



Jere Laine

Vesikiertoisen lattialämmityksen suunnittelu asuinkerrostaloihin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

8.3.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Jere Laine
Otsikko:	Vesikiertoisen lattialämmityksen suunnittelu asuinkerrosta- loihin
Sivumäärä:	50 sivua
Aika:	8.3.2022
Tutkinto:	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	talotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	LVI-suunnittelu
Ohjaajat:	lehtori Seppo Innanen projektipäällikkö Kalle Muurila

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on toimia yleisenä tietolähteenä asuinkerrostalon vesikiertoisen lattialämmityksen suunnitteluun.

Useilla eri valmistajilla on oma näkemys siitä, miten vesikiertoinen lattialämmitys pitäisi toteuttaa. Tähän opinnäyte työhön on kerätty eri lähteistä tietoa lattialämmityksen asennus- ja toteutustavoista, joiden tarkoitus on auttaa LVI-suunnittelijaa löytämään sopiva ratkaisu lattialämmitystä suunniteltaessa. Opinnäytetyössä perehdytään myös lattialämmityksen teknisiin ominaisuuksiin.

Työssä selvisi, että vesikiertoisella lattialämmityksellä on omat etunsa ja haittansa. Lattialämmitys on esteettinen tapa lämmittää rakennusta, kun näkyviä lämmönluovuttimia ei näy ja lattialämmitys on myös hyvin yhteensopiva tulevaisuuden lämmönlähteiden kanssa. Lisäksi lattialämmitysjärjestelmä vasta hyvin asukkaiden yksilöllisiin lämmöntarpeisiin.

Lattialämmityksen ongelmat liittyvät järjestelmän tasapainotukseen ja lämmönluovutukseen. Lämmitysjärjestelmässä tapahtuu jatkuvasti paine-ero muutoksia ja virtausmuutoksia. Lisäksi lattioiden eri pintamateriaalit rajoittavat lattialämmityksen lämmitystehoa.

Avainsanat: vesikiertoinen lattialämmitys, asuinkerrostalo, LVI-suunnittelu

Abstract

Author:	Jere Laine
Title:	Design of Underfloor Heating System to Apartment Building
Number of Pages:	50 pages
Date:	8 March 2022
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Building Services Engineering
Professional Major:	HVAC Design
Supervisors:	Seppo Innanen, Senior Lecturer Kalle Muurila, Project Manager

The purpose of this thesis was to create a general guide for the design of hydronic underfloor heating system to apartment buildings to replace the sometimes confusingly different manufacturers' instructions.

The information for this thesis was collected from various sources. The main idea was to collect the best possible solutions for the HVAC designer so the designer could implement the solutions in most suitable way in their design. Furthermore, the thesis looked into the technical characteristics of hydronic underfloor heating system.

The thesis discussed the advantages and disadvantages of hydronic underfloor heating systems. It was established that problems with underfloor heating are related to the balancing of the system and heat distribution. The constant flow and pressure changes in the heating network were seen hard to predict. Furthermore, it was seen that different surface materials can limit the heating power of underfloor heating.

One of the advantages of underfloor heating discussed in the thesis was it being an aesthetic way of heating a building. Furthermore, the thesis saw underfloor heating being highly compatible with future warm water sources. With underfloor heating, the inhabitants were seen to being able to control the indoor air temperature to the desired individual temperature level.

Keywords: hydronic underfloor heating, apartment

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lattialämmitysjärjestelmät ja niiden erot	1
2.1	Vesikiertoinen lattialämmitys	2
2.1.1	Lattialämmityspiirit jatkuvalla säädöllä	2
2.1.2	Mukavuuslattialämmityspiirit	2
2.2	Sähköinen lattialämmitys	3
3	Komponentit	3
3.1	Putket	3
3.2	Jakotukki	4
3.3	Jakotukkikaapit	5
3.4	Ohitus	6
3.5	Huonetermostaatit ja toimilaitteet	7
3.6	Huonetermostaatti lattia-anturilla	9
4	Asennus	10
4.1	Putkien asennusvälit	11
4.2	Asennuskuviot	12
4.3	Asennus betonilattiaan	14
4.4	Asennus betoniseen välipohjaan	16
4.5	Liikuntasaumot	19
4.6	Reunanauha	20
4.7	Reunanauhan asennus	21
4.8	Jakotukin asennus	21
5	Säätöjärjestelmä	23
5.1	Säätöjärjestelmän periaatteet	23
5.2	Uudet energiatehokkuuden vaatimukset ja niiden vaikutus lattialämmitysjärjestelmien ohjaukseen	24
6	Tekniset ominaisuudet	25
6.1	Lämmitysteho	25

6.2	Itsesäätyvyys ja terminen massa	28
7	Lattiatyyppien vaikutus lämmönluovutukseen ja suuntaan	30
7.1	Erilaiset materiaalit ja eristys	30
7.2	Erilaisten lattiarakenteiden vaikutus lattialämmityksen tehoon	35
7.2.1	Pintamateriaalina laatta ja kivi	37
7.2.2	Pintamateriaalina laminaatti ja parketti	37
8	Mitoitus ja säätö	37
8.1	Lattialämmityspiirin jäähtymä	38
8.2	Painehäviö	39
8.3	Virtausnopeus ja virtauksen ominaisuudet	39
8.4	Menoveden lämpötila	42
9	Huomioita lattialämmityksen suunnitteluun asuinkerrostaloihin	43
9.1	Lämmitystehontarve eri asunnoissa	43
9.2	Eri lämpötilat kerrostalorakennuksen eri tiloissa	44
10	Yhteenveto	46
	Lähteet	48

1 Johdanto

Asumisen vaatimustason kasvaessa ja rakentamismääräyksien yhä vaatiessa energiatehokkaampaa rakentamista ovat lattialämmitysjärjestelmät yleistyneet myös kerrostalorakentamisessa.

Kun rakennuksiin suunnitellaan nykyaikainen lattialämmitysjärjestelmä, on rakennuksen lämmitysjärjestelmä muuntojoustava. Matala kiertoveden lämpötila lattialämmitysjärjestelmässä tukee tulevaisuuden lämmönjakojärjestelmiä esimerkiksi kaukolämpöä, maalämpöä ja aurinkoenergiaa.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään vesikiertoista lattialämmitystä. Työssä myös kerrotaan, mitä tulisi ottaa huomioon, kun asuinkerrostaloihin suunnitellaan vesikiertoista lattialämmitystä.

Tämä opinnäytetyö on tehty insinööritoimisto Entalconille. Opinnäytetyön tarkoituksena on toimia apuna vesikiertoisen lattialämmityksen suunnitteluun.

2 Lattialämmitysjärjestelmät ja niiden erot

Lattialämmityksessä rakennusta lämmitetään lattiassa kiertävillä lämmitysputkilla tai lämmityskaapeleilla. Lattialämmitystä voidaan myös käyttää kuivatukseen ja viihtyvyyden lisäämiseen kosteissa tiloissa yhdessä esimerkiksi patterilämmityksen kanssa. [1, s. 7.]

Lattialämmityksen etuna patterilämmitykseen on se, että lattialämmityksessä ei ole näkyvillä erillisiä lämmönluovuttimia. Lämmönluovuttimien sijoittaminen saattaa myös joskus olla haastavaa niiden tilavarauksien takia [2, s. 122.]

Lattialämmityksessä lattiapinnan lämpötilan ei tarvitse nousta korkeaksi kuin pienipintaيسessa konvektori- ja radiaattorilämmityksessä, koska lämmönsiirto

pintana toimiva lattia on niin suuri. Tämän takia lämmityksessä voi hyödyntää matalalämpötilaista lämpöä kuten aurinkolämpöä tai maalämpöä. [2, s.122.]

Lattialämmitystä voidaan kutsua myös säteilylämmitykseksi, koska säteilylämmönsiirron osuus kokonaislämmönsiirrosta on suuri. Lattialämmityksellä tämä osuus on 50–60 %. [2, s. 121.]

2.1 Vesikiertoinen lattialämmitys

Vesikiertoisessa lattialämmityksessä rakennusta lämmitetään lattiassa kiertävillä lämmitysputkilla. Vesikiertoisessa lattialämmityksessä jokainen huone varustetaan yleensä omalla lattialämmityspiirillään. [1, s. 7.]

Lämmityspiiri tehdään yhtenäisestä putkesta, niin että lattiarakenteeseen ei jää putkiliitoksia [3, s. 2].

Lattialämmityksen etuna on se, ettei siinä ole erillisiä näkyviä lämmönluovuttimia.

2.1.1 Lattialämmityspiirit jatkuvalla säädöllä

Jatkuvasäätöinen lattialämmityksessä lämmityspiirien vesivirrat säädetään jakosäätimillä. Huoneistokohtainen lämpötilan säätö toteutetaan asentamalla jakotukin venttiilille piirikohtainen toimilaite, joka huonetilan huonetermostaatin tai -anturin ohjaamana pitää huonelämpötilan haluttuna. [3, s. 4.]

2.1.2 Mukavuuslattialämmityspiirit

Yleensä on tiloja, joissa halutaan lattiapintojen olevan lämpimiä myös kesäisin. Näitä lattialämmityspiirejä kutsutaan mukavuuslattialämmityspiireiksi. Mukavuuslattialämmityspiiri olisi hyvä tehdä omana verkostona, mutta lattialämmityspiirejä voidaan liittää myös varsinaiseen lattialämmitys verkostoon. [4, s. 7.]

2.2 Sähköinen lattialämmitys

Sähköisessä lattialämmitysjärjestelmässä lattialämmityskaapelit asennetaan lattiaaunaan, jolloin laatan lämmönvarastointikykyä voidaan hyödyntää [1, s. 7].

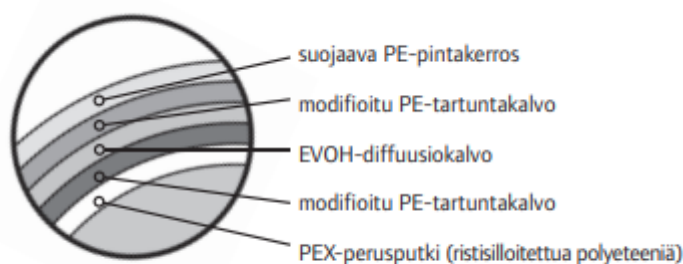
Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä enempää sähköistä lattialämmitystä, kuin tässä luvussa on käsitelty.

3 Komponentit

3.1 Putket

Lattialämmityksessä lämmityspotkina käytetään happidiffuusiosuojalla varustettua muoviputkea (kuva 1), muovipinnoitettua kupariputkea tai alumiinivahvisteista monikerrospotkea [3, s. 2].

Happidiffuusiosuojan tehtävä putkissa on estää hapen imeytymistä järjestelmään putken seinän läpi [5, s. 19].



Kuva 1. Uponor pePEX -lattialämmityspotken rakenne [5, s. 19].

Lattialämmityksessä käytettävät PEX-putket kestävät hyvin hetkellisesti korkeita lämpötiloja (kuva 2), jopa +95 °C:ta [6, s. 12].

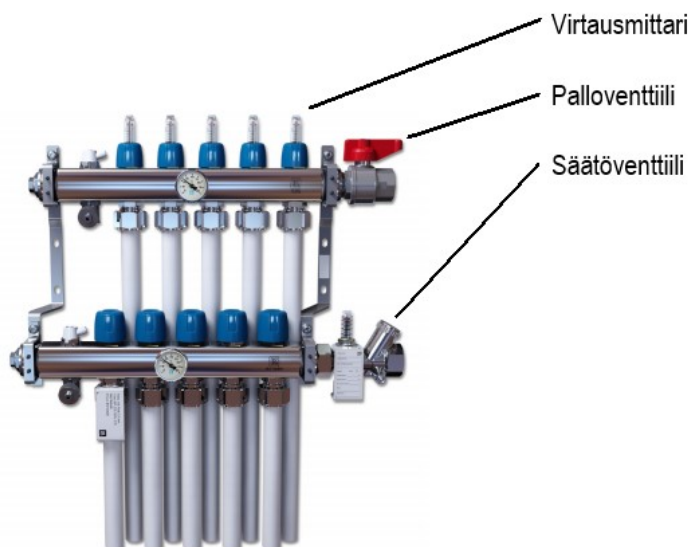
Putket ja niiden ominaisuudet

Putken nimi	Putkikoko	Putkimateriaali	Paineluokka	Maks. jatkuva lämpötila	Maks. hetkellinen lämpötila	Standardi
LK Lattialämmitysputki	8 × 1,0 mm	PE-Xa	PN6	70 °C	95 °C	EN ISO 15875 (DIN16892/3)
LK Lattialämmitysputki	12 × 2,0 mm	PE-Xa	PN6	70 °C	95 °C	EN ISO 15875 (DIN16892/3)
LK Lattialämmitysputki	16 × 2,0 mm	PE-RT	PN6	60 °C	70 °C	EN ISO 22391 (DIN16833/4)
LK Universal-putki	16 × 2,0 mm	PE-Xa	PN10	70 °C	95 °C	EN ISO 15875 (DIN16892/3)
LK Lattialämmitysputki	20 × 2,0 mm	PE-RT	PN6	60 °C	70 °C	EN ISO 22391 (DIN16833/4)
LK Lämmitysputki	25 × 2,3 mm	PE-Xa	PN6	70 °C	95 °C	EN ISO 15875 (DIN16892/3)
LK Lämmitysputki	32 × 2,9 mm	PE-Xa	PN6	70 °C	95 °C	EN ISO 15875 (DIN16892/3)

Kuva 2. Lattialämmitysputkia ja niiden ominaisuuksia [6, s.12].

3.2 Jakotukki

Lattialämmityksessä jakotukilta lähtevät lattialämmityspiirien putket. Lattialämmityksessä jakotukkipaketissa on kaksi jakotukkia. Ylempi jakotukki on menovedelle ja alempi jakotukki on paluuvedelle. Jakotukit on yleensä valmistettu ruostumattomasta teräksestä, muovista tai messingistä. Jakotukit on valmiiksi asennettu kannakkeisiin, jolloin jakotukin voi suoraan kiinnittää jakotukkikaappiin tai seinään. Jakotukkeja on saatavilla 2–12 lattialämmityspiirille. [7] Kuvassa 3 on esitetty jakotukki varustettuna virtausmittareilla, palloventtiilillä ja säätöventtiilillä.



Kuva 3. Jakotukki virtausmittareilla, palloventtiilillä ja säätöventtiilillä [6, s. 15].

Jakotukin menorunko voidaan varustaa piirikohtaisilla virtausmittareilla. Virtausmittarit helpottavat lattialämmityspiirien esisäätämistä piirikohtaisesti ja huoltoa. Jakotukin paluurungossa on jokaiselle piirille oma käsisäätönuppi tai säätöventtiili, johon toimilaite asennetaan. Molempiin jakotukin runkoputkiin on mahdollista kiinnittää päätypari piirin ilmaamista, täyttöä ja tyhjennystä varten. Ilmauksen helpottamiseksi jakotukkiin voidaan myös kiinnittää automaattinen ilmanpoistin käsikäyttöisen ilmanpoistimien sijaan. [6, s. 15.]

3.3 Jakotukkikaapit

Mikäli jakotukkia ei haluta asentaa näkyville on se mahdollista asentaa jakotukkikaappiin. Jakotukkikaapille on kaksi erilaista asennustapaa. Jakotukkikaappi on mahdollista asentaa uppoasenteisena tai pinta-asenteisena. Kuvassa 4 on esimerkki pinta-asenteisesta jakotukkikaapista.



