



Janne Tarkka

Lattialämmitysjärjestelmän suunnit- telu- ja toteutusratkaisut kerrostalo- kohteissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

21.1.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Janne Tarkka
Otsikko:	Lattialämmitysjärjestelmän suunnittelu- ja toteutusratkaisut kerrostalokohteissa
Sivumäärä:	47 sivua + 2 liitettä
Aika:	21.1.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine:	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat:	Talotekniikka-asiantuntija Jyrki Marttila Lehtori Timo Riikonen

Insinööriyössä tutkittiin vesikiertoisten lattialämmitysjärjestelmien suunnittelu- ja toteutusratkaisuja asuinkerrostalokohteissa. Tutkimus tehtiin rakennushankkeen tuotanto-organisaation näkökulmasta. Tutkimuksessa keskityttiin lattialämmityksen suunnittelussa, suunnittelun ohjauksessa ja toteutuksessa esiintyneiden haasteiden selvittämiseen, ja haasteista seuraavien suunnittelu- ja toteutusriskien tunnistamiseen ja ehkäisyyn.

Insinööriyön tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuuslähteisiin ja teknisiin ohjeisiin perustuvaa tutkimusta sekä asiantuntijahaastatteluja. Tutkimuksessa haastateltiin sekä suunnittelu- että tuotanto-organisaation edustajia mahdollisimman kattavien tutkimustulosten saavuttamiseksi.

Insinööriyön tilaajana oli YIT Suomi Oy:n pääkaupunkiseudun asuinrakentamisen yksikkö. Tutkimusaiheen valikoitumisen taustalla olivat lukuisat lattialämmityksen suunnittelun ja tuotannon haasteet ja vaikeudet. Insinööriyön tavoitteena oli selostaa lattialämmitysjärjestelmien tekniset ja tuotannolliset periaatteet ja mahdollisimman kattavasti selvittää suunnittelu- ja tuotantotekniset haasteet ja niiden syy-seuraussuhteet. Tutkimustulosten pohjalta muodostettiin kehitysehdotuksia, joiden avulla tulevat lattialämmityskohteet pystytään suunnittelemaan ja toteuttamaan sujuvammin.

Insinööriyön tuloksena muodostui laaja katsaus lattialämmitysjärjestelmän suunnittelun ja tuotannon riskeihin ja kehityskohteisiin. Tunnistettuja riskejä olivat suunnittelun osalta lattialämmityksen tehomitoituksen onnistuminen ja suunnittelun koordinaatio. Tuotannon suunnittelun ja toteutuksen osalta tunnistettuja riskejä olivat rakenteiden kuivumisen ja kosteudenhallinnan ongelmat sekä lattialämmitysurakan ja siihen nivoutuvien muiden urakoiden rajapintojen hallinta, työnaikainen lämmitys ja lattialämmityksen asennustöiden aikataulutuksen ja yhteensovittaminen muiden töiden kanssa. Insinööriyö toimii ohjeistuksena asuntotuotannon hankeorganisaatiolle, joka voi hyödyntää työtä lattialämmityssuunnittelun ohjauksessa, tuotannon suunnittelussa ja hankkeen toteutusvaiheessa.

Avainsanat: lattialämmitys, lattialämmityksen suunnittelu, lattialämmityksen toteutus, asuinkerrostalojen lämmitys

Abstract

Author: Janne Tarkka
Title: Design and Construction Solutions of Floor Heating Systems in Apartment Buildings
Number of Pages: 47 pages + 2 appendices
Date: 21 January 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Construction Project Management
Supervisors: Jyrki Marttila, Building Services Specialist
Timo Riikonen, Senior Lecturer

The objective of this thesis was to study design and construction solutions of floor heating systems in apartment buildings. The study was carried out from the aspect of project management. Research concentrated on the problems and difficulties that have appeared in design and production process of floor heating systems. The study was aimed at identifying and preventing these problems and risks.

The research methods used were analysis of literature and technical instructions regarding floor heating systems and expert interviews. The persons who were interviewed are experts at HVAC, civil and building services engineering and construction project management.

The thesis was commissioned by HHME-unit of YIT Suomi Oy. The aim of the study was to produce a report that describes the technical and production principles of floor heating systems and outlines the difficulties and risks in the design and production process. Based on this research, means to prevent these risks and difficulties were outlined and a number of improvements were suggested. The findings and suggested improvements help to recognise and prevent the risks and problems in future housing projects utilizing floor heating systems.

The research indicated that the two most significant risks regarding the design process of floor heating systems were the determination and sufficiency of heating output and lack of coordination. The risks of the production process included lack of coordination in contract management, problems with water leaks and structural moisture and furthermore difficulties in management and scheduling of the installation work. In addition, heating during the construction process needs special attention in order to achieve the required moisture levels in the structure. The thesis study and its findings can be used for leading and directing of the design and production process of floor heating systems.

Keywords: Floor Heating Systems, Heating of Apartment Buildings

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät	2
2.1	Tavoite	2
2.2	Rajaukset	3
2.3	Tutkimuskysymykset	4
2.4	Tutkimusmenetelmät	5
3	Tutkimustulokset	6
3.1	Suunnittelun ja tuotannon teoriaa	7
3.1.1	Radiaattorilämmitys	7
3.1.2	Lattialämmitys	8
3.1.3	Lattiaviilennys	12
3.1.4	Lattialämmityksen vaikutukset tuotantoon	13
3.2	Asiantuntijahaastattelut	14
3.2.1	Lattialämmityksen suunnitteluriskit	14
3.2.2	Lattialämmityksen suunnittelun kehittäminen	18
3.2.3	Lattialämmityksen jakotukkien sijoittelu	20
3.2.4	Lattiaviilennyksen huomiointi	24
3.2.5	Lattialämmityksen toteutuksen ominaispiirteet	25
3.2.6	Työnaikainen lämmitys lattialämmityskohteessa	29
3.2.7	Lattialämmityksen tuotantoriskit	30
3.2.8	Lattialämmitystöiden valvonta	33
3.2.9	Lattialämmityksen tuotannon kehittäminen	34
3.2.10	Lattialämmityksen asiakastyytyväisyys	35
4	Johtopäätökset ja kehitysehdotukset	36
4.1	Suunnittelun ohjaus	37
4.2	Tuotannon suunnittelu	38
4.3	Tuotanto	39
4.4	Asuntomyynti ja -markkinointi	42
5	Pohdinta	43

6	Yhteenveto	44
	Lähteet	46
	Liitteet	
	Liite 1: Haastattelukysymykset tuotannon asiantuntijoille	
	Liite 2: Haastattelukysymykset suunnittelun asiantuntijoille	

Lyhenteet

- LVISA: Lämpö, vesi, ilmanvaihto, sähkö, automaatio. Yleinen rakennusalan lyhenne. Lattialämmitys on oleellinen osa LVI-, sähkö- ja automaatio suunnittelua ja -töiden toteutusta.
- LJK: Lämmönjakokeskus. Jokaisessa lämmitetyssä kiinteistössä on lämmönjakokeskus, jonka tyyppi riippuu siitä, onko lämmönlähteenä kaukolämpö, maalämpö tai muu lämpöpumppu.
- U-arvo: U-arvolla tarkoitetaan rakennusosan lämmönläpäisykerrointa. Se kertoo, kuinka paljon rakennusosa läpäisee lämpöä. Mitä pienempi U-arvo on, sitä paremmin rakennusosa eristää lämpöä.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön on tilannut YIT Suomi Oy:n asuinrakentamisen yksikkö Asuminen pääkaupunkiseutu itä. Insinööriyön aihe – lattialämmitysjärjestelmän suunnittelu- ja toteutusratkaisut kerrostalokohteissa – syntyy tarpeesta kartoittaa vesikiertoisella lattialämmityksellä toteutettujen asuinkerrostalojen lämmitysjärjestelmien suunnittelussa ja tuotannossa esiintyneitä haasteita ja kehittää näihin haasteisiin ratkaisuja.

Lattialämmitys on ollut varsin suosittu opinnäytetyön aihe etenkin taloteknisestä ja laskennallisesta näkökulmasta. Vähemmälle huomiolle ovat jääneet suunnittelun koordinoinnin sekä tuotannon näkökulmat. Lattialämmityksen toteuttaminen asuinkerrostaloon on prosessina huomattavan erilainen patteri- eli radiaattorilämmityksellä toteutettuun kohteeseen verrattuna. Tähän prosessiin liittyy lukuisia tuotantoteknisiä seikkoja ja riskejä, joita ovat muun muassa töiden aikataulutuksen haasteet, kosteudenhallinnalliset riskit, valvonta ja laatuseikat sekä urakkarajojen hallinta. Suunnittelutyön laatu, ohjaus ja yhteensovittaminen sekä muutostöiden hallinta ovat myös keskeisiä tekijöitä onnistuneen, vaatimukset ja odotukset täyttävän kokonaisuuden aikaansaamiseksi.

Tässä insinööriyössä kuvataan vesikiertoisen lattialämmityksen ominaispiirteet tuotannon näkökulmasta ja käsitellään suunnittelu- ja toteutustekniset riskit ja seikat, jotka oleellisesti vaikuttavat rakentamisen prosessiin, lopputuotteen toimivuuteen ja laatuun, sekä asiakastyytyvyyteen. Insinööriyön tarkoituksena on toimia ohjeistuksena YIT Suomi Oy:n asuinrakentamisen tuotanto-organisaatiolle.

Vesikiertoinen lattialämmitys on yleistynyt 1990-luvulta lähtien niin pientalo- kuin kerrostalorakentamisessakin. Lattialämmityksen suosion taustalla olevat tekijät ovat entistäkin ajankohtaisempia erityisesti ympäristökysymysten osalta. Lattialämmitys ei vaadi toimintaperiaatteensa vuoksi yhtä korkeita menoveden lämpötiloja kuin vesikiertoinen radiaattorilämmitys, vaan kyseessä on ns.

matalalämpöinen järjestelmä, jossa suuren lämmönluovutuspinna- alan vuoksi menoveden lämpötilaksi riittää kovillakin pakkasilla tyypillisesti alle 40 °C. Tästä johtuen kiinteistön lämmönlähteenä voidaan käyttää maalämpöä tai muita lämpöpumppuja, jotka hyötysuhteensa vuoksi soveltuvat heikommin radiaattoriverkoston menoveden vaatiman korkeamman lämpötilan (korkeimmillaan yli 60 °C) tuottamiseen. [1, s. 70.]

Lattialämmityksen suosioon vaikuttavat muut tekijät liittyvät arkkitehtonisiin trendeihin ja toiveisiin sekä lämmön aistimiseen. Uusissa asunnoissa avarat oleskelutilat ja suuret, kookkaimmillaan lattian tasoon ulottuvat ikkunat koetaan trendikkäiksi. Perinteiset seinälle asennetut radiaattorit ja lattialle asennetut matalamat konvektorit vievät huonetilaa ja ne koetaan esteettisesti epämiellyttäviksi. On arvioitu, että noin 60 neliömetrin asunnossa perinteiset radiaattorit putkituksineen vievät noin 0,7 neliometriä lattiapinta-alaa [2, s. 29]. Lattialämmityksellä toteutetuissa kohteissa asuntojen lattia- ja seinäpinnat saadaan kokonaan vapaiksi radiaattoreista ja konvektoreista. Lämmön aistimisen kannalta tasaisesti lämpiävä lattia luovuttaa lämmön asuntoon tehokkaasti ja vedottomasti ja lämmin lattia koetaan miellyttäväksi jalan alla.

2 Tutkimuksen tavoitteet ja menetelmät

Insinööriyön tavoite on kerätä vesikiertoisien lattialämmityksen suunnittelusta ja toteutuksesta tietoa sekä kartoittaa näissä esiintyviä ongelmakohtia. Tutkimustyön tulosten perusteella laaditaan kehitysehdotuksia lattialämmityksen onnistuneeseen suunnitteluun ja toteutukseen kerrostalokohteissa. Insinööriyö toimii kokonaisuudessaan tuotanto-organisaatiolle suunnattuna tietopakettina lattialämmityksestä.

2.1 Tavoite

Tutkimuksen tavoite on selvittää ja eliminoida lattialämmitysjärjestelmän tuotannolliset ja toiminnalliset ongelmat laadukkaiden ja korkean asiakastyytyväisyyden omaavien kerrostalokohteiden tuottamiseksi. Tavoitteen taustalla on

lukuisat haasteet ja riskitekijät, jotka ovat haitanneet lattialämmityksellä toteutettujen kohteiden suunnittelua ja tuotantoa. Tutkimuksessa kartoitetaan nämä suunnittelun ja toteutuksen ongelmakohdat ja pyritään löytämään näiden torjumiseksi ratkaisut.

Insinööriyön lukijan oletetaan hallitsevan taloteknisten järjestelmien ja lattialämmityksen perusperiaatteet. Ohjeistus on suunnattu rakennushankkeen projekti-, tuotanto- ja työpäälliköille sekä vastaaville työnjohtajille ja työnjohtajille. Työssä huomioidaan lattialämmityksen toteuttamisen eroavaisuudet radiaattorilämmitteeseen kohteeseen verrattuna. Erot liittyvät mm. töiden aikatauluttamiseen ja tekniseen toteutukseen, kosteudenhallintaan sekä työnaikaiseen lämmitykseen. Lattialämmitysjärjestelmän varsinaista suunnittelua koskeva ohjeistus koskee suunnittelun ohjausta ja yhteensovittamista eri suunnittelijoiden välillä ja koordinaointia tuotanto-organisaation kanssa.

2.2 Rajaukset

Vesikiertoinen lattialämmitys on laaja asiakokonaisuus, johon kuuluu korkeajalosteisista materiaaleista valmistetut järjestelmäkomponentit ja näiden tuotekehitys, LVI- ja rakennustekninen suunnitteluosaaminen lämpöhäviö- ja mitoituslaskelmineen, tuotannon suunnittelu ja varsinaisten asennustöiden johtaminen ja valvonta, sekä loppukäyttäjän asiakaskokemus ja -tyytyväisyys. Insinööriyön tutkimusalue rajataan tuotannon näkökulmaan. Tämä merkitsee, että työssä tarkastellaan lattialämmitysjärjestelmää rakennushankkeen tuotanto-organisaation näkökulmasta ja sivutaan samassa kontekstissa myös yleistymässä olevaa lattiaviilennystä. Lattiaviilennys voidaan nähdä lattialämmitysjärjestelmän lisäominaisuutena. Varsinainen lämpöhäviölaskenta ja lattialämmitysjärjestelmän LVI-tekniinen mitoittaminen ja laskenta, sekä eri valmistajien tarjoamien järjestelmien kustannusvertailu rajataan kokonaan tarkastelun ulkopuolelle.

2.3 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymykset koostuvat kolmesta kokonaisuudesta: Suunnittelun ohjaus ja yhteensovittaminen – lattialämmityksen huomiointi kokonaisvaltaisesti hankkeen suunnittelutyössä. Tuotannon suunnittelu ja valvonta – asennustyön aika-
tauluttaminen, mahdollistaminen ja valvonta. Lopullisen tuotteen laatu – onnistunut ja tehtävänsä täyttävä lämmitysjärjestelmä ja korkea asiakastyytyväisyys.

