

Sini Liimatta

VESIKIERTOISEN LATTIALÄMMITYKSEN JA PERINTEISEN PATTERNILÄMMITYKSEN VERTAILU TYÖMAAN NÄKÖKULMASTA

VESIKIERTOISEN LATTIALÄMMITYKSEN JA PERINTEISEN PATTERNILÄMMITYKSEN VERTAILU TYÖMAAN NÄKÖKULMASTA

Sini Liimatta
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Sini Liimatta

Opinnäytetyön nimi: Vesikiertoisen lattialämmityksen ja perinteisen patterilämmityksen vertailu työmaan näkökulmasta

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Water Circulation Underfloor Heating compared to Traditional Radiator Heating from perspective of Construction Site

Työn ohjaaja: Vesa Pitsinki

Työn valmistusluku ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 26

Peab Oy:n rakentamiin asuinkerrostaloihin on useimmiten asennettu perinteinen patterilämmitys. Opinnäytetyössä tarkasteltavana olleeseen kerrostalokohteeseen asennettiin vesikiertoinen lattialämmitys. Tarkoituksena oli verrata lämmitysjärjestelmiä työmaan näkökulmasta ottaen huomioon asennuksen, aikataulun, logistiikan ja kustannukset.

Opinnäytetyössä kuvattiin vesikiertoisen lattialämmitysjärjestelmän ja perinteisen patterilämmitysjärjestelmän toimintaperiaatteet ja asennusvaiheet sekä selvitettiin lattialämmitykseen tarvittavat materiaalmäärät. Tutkimuksessa laskettiin myös kustannukset molempien lämmitysjärjestelmien materiaaleille sekä asennukselle. Kustannustiedot otettiin Rakennusosien kustannuksia 2020 -kirjasta, jotta ne ovat keskenään verrannollisia. Opinnäytetyössä laskettiin myös työaikamenekit molemmille järjestelmille.

Opinnäytetyössä todettiin, että molemmissa lämmitysjärjestelmissä oli työmaan näkökulmasta positiivisia ja negatiivisia puolia. Tarkastelussa kävi ilmi esimerkiksi se, että vaikka lattialämmityksen asentaminen on laskelmien mukaan nopeampaa, se vaikuttaa tahdistavasti asennustöiden jälkeen. Lisäksi työskentelyä haittaa se, että patterien asennus joudutaan tekemään suureksi osaksi nostimen tai telineen päältä. Tutkimuksessa havaittiin myös, että rakennuksen tulevien asukkaiden kannalta ajateltuna lattialämmitysjärjestelmä lisäsi asuinmukavuutta enemmän kuin patterilämmitysjärjestelmä. Lisäksi lattialämmitysjärjestelmän todettiin olevan näistä kahdesta hieman edullisempi vaihtoehto.

Opinnäytetyön aineisto saatiin Peab Oy:n sisäisistä tiedoista sekä työmaalta, kirjallisuudesta, valmistajien ohjeista sekä määräyksistä.

Asiasanat: lattialämmitys, patterilämmitys, rakennustyömaa

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Civil Engineering, Option of House Building Engineering

Author: Sini Liimatta

Title of thesis: Water Circulation Underfloor Heating compared to Traditional Radiator Heating from perspective of Construction Site

Supervisor: Vesa Pitsinki

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021

Number of pages: 26

The subject of this thesis is to compare water circulated underfloor heating to traditional radiator heating from the perspective of the construction site. The commissioner company of the thesis, Peab Oy, came up with the subject because radiator heating system has been installed to the most of previous multistorey apartment blocks that the company has built and the multistorey apartment block that is the research subject of this thesis was the first in certain area where the water circulating underfloor heating was installed. The objective of this thesis was to compare the heating systems from the perspective of the construction site considering installing, time schedule, logistics and expenses.

The thesis describes the operating principles, erection stages and the amount of material for both heating systems. In thesis also the expenses of material and installation for radiator heating and underfloor heating were counted. The expenses were received from a source book dealing with expenses of building parts so that the expenses would be comparable to each other. Also operating time consumptions for both heating systems are calculated.

In the end of the thesis was found that both heating systems have their positive and negative features from the perspective of the construction site. But when thinking from the view of the residents of the building, the underfloor heating system brings more living comfort than radiator heating system. Besides, the underfloor heating was found to be a slightly cheaper alternative.

The data of the thesis was received from the internal information of Peab and from the construction site, literature, instructions of the manufacturers and regulations.

Keywords: construction site, radiator heating, underfloor heating

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VESIKIERTOINEN LATTIALÄMMITYS	7
2.1	Lattialämmityksen asennus	8
2.2	Lattialämmityksen asennuksen määrät ja kesto	11
2.3	Lattialämmityksen kustannukset.....	14
2.4	Lattialämmityksen asennusvaiheen logistiikka	15
3	PATTERILÄMMITYS	16
3.1	Patterilämmityksen asennus.....	17
3.2	Patterilämmityksen asennuksen määrät ja kesto	18
3.3	Patterilämmityksen kustannukset	19
3.4	Patterilämmityksen asennusvaiheen logistiikka.....	20
4	LATTIALÄMMITYKSEN JA PATTERILÄMMITYKSEN VERTAILU.....	21
4.1	Lämmitysjärjestelmien asennus ja aikataulu	21
4.2	Erot lämmitysjärjestelmien logistiikassa	22
4.3	Lämmitysmuotojen kustannusvertailu.....	22
4.4	Lämmitysmuodon vaikutus rakennuksen asukkaisiin	23
5	YHTEENVETO	24
	LÄHTEET.....	26
	LIITTEET	23

1 JOHDANTO

Kun rakennusta lähdetään suunnittelemaan, täytyy valita monia asioita aina julkisivun väristä asuntojen pinta-aloihin ja pihavarusteisiin asti. Yksi tärkeimmistä asioista on kuitenkin lämmitysjärjestelmän valinta. Pitää miettiä, lämmitetäänkö rakennus esimerkiksi puulla, sähköllä tai vedellä vai asennetaanko perinteiset patterit tai kenties nykyaikainen lattialämmitys.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia vesikiertoista lattialämmitystä asuinkerrostalon uudisrakentamisessa ja verrata sitä perinteiseen patterilämmitykseen. Tutkimus on tarkoitettu suorittamaan työmaan näkökulmasta.

Työssä esitellään vesikiertoisen lattialämmityksen sekä siihen verrattavan patterilämmityksen toimintaperiaatteet ja asennusvaiheet. Lisäksi tehdään molempien lämmitysmuotojen kustannuslaskelmat sekä selvitetään työn suoritukseen kuluva aika ja logistisia asioita.

