva 2). Patterilämmityksessä pat-

terit myös keräävät pölyä ja siivoaminen on hankalempaa niiden läheisyydestä verrattuna rakenteissa piilossa olevaan lattialämmitykseen. (Sytä valita lattialämmitys 2014, 13)



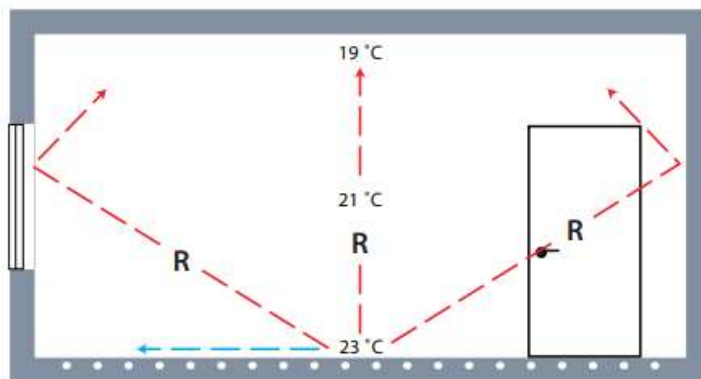
Kuva 1. Lämmön jakautumisen erot lattialämmityksen ja patterilämmityksen välillä (Sytä valita lattialämmitys 2014, 13)



Kuva 2. Pölyn leijailu huoneilmassa lattialämmitys- ja patterilämmityksessä. (Sytä valita lattialämmitys 2014, 12)

Asuinrakennuksen lämmityksessä pyritään lämmitysjärjestelmällä tuottamaan lämpöä niin, että huoneilman lämpötila oleskeluvyöhykkeellä olisi noin vakiona käytetyn sisälämpötilan +21°C:n suuruinen. Ihanteellisena huoneen pystysuuntaisena lämpötila-erona pidetään noin 2°C:tta, joka tarkoittaa käytännössä lattiatason ja pään tason vä-

listä lämpötilaeroa ja lattialämmityksellä se on mahdollista saavuttaa. Lattialämmitysjärjestelmällä lämpö tuotetaan 30% konvektiolla ja 70% lämpösäteilynä (Kuva 3) joka on päinvastainen suhde verrattuna patterilämmitykseen. (Vesikiertoisen lattialämmityksen perusteet 2011, 5)



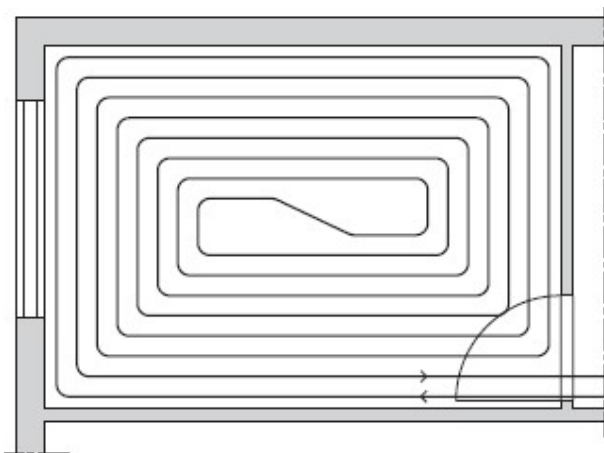
Kuva 3. Lattialämmityksen lämmöntuoton jakautuminen huonetilassa. (Vesikiertoisen lattialämmityksen perusteet 2011, 5)

2.2 Suunnittelu

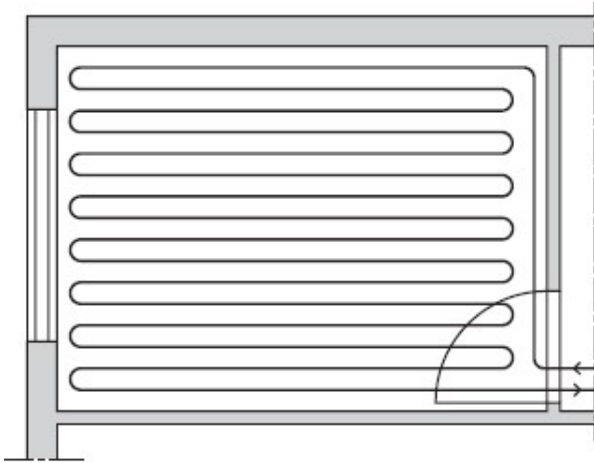
Lattialämmitysjärjestelmä suunnitellaan lähes aina käyttäen happidiffuusiosuojalla varustettua muoviputkea (esim. PE-RT tai PEX-Xc). Suunnittelun periaatteena käytetään, että jakotukilta lähtevät putkipiirit palvelevat kukin pääsääntöisesti omaa huonetta. Suurien huoneiden kohdalla voi olla tarvetta toteuttaa yksi huone myös kahdella erillisellä piirillä, jotta liian suurilta painehäviöiltä vältyttäisiin. Jokainen lämmityspiiri täytyy toteuttaa aina yhtenäisenä putkipiirinä eikä lattiarakenteeseen saa jäädä asennusvaiheessa liitoksia. Lattialämmityssuunnittelussa putket suunnitellaan yleisesti aina lämmitettävän tilan seinästä seinään. Poikkeuksena on, että viemärit ja kaivot kierretään ja esimerkiksi takan tai kiukaan alle ei lattialämmityspotkia saa asentaa. Yleisimmin lattialämmityspotket suunnitellaan myös kiinteiden kalusteiden, kuten esimerkiksi keittiökaappien alle. (LVI 13-10261 1996, 2) Yhden putkipiirin suurin sallittu pituus määräytyy maksimin kitkapainehäviön 25kPa mukaan eli se on riippuvainen menonesteeseen virtausnopeudesta ja nesteeseen ominaisuuksista. (Malaska puhelin-

haastattelu 4.5.2020) Piirien pituuksien ”hihavakioina” eli suuntaa antavina pituuksina voidaan käyttää esimerkiksi 12mm putkelle on 55m, 16mm putkelle 80m ja 20mm putkelle 120m. (Puhelinhaastattelu Korpi 6.5.2020)

Järjestelmä suunnitellaan käyttäen kahta erilaista asennustapaa joko rivi- tai spiraali-asennusta. Yleisin tapa toteuttaa asennus on spiraalijako (Kuva 4). Spiraaliasennuksella mahdollistetaan, että lämpö jakautuu lattiapinnalle mahdollisimman tasaisesti, sillä siinä meno- ja paluuputki kulkevat aina rinnakkain. Jos lattialämmityspotki kulkee huonetilassa, jota sen ei ole tarkoitus lämmittää se asennetaan yleensä suojaputkeen tai se lämpöeristetään, jotta vältetään liiallisesta lämmöntuotosta. Tällaisia tiloja voi olla esimerkiksi asuinkerrostalon rappukäytävät tai putkinousut rakenteiden sisällä. Tasaisen lattiapinnan lämpenemisen tavoitteena suositellaan, että putkien asennusvälinä käytetään korkeintaan 300mm:ä. Puolilämpimissä tiloissa, joissa ollaan yleensä kengät jalassa ei tasainen lattiapinnan lämpötila ole yleensä merkittävä. Tämän vuoksi näissä tiloissa voidaan käyttää poikkeuksellisesti tarvittaessa yli 300mm:n asennusväliä. (LVI 13-10261 1996, 2-3)

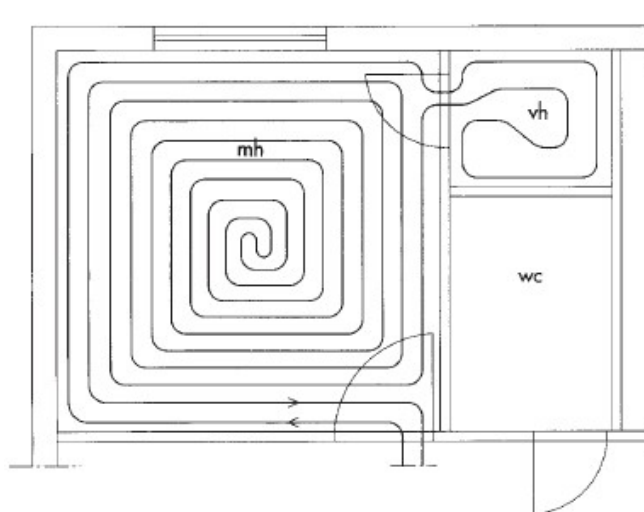


Kuva 4 . Lattialämmityspotken spiraaliasennuksen havainnekuva
(RT 52-10801 2003, 2)

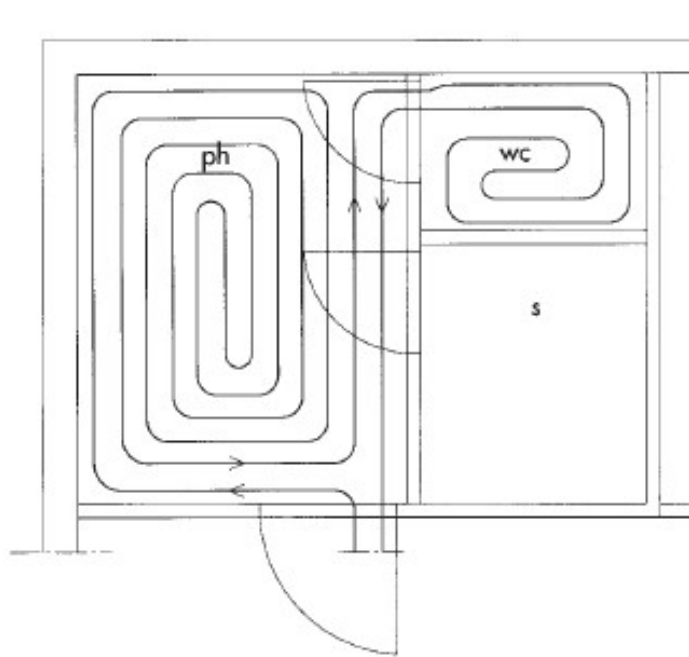


Kuva 5. Lattialämmityspotken riviasennuksen havainnekuva
(RT 52-10801 2003, 2)

Pieniin huoneisiin, kuten esimerkiksi vaatehuoneisiin tai wc-tiloihin ei poikkeuksellisesti tarvitse aina tehdä omaa piiriä vaan ne usein yhdistetään viereisen isomman tilan piiriin. Näissä huonetiloissa yleensä lämmön tarve on vähäistä. Pieni tila voidaan yhdistää spiraaliasennuksessa joko meno- tai paluuputkeen. Pienien tilojen yhdistämisen asennusperiaatteet esimerkkikuvissa Kuva 6 ja 7. (LVI 13-10261 1996, 2)

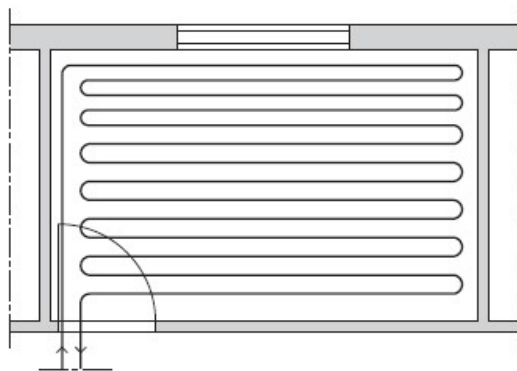


Kuva 6. Vaatehuone liitettynä makuuhuoneen lattialämmityspiirin menoputkeen.
(LVI 13-10261 1996, 2)

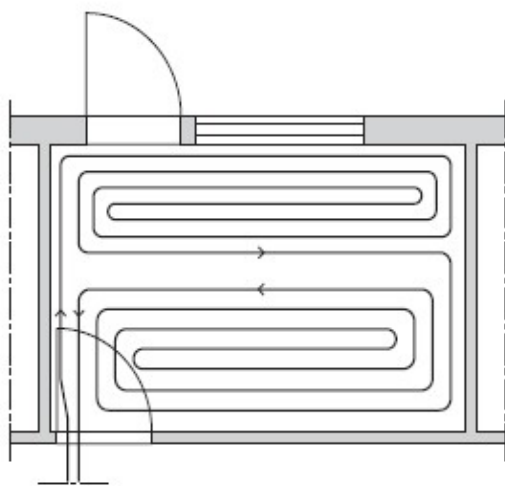


Kuva 7. WC liitettyä pesuhuoneen lattialämmityspiirin paluuputkeen. (LVI 13-10261 1996, 2)