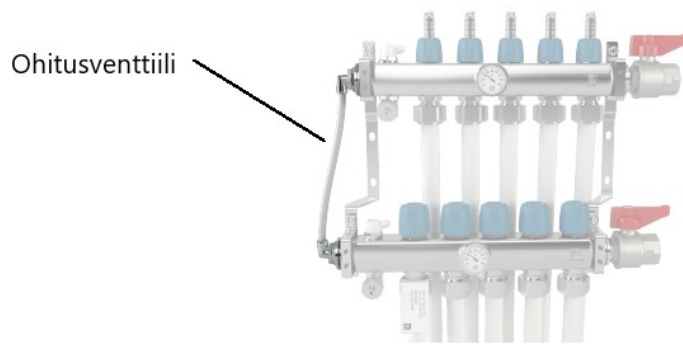
Kuva 4. Uponor Vario -jakotukkikaappi [8].

Jakotukkikaappi varmistavat tarvittavan huolto- ja asennustilan lattialämmityksen säätölaitteille ja jakotukeille. Lisäksi jakotukkikaapin tulisi olla vuotovesitiivis ja varustettu ylivuotoputkella, joka johtaa mahdollisen vesivuodon näkyviin. [8]

3.4 Ohitus

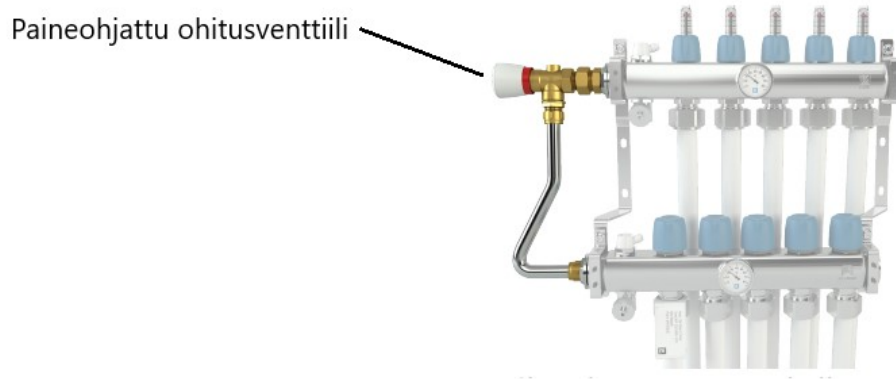
Jakotukeille on saatavilla ohitusosia. Ohitusosa voi olla tarpeen silloin, jos kaikki piirit ovat huonetermostaattiohjattuja. Ohitusosalla varmistetaan kiertovesipumpun toiminta lattialämmitysjärjestelmässä tapahtuvalla jatkuvalla kierrolla. [6, s. 16.]

Ohitusosia on kahdenlaisia. On sellaisia ohitusosia, jotka antavat pienen jatkuvan ohivirtauksen kuristimen kautta jakotukin meno- ja paluurunkojen välillä (kuva 5).



Kuva 5. Jatkuvan virtaaman ohitusventtiili LK ohitus RF [6, s. 16]

Toisessa mallissa ohitusosassa on säädettävä paine-eroventtiili (kuva 6). Kun yksi tai useampi toimilaite sulkee paluuventtiilin, paine-ero kasvaa. Paineen kasvaessa paine-eroventtiili avautuu ja venttiilien paine-ero pienenee vastavasti. Mikäli ohitusosia ei haluta käyttää, on vaihtoehtona jättää yksi piiri jatkuvalle kierrolle. [6, s. 16.]



Kuva 6. Ohitusosa säädettävällä paine-eroventtiilillä LK Ohitus Delta P RF [6, s. 16].

3.5 Huonetermostaatit ja toimilaitteet

Asuinkerrostaloissa lattialämmitystä ohjataan yleisesti huonetermostaateilla. Huonetermostaattien tehtävänä on reagoida huoneen lämpötilavaihteluun.

Huonetermostaatti lähettää jakotukin viereen sijoitettuun kytkentärasiaan signaaleja. KytKentärasian kautta ohjataan jakotukilla olevia toimilaitteita. Toimilaitteet taas sulkevat tai avaavat veden virtauksen lattialämmityspiireissä. Veden virtauksen muuttuessa lattialämmityspiirissä huoneen lämpötila muuttuu. Yksi huonetermostaatti voi ohjata useita toimilaitteita ja sitä kautta useita piirejä. [6, s. 18.]

Huonetermostaatti on lämpötilarajoin, joka alkaa kuristaa jakotukissa olevan toimilaitteen avulla lämmityspiirin vedenkiertoa, mikäli huoneen lämpötila kohoaa yli asetetun lämpötilan. Veden kiertäessä lattialämmityspiirissä on toimilaitte jännitteellinen. Kun lämpötila alkaa lähestyä rajoituslämpötilaa huonetermostaatti katkaisee sähkövirran toimilaitteelta, jolloin toimilaitte alkaa sulkeutua. Toimilaitteen sulkeutuessa se alkaa rajoittaa lämmityspiirin vedenvirtausta. Jos toimilaitte ei saa sähköä, on venttiili kiinni ja virtaus poikki. [9, s. 20.]

Lattialämmityksen säätöjärjestelmiä on saatavilla langallisena sekä langattomana. Langattoman säätöjärjestelmän etuna on termostaattien vapaa sijoittelu ja sähkötöiden tarpeettomuudesta johtuvat asennuskustannussäästöt. [10, s. 28.] Kuvassa 7 on esitetty langattomat huonetermostaatit, kytkentärasia ja toimilaitteet.



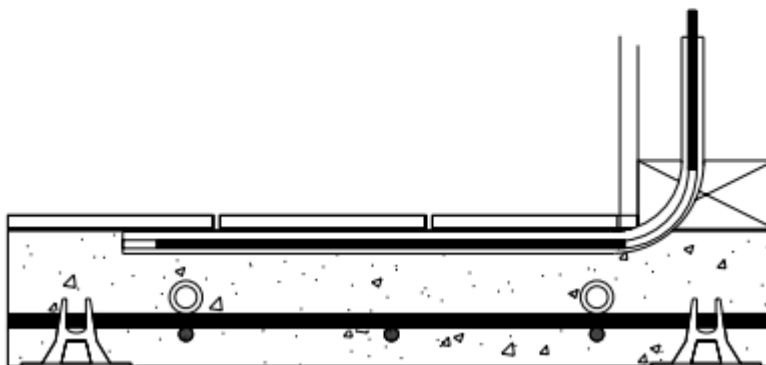
Kuva 7. Langattomat huonetermostaatit, kytkentärasia ja toimilaitteet [9, s. 6].

Langallisessa järjestelmässä on taas omat hyötynsä. Langallisessa säätöjärjestelmässä termostaattien paristoja ei tarvitse vaihtaa, jolloin esimerkiksi vuokra-asunnoissa määrääjoin tehtävää paristojen vaihtamista ei tarvita. [10, s. 28.]

Huonetermostaatti tulisi sijoittaa sisäseinälle noin 1,5 metrin korkeudelle lattiasta. Sijoituksessa tulisi ottaa huomioon termostaatin toimintaa vaikuttavia tekijöitä, kuten esimerkiksi auringonpaisteen tai ilmastoinnin vaikutukset. [6, s. 18.]

3.6 Huonetermostaatti lattia-anturilla

Kun lattiassa halutaan ylläpitää tiettyä minimi- tai maksimilämpötilaa, on hyvä vaihtoehto käyttää lattia-anturilla varustettua huonetermostaattia. Kun huonetermostaatissa on lattia-anturi, ei lattian pintalämpötila riipu huoneen lämpötilasta. Lattia-anturin paikka on putkien välissä mahdollisimman lähellä lattian pinnoitetta. Lattia-anturi tulisi asentaa suojaputkeen (kuva 8), jolloin anturi on helposti vaihdettavissa. [11, s. 18].



Kuva 8. Erillinen lattia-anturi valettuna suojaputkessa betoniin [5, s. 38].

Lattia-anturia hyvä käyttää silloin, kun kyseessä on arka lattian pintamateriaali, jolloin pintamateriaalia voidaan suojata rajoittamalla ylintä pintalämpötilaa. Anturia voidaan käyttää myös silloin kun halutaan varmistaa lattian kuivuminen esimerkiksi märkätiloissa tai sillä varmistetaan ikkunapiirin ohjaus lattian lämmön mukaan. [11, s. 18.]

Mikäli huoneeseen tehdään erillinen ikkunapiiri, voidaan ikkunapiirin anturi sijoittaa lattiaan ikkunan eteen. Tällöin toimilaitteet säätävät ikkunapiiriä ja huoneen omaa lattialämmityspiiriä jakotukilta erikseen ja koko tilaan luodaan tasainen lämpö. [12, s. 459.]

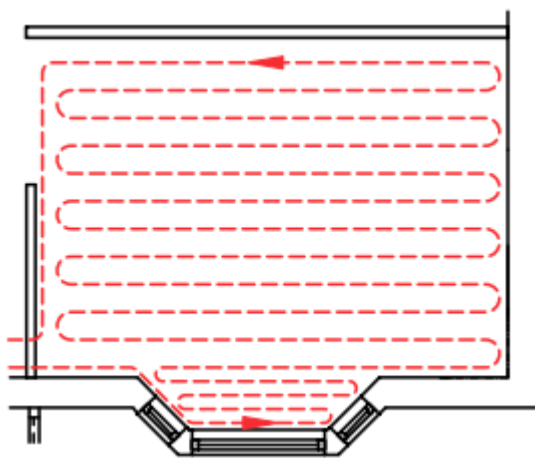
4 Asennus

Vesikiertoisessa lattialämmitysjärjestelmässä jokainen huonetila muodostaa oman lattialämmityspiirin. Jokaiselle lattialämmityspiirille tuodaan omat putket jakosäätimiltä. Lattialämmityspiiri tulee tehdä yhtenäisestä putkesta, jotta lattia-rakenteeseen ei jää putkiliitoksia. [3, s. 2.]

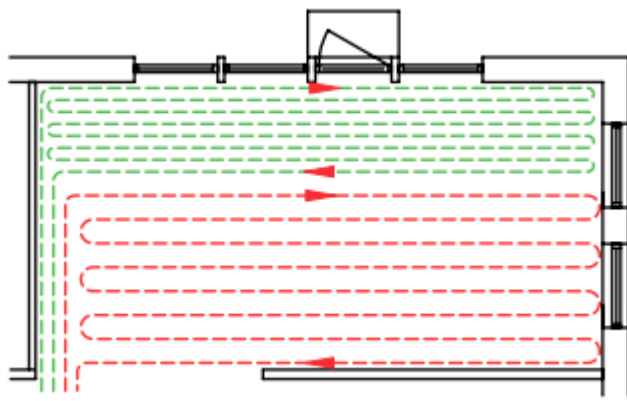
4.1 Putkien asennusvälit

Ensisijaisesti lattialämmityspiirien asennusvälit valitaan sen mukaan, mikä on piirin todellinen lämmöntarve. Putkien asennusvälillä voidaan vaikuttaa menoveden lämpötilaan ja kustannuksiin. Mitä tiheämpi putkien asennusväli on, sitä alhaisempi on tarvittava menoveden lämpötila. Alhaisen menoveden lämpötilan järjestelmissä esimerkiksi lämpöpumppujärjestelmissä, kannattaa putket asentaa pienellä asennusvälillä. Mikäli menoveden lämpötilan merkitys on vähäisempi, voidaan valita suurempi asennusväli ja siten alentaa kustannuksia putkimetreissä. [6, s. 4.]

Huoneissa, joissa on suuria lämpöhäviötä aiheuttavia alueita esimerkiksi ikkunoita, voidaan huoneeseen tarvittaessa asentaa reunavyöhyke. Reunavyöhykkeen voi toteuttaa asentamalla putket reunavyöhykkeellä tiheämmällä asennusvälillä kuin huonetilan keskiosassa (kuva 9) tai erillisenä putkipiirinä (kuva 10).



Kuva 9. Reunavyöhykkeen toteutus muuta aluetta tiheämmällä asennusvälillä [6, s. 5].



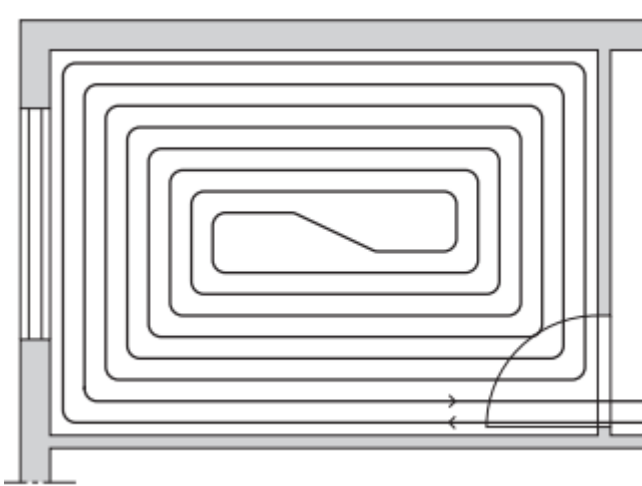
Kuva 10. Reunavyöhykkeen toteutus erillisenä putkipiirinä [6, s. 5].

4.2 Asennuskuviot

Lattialämmityspiirit tulisi asentaa niin että, lattialämmityspiiri kulkee jakotukilta ensin ulkoseinälle, jolloin suurin lämmitysteho on aina lähimpänä ulkoseiniä ja ikkunoita [10, s. 39].

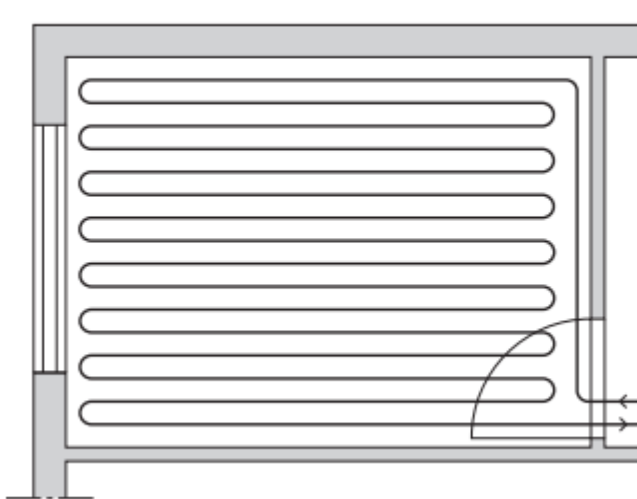
Lattialämmityspiirien putket asennetaan yleensä betoniin valettuna spiraali- tai rivijakoa käyttäen [4, s. 2].

Spiraali- ja paluuputki ovat aina rinnakkain, mikä antaa parhaiten tasaisen lattian pintalämpötilan. Spiraalilla lattialämmityspiirissä voidaan toteuttaa suuremmalla jäähtymällä ilman pelkoa, että lattian pintalämpötila olisi epätasainen. Suuri jäähtymä mahdollistaa sen, että piirien pituudet voivat olla myös hieman pidempiä. [6, s. 6.] Kuvassa 11 on esitetty spiraalijaon asennusperiaate.



Kuva 11. Lämmityspotken asennusperiaate spiraalijakoa käyttäen [3, s. 2].

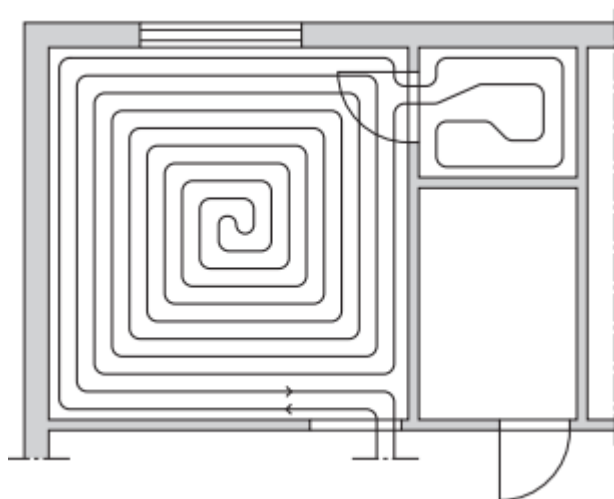
Rivijaolla lattiapinnan lämpötila putoaa menoputken kohdalta piirin loppua kohti mentäessä veden lämpötilan laskun seurauksena. Rivijaolla mukavuuden säilyttämiseksi lattialämmityspiirin jäähtymä on pidettävä mahdollisimman pienenä. [6, s. 6.] Kuvassa 12 on esitetty rivijaon asennusperiaate.