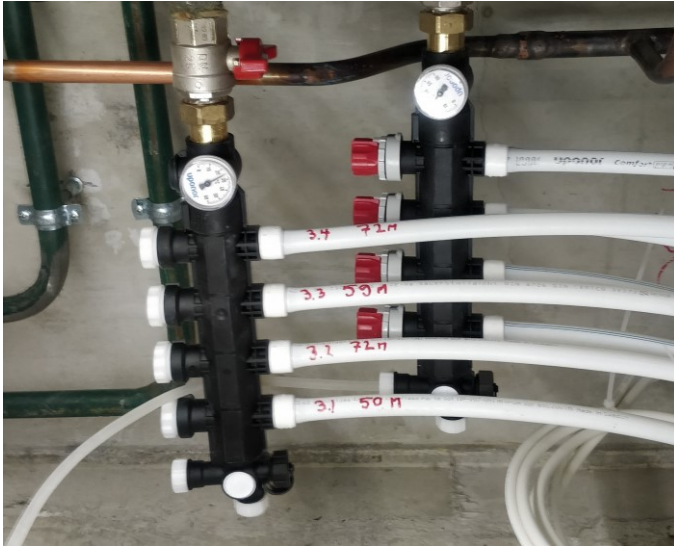
Opinnäytetyön on tilannut rakennusliike Peab Oy, jonka rakentamaan asuinkerrostaloon asennettu vesikiertoinen lattialämmitys on tutkimuskohteena. Kyseessä on viisikerroksinen asuinkerrostalo, jossa on kaksi porrashuonetta ja 79 asuntoa. Rakennus sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla.

2 VESIKIERTOINEN LATTIALÄMMITYS

Vesikeskuslämmitysjärjestelmässä rakennuksen lämpö tuotetaan yhdessä paikassa, josta se jaetaan käyttöpisteisiin väliaineen eli veden välityksellä. Nykyisin asennettavat vesikeskusjärjestelmät ovat pumppukiertoisia. Pumppukiertoisen järjestelmän osia ovat esimerkiksi kattila ja pumppu sekä lämpö- ja painemittari. Kattila on järjestelmän osa, jossa vesi lämpenee ja jonne vesi myös palaa sen jälkeen, kun se on kiertänyt järjestelmän ja lämmittänyt huoneiston. Pumppu mahdollistaa veden kiertämisen kattilasta lämmönluovuttimelle ja takaisin. Lämpömittarista ja painemittarista nähdään järjestelmässä kiertävän veden lämpötila ja paine. (1, s.112–113.) Lisäksi järjestelmässä on myös erilaisia säätö- ja sulkuventtiileitä sekä toimilaitteita edellä mainittujen pääkomponenttien lisäksi (2).

Vesikiertoisen lattialämmityksen lämmitystapa perustuu pääosin lämpösäteilyyn (3, s. 5). Lattialämmityspotkissa kiertävä vesi kulkee lämmönlähteeltä kiertopumpun kautta jakotukille ja jakotukilta huoneistoihin. Jakotukin toinen puoli on meno- ja toinen puoli tuloputkien liittämistä varten eli kyseessä on 2-putkinen järjestelmä, jossa jäähtynyt vesi palaa tuloputkea pitkin takaisin lämmönlähteelle (kuva 1). Huoneistossa lattialämmityspotket johtavat lämpöä lattiamateriaalin läpi huoneilmaan ja lämmittävät asuntoa alhaaltapäin. (2.) Lattialämmityksen voidaan sanoa olevan fysiologisesti jopa ihanteellinen lämmitysmuoto, koska siinä lämmön jakautuminen on vedotonta ja tasaista (1, s.157).

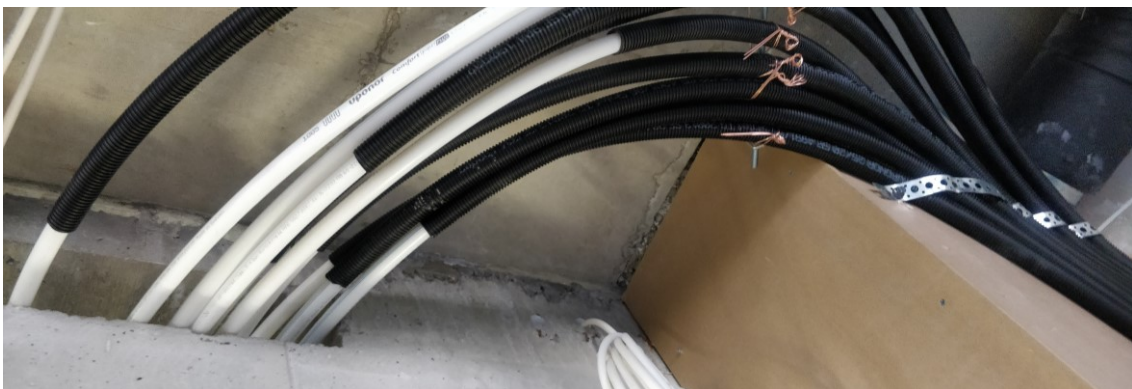
Tutkimuskohteena olevan asuinrakennuksen vesikiertoinen lattialämmitys toteutettiin jatkotukkijärjestelmällä, jossa lattiassa kiertävät putket liitetään jakotukin kautta lämmitysverkostoon. Tutkimuksessa esiintyvään asuinkerrostaloon asennettiin Uponor Comfort Pipe PLUS 17 x 2,0 millimetrin lattialämmityspotket, jotka ovat osa Uponor Comfort -lattialämmitysjärjestelmää.



KUVA 1. Jakotukit meno- ja tuloputkille

2.1 Lattialämmityksen asennus

Tutkimuskohteena olevan asuinkerrostalon kellarikerroksessa olevasta lämmönjakohuoneesta kuljetettiin putkilinjat ylöspäin järjestyksessä joka kerrokseen. Putket tuotiin holveista läpi jokaisen kerroksen käytävään, jonne asennettiin jakotukit kunkin huoneiston ulko-oven kohdalle avattavan alakaton yläpuolelle. Jakotukeilta putket kuljetettiin käytävältä huoneistoihin jokaisen huoneiston oviaukon yläpuolella olevasta reiästä (kuva 2).



KUVA 2. Putkien läpivienti käytävältä huoneistoon

Kun putket oli tuotu huoneiston puolelle, ne kuljetettiin seinän viertä alas lattialle (kuva 3).