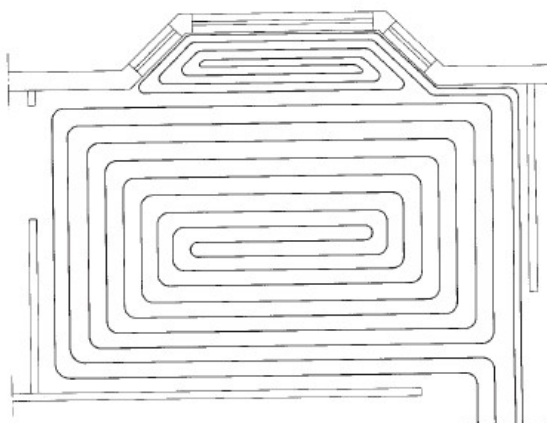
Tarvittaessa huoneen ulkoseinän ja suurten ikkunoiden edustalle asennetaan tiheämmällä asennusvälillä reunavyöhyke suurten lämpöhäviöiden kattamiseksi. Reunavyöhyke toteutetaan yleensä aina 150mm:n asennusvälillä noin 1 metrin pituisella alueella ja se voidaan toteuttaa kolmella erilaisella tavalla. Alue voidaan tehdä yhtenäisenä riviasennusperiaatteen mukaisena piirinä keskialueen kanssa tihentäen reuna-alueen puolella asennusväliä (Kuva 8). Spiraaliasennuksessa tihennys tehdään yleensä niin, että tiheämmällä asennusvälillä oma spiraali reuna-alueelle, jonka jälkeen piiri jatkaa keskialueelle muodostamalla harvemman spiraalin (Kuva 9). Poikkeustapauksissa suurien huoneiden kohdalla, voidaan reuna-alue toteuttaa myös kokonaan erillisenä tiheänä spiraalipiirinä (Kuva 10). Lämmityspiirin menoveden virtaussuunta tulee olla aina niin, että jakotukilta lähtevä kuumin vesi menee ensin reuna-alueelle, jossa lämpöhäviöiden määrä ja lämmöntarve on suurin. (LVI 13-10261 1996, 3)



Kuva 8. Huoneen lämmityspiirin reunavyöhyke toteutettuna tiheämmällä asennusvä-
lillä kuin muu alue. (RT 52-10801 2003, 3)



Kuva 9. Huoneen lämmityspiiri reunavyöhyke niin, että ensin ulkoseinälle tiheämpi
asennusväli ja sen jälkeen keskialueella harvempi asennusväli. (RT 52-10801 2003, 3)



Kuva 10. Lämmityspiirin reunavyöhyke toteutettuna erillisenä putki-
piirinä. Molempia piirejä ohjataan yhteisellä huonetermostaatilla tai -anturilla. (LVI 13-10261 1996, 2)

2.3 Mitoitus

Jokainen lattialämmitysjärjestelmä suunnitellaan ja mitoitetaan hankekohtaisesti rakennuksen yksityiskohdat huomioon ottaen. Mitoituksessa tulee ottaa huomioon aina eri laitevalmistajien tuotekohtaiset suunnitteluohjeet ja soveltaa niitä kohteen tarpeisiin sopivaksi. Tässä opinnäytetyössä käsitellään lattialämmityksen mitoituksen yleisiä vaiheita ja ohjeistoja, joita voidaan soveltaa jokaisen eri laitevalmistajan lattialämmitysjärjestelmän mitoitukseen.

Lattialämmitysjärjestelmän mitoituksen perustana käytetään kuvan 11 mukaisia mitoituslämpötilojen ohjeellisia suositus-, vähimmäis- ja enimmäisarvoja. (RT 52-10801 2003, 4). Ennen suunnittelun aloittamista pitää kuitenkin selvittää kohteen LVI-suunnittelijalta menoveden lämpötila ja jäähtymän suositus/vaatimusarvot, joita tulee käyttää kohdekohtaisen mitoituksen perustana.

*Taulukko 1.
Lattialämmityksen ohjeellisia suositus-, vähimmäis- ja enimmäisarvoja.*

	Suositus- arvo	Vähimmäis- arvo	Enimmäis- arvo
Menoveden lämpötila °C	35...45 ¹⁾	25...30 ¹⁾	45 ¹⁾
Meno/paluuveden lämpötilaero °C	5...10 ¹⁾		
Lattian pintalämpötila °C	25...27 ²⁾	23 ²⁾	30 ²⁾
Putkien asennusväli, mm	100...300	100	450
Asennussyvyys, mm	40 ³⁾	30 ³⁾	70 ³⁾

¹⁾ Riippuu lattiarakenteesta.

²⁾ Laskennallinen raja-arvo, riippuu lattianpäällysteestä, huonetilan käyttötarkoituksesta ja keskimääräisistä lämpöhäviöistä. Tiloissa, joissa säännöllisesti työskennellään seisten, lattian pintalämpötila on enintään +25 °C.

Asuinhuoneiden lattian pintalämpötila on enintään +26...+27 °C.

Kylpyhuoneissa, WC:ssä, uimahalleissa ja tiloissa, joita käytetään harvoin, lattian pintalämpötila on enintään +30 °C.

Varastoissa, autotalleissa ja vastaavissa tiloissa lattian pintalämpötilana voidaan käyttää vähimmäisarvoa +23 °C, jos lämpöteho on sen sallii.

³⁾ Asennussyvyys riippuu putkien asennusvälistä ja lattiarakenteesta.

Kuva 11. Lattialämmityksen suositusarvoja (RT 52-10801 2003, 4)

2.3.1 Tilojen lämmitystarve

Lattialämmitysjärjestelmältä tarvittavaan lämpötehon tarpeeseen vaikuttaa rakennuksen lämpöhäviöt. Rakennuksen lämpöhäviön määrään vaikuttaa esimerkiksi vuotoilman määrä, lämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, ilmanvaihtojärjestelmän tuloilman ja

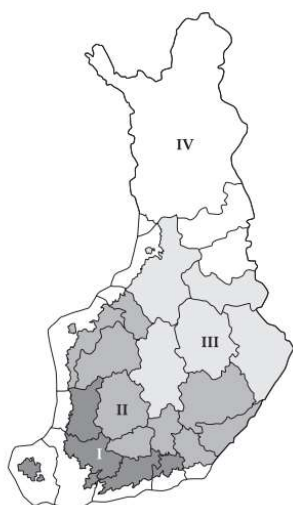
korvausilman lämmittämiseen käytettävän tehon määrä. Keskimääräinen tilakohtainen lämpötehon tarve lattianeliötä kohden saadaan jakamalla lämpötehon tarve lämmitettävän tilan vapaalla lattiapinta-alalla. (LVI 13-10261 1996, 4)

Lämpöhäviölaskelmat suoritetaan yrityksessä käytettävällä mitoitusohjelmalla, jonka avulla lattialämmitysjärjestelmältä tarvittava lämpöteho lasketaan. Ohjelman avulla saadaan laskettua huonekohtaisesti lämpötehon tarpeen määrä ottamalla huomioon rakennuksen maantieteellinen sijainti, rakenteiden U-arvot, ikkunoiden ja ovien pinta-alat ja U-arvot, tuloilman määrä ja ala- ja yläpohjan rakenne. Maantieteellisen sijainnin perusteella rakennuksen mitoitusulkolämpötila valitaan Suomen neljän säävyöhykkeen mukaisesti (Kuva 12 ja 13).

Taulukko L1.1. Mitoittavat ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.

Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C
I	-26
II	-29
III	-32
IV	-38

Kuva 12. Suomen mitoittavat ulkolämpötilat eri säävyöhykkeillä (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017, 9)



Kuva 13. Säävyöhykkeen valinta maantieteellisesti (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017, 9)

2.3.2 Virtaama ja jäähtymä

Lattialämmitystä kutsutaan matalalämpöiseksi lämmitysjärjestelmäksi sen alhaisen menoveden lämpötilan vuoksi (35-45°C). Menoveden lämpötilalla vaikutetaan järjestelmän lämmön luovutustehoihin ja siihen, minkä lämpöinen lattia jalan alla tuntuu eli lattian pintalämpötilaan. (Malaska puhelinhaastattelu 4.5.2020) Kaukolämpökohteissa rajoituksena käytetään että menoveden tulee olla +35°C. Paluuv veden maksimiarvona käytetään +30°C lämpötilaa. (LVI 10-10549 2014, 5)

Jäähtymällä tarkoitetaan lattialämmitysjärjestelmässä sen menoveden ja paluuv veden lämpötilaeroa. Jäähtymän suuruudella vaikutetaan suoraan putkistossa kiertävän veden virtausnopeuteen (Kaava 1), lattian pintalämpötilaan sekä järjestelmän antamaan luovutustehoon. Minimiarvona jäähtymälle käytetään 4°C:tta, mutta poikkeustapauksissa esimerkiksi todella lyhyissä piireissä myös 3°C jäähtymä voi olla mahdollinen. (Malaska puhelinhaastattelu 4.5.2020) Ehtona käytetään, että lattialämmityksen putkivirtauksen tulee olla turbulenttista. Turbulenttisella virtauksella tarkoitetaan, että virtaus ei ole tasaista laminaarisen virtauksen tavoin vaan virtaus on pyörteilevää. Turbulenttisella virtauksella saadaan aikaan parempi lämmönluovutus. Jäähtymän maksimiarvona voidaan katsoa sen olevan se raja-arvo jossa virtaus muuttuu turbulenttisesta laminaariseksi, huomioiden että painehäviö ei saa nousta yli 25 kPa arvon. Jäähtymän voidaan katsoa olevan riippuvainen näin ollen käytettävän putken koosta ja sen virtausnopeudesta. Käytännössä tämä tarkoittaa, että pienempää putkea käytettäessä, turbulenttisuusehto on mahdollista saavuttaa pienemmällä virtaamalla kuin isompaa putkea käytettäessä. (SFS EN 1264-2 2013, 9)

Jäähtymän säätelyllä pyritään tavoittelemaan mahdollisimman alhaisia painehäviöitä ja vaikuttamaan virtausnopeuteen, pintalämpötilaan sekä luovutustehoon. Pienellä jäähtymällä virtausnopeus, pintalämpötila ja luovutusteho nousevat ja korkeammalla jäähtymällä päinvastoin. (Malaska puhelinhaastattelu 4.5.2020) Käytännössä tämä tarkoittaa esimerkiksi kaukolämpökohteissa, kun paluuv veden maksimiarvona on +30°C, putkipiirien pituuksia joudutaan pienentämään ja isommat huoneet joudutaan toteuttamaan kahdella erillisellä piirillä. Tämä johtaa myös jakotukin koon ja syöttöputken määrän kasvuun. (Brandt puhelinhaastattelu 4.5.2020)

Suurten lämpöhäviöiden kattamiseksi lämmönluovutusta voidaan tehostaa tiheämällä putkiasennuksella ks. 2.3.3 ja jäähtymää pienentämällä saadaan menoveden lämpötilaa nostettua. Näiden toimenpiteiden varjolla, tulee varmistaa ettei kuitenkaan lattian pintalämpötila nouse liian korkeaksi. Lattian pintalämpötilan raja-arvoja käsitellään enemmän kohdassa 2.2.4.

Virtaaman määrä lattialämmityspiirissä saadaan laskettua kaavan 1 avulla, kun tiedetään piiriä palvelevan tilan lämpötehon määrä. Mikäli isompi huone on jouduttu toteuttamaan useammalla piirillä, lisätään kaavan nimittäjään kerroin n , jonka arvona käytetään lämmityspiirien lukumäärää.

$$q_v = \frac{q}{\rho \cdot C_p \cdot \Delta T}$$

Kaava 1. Tilavuusvirta [dm^3/s]

, jossa q = piirin lämpöteho [W]

ρ = veden tiheys 1000 kg/m³

C_p = veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 kJ/kgK

ΔT = piirin meno- ja paluuveden lämpötilaero [°C]

2.3.3 Asennusvälit ja lattiarakenne

Novrel-lattialämmitysjärjestelmä suunnitellaan käyttäen pääsääntöisesti kolmea erilaista putkitiheyttä, jotka ovat 150mm, 225mm ja 300mm. Lattialämmityspotkien asennusvälillä vaikutetaan lämmönluovutuksen tehokkuuteen. Tiheämmällä asennusvälillä 150mm saadaan tuotettua enemmän lämmitystehoa lattianeliötä kohden kuin harvemmalla esimerkiksi 300mm asennusvälillä. Lattialämmityssuunnittelijan haastattelun perusteella voidaan todeta, että useimmiten asennusvälin suuruus reuna-alueilla esimerkiksi ulkoseinien/ikkunoiden/ovien kohdalla on 150mm suurempien lämpöhäviöiden kattamiseksi ja huoneen keskellä ja sisäseinillä harvempi 300mm. Myös märkätilojen asennustiheys toteutetaan tiheämmällä asennusvälillä lattian kuivumisen

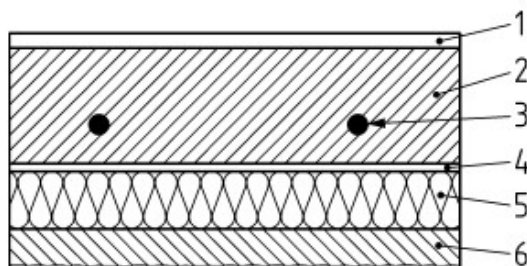
tehostamiseksi ja sen varmistamiseksi ettei paljaalla jalalla tunneta viileämpiä kohtia laattalattialla. (Malaska puhelinhaastattelu 4.5.2020)

Taulukko 1. Yleisimmät asennusvälit eri alueilla

Alue	Reuna-alue (tihennysten lkm/ asennustiheys[mm])	Piirin keskialue asennustiheys [mm]
Ulkoseinät	2/150	225 tai 300
Ovi/ikkuna	4-8/150	225 tai 300
Märkätilat	150	150
Muut laattapinnat	225 tai 300	225 tai 300

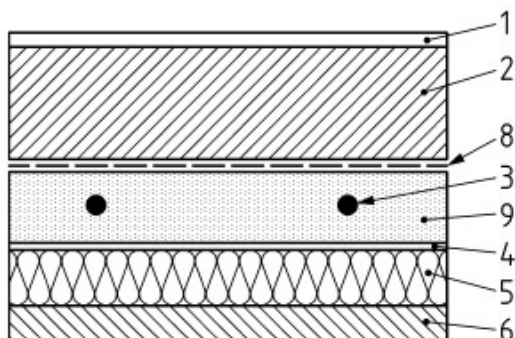
Yleisempiä lattialämmitysjärjestelmän lattiarakenteita ovat kuvien 14-17 mukaiset rakenteet, joissa putket on asennettu joko tasoitekerrokseen tai sen alapuolelle eristekerrokseen/lämmönluovutuslevyyn. Kuvan 14 rakenne on pääsääntöisesti omakotitalojen ja 1-kerroksisten rakennuksien tai kerrostalon ensimmäisen kerroksen rakenne. Kuvien 16 ja 17 lattiarakennetta käytetään esimerkiksi kerrostalorakentamisessa, jossa askeläänilevyn käyttö on vaatimuksena.