Kuva 12. Lattialämmityspotken asennusperiaate rivijakoa käyttäen [3, s. 2].

Isot huoneet jaetaan tarvittaessa kahdeksi tai useammaksi piiriksi, jotta painehäviö ei kasva liian suureksi. Vaikka isossa tilassa on useampi piiri, tulee

lattialämmityspiireillä olla yhteinen ohjaus. Pienet tilat, joiden lämmöntarve on pieni ja oleskeluaika vähäinen voidaan liittää lähellä olevan ison tilan lattialämmityspiiriin. [4, s. 2.] Kuvassa 13 on havainnekuva vaatehuoneen liittämistä makuuhuoneen lattialämmityspiiriin menoputkeen.

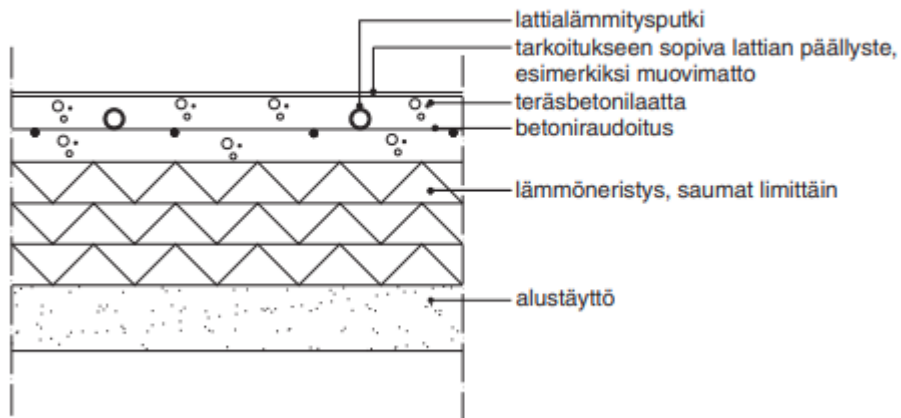


Kuva 13. Vaatehuone liitettynä makuuhuoneen lattialämmityspiiriin menoputkeen [3, s. 3].

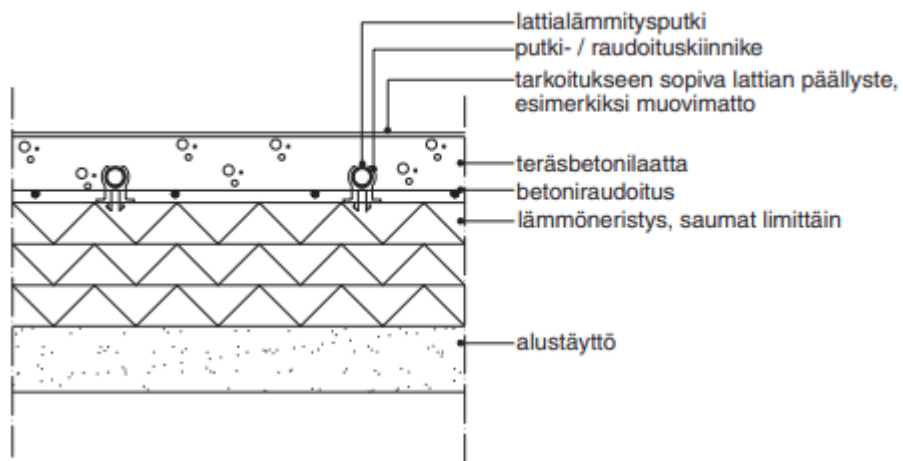
4.3 Asennus betonilattiaan

Lattialämmityspiirien putket asennetaan betonilattiassa noin 40 mm syvyyteen mitattuna lattian pinnasta putken keskelle. Mikäli käytetään asennuslevyn päälle tulevaa erikoispintavalua, valun paksuus on yleensä vähintään 30 mm putken yläpinnasta mitattuna. Erikoispintavalu tehdään valmistajan ohjeita noudattaen. [4, s. 8.]

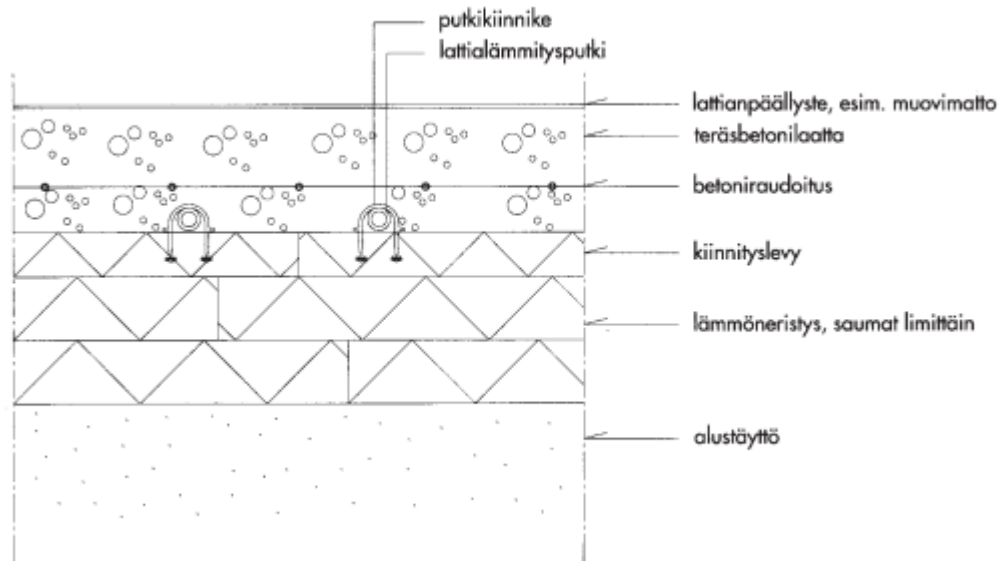
Betonirakenteisessa lattiassa putkien asentamiseen on erilaisia vaihtoehtoisia tapoja, joita on esitetty kuvissa 14, 15, 16 ja 17.



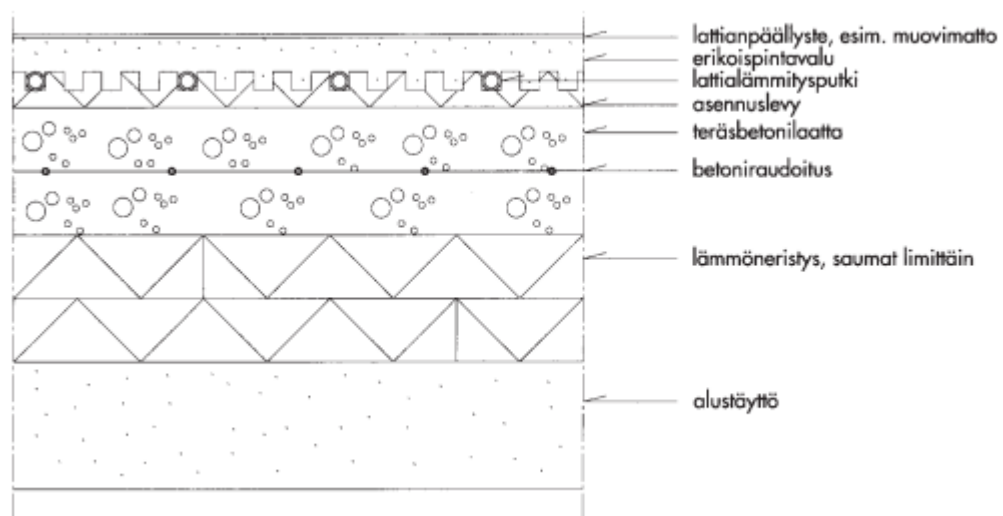
Kuva 14. Putkien asennus maanvaraiseen alapohjaan kiinnittämällä putket betoniraudoitukseen [3, s. 5].



Kuva 15. Putkien asennus maanvaraiseen yhdistetyllä putki- ja raudituskiinnikkeellä [3, s. 5].



Kuva 16. Putkien asennus maanvaraiseen alapohjaan kiinnittämällä putket U-pidikkeellä erilliseen kiinnityslevyyn [4, s. 9].



Kuva 17. Putkien kiinnitys maanvaraiseen alapohjaan erillisen asennuslevyn avulla [4, s. 9].

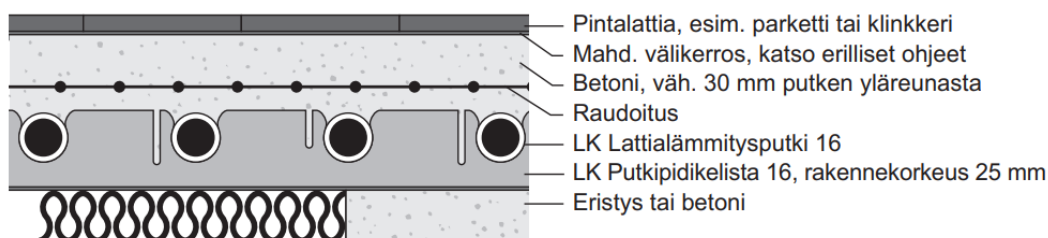
4.4 Asennus betoniseen välipohjaan

Asuinkerrostaloissa betoniseen välipohjaan asennettu lattialämmitys vaatii välipohjan eristystä. Suurin syy eristeen asennukseen on se, että

lattialämmityspiirin teho ohjautuu oikeaan huoneistoon ja on hallittavissa huonetermostaattilla. Eristeen päälle asennettuna lattialämmityspotken ympärillä oleva massa myös pienenee merkittävästi, jolloin lämmityksen reagointinopeus kasvaa. Lisäksi asuntojen välisen välipohjarakenteen askelääneneristys paranee merkittävästi. [10, s. 21.]

Betoniseen välipohjaan lattialämmityksen voi asentaa putkipidikeleistalla, lattialämmityslevyllä tai uritettuihin eristyslevyihin [6, s. 8].

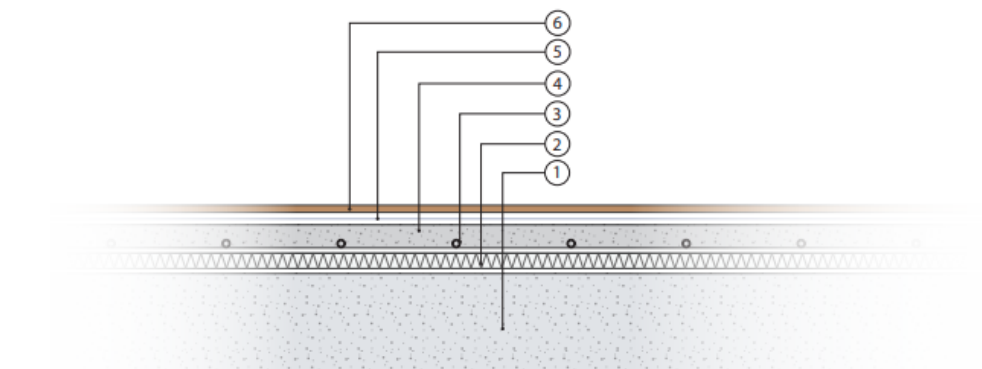
Putkipidikeleistä valetaan tasoitemassaan tai betoniin. Putkipidikeleistä päälle tulisi varata vähintään 30 mm paksu betonikerros putken yläpinnasta, jotta saataisiin tasainen pintalämpötila lattialle. Suositeltu betonikerroksen paksuus on 70 mm [13, s. 1.] Kuvas 18 on periaatekuva putkipidikeleistän asennuksesta betoniin tai eristeeseen.



Kuva 18. Putkipidikeleistä valettuna betoniin tai eristeen päälle [6, s. 3].

Lattialämmityslevy on tarkoitettu asennettavaksi uivana kantavan lattiarakenteen päälle kuiviin tiloihin. Lattialämmityslevyt vaativat eristyslevyt, jotka vaihentavat askelääniä välipohjassa. [14, s. 1.] Kuva 19 on periaatekuva lattialämmityslevyn asennuksesta.

PERIAATEKUVA

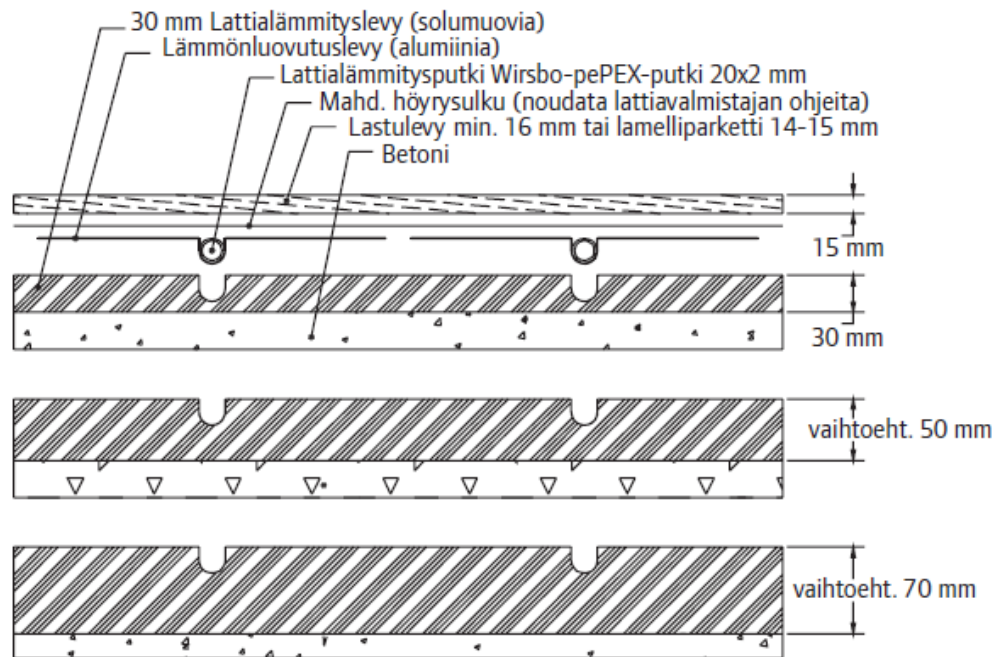


Periaatekuva lattiarakenteesta LK Lattialämmityslevy Silent 30:n kanssa

Numero	Kuvaus
1	Kantava lattiarakenne
2	LK Lattialämmityslevy Silent 30 / LK Lattialämmityslevy Silent 50
3	LK Universalputki / LK Lattialämmitysputki, 16 mm tai 20 mm
4	Tasotemassa, Bostik 1050 tai vastaava
5	Höyrysulku / alusmateriaali
6	Pintamateriaali, esimerkiksi Parketti 14 mm, tai Laminaatti 10 mm

Kuva 19. Periaatekuva lattianrakenteesta lattialämmityslevyn kanssa [14, s. 4].