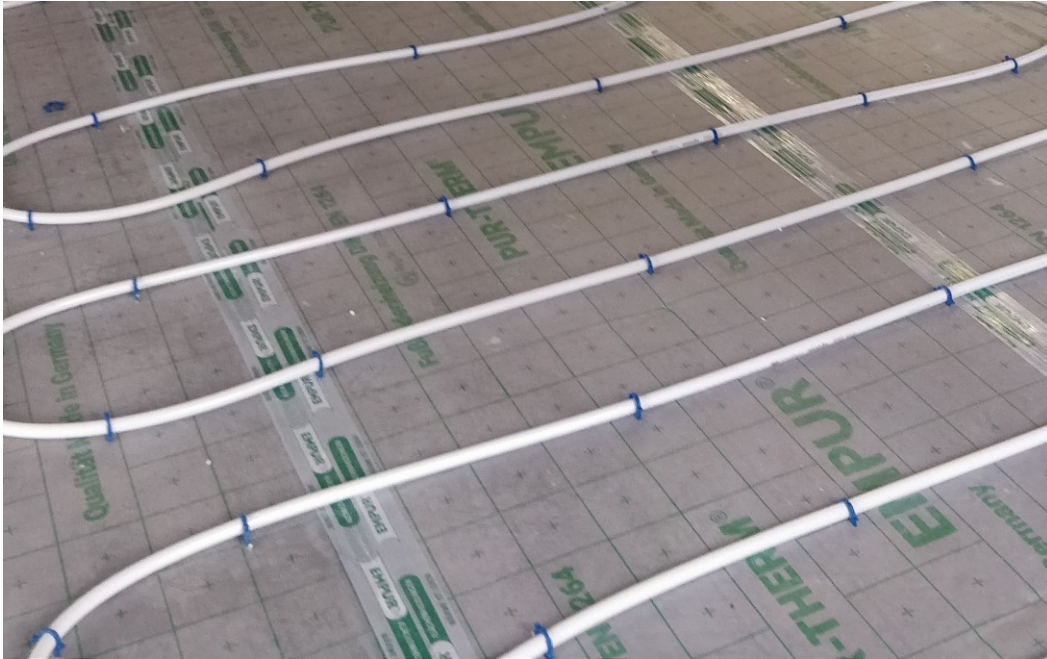


KUVA 3. Putkien reitti huoneiston lattialle

Vesikiertoinen lattialämmitys on mahdollista asentaa eri tavoilla riippuen siitä, minkälainen rakenne rakennettavassa kohteessa on. Tutkimuskohteena olevassa kerrostalokohteessa rakennusliike asensi Empurin Pur-Therm-polyuretaanieristeet ja solumuoviset irrotuskaistat huoneistoihin, ensimmäisessä kerroksessa maanvaraisen laatan ja ylemmissä kerroksissa ontelolaattojen päälle.

Tässä vaiheessa rakennuksen vaippa oli jo ummessa eli runko pystytetty, vesikatto päällä ja ikkunat asennettuna, jotta huoneistoihin olisi mahdollista tehdä pintavalut lattialämmitysputkien asennuksen jälkeen. Kun eristeet olivat paikoillaan, niihin merkittiin tulevien väliseinien paikat, joiden kohdalle putkia ei asennettu, koska väliseinärangat täytyi kiinnittää pintavaluun. Jos putket olisivat kulkeneet väliseinien kohdalla niihin olisi voinut tulla vaurioita, kun rankoja kiinnitetään.

Tämän jälkeen LVI-urakoitsija pääsi asentamaan lattialämmitysputkia huoneistoihin. Putket kiinnitettiin putkipidikelistoilla eristyksen päälle (kuva 4). Putkipidikelistat niputettiin peräkkäin nauhaksi niiden kiinnitykseen tarkoitettuun työkaluun, sijoitettiin poikittain lämmitysputkiin nähden ja listojen väkäset painettiin eristeeseen niin, että lämmitysputket jäivät putkipidikelistojen sisälle. (4, s. 6.)



KUVA 4. Lattialämmitysputkien kiinnitys

Kylpyhuoneissa, joihin ei asennettu polyuretaanieristeitä vaan ontelolaatan päälle asennettiin suodatinkangas ja sen päälle raudoitukset, lattialämmitysputket kiinnitettiin surrilangalla suoraan kiinni harjateräsverkkoihin (kuva 5).



KUVA 5. Lattialämmitysputkien kiinnitys kylpyhuoneen kohdalla

Tutkimuskohteena olevassa asuinkerrostalossa oli 79 asuntoa, joista pienimmät olivat 25,5 neliömetrin ja suurimmat 69,5 neliömetrin kokoisia. Jokainen asunto oli jaettu erillisiin putkipiireihin.

Vähimmillään putkipiirejä asennettiin 3 ja enimmillään 7 asuntoa kohden. Putkipiirien asennussuunta on riippuvainen rakennettavan kohteen lattiarakenteesta ja kohteeseen tulevasta lattiapäällysteestä. Piirin menoputken asennus aloitetaan yleensä ulkoseinän vierestä ja putkipiiri vedetään rivi kerrallaan edestakaisin huoneiston sisäseiniä kohti (kuva 6). Tutkimuskohteeseen asennetuilla 17x2 millimetrin kokoisilla putkilla putkipiirin pituus on yleensä kolmestakymmenestä kahdeksaan kymmeneen metriin. (4, s. 3.)



KUVA 6. Huoneiston putkipiirejä

2.2 Lattialämmityksen asennuksen määrät ja kesto

Työmaan näkökulmasta ajatellen se, kuinka työläs mikäkin työvaihe on ja kuinka kauan työvaihe kestää, on yksi kriittisimpiä asioita työmaan aikataulun kannalta. Taulukossa 1 on esitetty, kuinka monta putkipiiriä kuhunkin asuntoon asennettiin ja kuinka pitkiä ne olivat. A-rappuun asennettiin yhteensä 8 511 metriä lattialämmitysputkea ja enimmillään putkipiirejä oli 6 kappaletta huoneistoa kohti.

TAULUKKO 1. Putkipiirien määrät asunnoittain, A-rappu

ASUNTO	PUTKIPIIREJÄ	PIIRIN 1 PITUUS	PIIRIN 2 PITUUS	PIIRIN 3 PITUUS	PIIRIN 4 PITUUS	PIIRIN 5 PITUUS	PIIRIN 6 PITUUS	putkea yhteensä metriä/asunto	putkea yhteensä metriä/kerros
1	5	56	74	56	64	62		312	
2	4	56	74	78	70			278	
3	4	54	79	62	77			163	
4	3	34	72	57				163	
5	4	52	67	59	54			232	
6	4	65	49	69	45			228	
7	3	67	50	45				162	1538
8	5	56	74	56	64	62		312	
9	4	70	74	78	70			292	
10	3	34	72	57				163	
11	3	34	72	57				163	
12	3	34	72	57				163	
13	4	52	67	59	54			232	
14	4	65	49	69	45			228	
15	3	67	50	45				162	1715
16	5	57	75	56	64	62		314	
17	4	71	74	79	71			295	
18	3	34	72	57				163	
19	3	34	72	57				163	
20	3	34	72	57				163	
21	4	52	67	59	54			232	
22	4	65	50	70	46			231	
23	3	67	51	46				164	1725
24	5	57	76	70	51	56		310	
25	4	70	74	80	72			296	
26	3	34	71	57				162	
27	3	34	71	57				162	
28	3	34	71	57				162	
29	4	52	67	59	54			232	
30	4	65	50	71	46			232	
31	3	66	52	46				164	1720
32	6	57	67	61	68	51	58	362	
33	4	70	82	80	72			304	
34	3	34	70	67				171	
35	3	34	70	67				171	
36	3	34	70	67				171	
37	4	52	67	60	54			233	
38	4	65	50	76	46			237	
39	3	66	52	46				164	1813
Yhteensä metriä/rappu									8511

Taulukossa 2 on esitetty lattialämmitysputkien ja huoneistojen putkipiirien määrä B-rapussa, johon asennettiin yhteensä 9 697 metriä lattialämmitysputkea. Kerrostalon suurimmat asunnot olivat B-rapussa, joten putkipiirejä on enimmillään 7 kappaletta huoneistoa kohden.