Tämän opinnäytetyön mitoitusesimerkeissä ja laskelmissa tarkastellaan ainoastaan kuvan 14 rakennetta eli lattialämmitysjärjestelmiä jossa putket on asennettu täydellisesti betonin sisään esimerkiksi betoniraudoitukseen kiinni.



Kuva 14. Rakenne 1. Putket asennettuna tasoitekerrokseen (SFS-EN 1264-1 2011, 32)

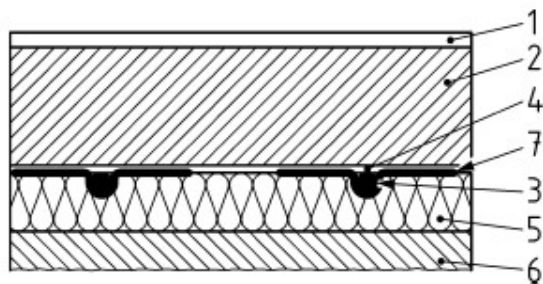
- , jossa
- 1 = Lattian pinnoite
 - 2 = Kantava- ja lämmönluovutuskerros (tasoitekerros)
 - 3 = Lämmitys- /jäähdytysputki
 - 4 = Suojakerros
 - 5 = Lämmöneristekerros
 - 6 = Runkorakenne



Kuva 15. Rakenne 2. Putket asennettuna tasoitekerrokseen (esim. kylpyhuoneet) (SFS-EN 1264-1 2011, 33)

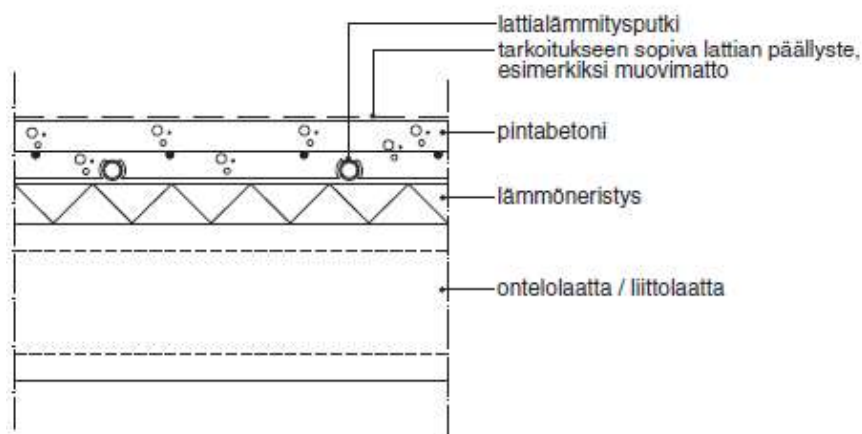
- , jossa
- 8 = Kaksinkertainen vesieriste
 - 9 = Tasoitekerros

Kun asennuslevyn yhteydessä käytetään tavallista pintavalua on lämmitysputkiston päälle asennettava erikseen vielä rauditusverkko. Putken kiinnityksestä asennuslevyyn (esim. Weber Comfort uralevy) esitetty havainne kuva alla (Kuva 16). (LVI 13-10261 1996, 9)



Kuva 16. Rakenne 3. Putket asennettuna asennuslevyyn tasoitekerroksen alle (lämmönluovutuslevy/ uralevy) (SFS-EN 1264-1 2011, 32)

, jossa 7 = Lämmönluovutuslevy / uralevy



Kuva 17. Rakenne 4. Putket asennettuna lämmöneristyslevyyn. (esim. takkerilevy) (RT 52-10801 2003, 5)

2.3.4 Lämpötehot ja pintalämpötilat

Järjestelmän lämmönluovutukseen vaikutetaan putkien asennustiheydellä, putken yläpuolella olevan lattiarakenteen (esim. betonimassan) lämmönjohtavuudella ja sen paksuudella sekä lattiamateriaalin (esim. laminaatti-, parketti tai laattalattia) lämmönjohtavuudella ja paksuudella sekä putken ulkohalkaisijalla. Lattialämmitysjärjestelmän lämpötehon määrittämisessä ehtona on, että sen lämpöä johtava kerros tulee eristää rakennuksen alapohjasta aina lämpöä eristävällä kerroksella. (SFS-EN 1264-2 2013, 8-9)

Lattialämmitysjärjestelmällä pystytään tuottamaan saman suuruinen lämpöteho missä tahansa lämmitettävässä huoneessa, jossa tavoitellaan samaa vakiosisälämpötilaa $+21^{\circ}\text{C}$:tta. Keskimääräinen tarvittava lämmitystehon määrä lattianeliötä kohden, kun vaikuttavana tekijänä on lattian pintalämpötila voidaan määrittää käyttämällä vakio ominaiskäyrää (Kuva 18) tai kaavan 3 avulla. (SFS-EN 1264-2 2013, 7)

Jokaisella lattialämmitysjärjestelmällä on oma suurin sallittu ominaislämpöteho, joka määritetään ympäröivän sisälämpötilan eli vakiona käytetyn $+21^{\circ}\text{C}$:n mukaisesti. Rajahtona lämpöteholle on määritetty, että lattian pintalämpötila saa olla maksimissaan $+29^{\circ}\text{C}$ oleskeluvyöhykkeellä ja reuna-alueilla $+35^{\circ}\text{C}$. Useimmat parketti- ja laminaattilattiat eivät kuitenkaan siedä yli $+27^{\circ}\text{C}$:een lämpötilaa ja tämän vuoksi lattian pintalämpötilan maksimiarvoina käytetään taulukon 2 mukaisia arvoja eri lattiamateriaaleille. Pintamateriaalien rajoitukset tulee ottaa huomioon lattiamateriaalin valmistajien takuuehdoista. (SFS-EN 1264-2 2013, 7-8). Tämän lisäksi on otettava huomioon myös huonetilan käyttötarkoitus. Esimerkiksi tilat, joissa pääsääntöisesti työskennellään seisten, lattian pintalämpötilan arvoksi suositellaan korkeintaan $+25^{\circ}\text{C}$. (LVI 13-10261 1996, 4)

Lattialämmityssuunnittelijan haastattelun ohella todetaan, että pintalämpötila on korkeampi alustan pinnassa ennen lattiamateriaalia, sillä lattiamateriaali itsessään (puu) toimii eristävänä tekijänä. Tämän vuoksi pintalämpötilan maksimiarvoa määriteltäessä pitäisi huomioida alustan eikä pintamateriaalin lämpötila, mutta mitoitusohjelmalla tätä ei saada katsottua. Jos pintalämpötila on lattiamateriaalin alla liian korkea, vaarana on puu materiaalien kuivuminen ja rikkoutuminen ja liimaparketissa rakojen syntyminen. (Malaska puhelinhaastattelu 4.5.2020)

Taulukossa 2 on esitetty kolmen yleisimmän lattian pintamateriaalien korkeimmat sallitut pintalämpötilat sekä niiden lämmönvastukset. Lämmönvastukset on laskettu käyttäen kaavaa 2, joka perustuu lattiamateriaalin paksuuteen ja lämmönjohtavuuteen.

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Kaava 2. Lämmönvastuksen R laskeminen

, jossa d = lattiamateriaalin paksuus [m]

λ = lattiamateriaalin lämmönjohtavuus [W/m*K]

Taulukko 2. Yleisimpien pintamateriaalien maksimi pintalämpötiloja ja lämmönvastuksia.

Pintamateriaali	Maksimi pintalämpötila [°C]	Lämmönvastus R [m ² *K/W]
Laminaatti	28	0.067
Parketti	27	0.07
Klinkkeri	30	0.01

Lämmitystehon määrittämisessä tulee huomioida, että erilaisille lattiapinnan materiaaleille on omat suurimmat sallitut tehomäärät. Teknisesti esimerkiksi laminaatti- tai parkettilattian suurin sallittu lattialämmitysteho on 65 W/m² ja laattalattialle enintään 100 W/m² lattiarakenteesta riippumatta. (Lattialämmitys- ja viilennysratkaisut kerrostoissa, 12)

$$q = 8,92 \cdot (T_{\text{pinta}} - T_{\text{sisä}})^{1,1}$$

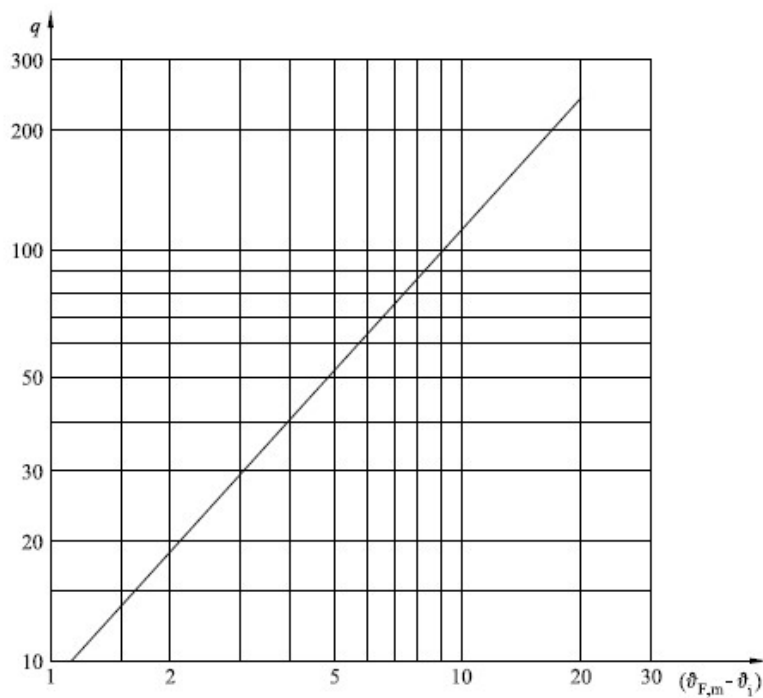
Kaava 3. Lattialämmitysteho lattian pintalämpötilan mukaisesti

(SFS EN 1264-2 2013, 25)

, jossa q = lattialämmitysteho [W/m²]

T_{pinta} = lämmitettävän alueen keskimääräinen pintalämpötila [°C]

$T_{\text{sisä}}$ = vakio sisälämpötila +21°C



Kuva 18. Lattialämmitystehon määrittäminen vakio ominaiskäyrän avulla (SFS-EN 1264-2 2013, 25)

, jossa

θ_i = Vakio sisälämpötila [°C]

$\theta_{F,m}$ = Keskimääräinen pintalämpötila [°C]

q = Lattialämmitysteho [W/m²]

Täydellisesti betonirakenteeseen sisään asennettavan lattialämmitysjärjestelmän ominaislämpötehon määrä lasketaan kaavan 4 mukaisesti. Oletuksena on, että putkimateriaalina käytetään PE-RT tai PEX-Xc putkea, jonka lämmönjohtavuus on $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ja putkiseinämän paksuutena on $0,002\text{m}$. Tällöin tämän järjestelmän vakioksi B muodostuu $6,7 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. (SFS-EN 1264-2 2013, 8)

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_u^{m_u} \cdot a_D^{m_D} \cdot \Delta T_H$$

Kaava 4. Lattialämmitysjärjestelmän ominaislämpöteho (SFS-EN 1264-2 2013, 8)

, jossa B = järjestelmän vakio, 6,7 W/m²K

a_B = lattiapäällysteen laskentakerroin (Kaava 6)

a_T = putkien asennusvälin laskentakerroin (Taulukko 3)

a_u = betonirakenteen laskentakerroin (Taulukko 4)

a_D = putken ulkohalkaisijan laskentakerroin (Taulukko 5)

$m_T = 1 - (T/0,075)$, jossa T = putkien asennusväli [m]

$m_u = 100(0,045 - su)$, jossa su = putken yläpuolisen betonivalukerroksen paksuus [m]

$m_D = 250(D - 0,020)$, jossa D putken ulkohalkaisija [m]

ΔT_H = Lämpötilaero huoneilman ja lämmitysputkien välillä [°C] (Kaava 5)

$$\Delta T_H = \frac{T_{meno} - T_{paluu}}{\ln\left(\frac{T_{meno} - T_{sisä}}{T_{paluu} - T_{sisä}}\right)}$$

Kaava 5. Lämpötilaero huoneilman ja lämmitysputkien välillä (SFS EN 1264-2 2013, 7)

, jossa T_{meno} = Menoveden lämpötila [°C]

T_{paluu} = Paluuv veden lämpötila [°C]

$T_{sisä}$ = vakio sisälämpötila +21°C

Lattiapäällysteen eli esimerkiksi laminaatti- tai parkettilattian laskentakerroin lasketaan kaavan 6 mukaisesti. Kertoimen vaikuttavana tekijänä toimii lattiapäällysteen lämmönvastuksen määrä (Taulukko 2).