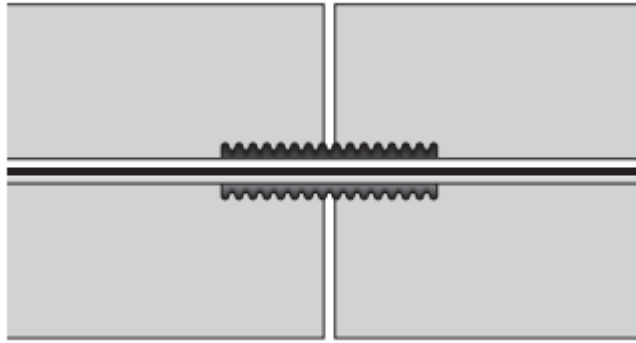
Uritettuun eristyslevyyn asennettu lattialämmitys mahdollistaa lattian matalan rakennekorkeuden. Uritettua eristyslevyä voidaan käyttää kaiken tyyppisissä tasaisissa lattioissa. Lämmityspiirien putket asennetaan eristelevyn uriin ja eristelevyn päälle on liimattu lämmönjakopelti, jotta lämpö jakautuisi tasaisemmin. [15, s. 1.] Kuvassa 20 on esitetty havainnekuva uritetun lattialämmityslevyn asennuksesta eri lattialämmityslevyn paksuuksilla.



Kuva 20. Periaatekuva uritetusta lattialämmityslevystä [5, s. 9].

4.5 Liikuntasaumat

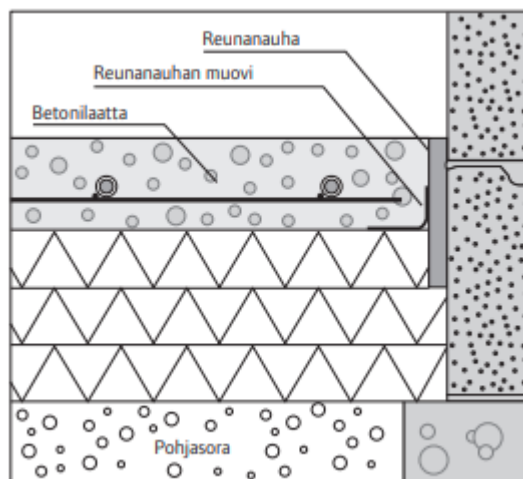
Suuret pinnat valetaan yleensä useampana erillisenä alueena, jotka erotetaan toisistaan liikuntasaumoilla. Lattialämmityspiiri ei saa läpäistä liikuntasaumaa vaan sen pitää olla samalla valualueella. Vain meno- ja paluuputket saavat läpäistä liikuntasauman, jolloin ne on suojattava suojaputkella. Suojaputki asennetaan keskeisesti, eli molemmille puolille liikuntasaumaa tulee 300 mm:stä 500 mm:iin suojaputkea. Näin betonilaattojen väliset lämpöliikkeet eivät vaurioita putkia. [6, s. 6.] Kuvassa 21 on periaatekuva liikuntasaumasta ja suojaputkesta.



Kuva 21. Liikuntasauma ja suojaputki [6, s. 6].

4.6 Reunanauha

Betonilaattaan asennettu lattialämmitys vaatii tilaa lämpölaajenemisen takia. Laatan lämpölaajenemisen takia on laatan ja kiinteiden seinien, pylväiden ym. rakenteiden välissä oltava reunanauha (kuva 22). Reunanauha toimii samalla lämpökatkona ulkoseinää vasten asennettuna. [5, s. 20.]



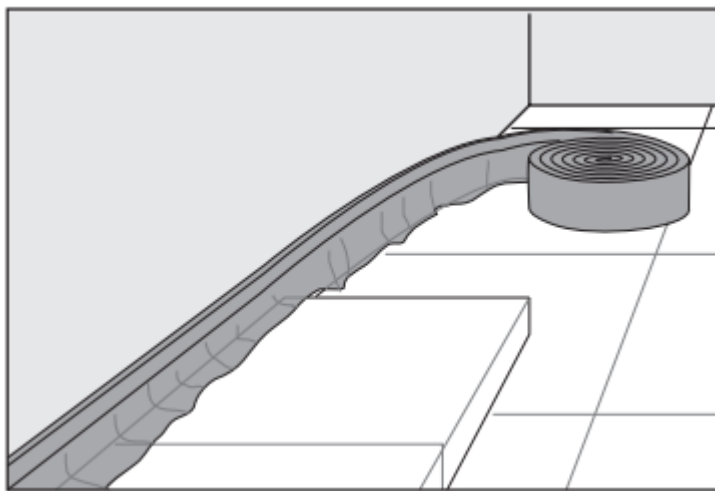
Kuva 22. Periaatekuva reunanauhasta asennettuna alapohjaan [5, s. 20].

Reunanauha toimii myös äänikatkona seinän ja lattialaatan välillä. Reunanauhan käyttö onkin tärkeää kerrostaloissa runkoäänten vähentämiseksi. [9, s. 9.]

4.7 Reunanauhan asennus

Alapohjaan asennettaessa reunanauha asennetaan ennen päällimmäisten eristelevyjen levittämistä. Alapohjassa paksut eristelevyt painavat reunanauhan useasti kiinni seinään. [5, s. 20.]

Reunanauhaa asennettaessa välipohjaan ohuemat eristeet tai asennuslevyt eivät aina takaa riittävää tukea reunanauhalle. Tällöin reunanauhan voi kiinnittää seinään suoraan reunanauhan takana olevalla teipillä (kuva 23). [5, s. 20.]



Kuva 23. Havainnekuva reunanauhan asennuksesta [5, s. 20].

Asennuksen lopuksi reunanauhassa oleva muovikalvo käännetään eristeiden päälle estämään betonin pääsy eristeeseen ja reunanauhan väliin. Muovin reunassa on teippi, mikä voidaan liimata eristeeseen kiinni. Kun lattia on valettu ja valmis, voidaan reunanauhan ylimääräinen osuus poistaa repäisyviiltoa myöten. [5, s. 20.]

4.8 Jakotukin asennus

Jakotukki pyritään sijoittamaan lämmitettävän tilan keskeiselle paikalle, jolloin siirtoputket kuhunkin huoneeseen ovat mahdollisimman lyhyet. Jakotukin

sijoittelulla pyritään myös siihen, että piirit olisivat myös keskenään mahdollisimman samanmittaiset. Jakotukin säätölaitteille tulisi varata yhden neliömetrin verran tilaa, jotta asennukset voidaan tehdä asianmukaisesti. [10, s. 34.]

Jakotukki voidaan asentaa seinän pintaan tai uppoasennuksena seinään. Jos jakotukki kiinnitetään seinälle pinta-asennuksena, on edellytyksenä se, että jakotukki on näkyvällä paikalla, jotta vuodot voidaan havaita mahdollisimman nopeasti. Jos jakotukki halutaan piiloon, voidaan se asentaa jakotukkikaappiin. Jakotukkikaapin asennusta voidaan täydentää sokkeliosalla, jolloin kaapin alla olevat putket saadaan myös piiloon. Piiloon asennetussa jakotukkikaapissa tulisi olla vesitiivis pohja ja ylivuotoputki. Ylivuotoputki tulee tuoda sopivaan tarkastuspisteeseen ja ylivuotoputken suositeltu enimmäispituus on 1,5 m. Jakotukkikaappi voidaan myös upottaa seinään, jolloin siinä myös tulee olla vesitiivis pohja ja ylivuotoputki. [6, s. 4]

Jakotukille tulevat lämmityspiirien meno- ja paluuputket joudutaan taivuttamaan pienellä kääntösäteellä jakotukin alla. Jotta putket eivät lommahtaisi olisi hyvä käyttää ohjauskaaria. Ohjauskaarien avulla saadaan putkitus myös pysymään valun aikana paikallaan. [12, s. 459.]

Mikäli jakotukin ja piirien väliset siirtoputket ovat pitkiä ja niitä kulkee paljon samalla alueella, aiheuttavat siirtoputket tahatonta ja hallitsematonta lämmönluovutusta. Tällöin menoputken voi tarvittaessa asentaa suojaputkeen tai eristää. Menoveden siirtoputken ollessa suojaputkessa tai eristetty se ei lämmitä tilaa, jonka läpi se kulkee. Usein asuinkerrostaloissa lämmityskaudella kaikkien tilojen lämmitys tapahtuu yhdenaikaisesti samalle lämpötilatasolle ja tällöin siirtoputken tilaan tuomalla lämmöllä ei ole käytännössä mitään merkitystä. [10, s. 34.]

5 Säästöjärjestelmä

5.1 Säästöjärjestelmän periaatteet

Lattialämmitys varustetaan lämmönlähteen yhteyteen asennettavalla säästöjärjestelmällä. Säästöjärjestelmän tulee olla ulkolämpötilaohjattu menovesisäätö, jossa säätökeskus muuttaa menoveden lämpötilaa tietyssä suhteessa ulkolämpötilan muuttuessa. [4, s. 7.]

Säätökeskus varustetaan menoveden ala- ja ylärajan asetuksella. Alaraja-asetus estää menoveden lämpötilan laskemisen liian alhaiseksi. Menoveden alarajalla pidetään siis huoli siitä, että myös kesällä lämpimäksi tarkoitetut lattiapinnat pysyvät miellyttävän lämpimänä. Yläraja-asetus estää menoveden lämpötilaa nousemasta yli sallitun rajan. Liian kuuma menovesi lattialämmityspiireissä saattaa tuntua epämiellyttävältä ja saattaa aiheuttaa rakenteellisia vaurioita. [4, s. 7.]

Lattialämmityspiirien vesivirrat säädetään jakosäätimiltä. Huonekohtainen lämpötilan säätö toteutetaan asentamalla jakosäätimeen piirikohtainen toimilaitteella varustettu säätöventtiili, joka ko. huonetilan huonetermostaatin tai -anturin ohjaamana pitää huonelämpötilan haluttuna. [4, s. 7.]

Usein on myös tiloja, jossa halutaan lattian olevan myös lämmin kesäisin. Näissä tiloissa lattialämmitys toimii mukavuuslattialämmityksenä kesäisin ja talvisin varsinaisena lattialämmityksenä. Tällöin kesäajalla muiden tilojen lattialämmityspiirit suljetaan, joko kesäsululla, mikäli mukavuuslattialämmitys on tehty omana verkostonaan, tai jakotukkien piirikohtaisilla sulkuventtiileillä. [4, s. 7.]

Mukavuuslattialämmitys olisi hyvä tehdä omana verkostonaan, mutta mukavuuslattialämmityspiirit voidaan myös liittää varsinaiseen lattialämmitysverkostoon. Jos lattialämmityspiireillä ja mukavuuslattialämmityspiireillä on yhteinen pumppu, on pumpun vesivirtaa voitava pienentää kesäaikana esimerkiksi käyttämällä pienempää pumppua rinnalle asennettua tai pumpun kierroslukua pienentämällä. [4, s. 7.]

5.2 Uudet energiatehokkuuden vaatimukset ja niiden vaikutus lattialämmitysjärjestelmien ohjaukseen

Ympäristöministeriö on asettanut uuden asetuksen rakennusten energiatehokkuudesta, joka astui voimaan 01.01.2021. Asetuksessa säädetään rakennuksen automaatiota, ohjausjärjestelmää ja itsesäätyviälaitteita sekä paikallista sähkön- tuotantojärjestelmää koskevista energiatehokkuuden vaatimuksista. Asetusta sovelletaan uuden rakennuksen rakentamiseen, rakennuksen korjaus- ja muutostyöhön sekä rakennuksen käyttötarkoituksen muutokseen, kun rakennuksessa käytetään energiaa sisäilman ylläpitämiseen. [16.]

Ote asetuksen 718/2020 kohdasta 3§ Itsesäätyvät laitteet:

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että uusiin rakennuksiin asennetaan itsesäätyvät laitteet. Itsesäätyvät laitteet on asennettava siten, että ne säättävät erikseen lämpötilaa kussakin huoneessa. Jos alueen tilojen sisäympäristöä koskevat vaatimukset vastaavat toisiaan tai jos alueen huoneita ei ole rakenteellisesti erotettu toisistaan, itsesäätyvät laitteet saadaan asentaa siten, että ne säättävät lämpötilaa rakennuksen osan määrättyllä lämmitetyllä tai jäähdytetyllä alueella.

Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki ulkolämpötila kompensoinnilla toimivat järjestelmät ja jatkuvan virtaaman järjestelmät on kielletty. [17]

Tämä asetus vaikuttaa lähinnä mukavuuslattialämmitykseen. Mukavuuslattialämmitys on yleensä toteutettu käsisäätöpyörällä, joka ei ole itsesäätyvä laite.

Ulkolämpötila kompensointiin perustuva järjestelmä on kielletty sen takia, koska asetuksessa sanotaan, että laitteiden on erikseen säädettävä lämpötilaa kussakin huoneessa. Jos käytettäisiin ulkolämpötila kompensointiin perustuvaa ohjaustapaa jokaista mukavuuslämmitettävää tilaa, ohjataan silloin yhden parametrin, ulkolämpötilan, perusteella. Tällöin lämmitettävän tilan lämpötilaa ei säädetä erikseen, vaan kaikkien mukavuuslämmitteisten tilojen lämpötilasäätö on yhden ja saman automaatiojärjestelmän takana.

Varteenotettava toteutustapa olisi asentaa märkätilojen lattiaan lattia-anturi ja märkätilan ilmanlämpötilaa mittaava huonetermostaatti. Lattia-anturilla ylläpidetään minimilämpötilaa lattiassa ja huonetermostaatti estää yllälämmönsyntymisen. Halvempi toteutustapa olisi myös asentaa vain märkätilan lattiaan lattia-anturi, joka ohjaa märkätilan lattialämmityspiirin toimilaitetta. [17]

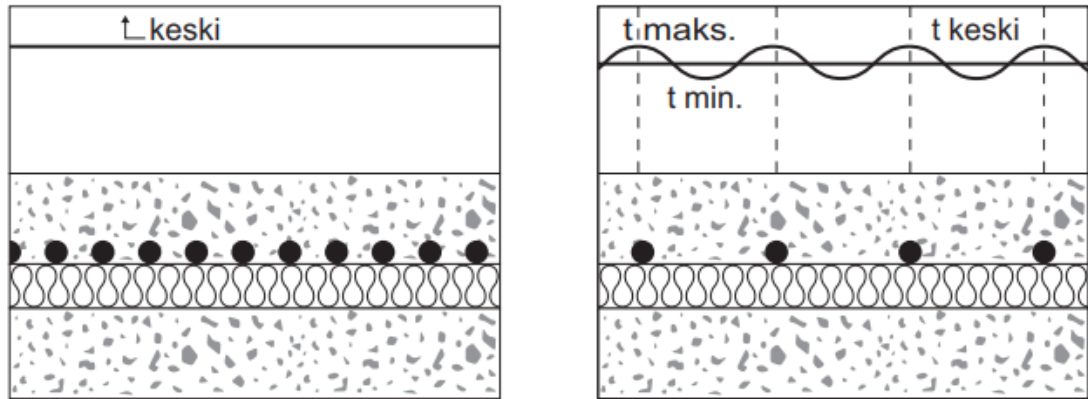
Kesäaikana itsesäätyvillä laitteilla piirien virtaama saattaa kokonaan loppua. Tämä saattaa tuottaa ongelmia sellaisten lämmönlähteiden kanssa, jotka vaativat paluuvirtaama. Tällöin ongelma voidaan ratkaista aiemmin mainitulla paineohjatulla ohitusventtiilillä. [17]

6 Tekniset ominaisuudet

6.1 Lämmitysteho

Lattialämmityspiirin luovuttama teho riippuu suoraan menoveden lämpötilasta, putken asennusvälistä, pintamateriaalista, sallitusta painehäviöstä, jäähtymästä ja veden virtausmäärästä. Lämmönluvutuksen suuntaan taas vaikuttaa lattiarakenteen eristys. [6, s. 4.]