Suunnittelun ohjauksella ja yhteensovittamisella viitataan ongelmiin, joita on esiintynyt lattialämmitysjärjestelmien huomioimisessa osana hankekokonaisuutta. Lattialämmitysjärjestelmän laadukkaan toiminnan kannalta oleellisia lainalaisuuksia ja reunaehtoja ei aina ole osattu huomioida suunnittelussa. Eri suunnittelijoiden välisessä koordinaatiossa on ollut puutteita ja lattialämmitysjärjestelmän toimittajan myöhäinen mukaantulo hankkeeseen on aiheuttanut välittävissä olevia suunnitelmamuutoksia. Muutostöiden ja muiden suunnitelma-
muutosten vaikutus lattialämmityksen toimivuuteen on voinut jäädä hahmottamatta.

Tuotannon suunnittelulla ja valvonnalla viitataan varsinaisen toteutuksen onnistumiseen. Lattialämmityksen asentaminen kerrostalokohteessa on suuritöinen ja merkittävä tahdistava työvaihe, jossa yksi tai useampi kerros joudutaan rauhoittamaan kokonaan asennustyölle. Lattialämmityksen toteutuksella on hankkeen kokonaiskestoa kasvattava vaikutus [3, s. 34]. Lattialämmitysjärjestelmän toteutus asettaa merkittäviä reunaehtoja rakentamisen muille työvaiheille, kuten väliseinätöille. Lattialämmitysjärjestelmä on kokonaisuutena altis hankalasti korjattaville vesivuodoille ja lämmitysputken asennuksessa on mahdollista tehdä virheitä, jotka ilman pätevää valvontaa jäävät lattiavalun sisään piiloon, ja tulevat ilmi vasta jälkikäteen.

Lopullisen tuotteen laatu on etenkin korkeaan asiakastyytyvyyteen pyrkivässä asuntotuotannossa keskeinen tekijä. Lattialämmitysjärjestelmä tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että se vastaa lämmitysteholtaan ja säädettävyydeltään rakennuksen ja asiakkaiden tarpeita. Tämän lisäksi asiakkaan

odotusten ja tuotteen ominaisuuksien tulee kohdata. Tässä markkinointiviestinnällä on suuri rooli.

2.4 Tutkimusmenetelmät

Insinööriyöhön valitusta tuotannon näkökulmasta seuraa, että alan kirjallisuus ja teoria-aineistot eivät usein suoraan vastaa lattialämmitysjärjestelmien tuotannossa ilmenneisiin kysymyksiin ja ongelmiin, vaikka asettavatkin tärkeitä reunaehtoja niin suunnitteluun kuin tuotantoon. Sekä teoriassa että käytännössä toimiva oppikirjaesimerkki on tyypillisesti melko pelkistetty malli lattialämmitysjärjestelmästä. Modernissa ja kookkaassa asuinkerrostalohankkeessa voi olla yli toistakymmentä eriävää asuntojen pohjaratkaisua ja kerrosta, lattialämmitykseen voidaan lisätä viilennys, ja lisäksi asuntoihin myydään muutostöitä sekä pohjaratkaisuiden että lattiamateriaalien osalta. Kun oppikirjaesimerkistä ryhdytään suunnittelemaan ja soveltamaan edelleen ratkaisua tällaiseen hankkeeseen, mutkistuu sekä suunnittelu että tuotanto huomattavasti. Tästä seuraa, että insinööriyön keskeisimmäksi tutkimusmenetelmäksi valikoitui asiantuntija-haastattelut ja yrityksen sisäinen raportointi ja toteumatieto valmistuneista hankkeista.

Haastatellut asiantuntijat ovat tuotanto-organisaation puolelta vastaavia mestareita, työpäälliköitä ja LVI-asennuspäälliköitä. Suunnittelupuolella haastatellut asiantuntijat ovat LVI-teknisen tai lattialämmityksen suunnittelun asiantuntijoita tai päälliköitä. Haastattelujen perusteella saatiin kerättyä sellaisia huomioita ja ratkaisuehdotuksia, jotka ovat seurausta käytännön kokemuksesta ja joita ei teknisessä yleisohjeistuksessa ole aina huomioitu. Haastatteluissa viitataan useampaan YIT Suomi Oy:n toteuttamaan asuinkerrostalohankkeeseen ja näistä opittuihin kokemuksiin. Esimerkkeinä käytettyjä kohteita ei yksilöidä eikä nimetä.

Haastattelut toteutettiin siten, että tuotannon ja suunnittelun edustajille laadittiin omat kysymyssarjat (liitteet 1 ja 2), jotka lähetettiin haastateltaville sähköpostitse. Sähköpostissa tarjottiin mahdollisuutta vastata kysymyksiin vain

kirjallisesti, sekä kirjallisesti että täydentävällä Teams-haastattelulla, tai pelkällä Teams-haastattelulla. Jokaisesta haastattelusta laadittiin kirjallinen muistio. Haastattelut kysymyssarjoineen ovat luonteeltaan kvalitatiivista tutkimusta, jossa haastateltaville on haluttu antaa vapautta vastata laajasti ja painottaen heidän itsensä tärkeinä pitämiä seikkoja, ongelmia ja ratkaisuja.

Haastatteluista saatujen huomioiden lisäksi työssä kuvataan kirjalliseen teoriaan ja suunnitteluohjeistukseen pohjautuen ne reunaehdot, jotka lattialämmitysjärjestelmää toteuttaessa tulisi huomioida jokaisessa hankkeessa. Nämä liittyvät mm. LVI- ja ääniteknisiin lainalaisuuksiin ja vaihtoehtoihin lattialämmitysrakenteisiin. Työn neljänteen lukuun on koottu tutkimustulosten perusteella rakennuttaja- ja tuotanto-organisaatiolle suunnatut kehitysehdotukset sekä ohjeistus lattialämmitysjärjestelmän onnistuneeksi toteuttamiseksi kerrostalokohteissa.

3 Tutkimustulokset

Tutkimustulokset koostuvat kirjallisuus- ja teoria-aineistoon pohjautuvasta teoriaosuudesta ja haastattelututkimukseen perustuvasta osuudesta. On huomionarvoista, että lattialämmitysjärjestelmiä koskeva kirjallisuus keskittyy kuvaamaan lattialämmitysjärjestelmien toimintaperiaatetta ja perusratkaisuja sekä LVI-tekniistä mitoitusta melko yleisellä tasolla. Lattialämmitysjärjestelmien tekniset ominaisuudet riippuvat järjestelmän valmistajasta, joka laatii omat suunnitteluohjeensa kullekin järjestelmäkokonaisuudelle. Nämä suunnitteluohjeet ovat pitkälti yritysten sisäistä tietoa.

Rakennushankkeen koosta, valitusta laatutasosta ja järjestelmätoimittajasta riippuen lattialämmitysjärjestelmät voivat teknisiltä ominaisuuksiltaan poiketa paljon eri rakennushankkeiden kesken, peruseriaatteen pysyessä kuitenkin samana. Haastattelututkimuksella saatiin kerättyä paljon sellaista kokemusperäistä tietoa, jota kirjallisuuslähteistä ei ole saatavilla.

3.1 Suunnittelun ja tuotannon teoriaa

Insinööriyön käyttäjien kannalta nähdään tarpeelliseksi kuvata lämmitysjärjestelmien tekniikkaa sekä suunnittelun ja tuotannon teoriaa, jotta työn lukija saa lähtötiedot haastattelututkimuksen tulosten ymmärtämiseksi ja tulkinnalle. Tässä luvussa kuvataan keskeiset erot radiaattorilämmityksellä ja lattialämmityksellä toteutettujen kohteiden välillä, kuvataan lattialämmityksen ja -viilennyksen periaatteet ja eri toteutusvaihtoehdot sekä vaikutukset hankkeen muihin tahdistaviin työvaiheisiin ja kosteudenhallintaan.

3.1.1 Radiaattorilämmitys

Radiaattorilämmitys ja lattialämmitys eroavat teknisesti toisistaan merkittävästi. Käytettäessä radiaattorilämmitystä rakennuksen lämmitysverkosto rakentuu pääsääntöisesti ulkoseinien läheisyyteen, asuntoihin ja porrashuoneisiin asennettuihin pystysuuntaisiin lämmitysjohtolinjoihin, linjoista haarautuviin vaakaputkiin ja näihin kiinnittyviin radiaattoreihin tai konvektoreihin. Radiaattorit tai konvektorit sijoitetaan asunnoissa tyypillisimmin ikkunoiden alapuolelle tai eteen, ja tarvittaessa esimerkiksi eteiskäytävälle. Asuinkerrostalokohteissa käytetyt radiaattorit ovat yleensä tyypiltään poimutetusta teräslevystä valmistettuja levyradiaattoreita, mutta myös matalia ja leveitä konvektoreita voidaan käyttää esimerkiksi korkeiden ikkunoiden edessä. [1, s. 54-67.]

Radiaattorilämmityksessä lämmitysputket ovat radiaattoreiden ohella enimmäkseen näkyvillä ja tyypillisesti vain pidemmät vaakasiirrot koteloidaan huoneistoissa piiloon. Esillä olevat lämmitysputket ja radiaattorit muodostavat helposti ääniteknisen haitan, sillä putkisto voi siirtää häiritseviä ääniä huoneistojen välillä. Radiaattorilämmityksessä ulkolämpötilan mukaan säätyvä menoveden lämpötila on uusissa energiatehokkaissa rakennuksissa tyypillisesti maksimissaan 60 celsiusastetta. Rakennusaikana menoveden lämpötila voidaan manuaalisesti säätää tähän maksimiin, tai sen ylikin ulkolämpötilasta riippumatta. Näin rakennusaikaista lämmitystä ja rungon kuivatusta saadaan tehostettua. [1, s. 54-67.]

Radiaattorilämmitykseen liittyy lattialämmitykseen verrattuna merkittäviä tuotantoteknisiä etuja. Radiaattorilämmityksen putkiston ja radiaattoreiden asennus voidaan aloittaa yhdessä runkotöiden kanssa siten, että toimintakuntoinen lämmitysverkosto valmistuu runkotöiden mukana. Tällöin lämmitysverkostoa voidaan hyödyntää työnaikaisessa lämmityksessä jo ennen vesikaton valmistamista tai viimeistään heti sen valmistuttua. Radiaattoriverkosto on myös yksinkertainen ja vikasietoinen lattialämmitykseen nähden ja mahdolliset vuodot on helpompi havaita ja korjata. Haittapuolena radiaattorilämmityksessä on tarve irrottaa kaikki radiaattorit tasoitus- ja maalaustöiden ajaksi radiaattoreiden taustojen tasoittamiseksi ja maalaamiseksi.

3.1.2 Lattialämmitys

Lattialämmitys eroaa radiaattorilämmityksestä suuresti. Toisin kuin pistemäisesti vaikuttavassa radiaattorilämmityksessä, lattialämmityksessä betonilattian tai pumpputasoitevalun sisään valettu lattialämmitysputkisto muodostaa yhdessä lattiavalun kanssa koko huoneiston lattia-alan kokoisen lämmönluovutusalan. Tästä seuraa, että lämmitysputkistossa kiertävän veden ei tarvitse olla yhtä kuumaa kuin radiaattoriverkostossa, vaan menoveden lämpötilaksi riittää tyypillisesti 35 - 40 °C. Menoveden jäähtymä lämmityspiireissä suunnitellaan yleensä viiteen celsiusasteeseen. Valmiissa asunnossa kuivien tilojen lattioiden pintalämpötila vaihtelee 20 - 27 °C:n välillä. Asuintilojen lämpöolojen ergonomiaa koskevan standardin mukaan sopivimmaksi lattian pintalämpötilaksi koetaan 24 °C. Herkät lattioiden pintamateriaalit - kuten parketit - sietävät heikosti korkeita lämpötiloja ja tästä seuraa lattian pintalämpötilan rajoittaminen 27 °C:een. [1, s. 70; 4, s. 11-14; 5, s. 8.]

Lattialämmityksellä toteutetussa rakennuksessa lämmitysjohtolinjojen ei tarvitse kulkea ulkoseinien läheisyydessä vaan ne voidaan keskittää esimerkiksi porrashuoneen yhteydessä olevaan tekniikkakuiluun, josta vaakasuunnassa kulkevat meno- ja paluujohdot haarautuvat asuntojen jakotukeille (ks. kuva 1). Toinen vaihtoehto on käyttää asunto- ja jakotukkikohtaisia runkolinjoja. Asuinkerrostoissa yleisimmin käytetty lattialämmityksen toteutustapa on seuraava:

Jokaiselle asunnolle tuodaan kuivia tiloja varten yksi lämmitysrungon meno-paluu-pari, johon kytketään lattialämmityspiirien jakotukit – yksi meno ja yksi paluu. Tämä jakotukkipari koteloidaan tai asennetaan tehdasvalmisteiseen jakotukkikaappiin, ja -kaappi tai paikalla rakennettu kotelo integroidaan väliseinärakenteen tai kiinteään kaapiston sisään. [4, s. 27-28.]



Kuva 1. Runkolinjojen keskitys porrashuoneeseen. [4, s. 11.]

Jakotukeilta lähteviä lattialämmityspiirejä on tyypillisesti yksi per huone. Jokaisesta piiriä ohjaa huonetermostaatti, joka mittaa lattialämmitysrakenteen sekä huoneen lämpötilaa. Termostaatti säättää jakotukilla olevan toimilaitteen avulla piirissä kiertävän veden virtausta lämmitystarpeen mukaan. Lämmityspiirit suunnitellaan siten, että piirin putkijaossa huomioidaan ulkoseinät ja ikkunat siten, että putkitus on tiheämpi ikkunoiden kohdalla ja ulkoseinillä. Jakotukkien sijainnin tulisi olla asunnoissa keskeisellä paikalla, jotta eri huoneiden lämmityspiirit olisivat keskenään suunnilleen saman pituisia ja pitkiltä siirtymiltä vältytään.

Märkätilojen lattialämmitys voidaan toteuttaa joko sähkötoimisena mukavuuslattialämmityksenä, tai vesikiertoista lämmitystä käyttäen. Vesikiertoista lattialämmitystä märkätiloissa käytettäessä, märkätiloille tulee tehdä oma, kuivien tilojen jakotukeista erillinen runkoputki- ja lämmityspiiri. Näin märkätiloissa voidaan pitää kuivia tiloja korkeampi lämpö, ja järjestelmään ei synny riippuvuutta muun asunnon lämmitystilanteesta. [1, s. 70; 4, s. 27-28; 6, s. 8-20.]

Lattialämmityksen tehomitoitus perustuu rakennushankkeen LVI-suunnittelijan laatimiin lämpöhäviölaskelmiin. Lämpöhäviölaskelmien pohjalta hankkeeseen valittu lattialämmitystoimittaja suunnittelee tarvittavan lämmitystehon ja tähän tarvittavan putkimäärän ja -jaon huonekohtaisesti. Tässä huomioidaan ikkunat ja ulkoseinät, joiden edustalla lämmityspotken jako suunnitellaan tiheämmäksi kylmien pintojen vaikutuksen kompensoimiseksi. [4, s. 33.]