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_E} + R_{\lambda,B}}$$

Kaava 6. Lattiapäällysteen kerroin (SFS-EN 1264-2 2013, 8)

, jossa α = järjestelmän vakio 10,8 W/(m² · K)

$\lambda_{u,0}$ = järjestelmän vakio 1 W/(m · K)

$s_{u,0}$ = järjestelmän vakio 0,045m

$R_{\lambda,B}$ = lattiapäällysteen lämmönjohtavuusvastus [m² · K/W]

λ_E = betonin lämmönjohtavuus 1,2 W/(m · K)

Taulukko 3. Putkien asennusvälin laskentakerroin a_T (SFS-EN 1264-2 2013, 30)

Lattian pintamateriaalin lämmönvastus [m ² *K/W]	0	0.05	0.10	0.15
a_T	1.23	1.188	1.156	1.135

Taulukko 4. Putken yläpuolisen betonikerroksen paksuuden laskentakerroin a_u (SFS-EN 1264-2 2013, 30)

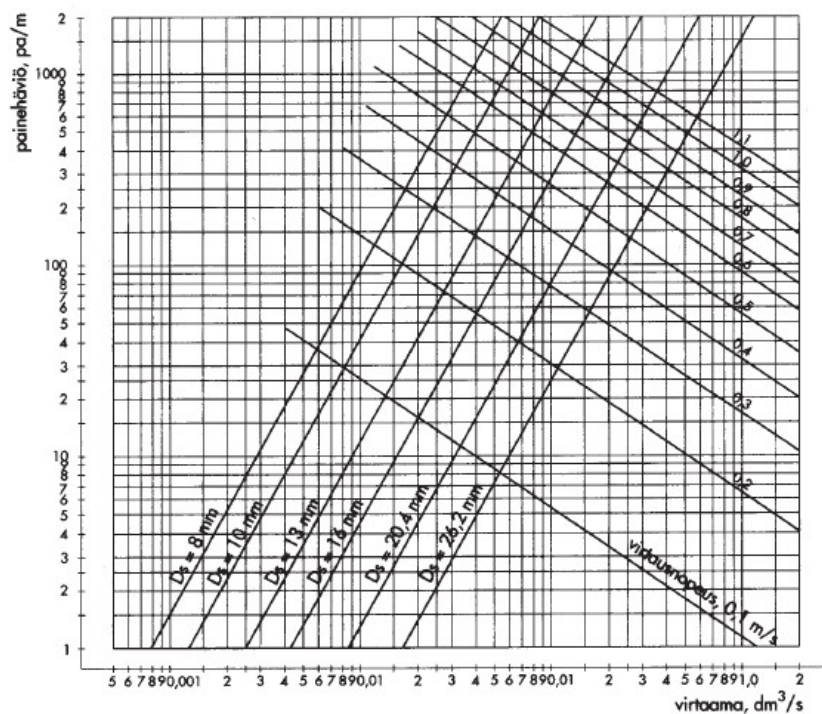
Lattian pintamateriaalin lämmönvastus [m ² *K/W]	0	0.05	0.10	0.15
Putkien asennusväli, T [mm]	a_u			
150	1.057	1.046	1.035	1.0305
225	1.048	1.038	1.0295	1.026
300	1.0395	1.031	1.024	1.021

Taulukko 5. Putken ulkohalkaisijan laskentakerroin a_D (SFS-EN 1264-2 2013, 31)

Lattian pintamateriaalin lämmönvastus [m ² *K/W]	0	0.05	0.10	0.15
Putkien asennusväli, T [mm]	a_D			
150	1.04	1.034	1.029	1.024
225	1.049	1.043	1.038	1.033
300	1.053	1.049	1.044	1.039

2.3.5 Painehäviöt

Lattialämmityspiirien suunnittelussa ja piirien virtaamien määrittämisessä halutaan tavoitella mahdollisimman toisiaan lähellä olevia painehäviöitä kaikkien lämmityspiirien välillä. Muoviputken painehäviö voidaan määrittää alla olevan kuvan 19 mukaisesti, kun tilavuusvirta tiedetään (Kaava 1). Painehäviön suuruuteen vaikutetaan lattialämmitysjärjestelmässä putken koolla, piirin pituudella, virtaamalla, virtaavan nesteen ominaisuuksilla ja lämpötilalla. Kuvan 19 mukainen painehäviön suuruus määritetään putken sisähalkaisijan ja virtausnopeuden mukaan. Painehäviön maksimiarvona jakotukin kaikkien piirien yhteissummuna pidetään yhteensä 25 kPa. (LVI 13-10261 1996, 4)



Kuva 19. Muoviputkien painehäviöt (veden lämpötila +40°C)
(LVI 13-10261, 1996: 6)

2.4 Tehomitoituksen laskuesimerkki

Esimerkkiteholaskelmissa tehdään tarkastelut kahdelle alla eritellylle fiktiiviselle huoneelle. Teholaskelmat suoritetaan molempiin huoneisiin käyttäen alla lueteltuja lähtötietoja. Erona huoneiden laskelmissa on ainoastaan pinta-ala tuplaantuminen huoneessa 2, lämpöhäviöiden määrä on molemmissa huoneissa sama. Molempien huoneiden ominaislämpöteho W/m² määritetään kolmelle eri putkitustiheydelle sekä kolmelle erilaiselle lattiamateriaalille ja näitä arvoja vertaillaan keskenään.

Teholaskelmat suoritetaan käyttäen aikaisemmin esitettyä kaavaa 4. Käytetyn kaavan muuttujat a_T , a_U ja a_D arvot on määritetty käyttämällä taulukoiden 3-5 taulukkoarvoja ja luvut on interpoloitu vastaamaan käytetyn lattiamateriaalin lämmönvastuksen tarkkaa arvoa käyttäen Excel-ohjelmaa.

Esimerkkilaskelmassa 1, tehokalkelma suoritetaan vain yhden pintamateriaalin eli parkettilattian ja yhden asennusvälin eli 300mm arvoilla. Liitteen 1 ja 2 mukaisissa taukoissa on esitetty kaikkien materiaalien ja asennusvälien laskelmatulokset.

Yleiset lähtötiedot:

- Menovesi +35°C
- Paluuvesi +30°C
- Putkien asennussyvyys betonissa 40mm
- Putkikoko PE-RT 16x2mm
- Putkien asennustiheys
 - o 150/225/300mm
- Lattiamateriaalit
 - o Parketti 14mm, lämmönvastus $R = 0,07 \text{ K} \cdot \text{m}^2 / \text{W}$
 - o Laminaatti 8mm, lämmönvastus $R = 0,067 \text{ K} \cdot \text{m}^2 / \text{W}$
 - o klinkkeri (laattalattia), lämmönvastus $R = 0,01 \text{ K} \cdot \text{m}^2 / \text{W}$
- Huoneneliöt ja lämpöhäviöt/lämmöntarve W/m^2
 - o Huone 1: $10\text{m}^2 / 450 \text{ W} \rightarrow$ lämmöntarve $45\text{W}/\text{m}^2$
 - Esim. kerrostalokohteen ylin kerros tai nurkkahuone, jossa lämpöhäviöt suuria
 - o Huone 2: $20\text{m}^2 / 450 \text{ W} \rightarrow$ lämmöntarve $22\text{W}/\text{m}^2$
 - Esim. kerrostalokohteen keskihuone / lämpöhäviöt pieniä

Laskuissa käytettävä ΔT_H kun menovesi +35°C ja paluuvesi +30°C:

$$\Delta T_H = \frac{35^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}}{\ln\left(\frac{35^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C}}{30^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C}}\right)} = 11,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

Esimerkkiteholaskelma 1

- Suoritetaan huoneelle 1 (10m²)
- Parkettilattia 14mm, lämmönvastus $R = 0,07 \text{ K} \cdot \text{m}^2 / \text{W}$
- 300mm asennusväli

$$a_B = \frac{\frac{1}{10,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})} + \frac{0,045}{1,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})}}{\frac{1}{10,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})} + \frac{0,045 \text{ m}}{1,2 \text{ W}/\text{mK}} + 0,07 \text{ K} \cdot \text{m}^2/\text{W}} = 0,69$$

$$q = 6,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 0,69 \cdot 0,61 \cdot 1,01 \cdot 0,96 \cdot 11,3^\circ\text{C} = 30,9 \text{ W}/\text{m}^2$$

Koko huoneen lämmitysteho: $30 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 10 \text{ m}^2 = 309 \text{ W}$

Keskimääräinen pinnan lämpötila on = **24,1 °C** (Kaava 3)

Putkivirtaama = **0,015 l/s** (Kaava 1)

2.4.1 Teholaskelmien analysointi

Esimerkkiteholaskelman 1 perusteella huomataan, ettei lämmitysteho riitä näillä parametreilla kattamaan huoneen 1 lämpöhäviöitä 450W → Alilämpöä jää 141W 300mm asennusvälillä ja pintamateriaalina parkettilattia 14mm.

Vaihtoehdot lämmitystehon tehostamiseksi:

- Asennusvälin tihentäminen
 - Liitteen 1 mukaisista laskentatuloksista huomataan, että näillä parametreilla myös 150mm asennusvälillä lämmönluovutus jää vajaaksi noin 14W verran.
- Menoveden lämpötilan nosto
 - Kaukolämmityskohteissa ei mahdollinen, mitoitus suoritettu kaukolämpökohteen vaatimilla arvoilla (menovesi +35°C)
 - Jos menoveden lämpötilan nosto mahdollista, nostetaan se esimerkiksi +37°C:een ja jäähtymän arvoksi noin 7°C → Liitteen 3 mukaisilla laskentatuloksilla 150mm asennusvälillä lämmönluovutus riittää.
- Jos mikään edellä mainituista ei auta kattamaan lämpöhäviöitä ja esimerkiksi pintalämpötilan yläraja tulee vastaan → ainoana vaihtoehtona on lämpöhäviöiden pienentäminen tai lisälämmityksen tuotto muulla kuin lattialämmityksellä.

Jäähtymän vaikutusta putkivirtaamaan voidaan havainnollistaa liitteen 1 ja liitteen 3 laskematuloksien eroavaisuuksilla. Menoveden lämpötilan nosto $35^{\circ}\text{C} \rightarrow 37^{\circ}\text{C}$ ja jäähtymän nosto $5^{\circ}\text{C} \rightarrow 7^{\circ}\text{C}$ pienensi piirin putkivirtaamaa melkein 16%. Pienempi putkivirtaama vaikuttaa pienentävästi myös piirin painehäviöön.

Liitteen 2 mukaisien laskentatuloksien perusteella huomataan, että huoneelle 2 lämmitystehon määrä ylittää huomattavasti lämmitystarpeen suurimmallakin mahdollisella asennusvälillä (300mm). Huoneen 2 laskentatuloksissa tulee huomioida, että asennusvälillä 150mm ja 225mm huoneen putkitus joudutaan tekemään kahdella erillisellä piirillä, sillä käytettävän 16mm putken ohjearvona pidetään maksimissaan 80m pituista piiriä.