Lattialämmityksen lämmitysteho määräytyy lattian pintalämpötilan mukaan. Pintalämpötila ei ole tasainen, vaan se on korkeimmillaan putken kohdalla ja alhaisimmillaan putkien välissä (kuva 24). Keskimääräistä pintalämpötilaa voidaan nostaa tihentämällä putkijakoa tai nostamalla veden keskilämpötilaa. Viihtyvyyden kannalta suurin sallittu pintalämpötila rajoittaa samalla suurimman lämmitystehon. Viihtyisyysyistä lattian pintalämpötila ei saisi ylittää 29 °C:ta. Erityisen vaikeaa lattialämmityksessä on keskimääräisen pintalämpötilan ja veden lämpötilojen välisen yhteyden määrittäminen. [2, s. 121.]

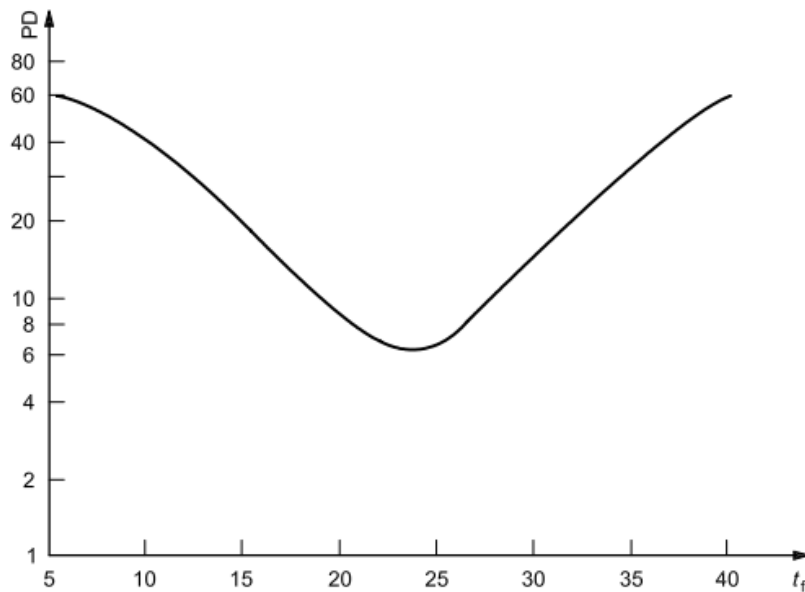


Kuva 24. Vasemmalla oleva kuva esittää putkien sijoittelua, joka antaa korkean tehonluovutuksen W/m^2 . Oikealla puolella oleva kuva esittää harvemmin sijoitettua putkistoa, joka antaa pienemmän tehonluovutuksen W/m^2 . [6, s. 3.]

Toisaalta standardissa SFS-EN 1264-2 todetaan, että oleskeluvyöhykkeellä suurin sallittu pintalämpötila on edellä mainittu $29\text{ }^{\circ}\text{C}$, mutta reuna-alueella voin lattian pintalämpötila olla maksimissaan $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ [18, s. 6].

Silti usein enimmäislämpötilana käytetään $27\text{ }^{\circ}\text{C}$:ta, koska monet laminaatti- ja parkettilattiat eivät siedä korkeampia lämpötiloja. Mikäli halutaan käyttää yli $27\text{ }^{\circ}\text{C}$:n lattian pintalämpötilaa, tulee selvittää lattiarakenteen kyky kestää korkeita lämpötiloja. [10, s. 12.]

Kuten kuvassa 25 olevasta kuvaajasta nähdään, että miellyttävin lattian pintalämpötila on noin $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, jolloin noin 6 % ihmisistä kokee lattian pintalämpötilan epämiellyttäväksi. Pintalämpötilan ollessa $20\text{--}27\text{ }^{\circ}\text{C}$ saavutetaan hyvä taso ja enintään 10 % ihmisistä on tyytymättömiä.



Kuva 25. Kuvaaja tyytymättömien ihmisten prosenttiosuudesta suhteessa lattia-
lämmityksen pintalämpötilaan. Vaaka-akselilla on lattian pintalämpötila ja pysty-
akselilla tyytymättömien ihmisten prosenttiosuus. [19, s. 8.]

Lattian pintalämpötilan ja huoneilman erotuksen kautta voidaan laskea lattiasta
huoneilmaan siirtyvä lämpöteho. Lattialämmitystehon laskennassa voidaan
käyttää alla olevaa kaavaa.

$$\phi = 8,92 * (t_l - t_s)^{1,1}$$

(1)

Kaava 1. Lattialämmityksen teho eri lämpötiloilla [18, s. 23]

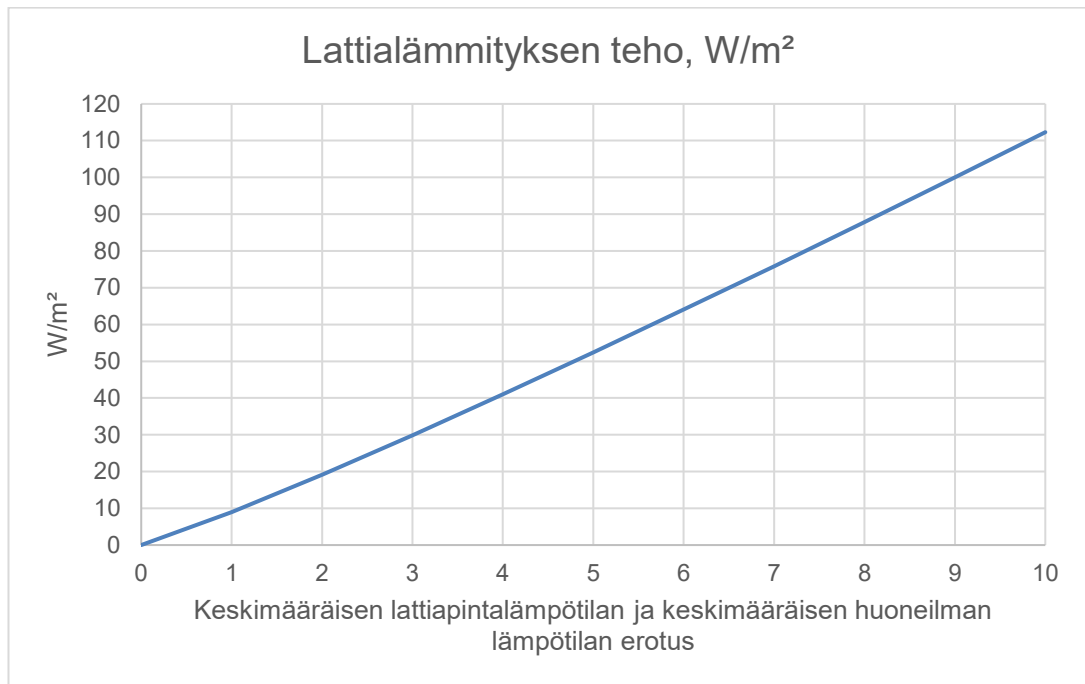
, jossa

ϕ on lattialämmitysteho, W/m²

t_l on lattialämmitettävän alueen keskimääräinen pintalämpötila, °C

t_s on huoneilman keskimääräinen lämpötila, °C

Kuvassa 26 on esitetty huoneilman ja lattian pintalämpötilan eron suhde lattialämmitystehoon.



Kuva 26. Huoneilman ja lattian pintalämpötilan eron suhde lattialämmitystehoon.

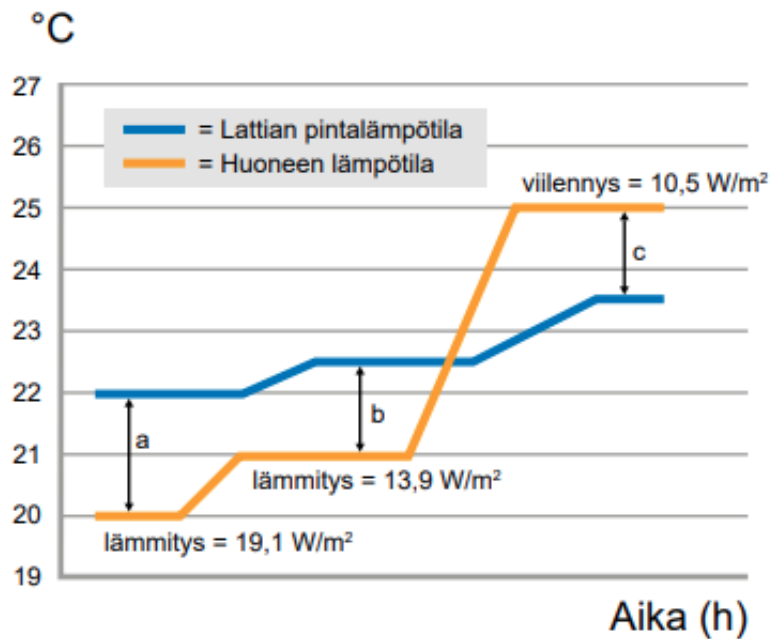
Aiemmin todettiin, että mukavaksi koettu pintalämpötila oli 20–27 °C. Huoneen sisälämpötilan ollessa 21 °C on mukavaksi koettu maksimi lattialämmityksen teho silloin noin 76 W/m².

6.2 Itsesäätyvyys ja terminen massa

Pienestä huoneilman ja lattian pintalämpötilan välisestä erosta johtuen lattialämmitys on osittain itsesäätyvä. Huoneen lämpötilanmuutos vaikuttaa enemmän suhteelliseen lämmitystehoon kuin patterilämmityksessä. Huonelämpötilan noustessa lämpöteho pienenee ja laskiessaan suurenee. [2, s. 122.]

Itsesäätyvä vaikutus perustuu lattian lämpökapasiteettiin, koska lattia sitoo ja vapauttaa energiaa lämpötilaerojen mukaan. Lämpötilaeron kasvaessa kasvaa myös lämmitysteho. Kun lattiarakenteeseen on varattu lämpöä, pysyy

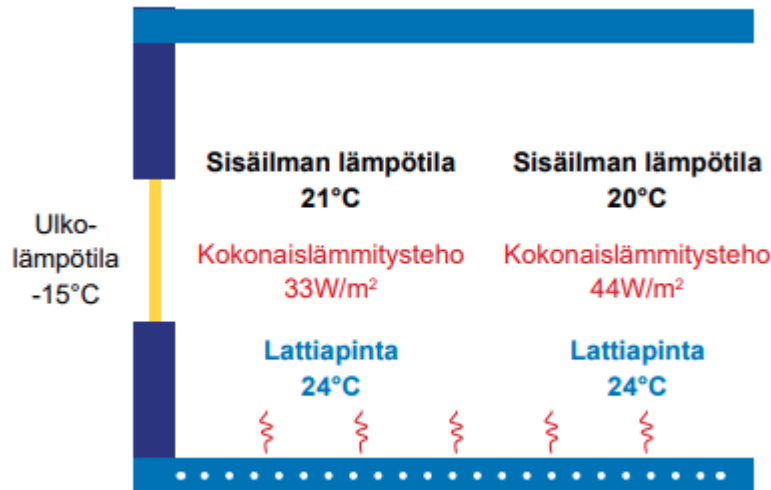
huoneiston lämpötila suhteellisen tasaisena nopeista ulkolämpötilamuutoksista huolimatta. [10, s. 16.] Kuvassa 27 on esitetty itsesäätyvyyden vaikutus lattianpintalämpötilan ja huoneen lämpötilan vaihdellessa.



Kuva 27. Itsesäätyvyyden vaikutus, kun lattian pintalämpötilan ja huoneen lämpötilan erotus on joko positiivinen tai negatiivinen [10, s. 17].

Mitä massiivisempi lattiarakenne on, sitä paremmin rakenne pystyy reagoimaan ulkolämpötilan muutoksiin ja tasaamaan lämpökuormien huippuja [10, s. 16].

Kuvassa 28 on esimerkki termisen massan vaikutuksesta lämmitystehtoon, kun sisäilman lämpötila muuttuu.



Kuva 28. Havainnekuva termisestä massasta ja itsesäätyvyydestä [10, s. 17].

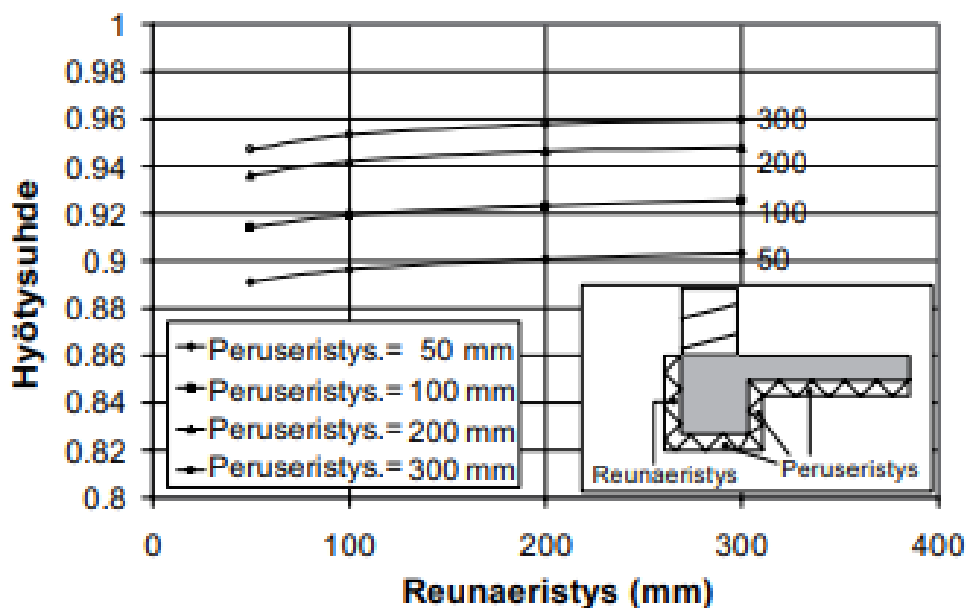
7 Lattiatyyppien vaikutus lämmönluovutukseen ja suuntaan

Lattian pintamateriaali vaikuttaa lattian lämmönluovutukseen. Mitä paremmin eristävää lattiapinnoitetta käytetään, sitä tiheämmin putket on asennettava saman lämmitystehon aikaansaamiseksi. Lattian on tällöin kokonaisuudessaan kestävä korkeampi lämpötila.

7.1 Erilaiset materiaalit ja eristys

Lattialämmityksessä betonilaatan lämpötila on korkea verrattuna esimerkiksi pattereihin. Korkeampi lämpötila aiheuttaa suuremman lämpöhäviön lattiasta alaspäin, joka on kompensoitava lisäeristyksellä. Lisäeristys on erityisen tärkeää alapohjalaatassa. [6, s. 8.] Kuvassa 29 on esitetty hyötysuhde

peruseristysten funktiona erilaisilla reunaeristyspaksuuksilla.



Kuva 29. Hyötysuhde peruseristysten funktiona erilaisilla reunaeristyspaksuuksilla [6, s. 8].

