

Jesper Heikkilä

Vesikiertoisen lattialämmityksen ja perinteisen patterilämmityksen elinkaarikustannuksien vertailu asuinkerrostalossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinööriyö

12.5.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jesperi Heikkilä Vesikiertoisen lattialämmityksen ja perinteisen patterilämmityksen elinkaarikustannuksien vertailu asuinkerrostalossa. 28 sivua 12.5.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, suunnittelupainotteinen
Ohjaajat	yliopettaja Aki Valkeapää DI Otto Jokinen
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kumpi lämmönjakelutavoista, vesikiertoinen lattialämmitys vai perinteinen patterilämmitys, tulee halvemmaksi asuinkerrostalossa elinkaarikustannuksia vertailemalla. Vertailu tehtiin vertailemalla investointi-, energia-, huolto- ja kunnossapitokustannuksia. Tarkasteluaikana oli 25 vuotta.</p> <p>Teoriaosassa käydään läpi molemmat lämmitysjärjestelmät sekä niiden asennustavat ja asennukseen vaikuttavat asiat, kuten välipohjaratkaisut. Laskentaosiossa käydään läpi elinkaarilaskenta, jolla investointien kannattavuus pystytään arvioimaan. Työssä käsitellään myös, mitä tarkoittavat inflaatio, korko ja energian hintakehitys, sillä ne liittyvät olennaisesti elinkaarikustannuslaskentaan.</p> <p>Elinkaarikustannus vertailussa patterilämmitys oli lattialämmitystä halvempi lämmitysmuoto. Merkittävin ero lämmitysmuotojen elinkaarikustannuksiin syntyi investointikustannuksista. Viihtyisyys ja esteettisyys puoltavat kuitenkin lattialämmitystä, jolloin eroa voidaan pitää hyvin pienenä.</p>	
Avainsanat	patterilämmitys, lattialämmitys, elinkaarikustannukset

Author Title Number of Pages Date	Jesper Heikkilä Life cycle cost comparison of radiator heating and underfloor heating in apartment building. 28 pages 12 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Aki Valkeapää, Principal Lecturer Otto Jokinen, M.Sc. (Tech.)
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to determine the life cycle cost of radiator heating and underfloor heating in an apartment building and to establish which one is cheaper. The examination period was 25 years.</p> <p>To compare the systems, first, the investment costs for both heat distribution methods were examined. Second, the energy consumption for each system was established, and the energy costs calculated. Furthermore, an estimation of service and maintenance costs was done for both systems. When the costs were determined, calculated and discounted to present value, the costs could be compared.</p> <p>It was established that radiator heating was cheaper than underfloor heating when comparing the life cycle costs. However, when it comes to comfort and aesthetics, the features of underfloor heating are often superior, so the life cycle costs difference between the two heat distribution methods can be considered meaningless.</p>	
Keywords	radiator heating, underfloor heating, life cycle costs

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vesikiertoinen keskuslämmitys	2
2.1	Lattialämmitys	2
2.2	Patterilämmitys	5
3	Välipohjaratkaisut	6
3.1	Paikallaan valettava laatta	6
3.2	Ontelolaatta	7
3.3	Tekniikkalaatta	8
4	Elinkaarikustannukset	9
4.1	Elinkaarikustannukset yleisesti	9
4.2	Esimerkkikohteen laitteiden elinkaari	9
4.3	Elinkaarikustannuslaskennan laskentamenetelmät	10
4.3.1	Inflaation huomioiminen	11
4.3.2	Nimelliskorko ja reaalikorko	13
4.3.3	Eskalaatio	13
4.4	Kaukolämmön energiakustannukset	14
4.4.1	Energiakustannukset	14
4.4.2	Energian hinnannousu	14
5	Elinkaarikustannusten laskenta esimerkkikohteessa	16
5.1	Kohteen esittely	16
5.2	Lattialämmitysjärjestelmän asennuksien ja materiaalien kustannukset	17
5.3	Patterilämmitysjärjestelmän asennuksien ja materiaalien kustannukset	19
5.4	Huolto- ja kunnossapitokustannukset	20
5.5	Energiankulutus	21
5.6	Energian hinnat	21
5.7	Laskenta esimerkkikohteessa	22
6	Tulokset ja kustannusvertailu	22
6.1	Patterilämmityksen elinkaarikustannukset	22
6.2	Lattialämmityksen elinkaarikustannukset	23