Vaihtoehtoja lämmitystehon pienentämiseksi:

- Ei putkiteta koko aluetta, jätetään esimerkiksi kiinteiden kalusteiden alta putkittamatta
- Suurempi asennusväli (tässä tapauksessa ei mahdollinen, asuintilojen max asennusväli 300mm)
- Pienennetään putkikokoa
- ➔ Tarkoituksena kuitenkin saada lattia lämpimäksi, suositusarvona lattiapinnan vähimmäisarvoksi pidetään $+23^{\circ}\text{C}$ (Kuva 11)

Laskentatuloksien pätevyyden varmistamiseksi suoritettiin mitoitus huoneelle 1 (10m^2) myös Novrel Oy:n käyttämällä mitoitushjelmalla. Mitoitushjelmalla saadut tulokset laminaatti 8mm ja 300mm asennusvälillä esitetään liitteessä 4-5. Kun liitteen 5 mitoitustuloksia verrataan liitteen 1 mukaisiin arvoihin laminaatti 8mm ja 300mm asennusvälillä, voidaan todeta niiden vastaavan toisiaan ja todeta näin laskentamenetelmän olevan pätevä.

2.5 Märkätilojen mukavuuslattialämmitys

Kosteiden tilojen lämmitys vesikiertoisella mukavuuslattialämmityksellä on yleistynyt todella paljon. Esimerkiksi Helsingin kaupungissa on tämän käyttö ollut vakiona jo vuodesta 2008 lähtien kaupungin sekä uudis- että peruskorjauskohteissa. Helsingin kaupunki perustelee valintaansa haluna vaikuttaa positiivisesti Suomen energiaomavaraisuuteen alentamalla sähkönkulutuksen kasvua. (Helsingin kaupungin asuntotuotannoissa... 2017)

Kun puhutaan mukavuuslattialämmityksestä tarkoitetaan sillä yleensä asuinhuoneistojen wc-, kylpy- ja saunatilojen lattialämmitystä. Kun käyttötarkoituksena on mukavuuslattialämmitys näiden tilojen lämmityspiirejä ei yleensä yhdistetä muiden tilojen lämmityspiirien kanssa, vaan ne toteutetaan omana erillisenä verkostonansa. Mitoituslämpötilana kosteille tiloille käytetään huonelämpötilana arvoa $+22^{\circ}\text{C}$:tta kun taas perinteisessä lattialämmityksessä käytetään $+21^{\circ}\text{C}$:tta. Käyttötarkoituksena mukavuuslattialämmityksellä pyritään hakemaan myös sitä, että näiden tilojen lattian pintalämpötila pyritään pitämään sen mukaisena että se lisää asukkaan asumisviihtyvyyttä. Tehon tarve näissä tiloissa jää usein pieneksi ja tämän vuoksi suunnittelussa tehontarpeen lisäksi on otettava huomioon, että lattiapinnan pintalämpötila saadaan pidettyä tarpeeksi korkeana. (Kosteiden tilojen vesikiertoisen lattialämmityksen...2016, 9-10)

Mitoitus suoritetaan samojen mitoitusperiaatteiden mukaan kuin perinteisessä lattialämmityksessä käyttäen kaavaa 4. Poikkeuksena on, että mitoitusarvoina kosteiden tilojen keskimääräiseksi pintalämpötilaksi suositellaan käytettäväksi vähintään $+25^{\circ}\text{C}$:tta ja huoneilman keskimääräisenä sisäpintalämpötilana käytetään $+22^{\circ}\text{C}$:tta. (Kosteiden tilojen vesikiertoisen lattialämmityksen... 2016, 11)

2.6 Lattialämmitys komponentit

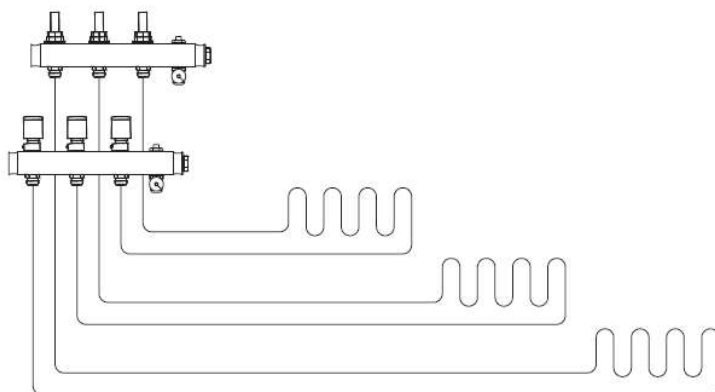
Kaikki lattialämmitysverkoston komponentit pitää olla materiaaliltaan sinkinkadon kestävä messinkiä tai muuta syöpymätöntä ainetta. (LVI 13-10261 1996, 2) Tässä kappaleessa käydään läpi lattialämmitysjärjestelmän tärkeimmät komponentit eli jakotukki, putki ja säätöjärjestelmä.

2.6.1 Jakotukki

Lattialämmitysjakotukin avulla säädetään kiertoveden virtausta ja lämmönsyöttöä lämmityspiireihin. Huonekohtaisten lämmityspiirien avulla mahdollistetaan, että kiertoveden säätö on mahdollista erikseen jokaiseen huonetilaan. Jakotukista puhuttaessa tarkoitetaan sillä aina kahden jakotukin kokonaisuutta, eli se koostuu menoveden- ja paluuveden erillisistä tukeista ja materiaaliltaan ne ovat usein ruostumatonta terästä. Tuotevalmistajakohtaisesti jakotukkeja valmistetaan myös messinkisenä tai muovisena. Menoveden jakotukki on seinään tai jakotukkikaappiin asennettaessa poikkeus-tilanteita lukuunottamatta aina yleensä ylempi jakotukki. Tuotevalmistajasta riippumatta jakotukkeja valmistetaan 1-12 piirisinä. Teknillisesti tärkeä ominaisuus jakotukille on, että menopuolen piirikohtaiset lähdöt on mahdollista sulkea erikseen joko sulkuventtiilin tai virtausmittarin avulla. Paluupuolen jakotukki varustetaan piirikoh- taisilla esiasetusventtiileillä, jonka avulla esisäädetään jakotukin tasapainoitusta lattia- lämmityssuunnitelmien mukaisesti. Esiasetusventtiilin päälle asennetaan termomoot- tori eli toimilaite (kuva 24), jonka avulla venttiiliä ohjataan. Jakotukki varustetaan aina myös ilma- ja tyhjennysventtiileillä, jonka avulla verkosto ensin koeponnistetaan tai tyhjenetään paineilmasta. Venttiilin avulla on mahdollista tarvittaessa tyhjentää jako- tukki käytönaikaisesta kiertovedestä. (SSM-Lattialämmitysjakotukki 2019, 1)



Kuva 20. Lattialämmitysjakotukki (SSM-Lattialämmitysjakotukki 2019, 1)



Kuva 21. Lattialämmitysjärjestelmän rakenne (SSM-Lattialämmitysjakotukki 2019, 4)

2.6.2 Putki

Yleisin käytetty lattialämmityspotki on materiaaliltaan happidiffuusiosuojalla varustettua muoviputkea. Tällaisia ovat esimerkiksi PEX-Xc ja PE-RT putket. Yleisin putkikoko asuinrakennuksien lattialämmityksessä on 16-17mm tai vaihtoehtoisesti 20mm. Isompien kohteiden, kuten esimerkiksi erilaisten hallien tai yleisten rakennusten suunnittelussa käytettävä putkikoko on usein aina 20mm. Pienien tilojen, kuten esimerkiksi pienien wc-tilojen putkitus tehdään usein myös 12mm putkella. (Korpi puhelinhaastattelu 6.5.2020)

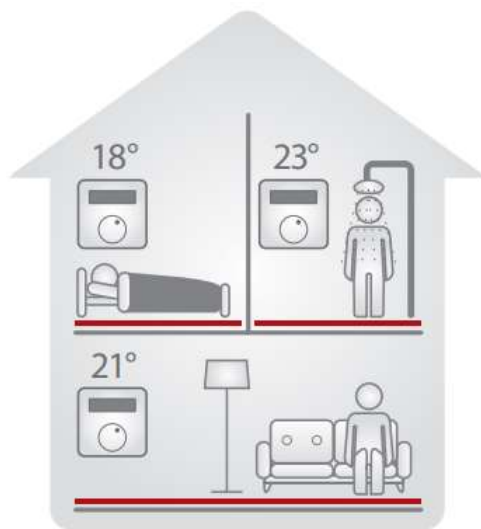


Kuva 22. Lattialämmityspotki PE-RT (Lattialämmityspotki PE-RT, 2)

Tärkein ominaisuus lattialämmityspotkessa on sen happidiffuusiosuoja, joka estää hapen kulkeutumisen putken seinämän läpi myös kovissakin rakennusolosuhteissa. Happidiffuusiosuoja ehkäisee järjestelmää korroosiolta. (Lattialämmityspotki PE-RT, 2)

2.6.3 Säätojärjestelmä

Lattialämmityksen säätö pyritään toteuttamaan aina huonekohtaisesti, sillä usein eri käyttötarkoituksella olevilla huoneilla haluttu huonelämpötilakin saattaa olla käyttäjästä riippuvaisesti erilainen (Kuva 23). Huonekohtaisen säädön avulla mahdollistetaan eri huonetilojen sisälämpötilan säätö halutulle tasolle riippumatta muiden tilojen lämpötiloista. (Sytä valita lattialämmitys 2003, 15-16)



Kuva 23. Havainnekuva erilaisten huonetilojen halutuista sisälämpötiloista. (Danfoss Sytä valita lattialämmitys, 2003, 15)

Säätojärjestelmän tehtävänä on toimia ylikuumenemisen katkaisijana eli sen avulla voidaan automaattisesti ohjata menovettä, joko sammuttamalla lattialämmitys kokonaan tai säätämällä pienemmälle kun huonetermostaatista säädetty haluttu sisälämpötila on saavutettu. (Sytä valita lattialämmitys 2003, 15)

Säätojärjestelmän avulla pystytään myös estämään ettei menoveden ylä- ja alarajat nouse tai laske yli sallittujen raja-arvojen (Kuva 11). Jos kiertoputkistoon syötetään esimerkiksi yli 45°C:ista vettä joka ylittää sallitun raja-arvon, se voi aiheuttaa rakennuksessa rakenteellisia vaurioita ja vähentää samalla asumismukavuutta liian korkean lattiapinnan lämpötilan vuoksi. Mikäli menovesi ylittää 45°C arvon, ylikuumenemisen tehtävänä on sammuttaa kiertovesipumppu. Kesällä säätojärjestelmän tehtä-

vänä on pitää lattiapinnan lämpötila asukkaalle mukavan lämpimänä niin, ettei menoveden lämpötila kuitenkaan laske alle sallitun 25°C:n raja-arvon. (LVI 13-10261 1996, 7)

Putkipiirien vesivirrat säädetään jakotukin yhteydessä olevilla piirikohtaisilla esisäätoventtiileillä. Esisäätoventtiilien asettamisella varmistetaan, että jokainen huonetila saa suunnittelussa mitoitettun määrän lämmintä vettä ja haluttu huoneilma saavutetaan mahdollisimman vähällä energian käytöllä. (Sytä valita lattialämmitys 2003, 16) Esisäätoventtiilin yhteyteen asennetaan jokaiseen huonetermostaatin ohjaavaan lämmityspiiriin oma toimilaite, jonka tehtävänä on huonetermostaatin ohjaamana säädellä menovettä niin, että huonelämpötila saadaan pidettyä halutussa arvossa. Jos piiri toteutetaan käsisäädöllä, eli sitä ei haluta ohjata huonetermostaatin avulla niin toimilaite korvataan käsipyörällä, jonka avulla on piirin vesivirtaa mahdollista pienentää. Käsisäädöllä varustetaan usein huonetilat, joiden lämmitystä suositellaan ympärivuotisesti, eli esimerkiksi kylpyhuone ja saunatilat. (LVI 13-10261 1996, 7)



Kuva 24. Toimilaite (Danfoss)



Kuva 25. Huonetermostaatti (Danfoss)

Jos lattialämmitys toteutetaan toisen lämmönjakotavan rinnalla (esimerkiksi patterilämmitys), toteutetaan ne erillisinä verkostoina ja niitä ohjataan omilla säätölaitteilla verkostossa kiertävien erilaisten mitoituslämpötilojen vuoksi. (LVI 13-10261 1996, 7)

2.7 Asennus ja painekoe

Lattialämmitysjärjestelmän asennuksessa tulee ottaa huomioon, että komponentit asennetaan riittävän tukevasti, niin että komponentit eivät pääse liikkumaan järjestelmän käytönaikaisen lämpöliikkeiden vaikutuksesta. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota jakotukilta lähtevien lämmitysputkien liitinkohtiin ja varmistaa etteivät ne lähde vuotamaan käytönaikaisen rasituksen johdosta. (LVI 13-10261 1996, 8)

Lattialämmitysputkiston asennuksen jälkeen kun putkisto on vielä näkyvissä järjestelmään suoritetaan aina painekoe. Painekokeen tarkoituksena on varmistaa, että asennettu lattialämmitysputkisto on ilmatiivis eikä järjestelmässä ole vuotoja. Painekoe suoritetaan yleensä pumpaamalla verkostoon haluttu koepaine, joka suositellaan tehtävän paineilmalla. (LVI 13-10261 1996, 11) Painekoe on vaihtoehtoisesti mahdollista suorittaa myös veden kanssa, mutta mahdollisen veden jäätyminen estämiseksi käytetty vesi tulee olla vesi-glykoliseosta ja se tulee poistaa putkistosta betonivalun jälkeen ja järjestelmä on huuhdeltava ennen kuin se voidaan ottaa käyttöön. (Asennus- ja käyttöohje 2019, 4)

Verkostoon syötetään haluttu koepaine niin ettei se saa ylittää järjestelmän heikoimman osan sallittua rakennepainetta. Lattialämmitysjärjestelmässä käytetään yleensä aina 6 baarin paineilmaa koepaineena. (LVI 13-10261 1996, 11) Painekokeen kesto on 30 minuuttia ja jos paineen alenemista ei verkostossa tapahdu, voidaan katsoa painekoe hyväksytyksi. (Talotekniikka RYL 2002, 61). Painekokeesta tehdään aina kirjallinen pöytäkirja, joka varustetaan alla lueteltujen tietojen lisäksi yrityksessä aina jakotukin ja piirien asennuskuvilla.