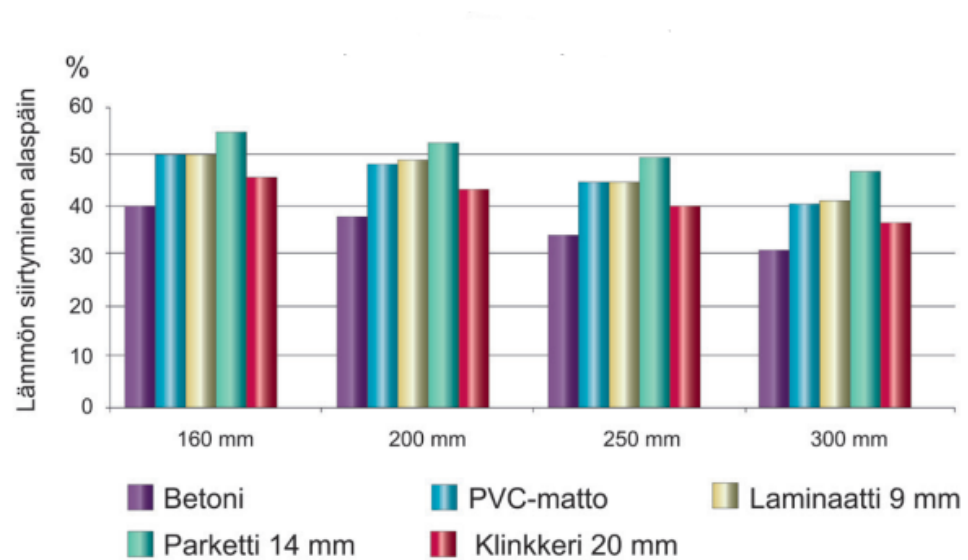
Kun lattialämmitys asennetaan betoniseen välipohjaan suurin syy välipohjan eristykselle se, että alla olevaan kerrokseen ei muodostuisi ”kattolämmitystä” [6, s. 8].

Pienin suositeltu eristepaksuus välipohjarakenteessa on 50 mm kerrostaloissa, joissa voidaan olettaa ylä- ja alakerran asuntojen lämpötilatarve samaksi. Rakennusteknisistä syistä näin paksu eristekerros ei ole yleensä mahdollista. [6, s. 8.]

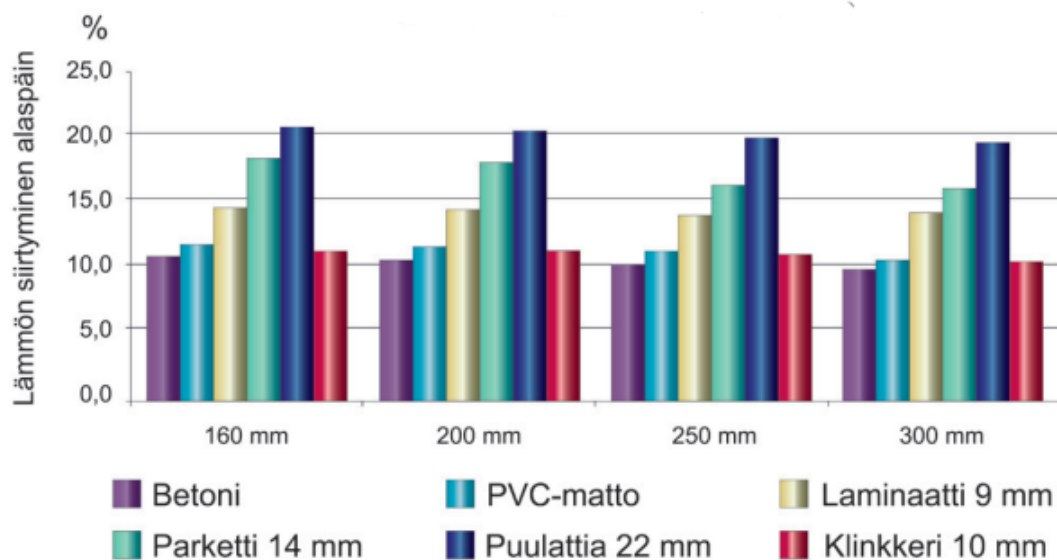
Lattialämmitystä ajatellen eristeen tulisi silti olla vähintään 30 mm paksu ja lattiavalun paksuuden tulisi myös olla vähintään 30 mm ja enintään 60 mm. Rakennuskustannusten kannalta 30 mm:n eriste ja 30 mm:n pintalaatta on paras yhdistelmä. [10, s. 19.]

Tulevissa kuvaajissa esitetään (kuvat 30, 31 ja 32), kuinka suuri osuus lämmöstä suuntautuu alaspäin erilaisilla välipohjan paksuuksilla ja erilaisilla

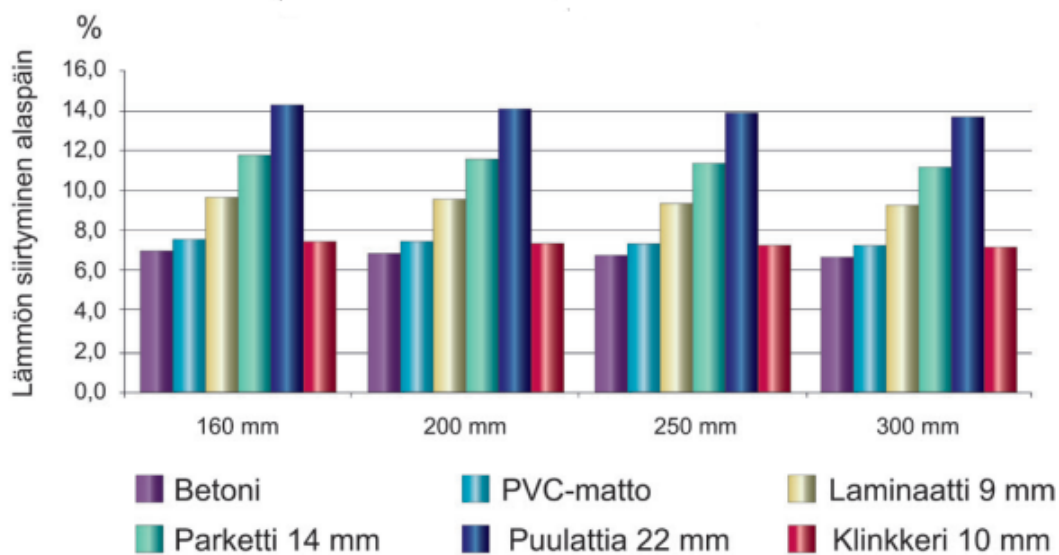
lattiatyypeillä. Laskelmat on tehty olettamuksella, että välipohjan ylä- ja alapuolella on sama lämpötilatarve.



Kuva 30. Lattialämmityksen lämmön siirtyminen alaspäin välipohjassa ilman eristettä [6, s. 9].



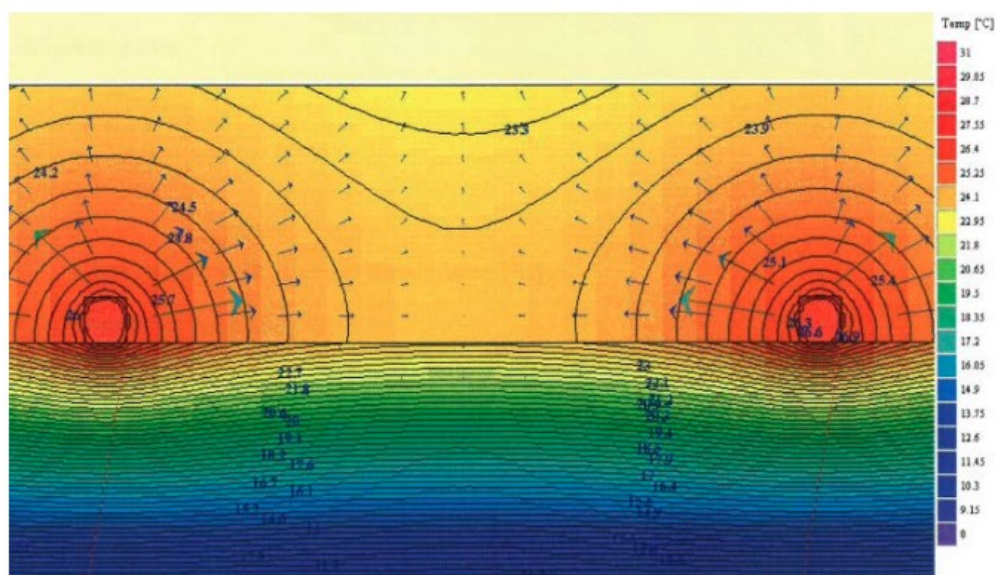
Kuva 31. Lattialämmityksen lämmön siirtyminen alaspäin välipohjassa, jossa on 30 mm:n eristys [6, s.9].



Kuva 32. Lattialämmityksen lämmön siirtyminen alaspäin välipohjassa, jossa on 50 mm:n eristys [6, s. 9].

Paksu puulattia aiheuttaa suuremman lämmön siirtymisen alas kuin muut materiaalit. Tämä johtuu siitä, että puulattian lämpövastus on suurempi kuin muiden materiaalien. Kuvaajista myös huomaa, että betonivälipohjan paksuudella on vähän vaikutusta lämmönsiirtoon, koska betoni johtaa lämpöä hyvin. [6, s. 9.]

Kuvaajista voidaan päätellä, että ilman eristystä alaspäin suuntautuva lämmönosuus betonisessa välipohjassa on melko suuri noin 35 %. Pelkästään 30 mm:n eristyksellä alaspäin suuntautuvan lämmön osuus on enää noin 10 % betonisessa välipohjassa. Eristyspaksuuden ollessa 50 mm alaspäin suuntautuvan lämmön osuus on hyvin vähäinen, noin 7 % betonisessa välipohjassa. Kuvasa 33 näkyy, kuinka tehokkaasti eriste vaikuttaa lattialämmityksessä lämmönluovutussuuntaan.



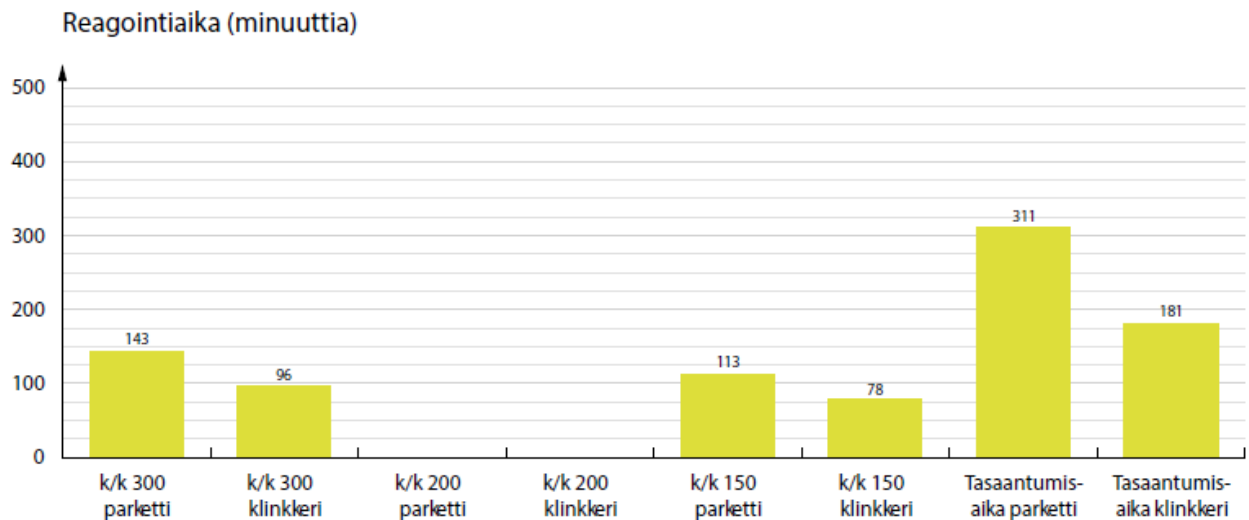
Kuva 33. Havainnekuva lattialämmityksen jakautumisesta lattiarakenteesta. Kuvasa on leikkaus, jossa lattialämmityspotket ovat asennettu lämpöeristeen yläpintaan betonirakenteeseen. [20, s. 7.]

On hyvä myös huomioida, että eristepaksuuden kasvaessa 30 millimetristä 50 millimetriin ei lämmönsiirtymisessä alaspäin ole enää kovinkaan suurta eroa [6, s. 9].

7.2 Erilaisten lattiarakenteiden vaikutus lattialämmityksen tehoon

Tärkein ero lattiamateriaalien välillä ja niiden soveltuvuudessa käytettäväksi lattialämmitysjärjestelmän kanssa on materiaalin lämmönjohtavuus. Lattia reagoi nopeammin ja antaa enemmän lämpötehoa materiaalilla, jolla hyvä lämmönjohtavuus. [21]

Kuvassa 34 selvitetään, miten parketti tai klinkkerilattia reagoi muutokseen. Lattialämmityksen reagointi ja tasaamis aika on määritetty siten, että lattiarakenne on kauttaaltaan 21 °C samoin kuin huoneilma lattiarakenteen ylä- ja alapuolella. Tämän jälkeen kiertoveden lämpötila on nostettu arvoon 27,5 °C. [22]

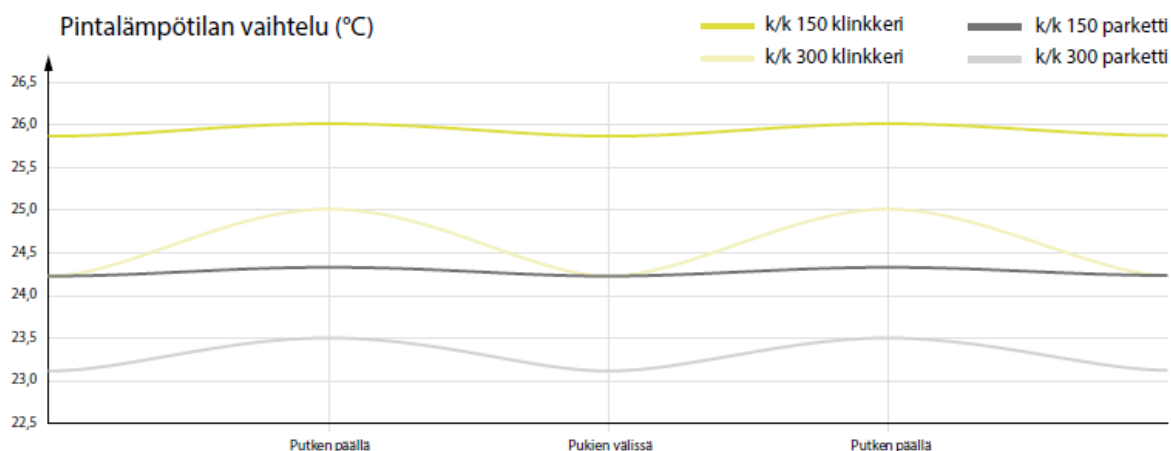


Kuva 34. Lattialämmityksen reagointi- ja tasaantumisaika pintamateriaalin ollessa parketti tai klinkkeri eri putkien asennusväleillä [22]

Lattiarakenteen sisältämä termisen massan vuoksi kuluu jonkin verran aikaa ennen kuin lämpötilan muutos vakiintuu lattian pintalämpötilassa. Reagointiaika on se aika, kun lattian tehonluovutus on saavuttanut 63 % kokonaismuutoksesta uuteen tasaantuneeseen tilaan verrattuna. Tasaantumisaika on sama toisin päin. [22]

Klinkkerilattia reagoi nopeammin muutokseen ja siinä on pienempi tasaantumisaika, koska klinkkerin lämmönjohtavuus on suurempi, kuin parketin

lämmönjohtavuus. [22] Kuvissa 35 ja 36 näkyy klinkkeri- ja parkettilattian erilaisia teknisiä ominaisuuksia lattialämmityksessä.



Kuva 35. Pintalämpötilan vaihtelu pintamateriaalin ollessa klinkkeri tai parketti eri putkien asennusväleillä [22].

Suunnitteluarvot

		k/k 300 mm		k/k 150 mm	
		parketti	klinkkeri	parketti	klinkkeri
Lämmitys	Huonelämpötila, °C	21	21	21	21
	Keskimääräinen kiertoveden lämpötila, °C	32,5	32,5	32,5	32,5
	Lattialämmitysteho, W/m ²	24,0	38,2	35,3	52,9
	Lattian pintalämpötila putken päällä, °C	23,5	25,0	24,3	26,0

Kuva 36. Lattian lämmitystehon ja pintalämpötilan muutokset taulukoituna, kun pintamateriaalina on klinkkeri tai parketti ja putkien asennusvälit ovat 300 mm tai 150 mm [22].