Lattialämmityksen teho on suoraan verrannollinen lattian pintalämpötilan ja huoneilman lämpötilan eroon. Lattialämmityksen tehontarpeen nyrkkisääntönä voidaan pitää 11 W/m^2 per $1 \text{ }^\circ\text{C}$ huonelämpötilan ja lattiapinnan lämpötilaeroa. Näin ollen $21 \text{ }^\circ\text{C}$ huonelämpötilalla ja $24 \text{ }^\circ\text{C}$ lattiapinnan lämpötilalla tehontarve olisi $3 \times 11 \text{ W/m}^2$, eli 33 W/m^2 . Lattian pintalämpötila on kuitenkin voitava nostaa sallittuun maksimiin, eli tyypillisesti $27 \text{ }^\circ\text{C}$:een. Tällöin tehontarve on vastaavasti 66 W/m^2 . Lisäksi on huomioitava, että suuret ikkunat vaikuttavat tehontarpeeseen oleellisesti ja osa lämmöstä suuntautuu alaspäin lattialämmitysrakenteen eristeestä huolimatta. Tästä seuraa, että lämmityspiiriin tuotava teho on oltava noin 15 prosenttia suurempi kuin huonetilan lämmitykseen vaadittu laskennallinen teho. [4, s. 13.]

Tämä lattialämmityksen lämmitystehon logiikka on tärkeää ymmärtää koko hankkeorganisaatiossa, sillä monet erillisiltä vaikuttavat suunnitteluratkaisut, kuten ikkunoiden koko ja tyyppi sekä lattioiden pintamateriaalin tyyppi, vaikuttavat lämmitystehon riittävyteen. Tuotannossa voi myös syntyä tilanteita, joissa riittämättömän valvonnan seurauksena rakenteista jää puuttumaan eristeitä tai suunnitelmien mukainen määrä lämmityspotkea.

Lattialämmitysrakenne kerrostalokohteissa on yksinkertaisimmillaan märkätilan kaatovalun tai maanvaraisen alapohjan lattiavalun keskeiseen raudoitusteräsverkkoon kiinni surrattu lattialämmitysputkisto, jonka periaatekuva on esitetty kuvassa 2. [4, s. 22-23.]



Kuva 2. Betonilattiavaluun asennettu lattialämmitysputkisto. [4, s. 22.]

Välipohjissa käytetään puolestaan rakennetta, jossa holvin päälle asennetaan ensin eristeenä ja asennusalustana toimiva levy, johon lattialämmitysputkisto kiinnitetään. Eriste- ja asennuslevy toimii sekä askeläänieristeenä että lämmöneristeenä suunnaten lämmitystehoa ylöspäin. Lämmitysputken kiinnitystapoja asennuslevyyn on useita. Lämmitysputki voidaan kiinnittää levyyn tarkoitusta varten suunnitelluilla kiinnikkeillä, tai asennuslevyn tyypistä riippuen, suoraan asennuslevyn uriin tai ns. nystyihin. Kuvassa 3 on esitetty yleisen tacker-tyyppisen lattialämmitysrakenteen periaatekuva. [4, s. 22-23; 6, s. 8-20.]



Kuva 3. Välipohjaholvien tacker-tyyppinen lattialämmitysrakenne. [4, s. 23.]

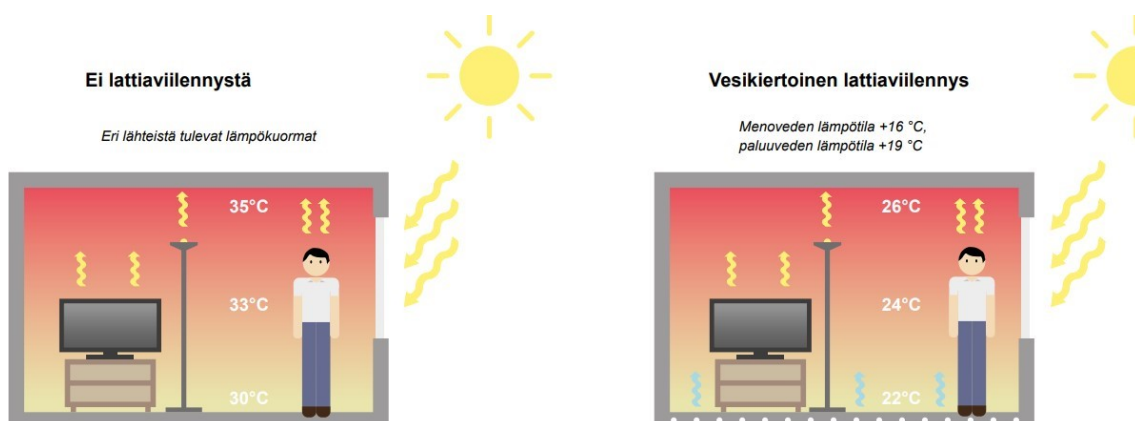
Eriste-/asennuslevyjä käytettäessä putkiston päälle valetaan pumpputasoite-massa, joka valitusta järjestelmästä riippuen voi olla tavanomaista sementtipoh-jaista plaanomassaa, kuituvahvisteista massaa tai kipsilaastimassaa. Lattialäm-mitysrakenteen kokonaispaksuus ilman lattiapinnoitetta vaihtelee tyypillisesti 100 millimetrin molemmin puolin. Pumpputasoitekerroksen paksuus ja käytetyn massan tyyppi vaikuttavat rakenteen lämpötekniisiin ominaisuuksiin ja reaktioai-kaan lämmitystä säädettäessä. Lattialämmitysrakenne on joitakin märkätilojen kaatovalutoteutuksia lukuun ottamatta aina ns. kelluva rakenne, jonka alla on eristelevy ja reunoilla reunanauha. Näin rakenne erotetaan lämpö- ja äänitek-nisten ongelmien välttämiseksi holvi- ja seinärakenteista. [4, s. 22-23; 6, s. 8-20.]

3.1.3 Lattiaviilennys

Lattiaviilennys tarkoittaa lattialämmitysverkoston ja -piirien hyödyntämistä asun-tojen viilentämisessä kesäkaudella. Lattiaviilennyksen jäähdytysenergian läh-teenä voidaan käyttää kaukokylmää tai eri lämpöpumppuja, kuten maalämpöä. Lattiaviilennys voidaan toteuttaa kahdella tavalla. Rakennuksen lämmönjako-keskukseen voidaan rakentaa ns. changeover- eli vaihtokytkentä. Kytkenässä samaan lämmityksen ja viilennyksen runkoputkistoon kierrätettävän veden lähde vaihdetaan lämmönjako- ja kaukokylmäyksikön välillä, lämmitys- ja viilen-nystarpeen – käytännössä vuodenajan – mukaan. Tällöin rakennuksen kuivien tilojen lattialämmitysverkostoa käytännössä pakko-ohjataan lämmityksen ja vii-lennyksen välillä yhtenä kokonaisuutena. [4, s. 10-18, 27.]

Toinen vaihtoehto on rakentaa ns. tuplarungot, jolloin jokaiselle asunnolle tuo-daan erilliset lämmitys- ja viilennysjohtoparit, ja vaihto viilennyksen ja lämmityk-sen välillä tapahtuu asuntokohtaisesti jakotukeilla. Tällöin jokaista asuntoa voi-daan yksilöllisemmin joko viilentää tai lämmittää asukkaiden preferenssien mu-kaan. Mikäli märkätilojen lattialämmitys on vesikiertoinen, märkätiloille rakenne-taan erillinen runkoputkisto, jolla märkätilat pysyvät lämmitystilassa vuoden ym-päri. [4, s. 10-18, 27.]

Lattiaviilennys tulee ymmärtää nimensä mukaisesti viilennyksenä – ei jäähtyksenä. Lattiaviilennys ei ole sama asia kuin perinteinen, esimerkiksi puhallin-konvektorein toteutettu ilmastointi. Lattiaviilennyksen verrattain korkeilla lämpötiloilla toteutuva viilennysvaikutus perustuu lattialämmityksen tavoin suureen säteilevään pinta-alaan. Kuvassa 4 havainnollistetaan lattiaviilennyksen vaikutusta. Lattiaviilennyksessä verkostoon ajettavan menoveden lämpötila vaihtelee noin 16 – 19 °C:n välillä ja lattian pintalämpötila ei alita 20 °C. Lattiaviilennyksessä riskinä on ilmankosteuden kondensoituminen putkistoissa ja lattiapinnoilla. Järjestelmän runkoputket on tämän riskin hallitsemiseksi kauttaaltaan lämpö- ja kondenssieristetyt. Järjestelmässä on kastepisteanturit, jotka pitävät menoveden lämpötilan aina vähintään yhtä astetta kastepistelämpötilaa korkeampana. [4, s. 10-14, 25-27.]



Kuva 4. Lattiaviilennyksen vaikutus huoneen lämpötilaan. [4, s. 10]

3.1.4 Lattialämmityksen vaikutukset tuotantoon

Lattialämmitysjärjestelmän toteuttamisen vaikutukset rakennushankkeen tuotantoon ovat merkittävät. Toisin kuin radiaattorilämmityksessä, lattialämmityksen asennus välipohjarakenteisiin runkoputkia lukuun ottamatta voi alkaa vasta rakennuksen vesikaton valmistuttua, tai vesikattoon vertautuvien väliaikaisten kosteudenhallinnan keinojen turvin. Lattialämmitys asettaa reunaehtoja kosteudenhallinnalle, työnaikaiselle lämmitykselle, rakenteiden – erityisesti holvien – kuivatukselle ja etuoikaisu- ja väliseinätöille. Lattialämmityksen asennus on

tahdistava työvaihe ja sillä on hankkeen kokonaiskestoa kasvattava vaikutus. Hankkeesta riippuen lattialämmityksen asennustyö voidaan tehdä vähintään yksi kerros kerrallaan.

Kosteudenhallinta ja työnaikainen lämmitys lattialämmityskohteissa vaatii erityishuomiota. Käytettäessä lattialämmitysrakennetta, jossa on eriste-/asennuslevy holvin päällä, tulee holvirakenteen olla pinnoituskuiva ennen asennuksen alkamista. Asennuksen jälkeen mahdollisten vuotovesien hallinta on kriittistä, sillä lattialämmitysrakenteen asennuslevyn alle päässyt vuotovesi ei pääse poistumaan. Työnaikainen lämmitys ei voi nojata lopulliseen radiaattorijärjestelmään, koska sitä ei ole, vaan työnaikainen lämmitystarve on ratkaistava väliaikaisin ratkaisuin.

Asuntojen kevytväliseinätyöt voidaan periaatteessa tehdä joko ennen tai jälkeen lattialämmitysjärjestelmän asennuksen. Käytännössä kuitenkin vähintään väliseinärungot ja jakotukkikotelot tai -kaapit on järkevää asentaa ennen lattialämmitysrakennetta. Seinien levytys työpuolelta, tai sekä työ- että tuplauspuolelta ennen lattialämmitysrakenteen asentamista voi estyä kosteudenhallinnallisten ja työtekniisten syiden takia.

3.2 Asiantuntijahaastattelut

Haastatteluiden tuloksena onnistuttiin keräämään suuri määrä lattialämmityksen toteutukseen liittyvää tietoa ja huomioita. Suurelta osin tiedot ovat luonteeltaan rakennusalan ammattilaisten työkokemuksen myötä kertynyttä tietoa, jota ei ole mahdollista löytää suunnitteluohjeista. Haastattelujen vastaukset on koottu aihealueittain omien otsikoidensa alle. Suunnittelijoille ja tuotannon henkilöstölle laaditut haastattelukysymykset löytyvät työn lopusta liitteistä 1 ja 2.

3.2.1 Lattialämmityksen suunnitteluriskit

Haastattelujen perusteella lattialämmitysjärjestelmän merkittävin suunnitteluriski on todellisen tehontarpeen määrittäminen ja toteutuneen lämmitystehon

riittävyys. Tyypillisesti lattialämmityksellä saadaan aikaiseksi todellista lämmitystehoa 40-50 W/m². Suuret ikkunapinta-alat ja esimerkiksi normaalia paksumpi parkettilattia voivat aiheuttaa tilanteen, jossa lattiasta saatava lämmitysteho ei riitä lämmittämään huonetiloja tavoitearvojen mukaisella 35 °C menoveden lämpötilalla. Tällaisen ongelman tultua ilmi, on menoveden lämpötilaa täytynt nostaa enimmillään jopa 42 °C:een. Tästä saattaa puolestaan seurata yllämpöongelma rakennuksen muissa osissa, koska menoveden nostettu lämpötila saa järjestelmän suunnitellun tasapainon järkkymään. Ylilämpenevien tilojen termostaatit eivät pysty ylläpitämään tasaista virtausta lämmityspiireissä. Tällöin tilan lämmitystarpeeseen nähden ylilämpöisen menoveden takia piirit alkavat toimia katkonaisesti päälle – pois päältä -periaatteella, jossa lattia lämpenee ja jäähtyy syklissä. [7; 8; 12; 14.]

Huonoimmassa tapauksessa menoveden lämpötilan nostaminen ei auta viileiksi jääneiden tilojen lämmittämiseen, mikäli lämmityspiirit näissä tiloissa ovat todelliseen tehontarpeeseen nähden yksinkertaisesti liian lyhyet ja putkijaoltaan harvat. Näin syntynyt ongelma on valmistuneessa hankkeessa vaikea ja työläs korjattava lattialämmityksen rakenteen vuoksi. [7; 8; 12; 14.]

Lattialämmityksen tehontarpeen määrittämisen lähtötietoina toimivat rakennuksen lämpöhäviölaskelmat voivat osoittautua vaillinaisiksi. Lämpöhäviölaskelmat on saatettu laatia huolimattomasti tai laskelmien laadinnan jälkeen on saatettu tehdä muutoksia käytettävien ikkunoiden kokoon tai tyyppiin, tai muihin huoneistojen lämpöhäviöihin vaikuttaviin rakenteellisiin ratkaisuihin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että huoneiston lämmityspiirien alun perin suunniteltu putkimäärä ja -jako eivät riitä tuomaan huoneisiin todellisuudessa vaadittua lämmitystehoa. [7; 8; 12; 14.]

Lämpöhäviölaskelmien oikeellisuudesta huolimatta lattialämmityksen piirien suunnittelussa on mahdollisuus huolimattomuuteen ja virheisiin. Jokainen lämmityspiiri tulisi suunnitella kyseisen huonetilan todellisten lämpöhäviöiden mukaan. Piirien suunnittelussa pitäisi huomioida lämmitysjärjestelmän tasapainottaminen rakennuksen eri osien tehontarpeet huomioiden. Käytännössä tämä

tarkoittaa, että rakennuksen keskikerroksissa piirien putkikoon halkaisijaksi riittää pienempi, esimerkiksi 14 mm putki, kun alimmassa ja ylimmässä kerroksessa tarvitaan suurempi, esimerkiksi 16 mm putkikoko. Piirien putkijaon on vaihdeltava kerros- ja huonekohtaisesti todellisen lämmitystehon tarpeen mukaan. Ylin kerros, jossa lämpöhäviöt ovat yleensä suurimmat yläpohjan lämpöhäviön takia, tulee toteuttaa riittävän tiheällä putkijaolla, jolloin edellä mainituilta tasapainotusongelmilta ja menoveden lämpötilan nostamiselta vältytään. [7; 8; 12; 14.]