TAULUKKO 2. Putkipiirien määrät asunnoittain, B-rappu

B RAPPU	PUTKIPIIREJÄ	PIIRIN 1 PITUUS	PIIRIN 2 PITUUS	PIIRIN 3 PITUUS	PIIRIN 4 PITUUS	PIIRIN 5 PITUUS	PIIRIN 6 PITUUS	PIIRIN 7 PITUUS	putkea yhteensä metriä/asunto	putkea yhteensä metriä/kerros
1	3	65	49	39					153	
2	4	65	49	69	39				222	
3	4	52	67	59	54				232	
4	4	40	61	54	68				223	
5	3	34	72	57					163	
6	3	39	64	63					166	
7	7	68	60	65	67	68	64	77	469	
8	5	50	55	59	60	41			265	1893
9	3	65	49	39					153	
10	4	65	49	69	39				222	
11	4	52	67	59	54				232	
12	4	58	82	68	68				276	
13	3	34	72	57					163	
14	3	39	64	63					166	
15	7	68	60	65	67	68	64	77	469	
16	5	50	55	59	60	41			265	1946
17	3	65	50	39					154	
18	4	65	50	70	39				224	
19	4	52	67	59	54				232	
20	4	59	81	67	67				274	
21	3	34	72	57					163	
22	3	39	64	63					166	
23	7	68	60	65	67	68	64	77	469	
24	5	51	55	59	60	42			267	1949
25	3	65	51	41					157	
26	4	65	50	71	41				227	
27	4	52	67	59	54				232	
28	4	60	81	66	68				275	
29	3	34	71	57					162	
30	3	38	62	62					162	
31	7	68	60	65	67	68	64	77	469	
32	5	50	55	60	62	42			269	1953
33	3	65	51	41					157	
34	4	65	50	76	41				232	
35	4	52	67	60	54				218	
36	4	60	81	66	68				275	
37	3	34	71	57					162	
38	3	38	62	62					162	
39	7	68	66	68	67	68	64	77	478	
40	5	50	55	59	66	42			272	1956
Yhteensä metriä/rappu										9697

Koko rakennukseen asennettiin yhteensä 18 208 metriä lämmitysputkea. Asennusaika laskettiin tutkimuskohteesta saatujen tietojen ja Rakennusosien kustannuksia 2020 -kirjan mukaan, jotta saataisiin vertailukelpoiset tulokset tutkimuskohteen mukaiseen kuvitteelliseen patteriasennukseen. Asennusaika laskettiin työntekijätunteina huoneiston bruttoneliötä kohti, koska lattialämmitysputkia ei asennettu rakennuksen käytävälle tai muihin tiloihin vaan ainoastaan asuinhuoneistoihin. Bruttoneliöt laskettiin todellisen rakennuksen pohjapiirustuksista. Näillä asennusmäärillä ja kahden rakennusmiehen asennusryhmällä Rakennusosien kustannuksia 2020 -kirjan mukaan tutkimuskohteeseen menisi 299,2 työntekijätuntia (tth) eli 37,4 työvuorua. Aikaan ei ole laskettu mukaan tarvikkeiden tai materiaalien siirtoja.

TAULUKKO 3. Lattialämmityspotkien työmenekki

VESIKIERTOINEN LATTIALÄMMITYS							
A RAPPU	m ²	0,20 tth/brm ²		B RAPPU	m ²	0,20 tth/brm ²	
ASUNTO	PINTA-ALA	TTH 1 RAM	TTH 2RAM	ASUNTO	PINTA-ALA	TTH 1RAM	TTH 2RAM
1	50,5	10,1	5,05	1	24,5	4,9	2,45
2	46	9,2	4,6	2	36	7,2	3,6
3	51,5	10,3	5,15	3	38,5	7,7	3,85
4	30	6	3	4	36	7,2	3,6
5	38,5	7,7	3,85	5	30	6	3
6	36,5	7,3	3,65	6	30	6	3
7	25,5	5,1	2,55	7	69,5	13,9	6,95
8	50,5	10,1	5,05	8	41	8,2	4,1
9	46	9,2	4,6	9	24,5	4,9	2,45
10	30	6	3	10	36	7,2	3,6
11	30	6	3	11	38,5	7,7	3,85
12	30	6	3	12	45,5	9,1	4,55
13	38,5	7,7	3,85	13	30	6	3
14	36,5	7,3	3,65	14	30	6	3
15	25,5	5,1	2,55	15	69,5	13,9	6,95
16	50,5	10,1	5,05	16	41	8,2	4,1
17	46	9,2	4,6	17	24,5	4,9	2,45
18	30	6	3	18	36	7,2	3,6
19	30	6	3	19	38,5	7,7	3,85
20	30	6	3	20	45,5	9,1	4,55
21	38,5	7,7	3,85	21	30	6	3
22	36,5	7,3	3,65	22	30	6	3
23	25,5	5,1	2,55	23	69,5	13,9	6,95
24	50,5	10,1	5,05	24	41	8,2	4,1
25	46	9,2	4,6	25	24,5	4,9	2,45
26	30	6	3	26	36	7,2	3,6
27	30	6	3	27	38,5	7,7	3,85
28	30	6	3	28	45,5	9,1	4,55
29	38,5	7,7	3,85	29	30	6	3
30	36,5	7,3	3,65	30	30	6	3
31	25,5	5,1	2,55	31	69,5	13,9	6,95
32	50,5	10,1	5,05	32	41	8,2	4,1
33	46	9,2	4,6	33	24,5	4,9	2,45
34	30	6	3	34	36	7,2	3,6
35	30	6	3	35	38,5	7,7	3,85
36	30	6	3	36	45,5	9,1	4,55
37	38,5	7,7	3,85	37	30	6	3
38	36,5	7,3	3,65	38	30	6	3
39	25,5	5,1	2,55	39	69,5	13,9	6,95
				40	41	8,2	4,1
yhhteensä	1426,5	285,3	142,65	yhhteensä	1565,5	313,1	156,55

2.3 Lattialämmityksen kustannukset

Rakennusosien kustannuksia 2020 -kirjan mukaan lasketut kustannukset vesikiertoiselle lattialämmitykselle koostuvat työstä ja materiaalista. Kustannukset laskettiin bruttoneliötä kohden ja niissä arvonlisävero on 0 %. Kirjan mukaan työn hinta bruttoneliölle olisi 6,59 € ja yhteensä työ- ja materiaalikustannus on 22,27 € bruttoneliölle ja näin ollen materiaalin hinta olisi 15,68 € bruttoneliölle. Taulukossa numero 4 on esitetty yhteenlasketut kustannukset kummallekin rapulle erikseen sekä koko rakennukselle yhteensä.