Kaikki pintamateriaalit eristävät vähemmän tai enemmän. Vähiten eristäviä pintamateriaaleja ovat keraamiset laatat ja täysliimatut muovimatot. Eniten eristäviä materiaaleja ovat esimerkiksi puulattia, laminaattilattia ja kokolattiamatto. [6, s. 3.]

7.2.1 Pintamateriaalina laatta ja kivi

Paras lattianpäällyste lattialämmityksen yhteydessä on laatta ja kivi. Näiden materiaalien lämmönjohtavuus suuri, joten lattialämmitysjärjestelmä siirtää lämmön lattianpinnalle nopeasti. Laatat ja kivet varaavat lämpöä myös hyvin, jolloin lattialämmityksen itsesäätyvyys on tehokasta. Laatan ja kiven paksuus vaikuttaa vähän lämpötehoon, mutta se lisää hieman lämmitysaikaa. On siis suositeltavaa käyttää maksimissaan 20 mm paksuja laattoja, kun halutaan hyvin toimiva järjestelmä. [21]

7.2.2 Pintamateriaalina laminaatti ja parketti

Parketti on paras puupintamateriaali lattialämmitysjärjestelmiin, koska se reagoi hyvin lattian lämpötilan muutoksiin ja mukautuu muuttuvaan kosteuspitoisuuteen. Mitä tiheämmät ja ohuemat lattialaudat ovat, sitä paremmin ne johtavat lämpöä. Yleensä parkettilattian pinnan lämpötila ei saa olla yli 27 °C. [21]

Laminaattia käytettäessä on varmistuttava siitä, ettei kokonaislämmönvastus kasva liian suureksi. Suositeltu raja-arvo on enintään 0,15 K m²/W. Myös laminaattilattian pinnan lämpötila ei saa olla yli 27 °C. On myös tärkeää, että lattialämmityksen alle on asennettu eriste, joka eristää paremmin kuin laminaatti. Tällä tavoin lämpö heijastuu pois eristävästä kerroksesta ja heijastuu lattiaan. [23]

8 Mitoitus ja säätö

Laitevalmistajien lattialämmitysjärjestelmien suunnittelu- ja asennusohjeet poikkeavat toisistaan. Ohjekortissa LVI 13-10261 on mitoitusohjeet yleismitoitukseen, mutta mitoitus- ja asennusohjeet tarkistetaan ja tarvittaessa muutetaan valitun lattialämmitysjärjestelmän ohjeiden mukaan.

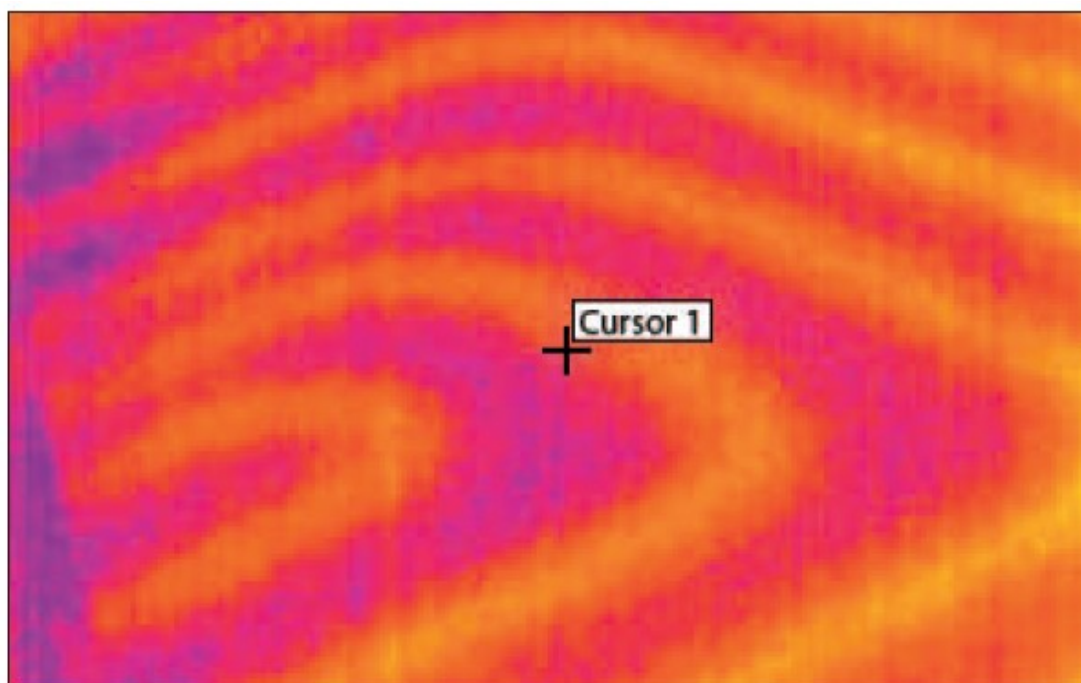
Lattialämmitysjärjestelmän suunnittelussa LVI-suunnittelija laskee tilakohtaisen lämmitystehontarpeen ja suunnittelee järjestelmän runkoputket.

Lämmitystehontarpeiden perusteella lattialämmityssuunnittelija laatii putkitussuunnitelman ja mitoittaa lattialämmityspiirit. Tämän jälkeen LVI-suunnittelija määrittää linjasäätöventtiilien esisäätöarvot. [10, s. 33.]

Lattialämmitysjärjestelmää mitoittaessa on otettava huomioon useita eri mitoitusparametreja. Mitoitusparametreihin lukeutuvat lattialämmityspiirin jäähtymä, painehäviö, menoveden lämpötila lattialämmitysputkien asennussyvyys ja lattia-materiaali.

8.1 Lattialämmityspiirin jäähtymä

Lattialämmitysjärjestelmän jäähtymä mitoitetaan asuintiloissa yleensä arvoon 5–7 °C. Näin pieni jäähtymä verrattuna vaikkapa lämpöpatteriverkostoon johtuu siitä, että lattianpintalämpötila olisi mahdollisimman tasainen koko lattiapinnalla. Suurempi jäähtymä voidaan sallia tiloissa, jossa lattian pintalämpötilalle ei aseteta mukavuusvaatimuksia. [6, s. 11.] Kuvassa 37 on lämpökamerakuva, jossa esitetään, miten lattialämmityksen lämpö on jakautunut lattialle.



Kuva 37. Lämpökamerakuva lattiasta, johon on asennettu vesikiertoinen lattialämmitys [24, s. 3].

Yleisin asuinrakentamisessa on käytetty menoveden lämpötilaa 35 °C viiden celsiusasteen jäähtymällä [10, s. 33].

8.2 Painehäviö

Lattialämmitysjärjestelmän pienen jäähtymän takia virtaus on suurempi kuin esimerkiksi lämpöpatterijärjestelmässä. Suurempi lattialämmitysvirtaus aiheuttaa myös suuremman painehäviön lattialämmityspiireissä. [6, s. 11.]

Lattialämmitysjärjestelmän runkolinjat tasapainotetaan jakotukkikohtaisilla linjasäätöventtiileillä. Erillisiä putkipiirin esisäätöarvoja ei tarvitse laskea, vaan huonesäätöjärjestelmä hoitaa asuntokohtaisen tasapainotuksen automaattisesti. [10, s. 34.]

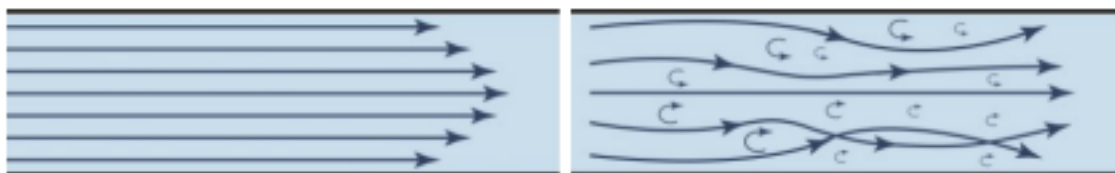
Jakotukille voidaan varata alustavissa virtaamamitoituksissa 25 kPa. Tätä painehäviötä käyttäen voidaan valita linjasäätöventtiili. Todellisuudessa automaattista tasapainotusta käytettäessä jokaisen jakotukin painehäviön määrää pisin piiri ja usein jakotukin kokonaispainehäviö on pienempi kuin 25 kPa. [10, s. 34]

Yhden lattialämmityspiirin suositeltu painehäviö on 15–20 kPa. Lattialämmityspiirejä suunniteltaessa pyritään suunnittelemaan piirit niin, että huonetilojen lattialämmityspiirien painehäviöt olisivat mahdollisimman lähellä toisiaan. [4, s. 4]

Vesikiertoisessa lattialämmityksessä jokaisen putkipiirin virtaaman tulisi olla turbulenttinen. Mikäli virtaama on laminaarinen, se ei siirrä lämpöä tehokkaasti. [25]

8.3 Virtausnopeus ja virtauksen ominaisuudet

Putkivirtaus voi olla turbulenttista tai laminaarista (kuva 38). Turbulenttisessa virtauksessa neste virtaa sekoittuneena ja laminaarisessa virtauksessa neste virtaa kerroksittain. [26]



Kuva 38. Vasemmalla laminaarisen eli kerroksittaisen virtauksen ja oikealla turbulenttisen eli pyörtelevän virtauksen virtauskenttä putkessa [27, s. 59].

Turbulenttinen virtaama mahdollistaa lämmönsiirtymisen lattialämmityksen putkipiireissä tehokkaasti. Turbulenttisessa virtaamassa virtauskentän vektorit sekoittuvat toisiinsa, jolloin lämpö siirtyy huomattavasti tehokkaammin. Virtauskentässä olevat pyörteet mahdollistavat kahden lähekkäisen virtaussäikeen lämpötilojen ison eron ja sitä kautta tehokkaan lämmönsiirtymisen näiden säikeiden välillä. Tällöin suurempi osuus massavirrasta pystyy luovuttamaan lämpöä putken sisäpintaan ja lämmönluovutus tehostuu. [27, s. 60.]

Laminaarisessa virtaamassa virtauskentän suunnan osoittavat vektorit eivät sekoitu toisiinsa. Tällöin voidaan ajatella, että neste virtaa kerroksittain toistensa ohitse. Mikäli tällaisella virtauksella pyritään luovuttamaan lämpöä putken sisäpintaan, joutuu lämpö siirtymään näiden kerroksittaisten pintojen välillä johtuen. Koska vesivirtauksen kerrokset eivät sekoitu keskenään, muodostuu kerroksien poikki tasaisesti muuttuva lämpötilaprofiili, jossa lämpöerot vierekkäisten kerroksien välillä ovat pieniä. Seurauksen lämpö johtuu tehokkaasti vain putken sisäpinnan läheisyydestä olevasta ohuesta vesikerroksesta putken sisäpintaan. Tällöin tehokkaasti lämpöä kuljettava massavirran osuus jää pieneksi ja massavirran lämmönluovutuspotentialiaali ei pystytä hyödyntämään. [27, s. 60.]

Turbulenttisen ja laminaarisen virtaaman voi erottaa toisistaan Reynoldsin luvulla.

Reynoldsin luku lasketaan yhtälöstä

$$Re = \frac{v * d}{\nu}$$

(2)

Kaava 2, [26]

, jossa

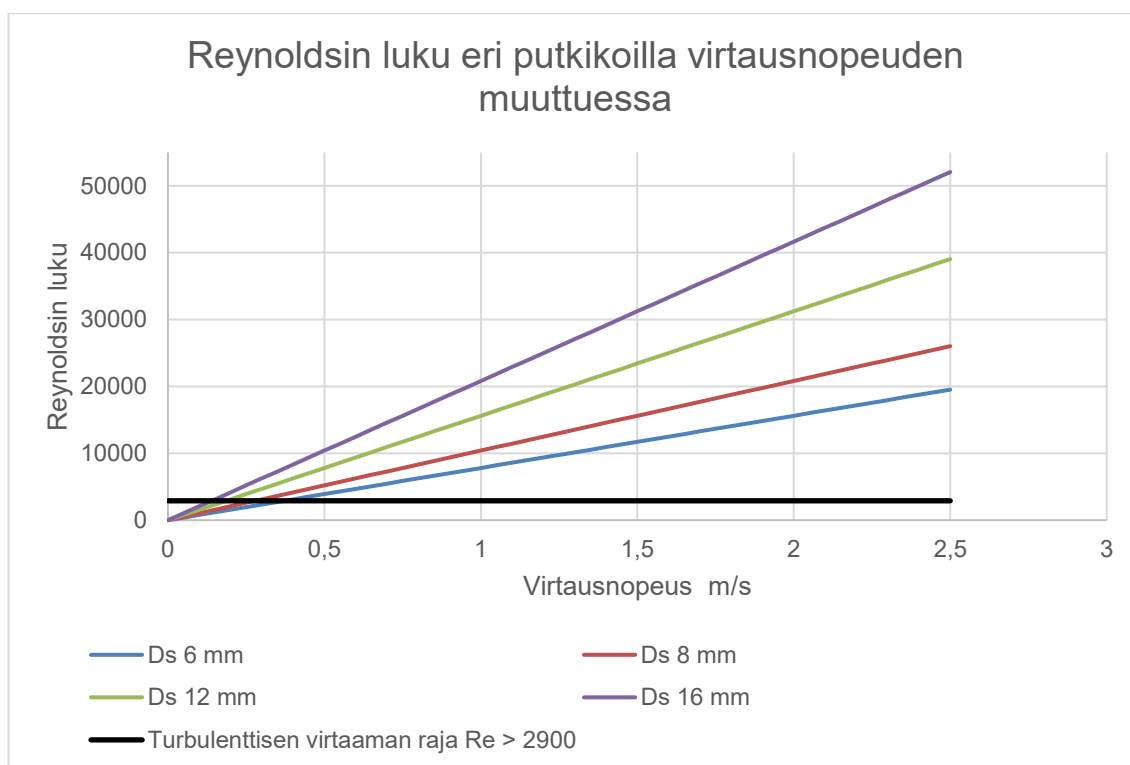
v on virtausnopeus, m/s

d on putken halkaisija, m

ν on kinemaattinen viskositeetti, m²/s

Virtaus on laminaarista, kun Reynoldsin luku on pienempi kuin 2300. Virtaus on silloin turbulenttista, kun Reynoldsin luku on suurempi kuin 2900. [27, s. 60.]

Virtauksen muuttuminen laminaarisesta turbulenttiseksi tapahtuu virtausnopeuden kasvaessa, kun putkikoko oletetaan vakioksi. Muutos tapahtuu nopeasti mutta välissä on muutosalue. Muutosalueella laminaarinen virtaus saattaa herkästi muuttua turbulenttiseksi jonkun häiriötekijän ansiosta, vaikka virtausnopeus ei kasvaisikaan. [26] Kuvassa 39 on esitetty virtaama muuttuminen laminaarisesta turbulenttiseksi, kun putkikoko pysyy samana mutta virtausnopeus kasvaa.



Kuva 39. Reynoldsin luku putkikokojen ja virtausnopeuden muuttuessa.

Koska lattialämmitysjärjestelmä toimii parhaiten turbulenttisella virtaamalla, on putket mitoitettava oikean kokoisiksi. Erään valmistajan mukaan suositeltava virtausnopeus lattialämmityspiireissä on 2,5 m/s ja pienin 0,1 m/s. [11, s. 15]

Toisaalta LVI-kortissa 13–10261 on kiertoveden suositusnopeudeksi muoviputkessa määritetty 0,3 m/s ja enimmäisnopeudeksi 1 m/s [4, s. 4].