Muutostöiden hallinnassa sattuneet lipsahdukset ovat voineet johtaa myös tilanteisiin, joissa väliseinän positiota muutettaessa, seinärakenteeseen integroitu huonetermostaatti on siirtynyt seinän mukana mittaamaan toisen huoneen lämpötilaa. Tällöin viereisen huoneen lämmityspiiriä ohjataan toisen huoneen lämpötiladatalla. Muutostöinä tarjotut lattioiden pintamateriaalit voivat olla liian paksumia ja eristäviä heikentäen lattialämmitysrakenteen todellista lämmitystehoa. Lisäksi erityisen pienet makuuhuoneet voivat muodostaa ongelman, jos kalustus peittää huoneen lattia-alan miltei kokonaan estäen lattialämmitysrakennetta luovuttamasta lämpöä suunnitellusti. [7; 8; 12; 14.]

Lattialämmitysjärjestelmän säädettävyyden ongelmat muodostavat kerrostoiloissa asukastyytyvyyden kannalta lisäriskin. Tilanteessa, jossa kolmen päällekkäisen huoneiston ylimmän ja alimman huoneiston asukkaat pitävät korkeasta huonelämpötilasta, ja lämmittävät huoneistojaan täydellä lattialämmityksen teholla, myös keskimäinen asunto väistämättä lämpenee tilanteen jatkuessa. Mikäli keskimäisen asunnon asukas haluaisi viileämmät olosuhteet, ovat hänen vaikutusmahdollisuudet tällöin vähäiset. Märkätilojen osalta tilannetta ei helpota, että tyypillisesti kaatovaluun toteutetun lattialämmitysrakenteen alapuolella ei vaadita eristettä, jolloin märkätilan lattia lämmittää myös alaspäin. [7; 8; 12; 14.]

Tuotanto-organisaation haastatteluiden perusteella lämpötilan säädettävyydessä on esiintynyt ongelmia esimerkkeinä käytetyissä valmistuneissa kohteissa. Suurikokoisen kerrostalon lämmitysverkoston tasapainottaminen on

haastavaa ja lämmityksen säätämisen reaktioajat hitaita. Korkeassa, noin sadan asunnon kerrostalossa lämmitysverkoston menovesi voi jäähtyä useita asteita matkalla lämmönjakokeskuksesta verkoston uloimpiin piireihin. Kun myös märkätilojen lattialämmitys on toteutettu vesikiertoisena, tämä menoveden jäähtymä - eli viileältä tuntuva lattia - havaitaan tyypillisimmin siellä. Tässä tapauksessa alilämpöisiksi koettujen tilojen lämpötilan korjaamiseksi menoveden lämpötilaa nostettiin ja verkoston tasapainotusta säädettiin. [9; 10; 11; 13.]

Lattialämmitysjärjestelmät ovat myös ilmaherkkiä. Runkoputket ja jakotukit tulisi suunnitella siten, että jakotukit ovat aina vaakasuunnassa katsottuna verkoston kerroskohtainen ylin piste, josta manuaalinen ilmaus voidaan tarvittaessa suorittaa. Lämmitysverkostoon voi muodostua ns. ilmapusseja, joiden syntymistä voidaan ehkäistä suunnittelemalla putkitukset suoraviivaisesti välttämällä etenkin pystysuuntaista mutkittelua ja pitkiä vaakasuuntaisia siirtoja. Ilmariskin minimoimiseksi lattialämmitysjärjestelmään suositetaan asennettavaksi automaattinen ilmauskone. [7; 8; 9; 12.]

Haastatteluissa esiin nousivat myös loppukäyttäjien havainnoimat äänitekniset ongelmat. Lattialämmitystä välipohjarakenteessa pidetään yleisesti ääniteknisesti parempana radiaattorilämmitteisen kohteen holvirakenteeseen nähden, josta puuttuu lattialämmitysjärjestelmän eriste-/asennuslevy ja pumpputasoitevalun paksuus on tyypillisesti ohuempi. Kuitenkin tietyt askeläänitaajuudet voivat aiheuttaa häiritsevää kuminaa ja ääntä myös lattialämmityksellä toteutetuissa välipohjarakenteissa. Tämä voi muodostua joidenkin asukkaiden osalta kynnyskysymykseksi ja vaikeasti ennakoitavaksi ja ratkaistavaksi ongelmaksi. Lattialämmitystoimittajien tarjoamat lämpölattiovaihtoehdot täyttävät askelääniä koskevat määräykset pääsääntöisesti hyvin. Ääniongelma voikin syntyä myös tuotannossa sattuvista virheistä, mikäli lattiavalu tarttuu rikkoutuneen eriste-/asennuslevyn tai reunanauhan kohdalta holvi- tai seinärakenteeseen. [11; 12; 13; 14.]

3.2.2 Lattialämmityksen suunnittelun kehittäminen

Suunnittelun koordinoinnin ja yhteistyön parantaminen korostuu kaikkien haastateltujen vastauksissa. Lattialämmityksen suunnittelu tapahtuu perinteisesti siten, että rakennushankkeen LVI-suunnittelija tekee lämpöhäviölaskelmat ja valittu lattialämmitysjärjestelmän toimittaja tekee näiden laskelmien pohjalta tehomitoituslaskelmat, määrittää komponentit, piirijaot ja laatii lattialämmityksen asennussuunnitelman. Mikäli hankkeen lattialämmitysjärjestelmän toimittaja valitaan myöhemmissä vaiheissa, saattaa syntyä tarve muuttaa LVI-, rakenne-, sähkö- ja automaatio suunnitelmia, jotta valitun lattialämmitysjärjestelmän vaatimukset tulevat huomioiduksi. [7; 8; 12; 14.]

Pidetään tärkeänä, että hankkeen lattialämmityksen toimittava yritys olisi valittuna mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta yrityksen suunnittelija voi aloittaa lämmityksen suunnittelun yhteistyössä hankkeen LVI-suunnittelijan ja muiden suunnittelijoiden kanssa. Näin lattialämmityksen toteutukseen vaikuttavat rakennuksen muut suunnitteluratkaisut voidaan huomioida jo lattialämmitysjärjestelmän suunnittelun alkuvaiheessa ja lattialämmityksen suunnittelu etenee rinnakkain muun suunnittelun kanssa. Haastatteluissa tuotiin esille myös toimintamalli, jossa lattialämmityksen toimittaja suunnittelee lämmityspiirit ennen LVI-suunnittelijan laatimia runkoputkitusten ja kiertopumpun mitoituksia. Tällöin lämmityspiirien vaatimukset lämmitysveden virtaamalle saadaan huomioitua oikeassa työjärjestyksessä ja vältytään tarpeelta muuttaa runkoputkitusten ja kiertopumpun mitoituksia. [7; 8; 12; 14.]

Tehontarpeen määrittämisen lisäksi LVI-suunnittelun ja lattialämmitystoimittajan koordinointia tarvitaan lämmitysjärjestelmän säätöalueiden, tasapainottamisen ja ilmauksen suunnittelussa. Järjestelmän ohjauksen osalta koordinointia ja yhteistyötä tarvitaan myös sähkö- ja automaatio suunnittelun kanssa. Rakennesuunnittelijan ja arkkitehdin kanssa on määritettävä ikkunoiden koon lisäksi niiden tyyppi, jotta ikkunoiden U-arvo on riittävän hyvä, sekä määritettävä lattialämmityksen kanssa yhteensopivat, lämmitystehoa heikentämättömät lattioiden pintamateriaalit. [7; 8; 12; 14.]

Rakennushankkeen suunnittelun alussa tulee lattialämmitys huomioida myös tilavaraussuunnittelussa, jotta erityisesti asuntokohtaisille jakotukeille saadaan sovittua yhtenäiset ja teknisesti toimivat sijainnit asunnoissa. Jakotukkien tarvitsema tila tulisi merkitä näkyville arkkitehtikuviin ja myös asuntojen myyntiaineiston pohjakuviin. Tämä on tärkeää etenkin, jos jakotukkikaappi on suunniteltu sijoitettavaksi vaatekomeroon tai -huoneeseen siten, että se vie kokonsa verran säilytystilaa. [7; 8; 12; 14.]

Tuotanto-organisaation haastateltujen vastauksissa korostui, että lattialämmityksen suunnittelu tulisi toteuttaa kaikki suunnittelualat huomioiden koherenttina yhteistyönä. Tuotanto-organisaatiolla tulisi olla mahdollisuus toteuttaa valmiit ja toimivat suunnitelmat ilman painetta kehittää rakennusaikana ilmi tulleisiin suunnitelmapuutteisiin ratkaisuja. Harmaita alueita on jäänyt tuotantopuolen ratkottaviksi mm. asuntojen korkomaailmassa, jakotukkien ja termostaattien sijoittelussa asunnoissa, lattialämmityksen sähköisen ohjauksen ja kiinteistön automaation integroinnissa sekä jakotukkikoteloiden tai -kaappien valinnassa. [9; 10; 11; 13.]

Tehdasvalmisteisissa jakotukkikaapeissa vuodonilmaisuus on huomioitu. Jos kaappeja ei ole suunniteltu käytettäväksi hankkeessa, pitää jakotukeille rakentaa kotelot esimerkiksi kipsilevystä kaapiston tai väliseinän sisään. Tällöin kotelo on vesieristettävä sisäpuolelta vuodonilmaisun mahdollistamiseksi. Tällainen työvaihe ei yleensä kuulu lattialämmitysurakkaan vaan jää pääurakoitsijan toteutettavaksi. Pahimmillaan työvaihe vaatimuksineen voi tulla työmaan organisaatiolle toteutusvaiheessa yllätyksenä. [9; 10; 11; 13.]

Toinen lattialämmitysjärjestelmän komponentteihin liittyvä haaste on huonetermostaattien toteutus. Ne vaativat normaalista sähkörasiasta poikkeavan isomman rasian, joka tulee huomioida väliseinäsennuksessa. Huonetermostaattien sijainneiksi on voinut suunnittelussa valikoitua esimerkiksi olohuoneen seinän keskikohta. Valittu lattialämmitysrakenne vaikuttaa myös asunnon korkomaailmaan. Erityistä huomioita tulee kiinnittää valmiin lattian korkoon suhteessa parveke- ja kerrostaso-ovien kynnyksiin sekä parvekkeen ja porrashuoneen lattia-korkoihin. [9; 10; 11; 13.]

3.2.3 Lattialämmityksen jakotukkien sijoittelu

Haastatteluilla pyrittiin selvittämään, onko jakotukkien sijaintia asunnoissa mahdollista vakioida yhteen tai useampaan esteettisesti ja teknisesti toimivaan sijaintiin. Kysymyksen taustalla olevat ongelmat liittyvät moninaiisiin käytäntöihin jakotukkien sijoittamisessa, joita on kokeiltu vuosien saatossa eri kerrostalohankkeissa. Asuntojen jakotukkien keskittämistä porrashuoneeseen tai asunnon eteiseen on kokeiltu. Tällöin lattialämmityspiirit vaativat kookkaissa asunnoissa suuren metrimäärän ns. siirtoputkea, joksi lasketaan varsinaisen lämmitettävässä huoneessa olevan lämmityspiirin ja jakotukin välinen siirtymä. Etenkin syvärunkoisissa rakennuksissa, joissa asunnot ovat käytävämäisiä, tällainen siirtoputkien rivistö voi olla koko eteiskäytävän lattian levyinen. Tästä seuraa, että vähintään siirtoputkien menopuoli on eristettävä yllämpöongelman syntymisen estämiseksi. Tila saattaa eristämisestä huolimatta lämmitä ajan kuluessa liikaa, ja samalla viedä lämmitystehoa huoneista, joihin siirtoputkien on tarkoitus lämmitystehoa toimittaa. [7; 8; 12; 14.]

Tuotanto-organisaatiota edustavat haastatellut nostivat suunnittelijoiden tapaan jakotukkien sijoittelun ja toteutuksen merkittäväksi kipukohdaksi lattialämmitysjärjestelmän tuotannossa. Kun suunnittelijat toivat esille jakotukkien sijainnin LVI-teknisiä haasteita, tuotannon edustajat korostivat tuotantoteknisiä ja esteettisiä seikkoja. Jakotukkikaapin sijoitus asunnossa tulee olla järjestelmän toiminnan kannalta optimoitu, mutta myös työteknisesti toteutuskelpoinen, esteettisesti siisti ja järkevä asunnon loppukäyttäjän kannalta. Haastattelujen perusteella tästä ei ole erityistä tuotannon ohjeistusta ja hyviä toteutusmalleja ei ole erityisemmin vakioitu. Jakotukkikaapin toteutuksessa on huomioitava lämmityspiirien kannalta keskeinen sijainti, lämmitysjohtorungon toteutus ja kytkentä, vuodonilmaisun toimiva toteutus ja jakotukkikaapin siisti ulkonäkö. Asunnon kiintokalusteisiin integroitu jakotukkikaappi vie useimmiten osan kaapistosta säilytystilasta, joka voi aiheuttaa negatiivista asukaspalautetta. Kuvassa 5 on esitetty jakotukkikaapin asennus vaatekaapistoon koteloimalla. [10; 11; 13.]



Kuva 5. Kaapiston takaosaan koteloimalla asennettu jakotukkikaappi. Kuva: YIT.

Suunnittelijoiden haastatteluiden perusteella jakotukkien sijainti asunnoissa on haastavaa vakioda yleispätevästi, ellei asuntojen pohjaratkaisuja pyritä yhtenäistämään ensin. Koska asuinkerrostalot voivat poiketa arkkitehtuuriltaan ja rakenneratkaisuiltaan paljonkin, soveltuvat toteutustavat voivat vaihdella hankkeen ominaisuuksista riippuen. Yhtä yksittäistä kaikkialle soveltuvaa toteutustapaa ei siis ole mielekäästä yksilöidä. [7; 8; 12; 14.]

Jakotukkien sijoittelussa tulee minimoida edellä mainitut vaakasiirrot. Tämä pätee erityisesti lämmityspiirien siirtoputkiin, mutta myös runkoihin. Jakotukkien tulisi sijaita asunnoissa mahdollisimman keskeisesti, jotta siirtymät pysyvät minimissä ja lämmityspiirit ovat keskenään suunnilleen yhtä pitkiä. Tästä seuraa,

että pienissä asunnoissa, kuten yksiöissä ja kaksioissa, jakotukkikaapin sijoitus asunnon eteiseen ei tuota ongelmia. Sen sijaan kookkaissa huoneistoissa jakotukkien keskeinen sijainti on tärkeää, jotta suurilta siirtoputkimääriltä jakotukilta huoneiston uloimpiin huoneisiin vältytään. [7; 8; 12; 14.]