Painekoepöytäkirjassa tulee olla esitettyinä seuraavat asiat:

- suurin esiintyvä suunnittelupaine
- koepaine (bar)
- havainnot kokeen aikana
- kokeen suorituspaikka ja -aika
- kokeen suorittaja
- kokeen valvoja

(Talotekniikka RYL 2002, 60)

3 LATTIAVIILENNYS

3.1 Yleistä

Vesikiertoista lattialämmitysjärjestelmää voidaan hyödyntää kesäaikaan myös rakennuksen viilennykseen. Yhdistetty lämmitys- ja viilennysjärjestelmä tukee kaikkia energiamuotoja ja on tämän vuoksi hyvä ratkaisu rakennukselle myös sen tulevaisuutta ajatellen. Käyttövoimana lämmitysrunkoon liitettyssä viilennyksessä hyödynnetään esimerkiksi maalämmöstä, kaukokylmästä tai muusta vastaavasta lähteestä saatavaa jäähdytysenergiaa. Lattiaviilennyksen avulla pyritään ehkäisemään esimerkiksi aurin-
gon säteilyn tuottamasta lämmöstä aiheutuvaa yllämpenemistä. Viilennyskäytössä järjestelmä pyrkii viilentämään huonetilaa niin, ettei lattian pintalämpötila kuitenkaan laske koskaan alle 20°C:n alapuolelle. (Lattialämmitys- ja viilennysratkaisut kerrosto-
loissa, 9-10)



Kuva 26. Huoneilman lämpötilan erot lattiaviilennyksen ja ei lattiaviilennetyin tilan välillä. (Lattialämmitys- ja viilennysratkaisut kerrostaloissa, 10)

Lattiaviilennyksen mitoituksessa käytettävä sisäilman lämpötila on $+26^{\circ}\text{C}$. (SFS-EN 1264-3 2010, 12-13). Yhdistetyn lattialämmitys- ja viilennysjärjestelmän mitoitus suoritetaan usein lähtökohtaisesti lämmitysjärjestelmän ehdoilla. Toimivan yhteisjärjestelmän mitoituksessa on otettava kuitenkin huomioon, että viilennyksessä pienemällä jäähtymällä saadaan aikaan suurempi jäähdysteho lattianeliötä kohden. Tämän vuoksi myös lattialämmityksen jäähtymän pitäisi olla pieni, jonka seurauksena lämmityksen lämmönluovutus ylittää usein tilojen lämpöhäviön määrän. (Malaska puhe- linhaastattelu 4.5.2020)

Esimerkkiteholaskelman 2 suoritetaan käyttämällä lattialämmityksen esimerkkiteholaskelman 1 mukaisia rakenteen/järjestelmän arvoja. Lattiaviilennyksen laskenta suoritettiin Novrel Oy:n käyttämällä mitoitusohjelmalla. Laskelma tehtiin käyttäen alla lueteltuja lattiaviilennyksen menoveden lähtöarvoja ja sisälämpötilaa. Liitteissä 6-7 esitetään taulukkomuodossa kaikki laskelmatulokset kolmelle eri pintamateriaalille sekä kolmelle asennusvälille.

Esimerkkiteholaskelma 2.

- Menoveden lämpötila $+18^{\circ}\text{C}$
- Paluuvien lämpötila $+23^{\circ}\text{C}$
- Mitoittava sisälämpötila $+26^{\circ}\text{C}$

Novrel Oy:n mitoitusohjelmaa käyttäen lattiaviilennyksen tehoksi saatiin: 10 W/m^2
Eli huoneen 1 viilennysteho 300mm asennusvälillä ja parkettilattialla on
 $10\text{m}^2 \cdot 10 \text{ W/m}^2 = 100 \text{ W}$

4 SULANAPITOJÄRJESTELMÄT

4.1 Yleistä

Sulanapitojärjestelmällä tarkoitetaan lämmitysputkiston käyttöä erilaisten ulkoalueiden lumen sulattamiseen ja alueiden sulana pitämiseen. Järjestelmällä pyritään pitämään sellaisia alueita sulana, joiden jäätymisestä voisi olla haittaa esimerkiksi liikenteelle tai jalankulkijoille. Käyttökohteita ovat näin ollen esimerkiksi kävelykadut, kauppakeskusten ja muiden liikerakennuksien piha- ja ulkoalueet, parkkialueet ja ajoliuskat. Pienempiä lumensulatusalueita voidaan toteuttaa myös sähkökaapeleilla, mutta yli 300m²:n ylittävät alueet katsotaan järkevämmäksi toteuttaa vesi-glykoli-seoksella kiertävällä putkistolla. (Sipilä ym. 2001, 11)

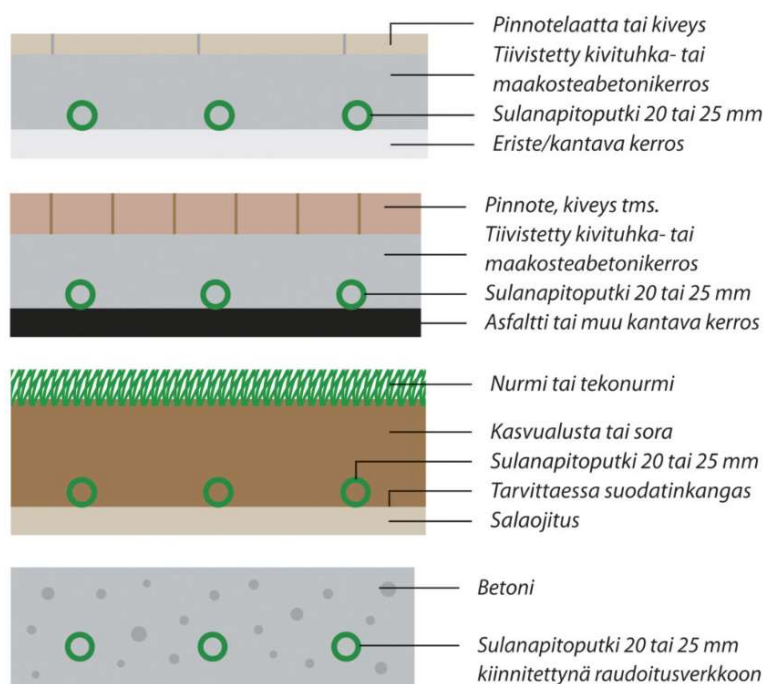
Järjestelmän käytöllä helpotetaan katualueiden kunnossapitoa sekä talvella että keväällä. Talviaikaan katualue pysyy kuivana ilman lunta tai jäätä eikä lumen aurausta, hiekoitusta tai suolausta jouduta tekemään. Tämä vähentää katujen kunnossapitokustannuksia myös keväällä, sillä resursseja ei tarvita talvella levitetyn hiekan ja suolan poistoon. Katulämmityksen myötä jalankulkijoiden käyttömukavuus ja turvallisuus kasvaa yleisillä katualueilla ja riskitilanteiden mahdollisuus vähenee huomattavasti. Talviaikaan sulana olevan kadun pinta on huomattavasti mukavampi jalankulkijalle kuin luminen tai jäinen pinta. (Sipilä ym. 2001, 11)

Haittapuolena voidaan katsoa olevan runsaan lumisateen aiheuttama lumi ja sohjo, sillä järjestelmän sulatusteho on rajallinen (yleisin sulatusteho noin 30mm lunta/h). Runsaan lumisateen haittapuolena katsotaan olevan myös sulamisveden mahdollinen lammikoituminen sulatusalueelle. Tämä heikentää järjestelmän käyttömukavuutta ja

lisää riskitilanteiden kuten liukastumisen tai kastumisen mahdollisuutta. Katulämmityksen valinta alueen sulanapitoon voi vaikeuttaa mahdollisia kadun aukaisua ja korjaustöitä, jonka vuoksi suunnittelussa tulee ottaa tarkoin huomioon sulatusalueen putkistojen ja kaapeleiden kunto ja tulevat uusiutumistarpeet. (Sipilä ym. 2001, 11)

4.2 Suunnittelu

Sulanapitojärjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa tulee ottaa huomioon aina sulatettavan ulkoalueen sääolosuhteet ja lämmitettävän alueen rakenne ja käyttötarkoitus. Rakenteella tarkoitetaan tässä yhteydessä sulatettavan alueen katurakennetta johon putkistot asennetaan. Putkisto asennetaan yleisimmin heti kadun päällystekerroksen alapuolelle sen pintarakenteeseen, jotta lämmitysteho saadaan mahdollisimman suureksi olosuhteisiin nähden. Alla olevassa kuvassa esitetty erilaisia ratkaisuja sulanapidon rakenteesta ja lämmitysputkiston sijainnista rakenteissa (Kuva 27). On tärkeää, että kadun rakenne suunnitellaan niin, että lämmitysjärjestelmä ei aiheuta vaurioita kadun rakenteeseen eikä katurakenteen tekninen toiminta vaurioita puolestaan lämmitysputkistoa. Kadun teknisellä toiminnalla tarkoitetaan esimerkiksi sen päällystekerroksen (esim. pinnoitelaatan tai kivetyksen) kantavuutta. (Sipilä ym. 2001, 11)



Kuva 27. Sulanapidon rakenne-esimerkkejä (Warmia Oy www-sivut 2020)

4.3 Mitoitusperiaatteet

Järjestelmän suunnittelussa tavoitteena on, että kadun pintalämpötila pyritään pitämään noin 3°C:een lämpötilassa ehkäisten lumen ja jään muodostumista sulatettavalle pinnalle. Sulanapitojärjestelmän putkistossa kiertää veden sijasta glykoli/vesiseos, jonka menolämpötilana käytetään +35-39°C:tta. Kiertävän seoksen glykolin tulee olla myrkytöntä, esimerkiksi propyleeniglykolia tai vaihtoehtoisesti seos voidaan korvata myös käyttäen Kemira Chemicals Oy:n Freezium-nestettä. Lämmönlähteenä järjestelmässä voidaan käyttää useita erilaisia vaihtoehtoja. Lämmönlähteenä toimii hyvin esimerkiksi kaukolämmön paluuveden eri prosessien jätelämpö, maalämpöpumppu tai erilaiset matalaenergialähteet kuten lauhdelämpö. (Sipilä ym. 2001, 11)

Mitoituksessa lämmitystehon ohjearvona pidetään, että lämmitystehon on oltava noin 300 W/m², jonka on todettu haastatteluiden ja kesäkeli-projektin perusteella olevan riittävän suuri sulattaakseen 30mm lunta tunnissa ja pitämään katupinnan sulana -13°C:n ulkolämpötilaan asti. Jäähtymä verkostossa on suuruudeltaan noin 15C°:tta. Vaadittava sulatusalueen kokonaistehontarve saadaan siis laskettua kertomalla mitoitusarvo 300W/m² sulatettavan pinnan kokonaispinta-alalla. Mitoituksen kannalta on tärkeää, että järjestelmän jokaisen putkipiirin pituus tulisi olla yhtä pitkä toimivan tasapainotuksen ja virtaamien aikaansaamiseksi. Yhtämittaiset putkipiirit helpottavat tasapainotusta ja mahdollistavat optimaalisen lämmönjaon. (Sipilä ym. 2001, 11)

Kun tarkastellaan lumen sulatusta katutasen pinnalta lämmönsiirtotekniikan näkökulmasta, voidaan lämmön siirtymistä katutasen pinnalta lumeen kutsua johtumiseksi lämmittäen ja sulattaen sitä. Johtumalla siirtynyttä lämpöä käytetään myös lumen lämmittämisen ja sulamisesta aiheutuvan vesifilmikerroksen haihduttamiseen ja lämpösäteilyyn pinnasta pois päin, jotta pinta saataisiin pidettyä kuivana ja estettäisiin sen jäätyminen. (Sipilä ym. 2001, 11)