Suuri lattialämmityspiirin putken halkaisija tarkoittaa suurempaa virtaamaa ja pidempää lattialämmityspiiriä turbulentsisuuden aikaansaamiseksi [25].

8.4 Menoveden lämpötila

LVI-suunnittelija määrittää suunnittelussa käytettävän lattialämmityksen kiertoveden meno- ja paluulämpötilan välisen eron sekä enimmäislämpötilan menovedelle [10, s. 33].

Menoveden lämpötila riippuu putkien asennusvälistä, lämmöntarpeesta ja lattian pintalämpötilasta [6, s. 11].

9 Huomioita lattialämmityksen suunnitteluun asuinkerrostaloihin

Hyvin toimivan lattialämmitysjärjestelmän toteuttamisessa kerrostaloihin on erilaisia haasteita. Lämmöntarve voi muuttua erilaisissa asunnoissa ja lämmitysverkoston käyttöpaine ja virtaama on vaihtelevaa. Lisäksi asukkaat haluavat juuri sopivan lämpötilan asuntoonsa, mikä vaatii järjestelmältä joustavuutta. Lattioiden pintamateriaali vaihtelevuus eri asunnoissa on myös otettava huomioon. [28, s. 1]

9.1 Lämmitystehontarve eri asunnoissa

Lämmitystehontarve tulee laskea tilakohtaisesti, jotta kaikki lattialämmityspiirit voidaan suunnitella todellisten tehontarpeiden mukaan. Mikäli tilojen lämmitystehontarve ylittää lattialämmityksen enimmäistehon tulee varautua lisälämmitykseen tai parantaa rakenteiden lämmöneristävyyttä. [10, s. 33.]

Lattialämmitystehoa voidaan kasvattaa tihentämällä putkijakoa, kasvattamalla piirikohtaista virtaamaa, muuttamalla menoveden lämpötilaa tai muuttamalla meno- paluuveden lämpötilaeroa. [10, s. 33.]

On myös hyvä huomioida, mikäli lattian pintamateriaalina on laminaatti tai parketti ja menoveden lämpötila on yleisesti käytetty 35 °C ja jäähtymä on 5 °C, ei lattialämmitys riitä tuomaan tiloihin tehoa yli 50 W/m². Tällöin menoveden lämpötila nostoon tulee varautua, jos rakennuksessa on huoneita, joiden neliökohmainen lämmitystehontarve on tätä korkeampi. Pintamateriaalin ollessa laattaa maksimitehoa rajoittaa käytännössä vain lämpimän lattian käyttömukavuus. [10, s. 33.]

Lattialämmitystä suunniteltaessa on myös hyvä huomioida kosteiden tilojen lämmitystehontarve, joka jää usein liian pieneksi etenkin rakennuksen sisävyöhykkeellä. Jos lattialämmityspiiri suunnitellaan todellisten lämpöhäviöiden perusteella, on lattia vain hieman huoneilmaa lämpimämpi. Yleensä kosteissa tiloissa käytetään hyvin lämpöä johtavaa laattalattiaa. Laattalattia voi tällöin tuntua viileältä paljaan jalan alla. Tämän takia mukavuuslattialämmitystä ei ole aina järkevää mitoittaa todellisen lämmitystehontarpeen mukaan vaan lattialämpötilan perusteella. Käytäntö on osoittanut toimivaksi mitoittaa kylpyhuoneen lattia 2 °C lämpimämmäksi kuin huoneilma eli 24 °C:seen. Kahden celsiusasteen lämpötilaero lattiapinnan ja huoneilman välillä tarkoittaa 22 W/m² mitoitusastetta. [10, s. 33.]

Lattialämmityksen teoreettinen maksimiteho olisi myös hyvä huomioida jo arkkitehti- ja rakennesuunnittelussa. Tällöin voidaan reagoida ja vaikuttaa rakennusratkaisuihin ja välttyä ongelmilta rakennusvaiheessa.

Kerrostalot ovat lattialämmitysteknisesti haastavia kohteita. Kerrostaloissa ylimmän kerroksen ja muiden kerroksien lämpötehtäjänsä voi olla suuria eroja. Warmia esittää ratkaisuvaihtoehtoja sen, että ylimmälle kerrokselle tehdään oma säätöpiiri, jolloin sinne voidaan ajaa lämpimämpää vettä. Toinen vaihtoehto on toteuttaa ylin kerros suuremmalla lattialämmityspiirin putkella ja tiheämällä putkivälillä. [25]

9.2 Eri lämpötilat kerrostalorakennuksen eri tiloissa

Kerrostalon asukkailla voi olla erilaiset mieltymykset oleskelu lämpötilaan tai asukkaiden erilaisten lämpöaistimusten takia eri huoneistoissa tai jopa huoneissa voi olla eri lämpötila.

Lattialämmitysjärjestelmälle on ominaista se, että olosuhteet muuttuvat toimilaitteiden avautuessa ja sulkeutuessa sen mukaan tarvitaanko lämmitystä vai ei. Tästä seuraa jatkuvasti virtauksen ja paine-eron muutoksia. [29]

Automaattilijasäätöventtiilien avulla pystytään verkoston tasapaino ylläpitämään kaikissa olosuhteissa, jolloin yksittäisissä asunnoissa tapahtuvat säädöt eivät muuta verkoston tasapainoa. [28, s. 1.] Kuvassa 40 näkyy automaattinen linjasäätöventtiili asennettuna meno- ja paluuputkeen.



Kuva 40. Automaattinen linjasäätöventtiili [29].

Automaattiset linjasäätöventtiilit optimoivat järjestelmää kaikissa mahdollisissa kuormitusolosuhteissa säätämällä paine-eroa. Kun automaattisiin linjasäätöventtiileihin yhdistetään esisäädettävät venttiilit, saadaan oikeanlainen virtaus lattialämmityskierto. Hyvin tasapainotetulla järjestelmällä syntyy energiasäästöjä ja meluhaitat vähenevät. [29]

Jos rakennukseen suunnitellaan samaan verkostoon lattialämmitys ja -viilennys, on tärkeätä muistaa, että kosteiden tilojen piirejä ei tulisi liittää samaan jakotukkiin. Kosteat tilat tulisi suunnitella erillisenä järjestelmänä, jossa kiertää vain lämmintä vettä. [10, s. 11.]

10 Yhteenveto

Vesikiertoisen lattialämmityksen suosion kasvaessa asuinkerrostalorakentamisessa ja kerrostalojen korkeuden kasvaminen tuo omat haasteensa lattialämmityksen suunnitteluun. Mitä enemmän asuinkerrostaloissa on asuntoja ja huoneistoja, sitä enemmän lattialämmityksen tulisi pystyä sopeutumaan eri asukkaiden lämpötilavaatimuksiin.

Vesikiertoinen lattialämmitys pystyy vastaamaan näihin ongelmiin, mutta perinteisistä ratkaisuksista poikkeavat ratkaisut lisäävät rakennuskustannuksia. Esi-merkiksi jos ylimmän kerroksen lattialämmitys toteutetaan omalla piirillä tai automaattisesti toimivia linjasäätöventtiilejä aletaan käyttämään, näkyvät nämä ratkaisut kustannuksissa.

Toisaalta jotkut valmistajat alalla vakuuttavat, että jakotukin toimilaitteet ja normaali linjasäätöventtiili riittävät järjestelmän tasapainotukseen. Eri laitevalmistajilla on siis erilaisia näkemyksiä siitä, miten lattialämmitysjärjestelmä pitäisi toteuttaa. Vaihtelevat toteutustavat voivat sekoittaa LVI-suunnittelijan työtä, kun ei ole yhtä selkeää ja varmasti toimivaksi todettua toteutustapaa vesikiertoiseen lattialämmitykseen.

Vesikiertoisessa lattialämmityksessä on myös hyvät puolensa. Se mahdollistaa asuntokohtaisten lämpötilasäädön jopa eri huoneiden välillä. Lattialämmityksellä kerrostaloissa pienetkin asunnot ovat enemmän muokattavissa kalustuksella, kun tiellä ei ole näkyviä radiaattoreita.

Vesikiertoinen lattialämmitys on myös hyvä valinta silloin, jos tulevaisuuden lämmönjakotavat askarruttavat. Matalan kiertoveden lämpötilan ansiosta lattialämmitys venyy moneen eri lämmitysmuotoon. On myös hyvä muistaa, että lattialämmitystä suunniteltaessa on mahdollista suunnitella samaan verkostoon lattiaviilennys vaihtokytkennällä.

Opinnäytetyö kattoi laajasti erilaisia asennustekniikoita vesikiertoiselle lattialämmitykselle. Mielestäni tässä työssä käydään hyvin läpi sitä, mitä tulisi ottaa

huomioon lattialämmityksen suunnittelussa. Työssä on myös nostettu esiin muutama pienempi asia, jota ei aina välttämättä tule mietittyä suunnittelussa, esimerkiksi uudet energiatehokkuuden vaatimukset märkätilojen lattialämmitystä suunniteltaessa.

Tässä työssä ei käsitelty tarkemmin lattialämmityksen lämmityspiirien mitoittamista, koska lattialämmityksen laitevalmistajat osaavat ja kykenevät yleensä itse mitoittamaan lämmityspiirit paremmin kuin LVI-suunnittelija.

Lähteet

- 1 Rakennusten lämmitys. 2006. LVI 10-10397. RT-kortisto. Rakennustieto Oy
- 2 Seppänen, Olli. Seppänen, Matti. 2001. Rakennusten sisäilmasta ja LVI-tekniikka. Helsinki: Sisäilmayhdistys.
- 3 Vesikiertoinen lattialämmitys. 2003. RT 52-10801. RT-kortisto. Rakennustieto Oy
- 4 Vesikiertoinen lattialämmitys. 1996. LVI 13-10261. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.
- 5 Lattialämmityksen asennus- ja käyttöohje. Uponor. Verkkoaineisto. taloon.com <https://www.taloon.com/media/attachments/uponor_lattialammitys_asennus_kaytto.pdf> Luettu 30.11.2021
- 6 Suunnitteluohje. Verkkoaineisto. LK Systems Oy. <https://www.lksystems.se/globalassets/inriver/resources/fi.33.b.1_suunnitteluohje.pdf> Luettu 30.11.2021
- 7 Roth Lattialämmitysjakotukki. Verkkoaineisto. Roth. <https://www.roth-finland.fi/fi/files/005%20-%20Roth-Nordic-FI/Datasheet_Roth%20gulvvarmefordeler_FI_20191106.pdf> Luettu 30.11.2021
- 8 Uponor Vario -jakotukki tuotekortti. 2008. Uponor
- 9 Tekninen ohje. 2016. Verkkoaineisto. Warmia. <<https://warmia.fi/wp-content/uploads/2016/08/Warmia-tekninen-ohje-2016.pdf>> Luettu 2.12.2021
- 10 Lattialämmitys- ja viilennysratkaisut kerrostaloissa. 2021. Uponor.
- 11 Lattialämmitysjärjestelmä Käsikirja. 2021. Verkkoaineisto. Warmia. <<https://wehopex.fi/wp-content/uploads/2021/11/WF-asohje-5-19-screen.pdf>> Luettu 13.12.2021
- 12 Palolahti, Tuomas. 2007. Lattialämmitys. Verkkoaineisto. Rakentajainkalenteri. Rakennustieto Oy. <<https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajainkalenteri/RK070403.pdf>> Luettu 4.12.2021
- 13 Betoniin valettava LK Putkipidike lista 16/20. Verkkoaineisto. LK Systems Oy.

- <https://www.lksystems.fi/globalassets/inriver/resources/fi.33.c.16_betonin-valettava-lk-putkipidikelista-16_205.pdf> Luettu 30.11.2021
- 14 LK Lattialämmityslevy Silent kantaviin laattoihin. Verkkoaineisto. LK Systems Oy. <https://www.lksystems.fi/globalassets/inriver/resources/fi.33.c.182_lk-lattialammityslevy-silent-30-kantaviin-lattioihin3.pdf> Luettu 30.11.2021
 - 15 LK Uralevy EPS 16 kantaviin lattioihin. Verkkoaineisto. LK Systems Oy. <https://www.lksystems.fi/globalassets/inriver/resources/fi.33.c.36_lk-uralevy-eps-16-kantaviin-lattioihin5.pdf> Luettu 30.11.2021
 - 16 Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksien teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista. 2020. 718/2020
 - 17 Energia-asetus 1.1.2021 (718/2020) - vaikutukset lämmönjakojärjestelmiin. Video. Roth. <<https://www.youtube.com/watch?v=gvEvKc0mgSE>> Katsottu 6.1.2022
 - 18 SFS-EN 1264-2 Water based surface embedded heating and cooling systems. Part 2: Floor heating: Prove methods for the determination of the thermal output using calculation and test methods. 2009. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
 - 19 SFS-EN ISO 7730 Lämpöolojen ergonomia. Lämpömukavuuden analyttinen määrittäminen ja tulkinta käyttäen laskettuja PMV- ja PPD-indeksejä sekä paikallista lämpömukavuutta. 2006. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
 - 20 Ohjeita kosteiden tilojen vesikiertoisten lattialämmitysten suunnitteluun. Ei päivämäärää. Verkkoaineisto. Uponor. <<https://www.uponor.com/getmedia/c8d2657a-807d-431f-866f-dc0a98b8a904/kosteiden-tilojen-lattialammituksen-suunnitteluohje?sitename=Finland>> Luettu 14.1.2022
 - 21 Mikä on paras lattianpäällyste lattialämmitykseen? 2017. Verkkoaineisto. Warmup <<https://www.warmup.fi/blog/paras-lattianpaallyste>> Luettu 13.1.2022
 - 22 Weber Comfort lattia. 2015. Verkkoaineisto. Uponor. <https://is-suu.com/uponorfi/docs/weber-comfort_lattia-tuote-kortti201_b99cb5552cf576> Luettu 12.1.2022
 - 23 Voiko alkuperäisen Pergo-laminaatin asentaa tilaan, jossa on lattialämmitys tai -jäähdytys? Verkkoaineisto. Pergo. <<https://www.pergo.fi/fi-fi/kysymyksiä-ja-vastauksia/laminaatti/asennus/voiko-alkuperäisen-pergo-laminaattilattian-asentaa-lattialammituksen-paalle>> Luettu 13.1.2022

- 24 Hyvän asumisen lämmin perusta. 2016. Verkkoaineisto. Warmia. <https://warmia.fi/wp-content/uploads/2016/06/warmia_esite_170214_uusin.pdf> Luettu 10.1.2022
- 25 Jäähtymä nykyaikaisessa ja energiatehokkaassa lattalämmitysjärjestelmässä. Esite. Warmia.
- 26 Putkivirtaus. 2009. Verkkoaineisto. Metropolia Wiki. <<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/4.+Putkivirtaus>> Luettu 10.1.2022
- 27 Paloposki, Tuomas. Hirvijoki, Eero. 2021. Termodynamiikka ja lämmönsiirto. Verkkoaineisto. Aalto Yliopisto <https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1653745/mod_resource/content/4/termis_lammonsiirto.pdf> Luettu 8.1.2022
- 28 Lämpöä laadukkaasti. 2016. Verkkoaineisto. Warmia. <https://warmia.fi/wp-content/uploads/2016/06/174_isot_kohteet_esite_pieni.pdf> Luettu 13.1.2022
- 29 Automaattiset linjasäätöventtiilit. Verkkoaineisto. Danfoss. <<https://www.danfoss.com/fi-fi/products/dhs/valves/hydraulic-balancing-and-control/automatic-balancing-valves/#tab-overview>> Luettu 14.1.2021