Jakotukkikaappien sijainnin lisäksi huomiota tulee kiinnittää niiden toteutustapaan. Haastattelujen perusteella kerrostalokohteissa kannattaa käyttää tehdasvalmisteista jakotukkikaappia pääsääntöisesti aina. Useampi vastaaja piti hyvänä ratkaisuna integroida jakotukkikaappi asunnon sähkökeskuksen kanssa samalle seinälle siten, että jakotukkikaappi sijaitsee seinässä sähkökeskuksen kaapin alapuolella. Tällöin kaapit sijaitsevat useimmiten asunnon eteisessä tai vaatehuoneessa (ks. kuva 6). [7; 8; 10; 11; 12; 13; 14.]



Kuva 6. Jakotukkikaappi integroituna väliseinään sähkökeskuksen kanssa.
Kuva YIT.

Mikäli sähkö- ja jakotukkikaappi halutaan esteettisistä syistä piilottaa näkyvältä seinäpinnalta kokonaan, voidaan kohteeseen suunnitella asuntokohtainen tekniikkakomero, tai jakotukkikaappi voidaan asentaa kiinteän kaapiston takaseinään sen piilottamiseksi näkyvistä. Tämä voidaan tehdä edellä esitetyn kuvan 5 mukaisesti koteloimalla, tai kaapiston taakse jäävään seinään integroimalla (ks. kuva 7). Kiinteiden kaapistojen suunnittelussa on huomioitava jakotukkikaapit, jotta kaappien rungot tulevat jakotukkikaappiin nähden oikeaan kohtaan ja kaapit tilataan ilman taustalevyä. [7; 8; 10; 11; 12; 13; 14.]



Kuva 7. Jakotukkikaappi kaapiston takaseinään integroituna. Kuva: YIT.

Jakotukkikaapin sijoittamisessa tulee huomioida myös vuodonilmaisun järjestäminen, ja jakotukkikaapille tulee olla esteetön pääsy. Vuodonilmaisun vähimmäisvaatimus on jakotukkikaapin pohjaan asennettu vuotovesiletku, jolla mahdollinen vuotovesi johdetaan näkyville. Kiinteistön automaatioon sisällytetty

vuotovesianturi jakotukkikaapeissa mahdollistaisi vuotojen nopean havaitsemisen myös asukkaan ollessa poissa asunnosta. [10; 11; 12; 13; 14.]

3.2.4 Lattiaviilennyksen huomiointi

Lattialämmitykseen mahdollisesti lisättävä lattiaviilennys voidaan toteuttaa joko ns. changeover- eli vaihtokytkennällä tai kaksoisrungoilla. Kuten luvussa 3.1.3 on kuvattu, vaihtokytkennässä rakennuksen koko lattialämmitysverkostoon märkätiloja lukuun ottamatta ajetaan joko lämmintä tai kylmää vettä, jolloin huoneistoista käsin ei voida yksilöllisesti päättää lämmityksen ja viilennyksen välillä. Kaksoisrungoilla toteutettuna tämä valintamahdollisuus on. Haastatellut suunnittelijat pitivät vaihtokytkentää kompromissina, jossa asuntokohtainen säädettävyys toteutuu vaivallisesti. Kaksoisrungoilla viilennyksen ja lämmityksen välillä voidaan vaihtaa asuntokohtaisesti, mutta tätä ratkaisua pidettiin raskaana ja kalliina. [7; 8; 12; 14.]

Riippumatta toteutustavasta, lattiaviilennyksen suunnittelussa ja toteutuksessa tulee huomioida kondenssiriski, eli järjestelmään on suunniteltava kastepisteanurit ja kaikki ilman kanssa kosketuksissa olevat jäähdytysputkitukset on kondenssieristettävä. Lisäksi märkätilojen lattialämmitys tulisi voida pakko-ohjata pienelle teholle lattiaviilennystä käytettäessä. Muutoin lattiaviilennys ja märkätilan lattialämmitys toimivat toisiaan vastaan pyrkien kumoamaan viilennys- ja lämmitysvaikutukset. [7; 8; 12; 14.]

Lattiaviilennys on järjestelmänä aina osaratkaisu, joka ei korvaa perinteisesti toteutettua ilmastointia. Haastattelujen perusteella osalla asukkaista on ollut optimistinen käsitys lattiaviilennyksen tehosta esimerkkinä käytetyssä valmistuksessa kohteessa. Kesähelteillä lattiaviilennyksen viilennysvaikutus oli koettu pettymykseksi ja toisaalta jotkut asukkaat pitivät lattiaa epä mukavan viileänä. Haastattelujen perusteella lattiaviilennystä tulisi täydentää ilmanvaihdon tuloilman viilennyksellä. Toisaalta useampi haastateltu piti uudiskohteiden parvewiseinään tehtyä varausta ilmalämpöpumpulle ja lisätyönä myytävää

ilmalämpöpumppua selkeämpänä ja asukkaiden odotuksia paremmin vastaavana viilennysratkaisuna. [7; 8; 10; 11; 12; 14.]

3.2.5 Lattialämmityksen toteutuksen ominaispiirteet

Tuotanto-organisaation haastatteluissa työnaikaisen lämmityksen sekä lattialämmityksen toteuttamisen työläyden merkitys nousee korostuneesti esille. Kuten luvussa 3.1.1 on kuvattu, patterilämmityksellä toteutetun kohteen työnaikainen lämmitys voidaan aloittaa lopullisen lämmönvaihtimen ja patteriverkoston turvin sitä mukaa, kun patteriverkostoa saadaan asennettua rungon noustessa – rakennuspuhaltimilla ja kosteudenpoistajilla täydentäen. [9; 10; 11; 13.]

Lattialämmityksellä toteutettavassa kohteessa tätä mahdollisuutta ei ole, vaan rakennuksen runko on kuivatettava kokonaan työnaikaisen lämmittämisen ja kuivattamisen keinoin. Koska lattialämmityksen asennus voi alkaa vasta holvien kuivuttua tavoitearvoon, rakenteiden kuivatus ja kuivana pysyminen on kriittisen tärkeä osakokonaisuus sekä aikataulullisesti että kosteudenhallinnan kannalta. Paikallavaluholvin vaadittu suhteellinen tavoitekosteus ennen lattialämmityksen asennusta on tyypillisesti < 90 %, mutta tämä vaatimus voi vaihdella. [9; 10; 11; 13.]

Lattialämmityksen toteuttaminen on oleellisesti radiaattorilämmitystä työlämpi myös muilla tavoin. Lattialämmitys on aikataulun kannalta tahdistava työvaihe, joka on sovitettava muiden sisätyövaiheen tahdistavien töiden kanssa, ja kasvattaa hankkeen kokonaiskestoa noin kuukaudella. Lattialämmityksen asennus vie yhdestä kahteen viikkoa per kerros. Ennen lattialämmityksen asennusta väliseinätyöt tulee olla vähintään vaiheessa, jossa väliseinärangot, jakotukkikaapit sekä lämpöjohtojen rungot ovat asennettuina (ks. kuva 8). Väliseinien kipsilevynippujen logistiikka ja mahdollinen varastointi asunnoissa tulee ratkaista siten, etteivät levyniput ole varastoituna lattialla lattialämmitysrakenteen asennuksen tiellä. [9; 10; 11; 13.]



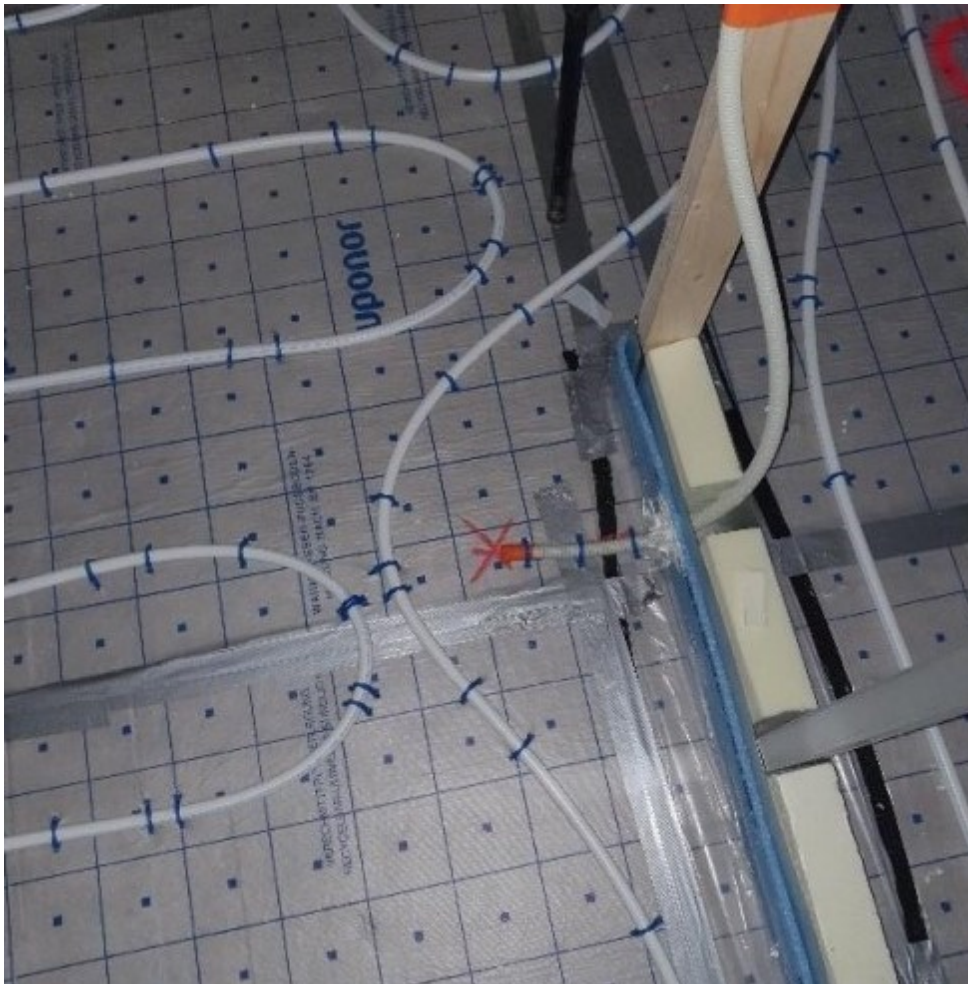
Kuva 8. Lattialämmityksen asennus alkamassa. Kuva: YIT.

Holvin tulee olla riittävän tasainen lattialämmitysjärjestelmän valmistajan ilmoittamien vaatimusten mukaisesti. Tämä saattaa edellyttää laajoja etuoikaisutöitä. Asuntojen suunnitellun korkomaailman toteutumista tulee valvoa, ja kiinnittää erityistä huomiota parvekeovien ja kerrostaso-ovien kynnyskorkoihin. Myös märkätilojen ja kuivien tilojen välinen korko on tarkistettava, sillä lattiarakenteet eroavat keskenään, ja myös lattiakaivojen koroissa saattaa olla heittoa. Jos hankkeessa käytetään lattiaan asti ulottuvia ikkunoita ilman alasmyygiä, tulee näidenkin osalta huolehtia oikeasta asennuskorosta. Lattiaan asti ulottuvat ikkunat tulee lisäksi eristää ja kitata ennen lattialämmityksen asennusta vähintään alareunastaan. [10; 11; 13.]

Lattialämmityksen asennus-/eristelevyt, lämmitysputki ja muut asennustarvikkeet muodostavat myös logistisen haasteen. Asennusmateriaalin määrä on suuri ja runkovaiheen aikana materiaalia ei usein voida etukäteen varastoida kerroksiin. Etujasssa varastoitu materiaali saattaa myös vaurioitua. Materiaalin

jakaminen kerroksiin tulee tällöin ratkaista esimerkiksi rakennushissiä tai kurottajaa käyttäen. Asennusvaiheessa asennettavat kerrokset on rauhoitettava asennustyölle, lattiapinnat on oltava vapaina tavarasta ja kerroksissa ei voida tehdä lattialämmitykseen liittymättömiä töitä ennen lattiavalun valmistumista. [10; 11; 13.]

Kuvassa 9 näkyy valuvalmis lattialämmitysrakenne ja huonetermostaatin lattia-anturin suojausputki väliseinän alarangan läpi tuotuna ja tiivistettynä. Kuvasta nähdään myös väliseinän toteutus XPS-eristepaloilla tuetulla korkealla 140 mm alarangalla, joka toimii lattialämmitysrakenteen reunanauhan tukena kuin valumuotti.



Kuva 9. Valuvalmis lattialämmitysrakenne. Kuva: YIT.

Kuvassa 10 on esitetty toisenlaisella eriste- ja asennuslevyllä sekä putkijaolla toteutettu lattialämmitysrakenne. Tässä tapauksessa asennuslevyssä olevat nystyt toimivat lämmitysputken kiinnikkeinä. Kohteessa on myös käytetty työjärjestystä, jossa väliseinien levytys on pystytty toteuttamaan kokonaan ennen lattialämmitysrakenteen asentamista.



Kuva 10. Valuvalmis lattialämmitysrakenne. Kuva: YIT.

3.2.6 Työnaikainen lämmitys lattialämmityskohteessa

Työnaikainen lämmitys on oleellisen tärkeä osa betonirunkoisen kerrostalon kuivatusprosessia. Lattialämmitysrakenteen edellä kuvatuista ominaisuuksista johdettua erityisesti holvien saaminen kuiviksi ennen lattialämmityksen asennusta on kriittisen tärkeää hankkeen aikataulun kannalta.

Lattialämmityskohteissa työnaikainen lämmitys on pääkaupunkiseudulla käytännössä järkevintä järjestää työnaikaisella kaukolämpöliittymällä ja lämpökeskuksella, jonka lämmönvaihtimen tehon on oltava moninkertainen lopulliseen lattialämmitysverkoston lämmönvaihtimeen nähden. Työnaikaisesta kaukolämpölämmönvaihtimesta saadaan lämmitysenergiaa kuumavesilämmittimille, joilla rakennus saadaan lämpimäksi. Kuvassa 11 on esitetty esimerkinomaisesti työnaikainen lämpökeskus ja 30 kilowatin kuumavesipuhallin. [9; 10; 11; 13.]



Kuva 11. Työnaikaista lämmityskalustoa. Kuva: YIT.

Lämmittämisen lisäksi ilmaan siirtyvä kosteus on saatava tuuletettua tehokkaasti ulos rakennuksesta ja mahdolliset kuivatuksen vaarantavat vesivuodot eliminoitua. Jos mahdollista, kosteudenhallinnan tehostamiseksi holville ja hissiuilun pohjalle on hyvä asentaa työnaikaiset sadevesikaivot, joilla sadevedet saadaan runkovaiheen aikana johdettua pois tehokkaasti. [9; 10; 11; 13.]

Työnaikainen kaukolämpöliittymä ja vuokrattava kuivatuslaitteisto voivat yllättää korkeilla vuokra- ja liityntäkustannuksillaan, mikäli näiden tarvetta ei ole huomioitu budjetoinnissa. Korkean kustannustason lisäksi potentiaalisia ongelmia ovat järjestelmän mahdolliset säätöongelmat ja vesivuodot. Mahdollisten vesivuotojen nopeaa huomaamista auttavat hälyttävät vuotovahdit. Lämmityksen toimiessa täydellä teholla rungon kuivattamiseksi, työntekijät saattavat myös kielloista huolimatta sammuttaa lämmittimiä työpäivän aikana, mikäli kokevat työolot liian kuumiksi. Mikäli lämmittimet jäävät kytkemättä takaisin päälle, kuivatusprosessi häiriintyy. [9; 10; 11; 13.]