TAULUKKO 4. Vesikiertoisen lattialämmityksen kustannukset asennukselle ja materiaaleille

	Bruttoneliöt	Työ 6,59 € /brm ²	Materiaali 15,68 € /brm ²	Yhteensä työ ja materiaali
A-rappu	1426,5 brm ²	9400,64 €	22 367,52 €	31 768,16 €
B-rappu	1565,5 brm ²	10 316,65 €	24 547,04 €	34 863,69 €
Yhteensä	2992 brm ²	19 717,29 €	46 941,56 €	66 631,85 €

2.4 Lattialämmityksen asennusvaiheen logistiikka

Tutkimuskohteeseen toimitetut lattialämmitysputket oli pakattu kiepille 640 metrin paketteihin. Putket ovat logistisesti hyviä käsitellä, koska ne ovat suhteellisen kevyitä määräänsä nähden, 640 metrin kieppi lattialämmitysputkea painaa noin 70 kiloa. Putkikiepin halkaisija on noin metrin ja kieppi asetettiin vain sitä hieman suurempaan pyörivään putken purkutelineeseen, joka sijoitettiin rakennuksen käytävälle, kun putkia asennettiin huoneistoihin. (5.) Tutkimuskohteessa käytävät olivat sen verran leveät, että telineen ollessa käytävällä sen vierestä mahtui kulkemaan, mutta ahtaammissa tiloissa putkikiepin koko voi mahdollisesti tuottaa ongelmia.

Logistiikkaan liittyy myös se, että ennen kuin lattialämmitysputkia voidaan alkaa asentamaan huoneistoihin, huoneistojen täytyy olla täysin tyhjiä muusta tavarasta, jotta lattiaeristykset ja lämmitysputket on mahdollista asentaa. Tämä tuottaa rakennusliikkeelle mahdollisesti hieman lisätyötä, kun kaikki edellisestä rakennusvaiheesta jääneet tavarat, materiaalit ja työkalut täytyy siirtää muualle, jossa ne eivät ole lattialämmitysputkien asennuksen tiellä.

3 PATTERILÄMMITYS

Patterilämmitysjärjestelmässä patterit sijoitetaan yleensä ikkunan alapuolelle, huoneen kylmälle seinälle. Asennus määräytyy ikkunan koon mukaan tai ainakin ikkunaan nähden symmetrisesti. Yleisin patterijärjestelmässä käytetty lämmönluovutin on levyradiaattori. Radiaattoreiden runko on valmistettu kylmävalssatusta teräslevystä sitä puristamalla ja hitsaamalla. Radiaattorit ovat myös ulkomuodoltaan poimutettuja, minkä vuoksi niihin saadaan lisää lämmönluovutuspintaa (kuva 7). Jos lämmönluovutusta halutaan suurentaa, pattereita voidaan tehdä yksilevyisten lisäksi myös kaksi- tai kolmilevyisiksi. (1, s.103–104.) Patterilämmitysjärjestelmän varusteina ovat esimerkiksi menoputken patteriventtiili ja paluuputken sulkuliitin sekä ilmaruuvi ja umpitulppa. Näistä yksi tärkeimmistä on patteriventtiili, joka on yleensä termostaattiventtiili. Sen tehtävänä on säätää vesivirtaa patterin läpi huoneen lämpötilan ohjaamana. (1, s. 103.)



KUVA 7. Esimerkkikuva levyradiaattorista

Tässä opinnäytetyössä vertailulämmitysmuotona vesikiertoiselle lattialämmitykselle oli perinteinen patterilämmitys. Esimerkkinä käytettiin vesikiertoista radiaattoria. Radiaattorien lämmityspeeriaate perustuu konvektioon ja lämpösäteilyyn. Konvektiossa lämmönlähde lämmittää sitä ympäröivää ilmaa ja lämmin ilma liikkueessaan lämmittää huoneistoa. (3, s. 5.) Patterijärjestelmä on mahdollista toteuttaa 1- tai 2-putkisena. 1-putkijärjestelmää kutsutaan sarjakytkenäksi, järjestelmässä on yksi yhteinen runkoputki, joka toimii samalla kertaa meno- ja paluuputkena. 2-putkisessa järjestelmässä jokaiseen patteriin on liitetty oma meno- ja tuloputki, jota kutsutaan rinnakkain kytkemiseksi. (2.) 2-putkinen järjestelmä toteutetaan yleensä jakotukeilla, ja tämä järjestelmä onkin yleisin kerrostalo-kohteissa (6, s.123).

3.1 Patterilämmityksen asennus

Koska vertailulämmitysmuotona oleva patterilämmitys on kuvitteellinen samanlaiseen asuinkerrostaloon, opinnäytetyössä tarkasteltavaksi asennusmuodoksi valittiin lattialämmityksessäkin oleva jakotukijärjestelmä. Pattereiden asennus aloitetaan yleensä rakennuksen pohjakerroksista ja etenee siitä järjestyksessä ylöspäin käyttöpisteisiin.

Patterien runkojohtojen asennus voidaan aloittaa sitten, kun alimman ja sitä seuraavan kerroksen holvit ovat valmiit, jotta runkojohdot voidaan kannakoida paikalleen. Myös holvien lävistysten täytyy olla auki, jotta putket saadaan vietyä läpi ylempään kerrokseen. Tämän jälkeen voidaan asentaa nousujohtot, jotka nimensä mukaisesti nousevat kerroksesta toiseen. Ennen tätä vaihetta holvien lävistysten lisäksi myös väliseinälinjojen ja lattiakorkojen pitäisi olla merkittynä. Seuraavana asennetaan jako- sekä kytkentäjohtot. Tässä vaiheessa ylemmissä kerroksissa täytyy lävistysten olla auki, jotta on mahdollisuus kannakoida putket paikoilleen. Lisäksi, riippuen asennustavasta, joko kiinnitysmahdollisuus kevyissä väliseinissä, väliseinien uppoasennuksissa levytys vain toisella puolella seinää tai mahdollisissa pinta-asennuksissa pintarakenteet valmiina putkien kiinnitystä varten. (7, s.3.)

Patteriputkien materiaalina voidaan käyttää esimerkiksi mustaa teräsputkea, kupariputkea tai teräsputkea, mutta kaikkia näitä yhdistää se, että materiaaliin tehtävät liitokset on tehtävä hitsaamalla (1, s.110). Lisäksi suuri osa asennustyöstä täytyy tehdä nostimen tai telineen päältä, koska valta-osa putkista kannakoidaan ylös rakennuksen seiniin ja huoneistojen kattoihin.