Sulanapitojärjestelmän toiminnan kannalta luonnon vaikutus on niin suuri, että tarkkojen mitoitusolosuhteiden toteutumismahdollisuus todellisuudessa on todella vähäinen sään erilaisten olomuotojen ja vaihtelun vuoksi. Kesäkeli-projektin sekä suunnit-

telijoiden haastatteluiden pohjalta voidaan todeta, että alla mainitut kootut mitoitusperiaatteet on todettu aikaisemmin toteutetuissa järjestelmissä toimiviksi ja suunnittelu ja mitoitus toteutetaan näiden periaatteiden mukaisesti. Näiden periaatteiden mukainen mitoitus esimerkki lasketaan kohdassa 4.4. (Malaska puhelinhaastattelu 4.5.2020)

Mitoitusperiaatteet:

- Tehontarve 300 W/m^2
- Putkien asennusväli noin 250mm
- Maksimi piirin pituus 100m
- Yleisin menovesi 35°C ja paluuvesi 20°C → delta T aina 15°C
- Vaikuttavana tekijänä menonesteen glykolipitoisuus ja sen tiheys

4.4 Mitoitus esimerkki

Mitoitus esimerkin kohde- ja rakennetiedot:

- Lämmitettävän alueen pinta-ala: 20m^2
- Tarvittava lämmitysteho 300W/m^2
- Menonesteen lämpötila $35/20^\circ\text{C}$ → delta T 15°C
- Menoveden glykolipitoisuus 30% → nesteen tiheys $3,9 \text{ kg/m}^3$
- Putkien asennusväli 250mm

Lämmitettävän alueen kokonaistehomäärä määritetään seuraavasti:

Lämmitettävän alueen pinta-ala [m^2] · Tarvittava lämmitysteho [W/m^2]

$$20\text{m}^2 \cdot 300 \text{ W} / \text{m}^2 = 6000 \text{ W} \rightarrow 6 \text{ kW}$$

Virtaaman määrä saadaan laskettua seuraavasti:

$$q_v = \frac{q}{\rho \cdot \Delta T}$$

, jossa q = sulatettavan alueen tarvittava lämmitysteho [kW]

ρ = kiertonesteen tiheys [kg/m³]

ΔT = meno- ja paluunesteen lämpötilaero [°C]

$$q_v = \frac{6kW}{3kg/m^3 \cdot 15^\circ C} = 0,102 \text{ l/s} \rightarrow 6,18 \text{ l/min}$$

5 LÄHTÖTIETOJEN TARVESELVITYS

5.1 Tarjouslaskenta

Tarjouslaskentavaiheessa lattialämmityksen tarjouspyyntö yleensä sisältää vähintään tarjottavan kohteen mukaisen erillisen tarjouspyynnön, lämpökuvat, LVI-työselostuksen ja urakkarajaliitteen.

Tarjouslaskenta voidaan toteuttaa esimerkiksi käyttämällä yrityksen omaa Excel-taulukkopohjaa. Tärkeimmät tekijät tarjouslaskentavaiheessa ovat kohteen lämmitettävät huoneneiliöt, putkien asennusväli ja piirien keskimääräinen pituus. Näiden tekijöiden perusteella saadaan arvioitua kohteen materiaalien määrät esimerkiksi jakotukkien ja putkimäärän kohdalla. Jokainen kohde on erilainen ja on otettava huomioon, että esimerkiksi huoneistojen/tilojen pohjaratkaisut ja käyttötarkoitus voivat esimerkiksi lisätä tai vähentää yhden lattialämmityspiirin putkimäärää ja vaikuttaa näin ollen piirien lukumäärään ja jakotukin kokoon. Tarjouslaskentavaiheessa on tärkeä myös olla selvillä toteutetaanko kohteen säätöjärjestelmä 24V:in vai 230V:in säätöjärjestelmällä. Säätöjärjestelmä on mahdollista toteuttaa myös sähköttöissä säästävällä langattomalla säätöjärjestelmällä. (Paalosalo henkilökohtainen tiedonanto 27.4.2020)

Tarjouslaskentaan tarvittavat lähtötiedot:

- Lämpökuvat joista selviää seuraavat tiedot:
 - o asuntojen/tilojen lämmitettävät pinta-alat [m²]
 - o jakotukkien sijainti (seinä/lattia/katto) ja jakotukkien palvelualueet
 - o lämmitysverkoston runkoputkien määrä (esim. onko KPH-tiloilla oma lämmitysrunko)
- LVI-työselostus
- Urakkarajat
 - o esim. säätöjärjestelmän toimitus PU vai AU
 - o Tuleeko jakotukkikaappi (vuotosuojattu vai ei / hankinta PU vai RU)
- Lattiarakenne ja mahdollinen askeläänilevy (takkeri/uralevy/muut asennuslevyt)
- Säätöjärjestelmän käyttäjännite (24V/230V/langaton)

5.2 Lattialämmitys

Lattialämmityssuunnittelijoiden haastatteluiden pohjalta, yhdeksi suunnittelun lähtötietojen ongelmakohtaksi muodostui todellisten lämpöhäviöiden määrä. Kukin suunnittelija on huomannut, että joskus LVI-suunnittelijan määrittämät lämpöhäviöt ovat usein suuruudeltaan liian suuria käytettäväksi lattialämmityssuunnitteluun, jonka seurauksena järjestelmän mitoitus ylikuormittuu mikäli se toteutetaan annettujen lämpöhäviöiden pohjalta. Todellisen lämpöhäviön määrä on huomattu poikkeavan usein niin päin, että LVI-suunnittelijalta tulleet lähtöarvot ovat paljon suurempia. Yhtenä ennaltaehkäisevänä toimenpiteenä, lämpöhäviölaskenta tulee ottaa huomioon jo lähtötietolomakkeessa. Ennen suunnittelun aloittamista olisi hyvä olla siis selvillä, mitkä asiat huomioon ottaen kohteen lämpöhäviöt on määritetty.

Lattialämmityssuunnittelijan mukaan rakenteiden U-arvot ovat lähtötietoja, jotka usein puuttuvat tai niiden kyselyyn käytetään useimmiten eniten aikaa. Mikäli esimerkiksi ulkoseinän U-arvoa ei ole lähtötiedoissa saatu, käytetään U-arvona Suomen Rakennusmääräyskokoelman mukaisesti enimmäisarvoa 0,17 W/m²K. (RT 82-11006 2010, 3)

Erityisen tärkeäksi vaikuttajaksi nousi esiin lattiamateriaalin laatu. Lattiamateriaalin laadulla on suuri merkitys lämmönluovutukseen. Lattiamateriaalin tulee olla selvillä ennen kuin lattialämmityksen mitoitus pystytään suorittamaan. Mikäli lattiamateriaalia ei ole vielä päätetty esimerkiksi omakotitalokohteessa, mitoitus suositellaan suoritettavaksi parkettilattialla, joka on lähtökohtaisesti yleisimmin käytetyistä lattiamateriaaleista vaativin. Liitteiden 1 ja 2 laskelmatuloksista voidaan todeta parkettilattian vaativuus laskelmien avulla verrattuna laminaatti- ja klinkkerilattiaan. (Korpi puhelinhaastattelu 6.5.2020)

Asuinrakennuksen suunnittelussa huoneilman lämpötilana käytetään aina vakio sisälämpötilaa $+21^{\circ}\text{C}$ ja kosteiden tilojen lämpötilana lähtökohtaisesti $+22^{\circ}\text{C}$. Mitoituksessa käytettävän sisälämpötilan kanssa tulee olla erityisen tarkka julkisten tilojen, kuten esimerkiksi päiväkotien/koulujen tai vanhusten hoivayksiköiden kanssa. Tällaiset rakennukset, joiden käyttötarkoituksin poikkeaa normaalista asuinrakennuksesta, haluttu huonetilan lämpötila saattaa olla korkeampi. (Korpi puhelinhaastattelu 6.5.2020)

Opinnäytetyön teorian sekä suunnittelijoiden haastattelujen pohjalta, voidaan tarvittaviksi lähtötiedoiksi koota seuraavat asiat:

Lähtötiedot:

- **Rakennuksen tekniset arvot ja tiedot:**
 - Sijainti (mitoittava ulkolämpötila)
 - Rakenteet (yläpohja/alapohja)
 - U-arvot (ulkoseinä, ikkunat, ovet, yläpohja, alapohja)
 - Vuotoilman määrä (Q50-luku)
 - Mitoittavat sisälämpötilat
 - Lattiarakenne
 - Lattian pintamateriaali
 - putkien asennussyvyys betonivalussa
 - Lämpöhäviöt
 - Mitkä asiat huomioon ottaen lämpöhäviöt määritetty?
 - Kohtaavatko LVI-suunnittelijan ja LL-suunnittelijan arvot keskenään

- LVI-suunnittelu
 - Onko runkoputkisto mitoitettu ennen LL-suunnitelmien valmistuttua → Jos on, runkoputkiston virtaamat?
 - Varmistetaanko virtaamat LL-suunnittelun jälkeen?
- **Lattialämmitysjärjestelmän tiedot:**
 - Putkitusala (seinästä seinään / ei kiinteiden kalusteiden alle)
 - Virtausaine (vesi / vesi-glykoli)
 - Meno- ja paluuveden lämpötilat
 - Putkikoko (onko lukittu tietty putkikoko?)
 - Asennusväli (onko määritetty käytettäväksi jokin tietty asennusväli)
 - Säätojärjestelmän tiedot
 - Lattialämmitys- ja viilennysjärjestelmä
 - Kumman ehdoilla mitoitetaan?

5.3 Sulanapitojärjestelmät

Suunnittelijoiden haastatteluiden sekä alan kirjallisuuden perusteella sulanapitojärjestelmän suunnitteluun tarvitaan seuraavia lähtötietoja:

Lähtötiedot:

- **Katurakenteen arvot**
 - Pintamateriaalin paksuus ja laatu (lämmönjohtavuus)
 - Putkien alusmateriaali
 - Laatu
 - Putkiston asennussyvyys siinä
 - Putkiston asennussyvyys
 - Alapuolisen maan lämpötila

- **Sulanapitojärjestelmän arvot**

- Mitoittava tehontarve (300 W/m²)
 - Poikkeuksia: esim. 200 tai 250 W/m²
- Kiertoneste (vesi-glykoli / Freezium)
 - Meno- ja paluulämpötilat
 - Nesteen glykolipitoisuus ja seoksen tiheys
- Jakotukkien sijainti putkistoon nähden
- Putkikoko (20/25mm)
- Jakotukin koko (DN25/40)
- Asennusväli (onko määritetty käytettäväksi jokin tietty asennusväli?)

6 LÄHTÖTIETOJEN ESIMERKKILOMAKE

Tämän opinnäytetyön tuotoksena tuotettiin kolme erilaista lähtötietolomaketta, jotka jakautuvat lattialämmitys-, sulanapito- ja kylpyhuoneprojekteihin. Kylpyhuoneprojektilla tarkoitetaan tässä tapauksessa mukavuuslattialämmityksen toteuttamista kosteisiin tiloihin, silloin kun vesikiertoinen lattialämmitys ei toimi ollenkaan asuintilojen lämmönjakotapana vaan asuintilat toteutetaan esimerkiksi patterilämmityksellä. Novrel Oy:n näkökulmasta siis kauppa tapahtuu vain kosteiden tilojen lattialämmityksestä. Jokainen lomake on keskitetty helpottamaan yrityksen asiakkuudenhallintaa projektin etenemisen kannalta.

Lomakkeen tarkoituksena on, että kaupan syntyessä alkavan projektin kohdetiedot kootaan yhden lomakkeen taakse ennen kuin kohteen lattialämmityssuunnittelu aloitetaan. Tämän avulla pyritään ennaltaehkäisemään suunnitelmien jälkikäteen päivittämistä ja sen tuomaa turhan työn määrää. Lomakkeen avulla pyritään auttamaan myös asiakasta/LVI-suunnittelijaa havaitsemaan mitä tietoja / suunnitelmia yritys tarvitsee lattialämmityssuunnittelun aloittamiseksi. Laadittuja lähtötietolomakkeita ei julkaista opinnäytetyössä, vaan ne kuuluvat tilaajan luottamukselliseen materiaaliin.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tarkasteltiin vesikiertoisen lattialämmityksen ja sulanapidon suunnitteluun ja mitoitukseen vaikuttavia tekijöitä. Myös yhdistetyn lattialämmitys- ja viilennysjärjestelmän suunnittelu otettiin huomioon. Vaikuttavien tekijöiden selvitykseen käytettiin alan kirjallisuuden mukaisia mitoitusohjeita ja laskelmia, joiden pohjalta selvitettiin mitkä asiat vaikuttavat suunnitelmien tekoon. Lähtötietojen tarpeellisuutta ja lisätietoa opinnäytetyöhön kerättiin vielä kolmen eri lattialämmityssuunnittelijan haastatteluna.