3.2.7 Lattialämmityksen tuotantoriskit

Tuotanto-organisaation haastateltujen vastauksissa korostuivat vesivahinkoriskit ja kosteudenhallinta. Lattialämmitysputkisto on altis huolimattomuudesta ja piittaamattomuudesta johtuville vaurioille sekä ennen lattian valua että valun jälkeen.

Ennen valua eriste-/asennuslevyyn kiinnitetty lämmitysputkisto on paljaana ja haavoittuvainen, mikäli valuvalmiille alueelle mennään tekemään muita töitä. Lämmitysputki voi tällöin esimerkiksi irrota asennuslevystä, nirhautua rikki, tai asennuslevy ja reunanauhoitus voivat vaurioitua. Näiden riskien välttämiseksi asennettavalla alueella ei tule tehdä muita töitä lattialämmitysjärjestelmän asennuksen aikana. Lisäksi valun aikana on varmistuttava siitä, että lattialämmitysjärjestelmän valmistajan ohjeiden mukainen koeponnistus on tehty, ja että paine pidetään putkistossa valun ajan. Näin mahdolliset vuodot ilmenevät heti kuplintana sitoutumattomassa lattiamassassa. [10; 11; 12; 13.]

Valun jälkeen lämmitysputkiston rikkoutumisen riski siirtyy osin lattialta seinälle, jossa jakotukkikaappi sijaitsee. Lämmityspiirien meno- ja paluuputket laskeutuvat seinällä olevasta jakotukkikaapista alaspäin ja kääntyvät kulkemaan lattian suuntaisesti viuhkamaisessa muodossa. Listoittajan viimeistelynaulain on tässä riskipitoinen työkalu, jonka nauloilla on mahdollista puhkaista yksi tai useampi lämmityspiirin putki jalkalistoja kiinnitettäessä. [10; 11; 13.]

Myös väliseinäasentajan tulee olla huolellinen, sillä väliseinät tehdään valmiiksi vasta lattialämmityksen asentamisen ja lattiavalun jälkeen. Peltirankaisen väliseinän korkea alaranka tulee myös tukea rangan sisäpuolelta esimerkiksi XPS-eristepaloilla. Erillistä vähintään 1 mm paksuista peltilevyä kannattaa käyttää seinän sisässä jakotukkien kohdalla lämmitysputkien suojana listanauloja vastaan. Lattiaan poraamisen tarve lämmityspiirien alueella voidaan eliminoida kokonaan edellyttämällä liimattavia t-mallisia kynnyksistöjä lattiapinnoitteen kynnyks- ja liikuntasaumoissa. [10; 11; 13.]

Kosteusriskit eivät rajoitu varsinaisen lattialämmitysjärjestelmän vuotoihin. Väli-pohjarakenteissa käytettävä ns. kelluva lattialämmitysrakenne tarkoittaa, että holvin päälle ensin ladottu eriste-/asennuslevy, lämmitysputkisto ja putkiston peittävä valu muodostavat reunanauhalla seinärakenteista erotetun rakenteen. Tällainen rakenne on pientenkin vesivuotojen kannalta ongelmallinen, mikäli vesi pääsee valumaan rakenteen reunoilta eristelevyn ja holvin väliin. Kosteutta ei saa holvin ja eristelevyn välistä pois purkamatta koko lattialämmitysrakennetta. Haastattelujen perusteella tällaisia pieneltä vaikuttaneita, mutta pirullisiksi osoittautuneita vesivuotoja on sattunut toteutetuissa kohteissa. Vuodon aiheuttaja on voinut olla esimerkiksi käyttövesilinjojen vesityksen jälkeen huomauttamatta tihkumaan jäänyt keittiön hanakulma tai laastin valmistukseen käytetty vuotava vesiasia. [10; 11; 13.]

Kun vuotoja on selvitetty, on huomattu veden päässeen leviämään laajalle alalle lattialämmitysrakenteen alla. Kastuneen asunnon koko lattialämmitysrakenne on täytynyt piikata ja poistaa, holvi kuivattaa, sekä lopuksi asentaa

lattialämmitys ja valaa lattia uudelleen. Kuvassa 12 näkyy meneillään oleva purkutyö edellä kuvatun vesivuodon johdosta. [10; 11; 13.]



Kuva 12. Purkutyöt käynnissä vesivuodon jälkeen. Kuva: YIT.

Ongelmia on syntynyt myös tapauksissa, joissa osa lattialämmityksen asennustyöstä on syystä tai toisesta keskeytynyt. Työmaalta on voinut puuttua asennettavaa materiaalia, jolloin esimerkiksi jakotukiasennuksia runkoputkiin on päästy tekemään vasta väliseinäasennusten valmistuttua. Tällöin asennustilaa on vähän ja tulitöitä joudutaan tekemään valmiiden pintojen lähellä. [9; 10; 11.]

3.2.8 Lattialämmitystöiden valvonta

Kysymys lattialämmitystöiden valvonnan järjestämisestä osoitti tärkeän kehityskohteen tulevaisuuden hankkeisiin. Ennen lämmitysputkistot piilottavaa lattiavalua tulee valvoa, että lämmitysputkisto on asiallisesti kiinni asennuslevyissä ja putkijako suunnitelmien mukainen. Tiedossa on tapauksia, joissa asentajat eivät ole noudattaneet suunniteltua putkijakoa. Tällöin lämmitysputkea on asennettu suunnitelmien vaatimaa vähemmän, jolloin lattian lämmitysteho on jäänyt suunniteltua vajaanmaksi. Tällainen virhe voi paljastua vasta loppukäyttäjien reklamoissa kylmästä huonetilasta, mikäli virhe ehditään valaa piiloon. [9; 10; 11; 12; 13.]

Puutteita on ollut myös reunanauhojen asennuksessa, jolloin lattiavalu on tarttunut kiinni seiniin. Lisäksi lattialämmitysjärjestelmän sisäpuhtaudessa voi olla ongelmia. Lattialämmityksen jakotukkien ja lämmityspiirien huuhtelu kuuluu lattialämmitysuraakoitsijalle, kun taas lämmitysjohtorunkojen huuhtelu kuuluu LVI-uraakoitsijalle. Tämä on myös virheille altistava rajapinta, joka saattaa jäädä valvonnan osalta huomioimatta. [9; 10; 11; 12; 13.]

Haastattelujen perusteella lattialämmitystöiden valvontaa ei ole vakioitu, vaan käytännöt vaihtelevat. Parhaassa tapauksessa hankkeen sisätyönjohtaja kiertää ja valokuvaa kaikki lämmityspiirit ja tarkistaa asennusten oikeellisuuden ja eheyden, reunanauhat ja termostaattien lattia-anturit ennen valua. Tämä tehdään yhdessä lattialämmitysuraakoitsijan kanssa, ja kierroksen perusteella täytetään asennuspöytäkirja. Valvonta on kuitenkin työlästä etenkin, jos valvottavana on useampi valuvalmis kerros kokonaisuudessaan. [9; 10; 11; 13.]

Haastatteluissa tuotiin ilmi, että hankkeen LVI-valvoja voisi suorittaa ennen valua lämmitysputkitusten oikeellisuuden tarkastamisen. Toisaalta ehdotettiin, että lämmityspiirit tulisi joka tapauksessa valokuvata esimerkiksi Congrid-sovellusta käyttäen, jotta lämmitysputkien mahdollinen myöhempi paikantaminen olisi mahdollista. [9; 10; 11; 12; 13.]

3.2.9 Lattialämmityksen tuotannon kehittäminen

Parempaa koordinaointia sekä suunnittelun että urakoiden sopimisen ja aikataulutuksen osalta peräänkuulutti jokainen haastateltu tuotantopuolen henkilö. Urakoiden välille on esimerkkihankkeissa jäänyt harmaita alueita. Lattialämmitysurakkaan kuuluu tyypillisesti eriste-/asennuslevyn, reunanauhojen ja erotuskankaan sekä itse lämmitysputkiston ja jakotukkien asennus. Urakkarajana lattialämmitysurakan ja LVI-urakan välillä on jakotukin sulkuventtiilit. Jakotukki-kaappien tai -koteloiden ja huonetermostaattien lattia-anturin suojauputkien asentaminen jää yleensä lattialämmitysurakan ulkopuolelle ja tämä voi tulla yllätyksenä työmaan henkilöstölle asennusvaiheessa, kun näille töille onkin nopeasti keksittävä tekijä. [9; 10; 11; 13.]

Myös vuodonilmaisun toteutus on jäänyt usein työmaan ratkottavaksi. Termostaattien ja jakotukkien toimilaitteiden kytkentä kuuluu tyypillisesti sähköurakkaan, mutta tässäkin on esiintynyt epäselvyyksiä, jolloin kytkentöjä on jouduttu tekemään lisätöinä. Samoin lattialämmitysverkoston toiminnan kannalta tärkeitä ilmaus- ja säätöosia on saattanut jäädä urakkarajojen ulkopuolelle ja näitä on täytynyt tilata ja asentaa lisätöinä. Haastattelujen perusteella lattialämmitysjärjestelmä tulisi nähdä yhtenä kokonaisuutena, jossa eri suunnittelualat ja urakoitsijat toimivat mahdollisimman saumattomasti yhteistyössä. Tällöin suunnittelun ja toteutuksen urakoiden välille syntyvät katkokset ja lisätöiden tarve saadaan eliminoitua. [9; 10; 11; 13.]

Lattialämmityksen toteutuksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota töiden yhteensovittamiseen ja kosteudenhallintaan. Tiheästi pidettävät urakoitsijapalaverit ja osallisten tiedonkulun varmistaminen auttavat töiden yhteensovittamisessa. Lattialämmityksen toteutus tulee pilkkoa sopiviin osakokonaisuuksiin, jotka voivat olla kerrosalasta riippuen yhdestä kolmeen kerrosta kerralla. Tällöin työvaiheen logistiikka, asennustyö ja valvonta pysyvät hallittavina. [10; 11; 13.]

3.2.10 Lattialämmityksen asiakastyytyväisyys

Haastatteluissa viitattiin kahteen valmistuneeseen esimerkkikohteeseen, joista on saatu asukaspalautetta. Toisessa näistä kohteista asukaspalautte on ollut vaihtelevaa, mutta valtaosa asukkaista on tyytyväisiä. Tyytymättömyyttä on liittynyt mm. jakotukkikaapin sijaintiin kaapistossa tilaa vievänä kotelona, sekä lämmön ja viileyden kokemuksiin ja lämpötilan säädettävyyteen. Tässä esimerkkikohteessa on myös lattiaviilennys, joka on kirvoittanut palautetta. Osa asukkaista ei koe viilennyksen toimivan kesähelteillä riittävän tehokkaasti, kun osalla puolestaan on liian kylmä. Järjestelmän säädettävyyteen on toivottu parannusta. Toisessa esimerkkikohteessa ei ole lattiaviilennystä, mutta haasteita on ollut rakennuksen joidenkin osien viileydessä ja toisissa osissa ylikäynnistyksessä, ja näitä puutteita on ratkottu järjestelmän säädöllä ja tasapainotuksella. [10; 11; 13.]

Haastatteluiden perusteella yleisesti asuntomyynnin markkinointiviestinnässä tulisi panostaa siihen, että asiakkaat saavat totuudenmukaisen kuvan lattialämmitys- ja -viilennysjärjestelmän ominaisuuksista, jotta odotukset ja kokemus kohtaisivat paremmin. Myös asukaskansioihin ja käytön opastukseen tulisi panostaa enemmän, jotta asiakkaille saataisiin viestittyä lattialämmityksen ja -viilennyksen toimintaperiaate ymmärrettävästi ja tiiviisti. [10; 11; 12; 14.]

Lattialämmitys- ja viilennysratkaisuja koskien haastatteluissa tuli ilmi, että asukkaiden odotusten kannalta märkätilojen lattialämmitys olisi parempi toteuttaa sähkötoimisena mukavuuslämmityksenä kuin vesikiertoisena. Tällöin asukkailla on mahdollisuus säätää lattiaa tuntuvasti kuumemmaksi kuin mitä vesikiertoisella piirillä on mahdollista lattiaa lämmittää. Näin vältetään myös lämmitysjärjestelmän tasapainotusongelmilta, joita voi seurata, mikäli menoveden lämpötilaa joudutaan nostamaan liian viileiksi koettujen märkätilojen lattioiden lämmön nostamiseksi. Lattiaviilennyksen osalta asukkaiden odotusten kannalta parempana vaihtoehtona pidetään puhallinkonvektoreilla toteutettua viilennystä, joissa huoneiston jäähtyminen toteutetaan esimerkiksi ilmalämpöpumpulla. [10; 11; 12; 14.]

4 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset

Tutkimustulosten perusteella lattialämmityksen suunnitteluun ja toteuttamiseen liittyy suuri määrä huomioitavia seikkoja, valintoja ja riippuvuuksia. Jo aivan rakennushankkeen alkuvaiheessa tulee tunnistaa, mitä lattialämmityksen valinta hankkeen lämmitysjärjestelmäksi merkitsee hankkeen suunnittelun ja toteutuksen kannalta, ja millaisia vaatimuksia valinta asettaa hankeorganisaation toiminnalle. Voidaan todeta, että lattialämmitys on kokonaisuutena erityisen herkkä suunnittelun ja toteutuksen onnistumiselle. Koska käytännössä koko lattialämmitysjärjestelmä on integroitu rakennuksen rakenteisiin, suunnittelussa ja tuotannossa sattuneiden virheiden korjaaminen on jälkikäteen työlästä.

Lattialämmityksen suunnittelun tulisi alkaa aivan hankkeen alussa ensimmäisistä suunnittelukokouksista lähtien rinnakkain muun suunnittelun kanssa, jotta järjestelmän vaatimukset voidaan huomioida arkkitehti-, rakenne-, ja LVISA-suunnittelussa. Jotta tämä toteutuisi saumattomasti, tulisi lattialämmitysjärjestelmän toimittajan olla valittuna ja toimittajan oman suunnittelijan osallisena näissä suunnittelukokouksissa. Lattialämmityksen toimittajan aikainen mukaantulo hankkeeseen voidaan mahdollistaa esisopimuksilla tai vuosisopimuskumppanuudella.