Viimeisenä vaiheena patterien asennuksessa onkin itse lämmityspattereiden kytkentä, joka edellyttää, että seinissä on tarvittavat kiinnitysvaraukset valmiina sekä lämmittimien taustat on maalattu (7, s.3). Ennen patterien asennusta paikalleen täytyy selvittää patterin tarkka sijainti lattiaan, ikkunaan, seiniin, putkiin tai muihin rakenteisiin nähden. Patterien kiinnitys tehdään kyseiselle patterityypille valmistetuilla kannakkeilla. Saman huonetilan sisällä olevat patterit asennetaan samalle korkeudelle ja samalla tavalla, jotta asennustapa olisi mahdollisimman yhtenäinen. Asennuskorkeuden tulisi olla 100–150 millimetriä lattiasta, jolloin pölynimurin suulakkeen on mahdollista mahtua patterin alle. Yleensä jokaiseen huoneeseen asennetaan oma patteri. Poikkeuksena voi olla huoneiston tai rakennuksen keskellä oleva ulkoseinätön huone, esimerkiksi WC tai vaatehuone, mutta esimerkiksi saunassa ja märkätiloissa patteria tarvitaan, jotta ne kuivuvat nopeammin. (1, s.109.)

3.2 Patterilämmityksen asennuksen määrät ja kesto

Lämmityspattereiden asennuksen määrän ja keston laskuissa käytettiin samaa periaatetta kuin vesikiertoiselle lattialämmitykselle, jotta saataisiin mahdollisimman vertailukelpoiset tulokset. Määrät ja kesto saatiin Rakennusosien kustannuksia 2020 -kirjasta, jossa ne lasketaan bruttoneliötä kohti. Bruttoneliöiden määränä käytettiin samoja todellisen rakennuksen pohjapiirustuksen bruttoneliöitä ja asennus laskettiin samalla tavalla kahden rakennusmiehen työryhmällä. Tällä laskumenetelmällä pattereiden asennukseen menisi 418,88 työntekijätuntia eli 52,36 työvuoroa.

TAULUKKO 5. Työmenekki patterien asennukselle

VESIKIERTOINEN PATERILÄMMITYS							
A RAPPU	m ²	0,28 tth/brm ²		B RAPPU	m ²	0,28tth/brm ²	
ASUNTO	PINTA-ALA	TTH 1RAM	TTH 2RAM	ASUNTO	PINTA-ALA	TTH 1RAM	TTH 2RAM
1	50,5	14,14	7,07	1	24,5	6,86	3,43
2	46	12,88	6,44	2	36	10,08	5,04
3	51,5	14,42	7,21	3	38,5	10,78	5,39
4	30	8,4	4,2	4	36	10,08	5,04
5	38,5	10,78	5,39	5	30	8,4	4,2
6	36,5	10,22	5,11	6	30	8,4	4,2
7	25,5	7,14	3,57	7	69,5	19,46	9,73
8	50,5	14,14	7,07	8	41	11,48	5,74
9	46	12,88	6,44	9	24,5	6,86	3,43
10	30	8,4	4,2	10	36	10,08	5,04
11	30	8,4	4,2	11	38,5	10,78	5,39
12	30	8,4	4,2	12	45,5	12,74	6,37
13	38,5	10,78	5,39	13	30	8,4	4,2
14	36,5	10,22	5,11	14	30	8,4	4,2
15	25,5	7,14	3,57	15	69,5	19,46	9,73
16	50,5	14,14	7,07	16	41	11,48	5,74
17	46	12,88	6,44	17	24,5	6,86	3,43
18	30	8,4	4,2	18	36	10,08	5,04
19	30	8,4	4,2	19	38,5	10,78	5,39
20	30	8,4	4,2	20	45,5	12,74	6,37
21	38,5	10,78	5,39	21	30	8,4	4,2
22	36,5	10,22	5,11	22	30	8,4	4,2
23	25,5	7,14	3,57	23	69,5	19,46	9,73
24	50,5	14,14	7,07	24	41	11,48	5,74
25	46	12,88	6,44	25	24,5	6,86	3,43
26	30	8,4	4,2	26	36	10,08	5,04
27	30	8,4	4,2	27	38,5	10,78	5,39
28	30	8,4	4,2	28	45,5	12,74	6,37
29	38,5	10,78	5,39	29	30	8,4	4,2
30	36,5	10,22	5,11	30	30	8,4	4,2
31	25,5	7,14	3,57	31	69,5	19,46	9,73
32	50,5	14,14	7,07	32	41	11,48	5,74
33	46	12,88	6,44	33	24,5	6,86	3,43
34	30	8,4	4,2	34	36	10,08	5,04
35	30	8,4	4,2	35	38,5	10,78	5,39
36	30	8,4	4,2	36	45,5	12,74	6,37
37	38,5	10,78	5,39	37	30	8,4	4,2
38	36,5	10,22	5,11	38	30	8,4	4,2
39	25,5	7,14	3,57	39	69,5	19,46	9,73
				40	41	11,48	5,74
Yhteensä	1426,5	399,42	199,71	Yhteensä	1565,5	438,34	219,17

3.3 Patterilämmityksen kustannukset

Patterilämmityksen kustannukset on laskettu Rakennusosien kustannuksia 2020 -kirjan mukaan. Kustannukset koostuvat työstä ja materiaalista bruttoneliölle ja kaikissa hinnoissa arvonlisävero on 0 %. Kirjan mukaan työn hinta on 9,21 €, materiaalin 18,54 €, joten yhteensä työ- ja materiaalikustannus olisi 27,75 € bruttoneliölle. Taulukossa 6 on esitetty yhteenlasketut määrät rapuille ja koko rakennukselle.

TAULUKKO 6 Patterilämmityksen kustannukset asennukselle ja materiaaleille

	Bruttoneliöt	Työ 9,21 € /brm ²	Materiaali 18,54 € /brm ²	Yhteensä työ ja materiaali
A-Rappu	1426,5 brm ²	13 138,07 €	26 447,31 €	39 585,38 €
B-Rappu	1565,5 brm ²	14 418,26 €	29 024,37 €	43 442,63 €
Yhteensä	2992 brm ²	27 556,33 €	55 471,68 €	83 028,01 €

3.4 Patterilämmityksen asennusvaiheen logistiikka

Logistisesti patterit ovat hyviä varastoida litteän muotonsa ansiosta eli niiden pakkaaminen ja siirtely esimerkiksi kuormalavojen päällä on kätevää silloin, kun käytössä on esimerkiksi kurottaja tai pumppukärret. Pattereita on paljon eri kokoisia ja yleensä niiden koko valitaan rakennukseen tulevien ikkunoiden mukaan, koska ne pääasiassa asennetaan ikkunoiden alapuolelle. Negatiivisena puolena on kuitenkin pattereiden paino, esimerkiksi Purmo Compact C22 lämpöpatteri, joka on 610 millimetriä korkea, 1 410 millimetriä leveä ja 110 millimetriä syvä, painaa 46,8 kiloa (8).

Ennen patterien asennusta ei tarvitse logistisesti tehdä paljon muita toimenpiteitä tai ylimääräisiä järjestelyitä kuin siirtää patterit ja muut asennukseen tarvittavat materiaalit ja työkalut asennuspaikalle. Patterien asennusvaihe ei ole niin tilaa vievää, että se estäisi samassa huoneistossa mahdollisesti samanaikaisesti tapahtuvia muita asennustöitä.