Lähtötietojen tarveselvityksen tärkeimmiksi vaikuttaviksi tekijöiksi muodostui menoveden lämpötila ja jäähtymän arvot, käytettävän putken koko, asennussyvyys ja asennusväli sekä lattian pintamateriaali. Näiden tekijöiden vaikutusta lämmitystehoon tarkasteltiin myös fiktiivisen huoneen esimerkkilaskelmilla ja tarkennettiin vielä tekemällä sama mitoitus Novrel Oy:n käyttämällä mitoitusohjelmalla. Yhtenä ongelma-kohtana lattialämmityksen lähtötietojen hankinnassa todettiin olevan puutteellisten U-arvotietojen etsiminen ja lämpöhäviöiden määrittäminen. Lämpöhäviöiden laskennassa on huomattu olevan eroavaisuuksia ja erityisesti LVI-suunnittelijan ja lattialämmityssuunnittelijan lämpöhäviöiden määrissä välillä huomattavia eroja.

Tavoitteena oli kehittää lähtötietojen hankintaa yrityksen sekä asiakkaan näkökulmasta. Tuotoksena tehtyjen lomakkeiden avulla pyritään ennaltaehkäisemään turhan työn määrää ja auttamaan havaitsemaan myös asiakkaan/LVI-suunnittelijan näkökulmasta mitä tietoja / suunnitelmia yritys tarvitsee lattialämmityssuunnittelun aloittamiseksi. Työn aikana laaditut lähtötietolomakkeet kuuluvat tilaajan luottamukselliseen materiaaliin eikä niitä julkaista opinnäytetyön liitteenä.

LÄHTEET

Asennus- ja käyttöohje. Ei päiväystä. Verkkodokumentti. Novrel Oy.
<https://www.novrel.com/>

Brandt, J. 2020. Suunnittelija. Rakennus Brandt Oy. Puhelinhaastattelu 06.05.2020. Haastattelijana Henna Paalosalo. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Kosteiden tilojen vesikiertoisen lattialämmityksen suunnittelu kaukolämmitettyssä rakennuksessa- malleja ja hyviä käytäntöjä. 2016. Verkkodokumentti. Energiateollisuus Ry. Viitattu 21.4.2020. <https://energia.fi/>

Korpi, P. Suunnittelija. Iprok Team Ay. Puhelinhaastattelu 06.05.2020. Haastattelijana Henna Paalosalo. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Lattialämmitys- ja viilennysratkaisut kerrostaloissa. Ei päiväystä. Verkkojulkaisu. Uponor Oy. Viitattu 21.4.2020 <https://www.uponor.fi/>

LVI 10-10549. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet K1/2013. 2014 Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 16.4.2020 <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

LVI 13-10261. Vesikiertoinen lattialämmitys. 1996. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 13.4.2020 <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

Malaska, A. 2020. Suunnittelija. Insinööritoimisto Malaska Oy. Puhelinhaastattelu 04.05.2020. Haastattelijana Henna Paalosalo. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Helsingin kaupungin asuintuotannoissa kosteiden tilojen vesikiertoinen lattialämmitys on vakio. 2017. Motiva Uutiset 2017. Viitattu 17.4.2020 https://www.motiva.fi/ajankohtaista/uutiset/uutiset_2017

Lattialämmitysputki PE-RT. Ei päiväystä. Verkkojulkaisu. Novrel Oy. Viitattu 10.4.2020. <https://www.novrel.com/>

Paalosalo, P. 2020. Toimitusjohtaja, Novrel Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 27.4.2020

RT 52-10801. Vesikiertoinen lattialämmitys. 2003. Helsinki: Rakennustieto. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

RT 82-11006. Ulkoseinärakenteita. 2010. Helsinki: Rakennustieto. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

Sipilä, Kari & Kirjavainen, Miikka & Ritola, Jouko & Kivikoski, Harri. 2001. Liikenne- ja yleisten alueiden sulanapitojärjestelmät. Verkkodokumentti. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Viitattu 15.4.2020.

SFS-EN 1264-1 2013. Vesikiertoiset pintarakenteisiin upotetut lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät. Osa 1: Määritelmät ja symbolit. 2013. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 27.4.2020. <http://www.sfs.fi/>

SFS-EN 1264-2 2013. Water based surface embedded heating and cooling systems Part 2: Floor heating. Finnish Standards Association SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 27.4.2020. <http://www.sfs.fi/>

SFS EN 1264-3 2010. Water based surface embedded heating and cooling systems. Part 3: Dimensioning. Finnish Standards Association SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 11.5.2020. <http://www.sfs.fi/>

SSM-Lattialämmitysjakotukki. 2019. Verkkodokumentti. Danfoss Oy. Viitattu 10.4.2020. <https://danfoss.com/fi-fi/>

Syitä valita lattialämmitys. 2014. Verkkodokumentti. Danfoss Oy. Viitattu 11.4.2020 <https://danfoss.com/fi-fi/>

Talotekniikka RYL. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 1. 2002. Helsinki: Rakennustieto. Viitattu 30.4.2020. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

Vesikiertoisen lattialämmityksen perusteet. 2011. Verkkodokumentti. Danfoss Oy, Espoo. Viitattu 14.4.2020. <https://danfoss.com/fi-fi/>

Warmia Oy www-sivut 2020. Viitattu 14.4.2020 <https://warmia.fi/>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. 2017. Helsinki: Ympäristöministeriö. Viitattu 13.5.2020. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/>

LIITE 1

Lämpötehon laskentatulokset, kun menoveden lämpötila +35°C ja paluuveden +30°C

HUONE 1								
Pintamateriaali	Putkien asennustiheys	Lämpöteho [W/m ²]	Lämpöteho huoneeseen [W]	Huoneen lämmöntarve [W]	Ylilämpö / alilämpö(-) [W]	Keskimääräinen pintalämpötila [°C]	Lattiamateriaalin max sallittu lämpötila	Putkivirtaama [l/s]
Parketti 14mm	150	40.8	408.0	450	-42.0	25.2	27	0.019
	225	34.5	345.2	450	-104.8	24.6		0.016
	300	30,9	309.0	450	-141.0	24.1		0.015
Laminaatti 8mm	150	44.2	442.3	450	-7.7	25.3	28	0.021
	225	37.0	369.7	450	-80.3	24.6		0.018
	300	31.0	310.1	450	-139.9	24.1		0.015
Klinkkeri	150	59.9	598.7	450	148.7	26.6	30	0.029
	225	48.5	485.1	450	35.1	25.6		0.023
	300	39.5	394.7	450	-55.3	24.9		0.019

LIITE 2

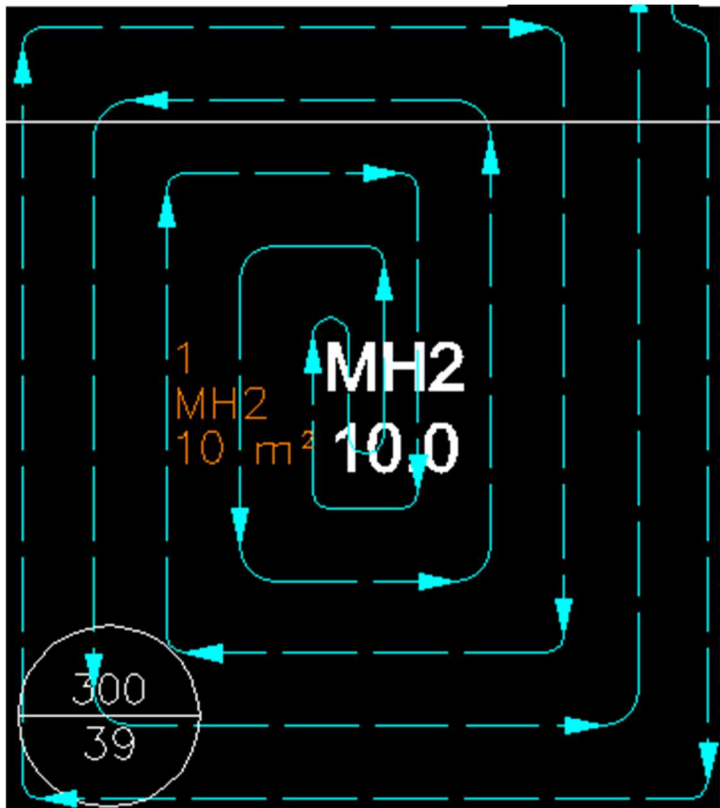
Lämpötehon laskentatulokset, kun menoveden lämpötila +35°C ja paluuv veden +30°C

HUONE 2								
Pintamateri- aali	Putkien asennusti- heys	Lämpö- teho [W/m ²]	Lämpö- teho hu- oneeseen [W]	Huoneen lämpöhä- viöt [W]	Ylilämpö / ali- lämpö [W]	Keskimääräi- nen pintaläm- pötila [°C]	Lattiamateri- aalin max sal- littu lämpötila	Putkivir- taama [l/s]
Parketti 14mm	150	40.8	816.0	450	366.0	25.2	27	0.039
	225	34.5	690.4	450	240.4	24.6		0.033
	300	29.3	586.1	450	136.1	24.1		0.028
Laminaatti 8mm	150	44.2	884.7	450	434.7	25.3	28	0.042
	225	37.0	739.4	450	289.4	24.6		0.035
	300	31.0	620.3	450	170.3	24.1		0.030
Klinkkeri	150	59.9	1197.5	450	747.5	26.6	30	0.057
	225	48.5	970.1	450	520.1	25.6		0.046
	300	39.5	789.5	450	339.5	24.9		0.038

Lämpötehon laskentatulokset, kun menoveden lämpötila +37°C ja paluuveden +30°C

HUONE 1								
Pintamateriaali	Putkien asennustiheys	Lämpöteho [W/m ²]	Lämpöteho huoneeseen [W]	Huoneen lämmöntarve [W]	Yliämpö / alilämpö(-) [W]	Keskimääräinen pintalämpötila [°C]	Lattiamateriaalin max sallittu lämpötila	Putkivirtaama [l/s]
Parketti 14mm	150	46.8	468.1	450	18.1	25.5	27	0.016
	225	39.2	391.9	450	-58.1	24.8		0.013
	300	32.9	329.3	450	-120.7	24.3		0.011
Laminaatti 8mm	150	47.4	474.4	450	24.4	25.6	28	0.016
	225	39.7	396.5	450	-53.5	24.9		0.013
	300	33.3	332.6	450	-117.4	24.3		0.011
Klinkkeri	150	64.2	642.2	450	192.2	27.0	30	0.022
	225	52.0	520.3	450	70.3	26.0		0.018
	300	42.3	423.4	450	-26.6	25.1		0.014

Putkituskuva huoneen 1 lattialämmityksestä 300mm asennusvälillä



Tekniset tiedot huoneen 1 mitoituksesta laminaatti 8mm ja 300mm asennusvälillä

JT1 DJT2 JT PAINEHÄVIÖ 2.2 kPa JT VIRTAUS 1.05 l/min																
LÄHTÖ	HUONE	PAINEH. kPa	MRT. l/min	Kv	Es	AS.VÄLI mm	PUTKI	NOVREL/16	SYV. mm	PIT. m	LATTIARAKENNE	MENO °C	JÄÄHT. °C	TEHO W/m ²	LATTIA °C	SLÄMPÖ °C
1	1:MH2	1.83	1.05	1.06	8	300			40	39	Laminaatti 8 mm	35	5	31	24.9/24.1	21

Viilennystehon laskentatulokset, kun menoveden lämpötila +18°C ja paluueden 23°C

HUONE 1			
Pintamateriaali	Putkien asennustiheys [mm]	Viilennysteho [W/m ²]	Viilennysteho huoneeseen [W]
Parketti 14mm	150	12.5	125.0
	225	11.2	112.0
	300	10.0	100.0
Laminaatti 8mm	150	17.4	174.0
	225	14.8	148.0
	300	12.2	122.0
Klinkkeri	150	20.1	201.0
	225	16.8	168.0
	300	13.6	136.0

Viilennystehon laskentatulokset, kun menoveden lämpötila +18°C ja paluuveden +23°C

HUONE 2			
Pintamateriaali	Putkien asennustiheys [mm]	Viilennysteho [W/m ²]	Viilennysteho huoneeseen [W]
Parketti 14mm	150	12.5	250.0
	225	11.2	224.0
	300	10.0	200.0
Laminaatti 8mm	150	17.4	348.0
	225	14.8	296.0
	300	12.2	244.0
Klinkkeri	150	20.1	402.0
	225	16.8	336.0
	300	13.6	272.0

LIITE 8

Sisältää tilaajan luottamuksellista materiaalia, 6 sivua.