Lattialämmitysjärjestelmiä toimittavien yritysten tarjoamissa ratkaisuissa on eroja. Perustasoisten lattialämmitysratkaisuiden lisäksi tarjolla on kehittyneitä taloautomaatioon integroitavia säätöjärjestelmiä ja mahdollisuus lattiaviilennykseen. Omaperusteisessa asuntotuotannossa hankeorganisaation tulisi yhdessä suunnittelijoiden ja asuntomyynnin kanssa linjata, millaisia ominaisuuksia lattialämmitysjärjestelmältä halutaan. Asukaspalautteen perusteella oleellisimpia kysymyksiä ovat lattialämmityksen säädettävyyden sekä kuivissa tiloissa että märkätiloissa, ja lattiaviilennykseen liittyvät valinnat. Tulee harkita, kannattaako märkätilojen lattialämmitys toteuttaa omalla vesikiertoisella piirillä vai käytetäänkö sähkölämmitystä. Entä riittääkö lattiaviilennys kattamaan asuntojen viilennystarpeen ja asukkaiden odotukset sellaisenaan, vai tuleeko myös ilmanvaihdon

tuloilman viilennys yhdistää lattiaviilennykseen. Kun nämä valinnat on tehty, voi yksityiskohtaisempi suunnittelu alkaa.

4.1 Suunnittelun ohjaus

Jotta asuinkerrostalohankkeen lattialämmitysjärjestelmä täyttäisi asiakkaiden ja hankeorganisaation asettamat odotukset, tulee lattialämmityksen suunnittelua ohjata aktiivisesti ensimmäisistä suunnittelukokouksista lähtien. Suunnittelukokouksissa tulee määritellä ja kirjata kaikki lattialämmitykseen vaikuttavat eri suunnittelualojen osakokonaisuudet ja riippuvuudet. Lattialämmityksen suunnittelulta on edellytettävä, että piirien suunnittelussa huomioidaan yksityiskohtaisesti rakennuksen tilojen lämpöhäviöt. Lattialämmityksen laadukas ja suunnittelualojen rajapintojen harmaat alueet minimoiva suunnittelutyö luo edellytykset onnistuneelle lämmitysjärjestelmälle.

Arkkitehti- ja rakennesuunnittelussa on huomioitava ulkoseinärakenteiden, ylä- ja alapohjien, ikkunoiden ja parvekeovien energiataloudellinen suorituskyky. Holvirakenteet tulee suunnitella lämpö- ja ääniteknisesti siten, että ne toimivat optimaalisesti yhdessä valitun lattialämmitysrakenteen kanssa, ja että lopulliset lattiakorot toteutuvat yhtenäisesti. Lattioiden pintamateriaalivaihtoehdot on määritettävä arkkitehdin ja lattialämmityssuunnittelijan kanssa yhteistyössä, jotta materiaaleiksi ei valikoidu liian eristäviä vaihtoehtoja. Pienikokoisia makuuhuoneita, joissa sänky ja huoneen muu kalustus voivat peittää lattian lähes kokonaan, tulisi lattialämmityksen yhteydessä välttää lämmönluovutusongelmien ehkäisemiseksi.

Arkkitehtisuunnittelun tilavarauksissa on huomioitava jakotukkikaappien sijainnit asunnoissa, ja näiden sijaintien tekninen soveltuvuus on varmistettava yhteistyössä LVI- ja lattialämmityssuunnittelijoiden kanssa. Tutkimustulosten perusteella sopivimmat jakotukkikaappien sijainnit ovat joko asunnon eteiskäytävällä väliseinään integroituna, tai kiinteiden kaapistojen takaseinässä asunnon koosta ja pohjaratkaisusta riippuen. Runkoputkien toteutus asuntokohtaisin nousulinjoin on suositeltavaa ja runkoputkien kytkentä jakotukkikaappeihin kannattaa

suunnitella tehtäväksi kaapin sivusta suoraviivaisen ja siistin asennuksen mahdollistamiseksi.

Lattialämmityssuunnittelu on koordinoitava LVI-, sähkö- ja automaatio suunnittelun kesken siten, että haastatteluissa ilmi tulleet, harmaalle alueelle jääneet rajapinnat tulevat huomioiduksi. LVI-suunnittelijan on koordinoitava yhdessä lattialämmityssuunnittelijan kanssa runkoputkitusten ja kiertopumppujen mitoitus, jotta lämmönjakokeskuksesta ja runkoputkista saadaan tuotettua piireille tehomitoituksen edellyttämät virtaamat. Lisäksi järjestelmän ilmattavuus on suunniteltava huolella ja mahdollinen ilmauskoneen tarve on huomioitava. Sähkö- ja automaatio suunnittelijoiden on synkronoitava suunnitelmat lattialämmityssuunnittelijan kanssa, jotta huonetermostaattien sijainnit valikoituvat oikein ja samoihin sijainteihin lattialämmitys- ja sähkösuunnitelmissa. Lämmityspiirejä ohjaavat toimilaitteet ja taloautomaation mahdollinen integrointi lattialämmitysjärjestelmään tulee varmistaa hankkeen vaatimusten mukaisesti.

Hankkeen aloitusvaiheen suunnittelukokouksissa on myös sovittava käytännöt muutostöiden hallinnalle ja tiedonkululle suunnittelijoiden välillä. Kaikki lattialämmityksen toimintaan vaikuttavat suunnitelmamuutokset tulee määritellä kirjallisesti ja sopia tiedonkulun käytännöt. Näin muutostarpeen ilmetessä muutoksen vaikutuspiiriin kuuluvat suunnittelijat saavat tiedon muutoksesta ja voivat tarkistaa sen vaikutukset alkuperäisten suunnitelmien toimivuuteen. Tutkimustulosten perusteella lattialämmityksen toimivuuden kannalta kriittisimmät suunnitelma- muutokset liittyvät lämpöhäviöihin vaikuttaviin muutoksiin, kuten ikkunoiden kokoon ja tyyppiin. Asuntojen pohjaratkaisuiden, lattiamateriaalien sekä väliseinien ja jakotukkien sijaintien muutokset tulee myös aina tarkistuttaa LVI- ja lattialämmityssuunnittelijalla.

4.2 Tuotannon suunnittelu

Tutkimustulokset vahvistavat, että rakennushankkeen tuotannon suunnittelussa lattialämmitys on huomioitava alusta alkaen. Aikataulullisesti lattialämmityksen asennus on tahdistava ja muihin sisätyövaiheen töihin suhteutettuna

pitkäkestoinen työvaihe. Tästä johtuen työnaikaisen lämmityksen tehokas toteuttaminen on erityisen tärkeää lattialämmityskohteissa, jottei rakennusaika venähdä rakenteiden kuivumisen ongelmien takia. Työnaikaisen lämmityksen toteutustapa ja tehontarve on määriteltävä hankkeen tuotannosuunnitteluvaiheessa ja tarvittava lämmityskalusto ja työnaikainen kaukolämpöliittymä on tilattava hyvissä ajoin.

Lattialämmityksen toteutukseen liittyvät urakat on rakennettava sisällöltään siten, ettei harmaita alueita jää työmaan ratkottavaksi ja kalliilta lisätoilta välttytään. Lattialämmitysurakan ulkopuolelle usein jäävät jakotukkikaappien ja huonetermostaattien lattia-antureiden suojaputkien sekä vuodonilmaisun asennus kannattaa yhdistää väliseinäurakkaan. Väliseinäurakan suunnittelussa tulee myös huomioida lattialämmitysrakenteen vaatima korkea 140 mm alaranka ja lattialämmityspotkien suojaaminen ylimääräisellä, rakenteen sisäisellä pellityksellä jakotukkikaapin kohdalla. Väliseinätöiden mahdollinen osittaminen lattialämmityksen asennusta edeltävään (rangat ja jakotukkikaapit) ja jälkeiseen vaiheeseen (levytys) on huomioitava.

Putkiurakan tarjouspyynnössä tulee huomioida lattialämmitysjärjestelmän vaatimat ilmausosat runkolinjojen päissä ja mahdollinen ilmauskone. Sähkö- ja automaatiourakassa jakotukeille asennettavien lämmityspiirien toimilaitteiden ja termostaattien kytkennän sekä taloautomaation yhdistämisen sisältyminen urakoihin tulee varmistaa. Automaatiourakan tarjouspyynnössä kannattaa myös kysyä hinta vuotovesianturien asentamisesta jakotukkikaappeihin.

4.3 Tuotanto

Lattialämmitysurakan aloituspalaveri on pidettävä hyvissä ajoin ennen urakan aloitusta, jossa sovitaan ja varmistetaan työn toteuttamisen aikataulu, töiden aloitusedellytykset, materiaalien logistiikka ja asennustyön valvonnan käytännöt.

Työnaikainen lämmitys tulee toteuttaa suunnitellusti. Työnaikaiset lämmitysratkaisut, kuten väliaikainen lämmönvaihdin ja kuumavesipuhaltimet lämmitysletkuineen tulee sijoittaa rakennukseen siten, etteivät ne sijaintinsa puolesta aiheuta jatkuvaa siirtelyn tarvetta työvaiheiden tieltä. Hälyttävät vuotovesivahdit auttavat havaitsemaan mahdolliset järjestelmän vuodot. Alapohjan, kellarin ja maanpäällisten kerrosten ulkoilmaan yhteydessä olevat aukot tulee sulkea mahdollisimman nopeasti runkotöiden edetessä lämmön karkaamisen estämiseksi. Lämpö- ja kosteusmittarit kerroksissa auttavat seuraamaan lämmityksen toimintaa ja tulkitsemaan rakenteiden kuivumisen edellytyksiä. Rakenteista sisäilmaan haihtuva kosteus on tuuletettava päivittäin rakennuksesta. Kondenssi- tai adsorptiokuivaimet auttavat kosteuden poistossa.

Kosteudenhallintaan on panostettava työmaan koko henkilöstölle jalkautetuin keinoin. Kosteudenhallinta ja rakenteiden kuivumisen mahdollistaminen on jokaisen työmaalla työskentelevän vastuulla. Runkovaiheen aikana sadevesien hallinnan käytännöt on sovittava ja vastuutettava siten, että sadevedet saadaan aina ohjattua ylimmältä holvilta hallitusti pois, ja mahdolliset alempiin kerroksiin sattuvat vuodot tilkitään ja irtovesi poistetaan vesi-imurein. Ontelolaattaholvien tapauksessa sadevesien hallinta on erityisen haastavaa, koska onteloholvirakenne päästää vettä läpi ja kerää sitä helposti itseensä. Paikallavaluholvit on helpompi tehdä sadevettä pidättäviksi työnaikaisella sadeveden ohjauksella ja aukkojen suojaamisella, jolloin alempien kerrosten kuivumisen alkaminen saadaan mahdollistettua ennen lopullisen vesikaton valmistumista.

Kuitenkin myös vesikaton valmistuttua kosteudenhallintaan on panostettava tunnistamalla vuotoriskit ja varautumalla vuotojen nopeaan torjuntaan toimintakuntoisin vesi-imurein. Lattialämmitysrakenteen ja valutöiden jälkeen asunnot on syytä pitää täysin vedettöminä alueina siten, että laastin sekoittaminen ja muut vettä vaativat työt tehdään aina asuntojen ulkopuolella. Työnaikainen vesilinja tulee rakentaa porrashuoneeseen suojaputken sisään, ja vesipisteiden alle tulee asettaa ehjä vesiastia mahdollisten vuotovesien keräämiseksi. Lisäturvaa tuo lattialle vesipisteen läheisyyteen asennettava hälyttävä vuotovesianturi.

Lattialämmitysasennusta edeltävät työvaiheet on suunniteltava ja toteutettava huolella, jotta lattialämmitysurakan aloitusedellytykset toteutuvat. Edeltäviä rakennusteknisiä työvaiheita ovat holvin osalta rakenteen riittävän kuivumisen varmistaminen, etuoikaisutyöt ja sekä lattia- että kynnyškorkojen oikeellisuuden varmistaminen. Ikkuna- ja parvekeoviasennus tulee olla tehtynä kokonaisuudessaan, eristykset ja kittaukset mukaan lukien. Kerrostaso-ovien kynnyksdetalji tulee toteuttaa siten, että lattialämmitysrakenne ja lattiapäällyste saadaan siististi kynnyksen alle asunnon puolella, ja vastaavasti porrashuoneen käytäväkoron on vastattava tätä kynnyksen toisella puolella, esteettömyysvaatimusten huomioiden.

Väliseinäasennus on järkevää jakaa lattialämmityksen asennusta edeltävään (rangat ja jakotukkikaapit) ja lattialämmityksen asennusta ja lattiavalua seuraavaan vaiheeseen (levytys). LVI- ja sähkötyöt on yhteensovitettava väliseinätöiden kanssa siten, että jakotukeille tulevat lämmitysjohtoringot ja vaadittavat sähköputkitukset ovat tehtyinä ennen jakotukkikaappien asennusta. Jakotukkikaappien ja niiden vuodonilmaisun sekä termostaattien lattia-antureiden suoja-putkien asentaminen tulee huomioida ja toteuttaa ennen lattialämmityspiirien putkistojen asennusta.

Lämmityspiirien putkiasennus tulee tehdä viimeiseksi juuri ennen valutöitä, jotta putket olisivat mahdollisimman lyhyen ajan alltiina ylikävetylle ja vaurioille. Valun aikana lämmitysputkisto tulee olla paineistettuna paineilmalla, jotta mahdolliset vuodot tulevat näkyviin. Valutöiden jälkeen väliseinätyöt tehdään valmiiksi huonetermostaattien rasia-asennus huomioiden. Vuodonilmaisuun käytettävien vuotovesiletkujen asennuksen oikeellisuus tulee varmistaa jakotukkikaapin sijainnista riippuen väliseinä- tai kalusteasentajan kanssa.

Lattialämmitystöiden valvonnan merkitystä ei voi liikaa korostaa. Valvonnan tarve voidaan jakaa rakennustekniseen ja LVI-tekniiseen valvontaan. Rakennusteknisen valvonnan kohteita ovat kosteudenhallinta yleisesti, holvin kosteusmittaukset ennen lattialämmityksen asennustöitä, eriste-/asennuslevyjen sekä reunanauhojen asentamisen laadunvalvonta, asuntojen korkomaailman

oikeellisuuden varmistaminen ja valutyön valvonta. Eristelevyjen ja reunanauhojen asennuksen ja valutyön valvonnalla varmistetaan, ettei valu tartu seinä- tai holvirakenteisiin ja ettei huoneiden nurkkiin jää koloja. Näin vältetään lämpö- ja äänitekniset ongelmat. Lämmityspiirit on myös valokuvattava ennen valua, mahdollista tulevaa putkien paikantamistarvetta varten. Lattialämmitysrakenteiden valmistuttua tulee huolehtia ja valvoa, että seiniin tai lattiaan poraamista tai kiinnittämistä ei tapahdu alueilla, joilla lattialämmityksen putkituksen kulkevat. Tämä koskee etenkin väliseinä- ja kalusteasentajia sekä listoittajaa.

LVI-tekninen valvonta käsittää runkoputkien sisäpuhtauden varmistamisen ennen jakotukkien kytkemistä, lämmityspiirien putkijaon ja jakotukkien asennuksen oikeellisuuden valvonnan ja koepaineistuksen ennen valua ja valun aikana. Myös järjestelmän käyttöönottoa tulee valvoa, jotta järjestelmän täyttö-, säätö- ja ilmaustyö tehdään järjestelmän valmistajan ja suunnittelijoiden ohjeiden mukaan. LVI-tekninen valvonta on luontevinta hankkia rakennushankkeen LVI-valvojalta.