4 LATTIALÄMMITYKSEN JA PATTERILÄMMITYKSEN VERTAILU

Luvuissa 4.1–4.4 vertaillaan vesikiertoisen lattialämmityksen ja perinteisen patterilämmityksen asennusta, aikataulua, logistiikkaa sekä kustannuksia. Vertailuun on otettu myös mukaan asuin-kerrostalon asukkaiden näkökulma.

4.1 Lämmitysjärjestelmien asennus ja aikataulu

Työmaan näkökulmasta mahdollisesti suurin ero vesikiertoisen lattialämmityksen ja vesikiertoisen patterilämmityksen asennuksessa on työjärjestys eli se, missä vaiheessa asennustyöt päästään työmaalla aloittamaan. Patterien asennus pystytään aloittamaan paljon aikaisemmin, jo runkovaiheessa, kun taas lattialämmityksen työn aloituksen aikaan pitäisi vaipan olla jo lähes ummessa tai ainakin niin, että lämpö saadaan pysymään rakennuksessa lattialämmitystä seuraavia lattioiden pintavaluja varten. Tässä suhteessa lattialämmitys on myös tahdistavampi työvaihe kuin patterien asennus, koska pintavalujen aloitus ja aikataulu ovat riippuvaisia lattialämmityksen asennuksesta.

Kun verrataan Rakennusosien kustannuksia 2020 -kirjasta saatuja työaikamenekkejä, lattialämmityksen asennukseen kuluu kahden asentajan työryhmällä 299,2 työntekijätuntia eli 37,4 työvuoroa ja patterien asennukseen 418,88 työntekijätuntia eli 52,36 työvuoroa. Lattialämmityksen asennus olisi siis 119,68 työntekijätuntia eli 14,96 työvuoroa vähemmän. Eroa selittää esimerkiksi se, että patterien putket ovat metallia ja niiden asennus on hitaampaa, koska liitokset tehdään hitsaamalla ja suuri osa putkista kulkee kannakoituna katoissa ja seinissä eli asentaja joutuu tekemään työtä nostimen tai telineen päältä. Muovisten lattialämmityspotkien asentaminen taas tapahtuu pääasiassa lattiatasossa, eikä niitä tarvitse hitsata yhteen, vaan piirit pyritään tekemään yhdestä putkilinjasta ilman liitoksia.

Vaikka laskelmien perusteella lattialämmityspotkien asennus on nopeampaa kuin patterien asennus, se vaikuttaa aikatauluun hidastavasti asennustyön jälkeen. Kun lattialämmityspotket on asennettu ja pintavalut on saatu tehtyä, betonin täytyy antaa kovettua tarpeeksi, jotta väliseinien asennus on mahdollista aloittaa. Myöhemmin tehtävät pintavalut vaikuttavat myös lattioiden pintamateriaalien asennukseen. Ennen kuin pintamateriaaleja voidaan asentaa, lattioiden täytyy olla tarpeeksi kuivia, mikä varmistetaan kosteusmittauksilla. Kosteusmittaukset otettiin tutkimuskohteessa

niin, että kosteusmittaaja piikkasi lattiaan tietyn syvyisen reiän, josta otetusta näytepalasta saatiin betonin suhteellisen kosteuden lukemat. Kosteusmittauksien tekemisestä aiheutuu myös riski, jota ei patterien asennuksessa ole, koska piikatessa on mahdollista osua valun sisällä kulkeviin lattia-
lämmitysputkiin.

4.2 Erot lämmitysjärjestelmien logistiikassa

Lattialämmitysputkien ja pattereiden logistiset erot tulevat eniten esille siinä vaiheessa, kun mietitään niiden siirtelyä sen jälkeen, kun ne on otettu sisälle rakennukseen. Materiaalien siirrot tapahtuvat suurista materiaalmääristä johtuen molemmissa tapauksessa todennäköisimmin kurottajalla. Molemmat, sekä putkikielit että patterit, voivat painostaan johtuen tarvita useamman työntekijän niitä siirtelemään, mutta putkikielissä on se positiivinen puoli, että yhdestä kielistä riittää mahdollisesti jopa useampaan huoneistoon toisin kuin pattereissa, joita tarvitaan jo yhteen huoneistoon useampia kappaleita ja tästä johtuen siirtelyä, nostelua ja kantamista on huomattavasti enemmän.

Metallisiin pattereihin voi myös niiden painosta johtuen syntyä sekä kuljetus- että asennusvaiheessa erilaisia kolhuja eli kosmeettisia tai toiminnallisia vaurioita. Kuitenkin molempien tapauksessa kyseisten materiaalien paino aiheuttaa myös sen, että se voi lisätä riskiä työtapaturmiin, koska raskaiden taakkojen nostoissa ja siirroissa tapahtuu joka neljäs työtapaturma vuosittain (9, s.4).

4.3 Lämmitysmuotojen kustannusvertailu

Kustannuksia tarkasteltaessa vesikiertoisen lattialämmityksen asennustyöt tulisivat olemaan koko rakennuksessa 19 717,29 € ja patterien asennustyöt tulisivat maksamaan 27 556,33 € (taulukko 4 sivulla 15; taulukko 6 sivulla 20). Tästä voidaan laskea, että lattialämmityksen asennustyöt tulisivat noin 28,4 % edullisemmaksi kuin patterien asennustyöt.

Materiaalikustannuksia vesikiertoisesta lattialämmityksestä kertyi yhteensä 46 941,56 € ja patterilämmityksestä 55 471,68 € (taulukko 4; taulukko 6). Eli patterilämmityksen materiaalikustannukset olisivat noin 18,2 % kalliimmat kuin lattialämmityksen materiaalikustannukset.

Kun tarkastellaan kokonaiskustannuksia, tulisi lattialämmityksen asentamisen kustannukseksi yhteensä 66 631,85 € ja patterien asentamisen kustannukseksi 83 028,01 € (taulukko 7). Näiden summien perusteella lattialämmityksen asentaminen tulisi noin 19,7 % edullisemmaksi kuin patterien asentaminen.

TAULUKKO 7. Kustannusten yhteenveto

	Vesikiertoinen lattialämmitys	Patterilämmitys
Työn hinta/koko rakennus	19 717,29 €	27 556,33 €
Materiaalien hinta/koko rakennus	46 941,56 €	55 471,68 €
Yhteensä	66 631,85 €	83 028,01 €

4.4 Lämmitysmuodon vaikutus rakennuksen asukkaisiin

Rakennuksen asukkaiden kannalta ajateltuna lattialämmityksessä positiivisena puolena on se, että kalustettavaa pinta-alaa on hieman enemmän, koska lattialämmitys ei vie tilaa huonekaluilta pattereiden tapaan. Pattereiden levypintaan voi myös tulla kolhuja esimerkiksi muuton aikana sekä ne voivat likaantua.

Myös puhtaanapidon voidaan kokea helpottuvan lattialämmitysjärjestelmän kanssa, koska pölyttyviä pintoja on vähemmän kuin patterijärjestelmässä. Lattialämmitys voidaan myös kokea miellyttävämpänä lämmitysmuotona, koska lämpö jakautuu tasaisemmin huoneistoon eikä niin paikallisesti kuin patterilämmityksellä tapahtuva lämmönluovutus. Tämä voi käydä konkreettisesti ilmi esimerkiksi kylpyhuoneen lattian nopeampana kuivumisena.

Lattialämmityksen negatiivisena puolena kuitenkin on se, että mahdollinen putkivuoto on vaikeampi havaita kuin patterilämmityksessä sekä pintavalun sisällä olevan putkivuodon korjaaminen on työläämpää, koska siihen on vaikeampi päästä käsiksi kuin patterilämmitysjärjestelmän osiin.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla vesikiertoista lattialämmitystä ja perinteistä patterilämmitystä työmaan näkökulmasta. Tutkimuksessa kuvattiin molempien lämmitysmuotojen asennusvaiheet yksityiskohtaisesti ja asennustapoja vertailtiin toisiinsa, samalla käytiin läpi molempiin lämmitysjärjestelmiin liittyvää logistiikkaa.

Vertailussa kävi ilmi, että logistisesti ajateltuna erot olivat suhteellisen pieniä, koska molempiin järjestelmiin tarvitaan paljon materiaalia ja suurien materiaalmäärien siirtely hoidetaan molemmissa tapauksissa pääsääntöisesti kurottajalla. Rakennuksen sisällä tapahtuvassa materiaalien siirtelyssä suurimpana erona on se, että pattereita joudutaan kantamaan enemmän, koska niitä on jo yhdessä huoneistossa useampia. Toisin kuin jo yhdellä lattialämmityspotkikiepillä saadaan mahdollisesti tehtyä useampikin huoneisto, joten tässä suhteessa lattialämmityksen kanssa työmaalla päästään hieman helpommalla.

Lisäksi tutkimuksessa laskettiin työaikamenekit ja kustannukset kummallekin lämmitysjärjestelmälle. Aikataulu- sekä kustannuslaskelmien ei kuitenkaan voida todeta olevan yhtä tarkkoja kuin ne olisivat, jos tutkimuskohteen mukaisesta patterilämmityksestä olisi ollut saatavissa todellisia tietoja. Opinnäytetyössä käytettiin molempien lämmitysjärjestelmien tapauksiin Rakennusosien kustannuksia 2020 -kirjan tietoja, jotta tulokset olisivat vertailtavissa toisiinsa. Tulokset ovat kuitenkin suuntaa antavia, koska todellisuudessa urakoitsijoilta saadut urakkahinnat vaihtelevat jokaisen kohteen mukaan. Sama suuntaa antavuus pätee myös aikatauluun, koska todellisesta patterien asennuksesta ei ollut saatavissa aikataulua vaan asennuksiin kuluva aika on pitänyt laskea molempiin lämmitysjärjestelmiin kirjasta saaduilla tiedoilla.

Kustannus- ja aikataululaskelmissa todettiin, että lattialämmityksen asentaminen tulee halvemmaksi ja on lisäksi patterilämmityksen asentamista nopeampaa. Huomioon tulee kuitenkin ottaa myös asennuksen jälkeiset mahdolliset hidastavat tekijät, kuten esimerkiksi pintavalujen kuivuminen. Lattialämmitykseen sisältyy myös enemmän riskejä kuin patterilämmitykseen, koska esimerkiksi kosteusmittauksia varten otettavia näytepaloja piikattaessa lattialämmityspotki voi vaurioitua. Tätä riskiä ei patterilämmityksessä ole, koska putket eivät kulje lattiavalujen sisällä. Työssä todettiin

myös, että mahdolliset putkivuodot on vaikeampi havaita lattialämmityksessä ja mahdolliset korjaustyöt vaativat enemmän työtä kuin patteriputkien korjaaminen, koska jo esimerkiksi lattiaa täytyy piikata isolta alueelta auki, jotta lattialämmitysputken korjaus on mahdollista.

Vaikka opinnäytetyö tehtiinkin työmaan näkökulmasta ajateltuna, oli hyvä miettiä asiaa myös rakennuksen asukkaan näkökulmasta. Tässä kohtaa lattialämmityksestä löytyi enemmän positiivisia ja asuinmukavuutta lisääviä tekijöitä kuin patterilämmityksestä, esimerkkinä mainittakoon kalustaminen ja puhtaanapidon helpottuminen sekä lämmön tasaisempi jakautuminen huoneistoon.

Tutkimuksessa ei käy suoraan ilmi, kumpi lämmitysjärjestelmästä on parempi vaihtoehto, koska siihen vaikuttaa myös se, että jokainen rakennettava kohde on erilainen. Kuitenkin lattialämmityksen edullisemmat kustannukset sekä nopeampi asennus ovat seikkoja, joilla on työmaan näkökulmasta ajatellen suuri merkitys.

LÄHTEET

- 1 Harju, Pentti 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Anjalankoski: Penan Tieto-Opus Oy.
- 2 Jäävirta, Tomi 2020. TF00BN81 LVISA-perusosaaminen 3 op. Verkkokurssin materiaalit keväällä 2020. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
- 3 Oy Danfoss Ab 2011. Vesikiertoisien lattialämmityksen perusteet. Hakupäivä 31.3.2021. <https://assets.danfoss.com/documents/100660/AG000086464408fi-000201.pdf>.
- 4 Uponor 2010. Lattialämmityksen asennus- ja käyttöohje.
- 5 Asiakaspalvelu, Talotuote.fi 2021. Re: Lattialämmityspotki Uponor Comfort Plus 17x2,0 640m. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Sini Liimatta. 6.4.2021.
- 6 Seppänen, Olli 2001. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 7 Ratu G2-0296. 2007. Lämmitys-, vesi- ja viemäryöt. LVI 04-10410. RT Tietoväylä. Rakennustieto.
- 8 Taloon. com. Lämpöpatteri Purmo Compact C22 paino ja mitat. Hakupäivä 25.3.2021. <https://www.taloon.com/lammityspatteri-purmo-compact-c22-600-1400-mm>.
- 9 Työsuojeluhallinto. 2014. Käsien tehtävät nostot ja siirrot työssä. Hakupäivä 1.4.2021. <https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/K%C3%A4sin%20teht%C3%A4v%C3%A4t%20nostot%20ja%20siirrot%20ty%C3%B6ss%C3%A4%20TSO%2023%202014.pdf/88c24e48-bf5d-456f-bcf4-073d177bdd6a>.
- 10 Lindberg, Rita, Hotinen, Hetti, Kivimäki, Christian & Sahlstedt, Satu 2020. Rakennusosien kustannuksia 2020. Rakennustieto Oy. Helsinki: Mittaviiva Oy.
- 11 Peabin sisäiset tiedot. Rakennuksen LVI-suunnitelmat. Materiaalimäärät.