4.4 Asuntomyynti ja -markkinointi

Asuntomyynnin tulee saada riittävät lähtötiedot jo hankkeen ennakkomyyntivaiheeseen lattialämmitysratkaisusta ja mahdollisesta lattiaviilennyksestä. Myynti- ja markkinointimateriaalin tulisi olla teknisesti täsmällistä ja selkeää, jotta asiakkaille välittyy todellisuutta vastaava kuva lattialämmityksen ja -viilennyksen ominaisuuksista ja toimintaperiaatteista.

Asuntomyynnille tulee myös selkeästi kommunikoida lattialämmityksen asettamat rajoitukset asukasmuutostöiden myynnin kannalta. Hankkeen luovutusvaiheessa asukaskansion laadintaan ja käytönopastukseen kannattaa varata resursseja, jotta taloon muuttaville asukkaille välittyy oleellinen ymmärrys ja käyttöohjeistus rakennuksen lämmitysjärjestelmästä ja muista talotekniikan järjestelmistä.

5 Pohdinta

Insinööriyön toteuttamisen aikana vahvistui käsitys, että lattialämmitysjärjestelmä on rakennushankkeen suunnittelun ja tuotannon kannalta monimutkainen, haastava ja vaikeasti hallittava kokonaisuus. Rakennushankkeille on yleisesti ominaista, että hankeorganisaatiot ovat suuria ja eri suunnittelualojen ja tuotannon henkilöstön näkemysten yhteensovittaminen on vaikeaa. Haastattelututkimus kuitenkin osoitti, että lattialämmityksen osalta vaikutti vallitsevan varsin yhtenäinen näkemys riskeistä ja hyväksi havaituista toimintatavoista.

Lattialämmityksen suunnittelussa ja toteutuksessa ei kannata oikoa ja yrittää hakea kustannuksien alas painamisella pikavoittoja, vaan suunnittelun ja toteutuksen laatuun kannattaa ladata resursseja. Haastattelututkimus vahvisti, että yleisellä tasolla lattialämmitysjärjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa voi edelleen sattua ja tapahtua, vaikka lattialämmitysjärjestelmät ovat olleet markkinoilla kolme vuosikymmentä. Etenkin suunnittelun puutteellisuus saattaa poikia hyvin vaikeasti korjattavia lämmityksen ongelmia.

YIT Suomi Oy:n käyttämät lattialämmitysjärjestelmien toimittajat ovat alansa suurimpia toimijoita, joilla komponenttien ja suunnittelun laatu on yleisesti hyvällä tasolla. Tulevien hankkeiden osalta koko hankeorganisaation suunnittelijoiden yhteistyötä ja urakkarajojen hallintaa tulee kuitenkin kehittää ja hyväksi havaitut ratkaisut tulee pyrkiä vakioimaan ja ottaa käyttöön laajemmin.

Työnaikaisen lämmityksen ja kosteudenhallinnan merkitys korostuu entisestään tulevaisuudessa, kun rakennushankkeiden rakentamisaikoja pyritään merkittävästi lyhentämään. Vaikka rakenteet on aina saatu lopulta kuiviksi, rakentamisaajan leikkaaminen edellyttää tiukkaa ja täsmällistä työnaikaisen lämmityksen ja kosteudenhallinnan suunnittelua ja toteutusta. Tällöin rakenteiden kuivuminen on saatava alkamaan heti rungon noustessa, jotta sisätyöt ja etenkin lattialämmityksen asennus voivat alkaa aiemmin.

Insinööriyön aiheena lattialämmityksen suunnittelu- ja toteutusratkaisut on hyvin laaja. Työn laajuuden hallitsemattoman paisumisen estämiseksi ja fokuksen

pitämiseksi tuotanto-organisaation näkökulmassa monia lattialämmityksen suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä asioita oli rajattava työn ulkopuolelle. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin mm. kustannusvertailut eri järjestelmätoimittajien välillä. Tällaisen vertailun tekeminen olisi jo toisen opinnäytetyön aihe sinänsä, ja viisainta tehdä jälkikäteen toteutuneiden hankkeiden toteumatiedon perusteella, jolloin myös järjestelmien toimivuus, mahdolliset käyttöönoton jälkeen ilmenneet ongelmat ja asukaspalaute voidaan huomioida vertailussa.

Tulevissa lattialämmitystä sivuavissa opinnäytetöissä tutkimuskohteena voisi olla työnaikaisen lämmityksen ja kosteudenhallinnan täsmällinen suunnittelu ja toteutus kustannusennustemalleineen. Myös asuntojen pohjaratkaisuiden vakiointia, jossa lattialämmityksenkin toteutusmalli voitaisiin laajemmin yhtenäistää, voisi tutkia ja kehittää.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää kirjallisiin lähteisiin ja haastattelututkimukseen nojaten lattialämmityksen suunnittelun ja toteuttamisen haasteita ja hyväksi todettuja ratkaisuja. Työn näkökulmana oli tuotanto-organisaation näkökulma ja kohderyhmänä siten asuinkerrostalotuotannon henkilöstö. Insinööriyön tarkoituksena on toimia tuotanto-organisaation henkilöstölle suunnattuna oppaana lattialämmityksen ominaispiirteistä kerrostalorakentamisessa, suunnittelun ja tuotannon riskeistä ja hyväksi havaituista käytännöistä. Työssä sivutaan lisäksi lattiaviilennyksen huomioimista osana lattialämmitysjärjestelmää.

Insinööriyön tutkimustulosten perusteella saatiin selvitettyä, että lattialämmityksen suurimmat suunnitteluriskit liittyvät tehontarpeen määrittämiseen ja toteutuneen lämmitystehon riittämättömyyteen. Muita riskejä ovat suunnittelualat ylittävän koordinaation puutteet ja suunnitelmamuutosten hallinta. Koordinaation ja muutosten hallinnan puutteet voivat johtaa ensin mainittuun riskiin, eli lämmitystehon riittämättömyyteen, jakotukkien teknisesti epäoptimaaliseen sijaintiin sekä yllilämpö-, säädettävyyss- ja tasapainotusongelmiin. Näiden ongelmien välttämiseksi suunnittelun ohjauksella tulee varmistaa, että lattialämmityspiirit

suunnitellaan huonekohtaisten lämpöhäviöiden mukaan ja että hankkeen suunnittelutyö etenee suunnittelualat ylittävänä yhteistyönä, jossa jakotukkien teknisesti järkevä sijainti ja lattialämmitysjärjestelmän säädettävyys huomioidaan.

Lattialämmitysjärjestelmän tuotannon suunnittelun ja toteutuksen osalta tutkimus paljasti merkittävimpien riskien liittyvän kosteudenhallintaan, töiden yhteensovittamiseen ja aikatauluttamiseen sekä urakkarajojen hallintaan ja valvonnan järjestämiseen. Tuotannon suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota lattialämmitysurakan ja siihen nivoutuvien LVISA-, väliseinä- ja kalusteurakoiden rajapintoihin sekä työnaikaiseen lämmitykseen. Lattialämmityksen asennusta edeltävät työt ja asennusmateriaalin logistiikka on järjestettävä siten, että lattialämmitys voidaan asentaa vähintään yhteen kerrokseen kerralla. Lämmitysputkistot ovat alttiina vaurioille ja lattialämmitysrakenteen alle päässyt vuotovesi aiheuttaa mittavat purku-, kuivatus-, ja korjaustyöt. Lattialämmityksen asennusvaiheen valvonta on erittäin tärkeää, jotta mahdolliset piiloon jäävät virheet huomataan ja lattialämmitysrakenne täyttää lämpö- ja äänitekniset vaatimukset.

Tutkimuksessa selvisi, että toteutuneiden kerrostalohankkeiden asiakastyytyväisyys lattialämmitykseen on pääosin hyvällä tasolla. Lattialämmityksen säädettävyyteen ja käytönopastukseen toivotaan kuitenkin parannuksia ja märkätilojen lattialämmitykseltä odotetaan sähkötoimisen mukavuuslämmityksen lämmitystehoa. Kohteissa, joissa on lisäksi lattiaviilennys, ei viilennysvaikutukselle asetettujen odotusten koeta aina täyttyvän, ja tämä tulee huomioida tulevien kohteiden suunnittelussa ja markkinointiviestinnässä.

Insinööriyön haastattelututkimuksella onnistuttiin keräämään ja yhdistelemään suuri määrä lattialämmitysjärjestelmiä tuntevien asiantuntijoiden kokemuksia ja näkemyksiä järjestelmien haasteista sekä suunnittelu- ja toteutuskäytännöistä. Tutkimus myös osoitti selkeästi, että suunnittelun ja tuotannon merkittävimmistä riskeistä vallitsee vahva konsensus. Insinööriyön lopputulos auttaa tunnistamaan lattialämmitysjärjestelmiin liittyvät riskit ja toimiviksi havaitut suunnittelu- ja toteutusratkaisut. Työ palvelee siten kohderyhmäänsä suunnittelun ohjauksessa, tuotannon suunnittelussa ja tuotannon aikana.

Lähteet

- 1 Harju, Pentti. 2014. Talotekniikan perusteet 2. Penan Tieto-Opus Ky.
- 2 Pihlajamaa, Henna. 2020. Lämmönjakojärjestelmät kerrostalotuotannossa, lattia- ja patterilämmitys. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 3 Viljanen, Jere. 2013. Vesikiertoisien lattialämmitysjärjestelmän vaikutus yleisaikatauluun. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 4 Uponor lattialämmitys ja -viilennysratkaisut kerrostaloissa. 2021. Verkkoaineisto. Uponor Oyj. <https://www.uponor.com/getmedia/89c52ac3-b220-4d7c-bf15-85e6a932dd18/uponor_llv_kasikirja?sitename=Finland&disposition=attachment&_gl=1*qqx7kv*_up*MQ..&gclid=EAIaIQobChMlv7-nh4GJ9AlVyuN3Ch3DfguHEAAYAiAAEgJAwfD_BwE>. Luettu 22.9.2021.
- 5 SFS-EN ISO 7730. Lämpöolojen ergonomia. Lämpömukavuuden analyytinen määrittäminen ja tulkinta käyttäen laskettuja PMV- ja PPD-indeksejä sekä paikallista lämpömukavuutta. 2005. Helsinki: Suomen Standardisoi-misliitto.
- 6 Warmia lattialämmitys tekninen ohje. 2016. Verkkoaineisto. <<https://warmia.fi/wp-content/uploads/2016/08/Warmia-tekninen-ohje-2016.pdf>>. Luettu 22.9.2021.
- 7 Kiiski, Ilkka. 2021. Suunnittelujohtaja, LVI-suunnittelu ja -konsultointi, Sweco Finland Oy. Teams-haastattelu. 3.11.2021.
- 8 Ylikauppila, Mika. 2021. Toimitusjohtaja, Insinööritoimisto Solvit Oy. Teams-haastattelu. 2.11.2021.
- 9 Poutiainen, Teemu. 2021. LVI-asennuspäällikkö, Caverion Industria Oy. Teams-haastattelu. 14.10.2021.
- 10 Kalliomaa, Fiia. 2021. Vastaava työnjohtaja, YIT Suomi Oy. Teams-haastattelu. 8.10.2021.
- 11 Kvist, Ingo. 2021. Työpäällikkö, YIT Suomi Oy. Teams-haastattelu. 12.10.2021.
- 12 Marttila, Jyrki. 2021. Talotekniikka-asiantuntija, YIT Suomi Oy. Teams-haastattelu. 30.11.2021.

- 13 Tölkö, Antti. 2021. Työpäällikkö, YIT Suomi Oy. Teams-haastattelu. 1.12.2021.
- 14 Heikkilä, Tero. 2021. Tekninen myyntipäällikkö, Warmia Oy. Teams-haastattelu. 2.12.2021.

Haastattelukysymykset tuotannon asiantuntijoille

1. Mitkä ovat merkittävimmät lattialämmityksen toteutuksen riskit ja ongelmat asuinkerrostalokohteessa?
2. Mitkä asiat työmaalla on huomioitava lattialämmityksellä toteutettavassa hankkeessa verrattuna patterilämmityksellä toteutettavaan hankkeeseen?
3. Voiko työmaan johto, LVI-/lattialämmitysurakoitsija sekä suunnittelijat koordinoida paremmin töiden toteutusta (urakkarajat, työmestän vapautuminen, logistiikka, aikataulu jne.)? Miten?
4. Miten lattialämmitysurakkaa valvotaan – erityisesti asuntojen lämmitysputkien suunnitelman mukainen toteuttaminen ja dokumentointi ennen valua (oikea putkijako, putkiston ja sen kiinnityksen eheys jne.)? Miten valvontaa voisi parantaa?
5. Työnaikainen lämmitys – miten tämä on järjestetty työmaalla ja mitä ongelmia tähän liittyy?

6. Miten lattialämmitysjärjestelmän suunnittelu ja tekniset ominaisuudet näyttäytyvät tuotannon näkökulmasta – onko tuotantoteknisiä näkökulmia huomioitu riittävästi?

7. Millä tavoin lattialämmitysjärjestelmiä voisi kehittää tuotannon kannalta (työmenekki, vikasietoisuus, toimintavarmuus, laatu, kustannukset)?

8. Lattialämmityksen komponenttien sijoittelu (erityisesti jakotukit) – kuinka onnistuneesti tämä toteutuu tuotannon sekä loppukäyttäjän näkökulmista?

9. Mitä ongelmia loppukäyttäjät ovat raportoineet ja miten näiden ongelmien ratkaisu on onnistunut?

10. Mikä on ollut asiakastytyväisyyden taso yleisesti lämmityksen osalta lattialämmityksellä toteutetuissa kohteissa?

Haastattelukysymykset suunnittelun asiantuntijoille

1. Mitkä ovat merkittävimmät lattialämmityksen suunnittelun riskit ja ongelmat asuinkerrostalokohteessa?
2. Kuinka aikaisessa asuinkerrostalohankkeen vaiheessa lattialämmityksen suunnittelu ja huomiointi muussa suunnittelussa tulisi alkaa?
3. Tuottaako arkkitehtisuunnittelun, asuntomyynnin ja hankkeen budjetoinnin asettamat reunaehdot (asuntojen pohjaratkaisut, kustannukset) esteitä tai ongelmia toimivan lattialämmitysjärjestelmän suunnittelulle? Jos, niin mitä?
4. Voiko arkkitehti-, rakenne- ja LVI-suunnittelua koordinoida ja vakioida paremmin toimivan ja ongelmattoman lattialämmitysratkaisun löytämiseksi? Miten?
5. Lattialämmityksen komponenttien sijoittelu (erityisesti jakotukit) – kuinka onnistuneesti tämä toteutuu lattialämmityksen suunnittelun näkökulmasta?

6. Onko lattialämmityksen jakotukkien sijoittelu kerrostaloasunnoissa vakioitavissa yhteen tai useampaan toimivaan sijaintiin asuntojen pohjaratkaisuissa?

7. Miten lämpöhäviölaskelmat ja laskelmista seuraavat lattialämmityksen lämmityspiirien putkijaot tulee toteuttaa, jotta jokainen huone lämpiää vaaditulla tavalla?

8. Miten mahdollinen lattiaviilennys tulisi huomioida lämmitysjärjestelmän suunnittelussa?