6.3	Elinkaarikustannusvertailu lämmitysmuodoille	23
7	Tulosten analysointi	24
8	Johtopäätökset	25
	Lähteet	27

Lyhenteet

LCC Life cycle costs. Elinkaarikustannukset.

NH Normitunti

1 Johdanto

Patterilämmitys on ollut pitkään johtava vesikiertoinen lämmitysmuoto. Nykypäivänä sen vierelle on kiilannut lattialämmitys, joka on ottanut hyvin vahvan aseman vaihtoehtoisena lämmitysmuotona varsinkin asuinkerrostalorakentamisessa. Lattialämmityksen suosiota on nostanut sen käyttömukavuus. Esimerkiksi lattiasta jalkapohjiin suoraan välittyvä lämmöntunne ja äänieristävyys huoneistojen välillä ovat lattialämmityksen etuja. Myös huoneistokohtainen lämmönsäätö on asukkaalle helppoa huoneistokohtaisella termostaatilla, joka yleensä sijaitsee huoneen seinällä. Asuinkerrostalorakentamisessa mietitään usein, kumpi lämmitysmuodoista, lattia- vai patterilämmitys, on elinkaarikustannuksiltaan järkevämpi ratkaisu ja tämän takia päädyttiin tähän aiheeseen.

Tämän insinööriyön tilaaja on Hepacon Oy, joka on yksi Suomen suurimmista talotekniikan suunnittelu- ja konsultointiyrityksistä. Työn tulokset tulevat olemaan hyödyllistä tietoa lämmitysmuotojen elinkaarikustannuksista Hepaconille.

Kustannusvertailu tehdään kahdeksan kerroksiseen kerrostaloon, mutta täsmennetään kuitenkin yhteen rappuun. Kerrostalo sijaitsee Helsingissä, mutta kohde on sovittu salassa pidettäväksi. Kohteeseen on suunniteltu lattialämmitys.

Insinööriyön tavoitteena on selvittää, kumpi lämmitysmuodoista, vesikiertoinen lattialämmitys vai perinteinen patterilämmitys, tulee halvemmaksi elinkaarikustannuksia vertailemalla. Elinkaarikustannuksia laskiessa otetaan huomioon kaikki kyseiselle lämmitysmuodolle syntyvät kustannukset sille määritetyn elinkaaren ajalta huomioiden inflaatio ja energian hinnan eskalaatio.

2 Vesikiertoinen keskuslämmitys

Vesikiertoisessa keskuslämmityksessä lämmönsiirtoaine johdetaan yhteisestä lämmönlähteestä putkistoa pitkin eri puolelle rakennusta. Lämmönsiirtoaineena yleisesti käytetään vettä. Tämän jälkeen lämmönluovuttimet luovuttavat lämmön huoneisiin. Sen jälkeen jäähtynyt väliaine palaa takaisin lämmönlähteelle, jossa se lämmitetään uudelleen. Vesikiertojärjestelmä koostuu yleensä kolmesta kokonaisuudesta: lämmönlähteestä, lämmönsiirtoverkostosta sekä lämmönluovuttimista. [1, s. 65.]

Vesikiertoisessa lämmityksessä voidaan käyttää lämmöntuottotapoina kaukolämpöä, maalämpöpumppua, öljy- ja maakaasulämmitystä, varaavaa tai osittain varaavaa sähkölämmitystä sekä lämmitystä kiinteällä polttoaineella [2, s. 1].

Lämmönlähteenä käytetään yleensä maalämpöpumppaamoja, kattilaa tai kaukolämpöä. Tässä työssä oleva esimerkkikohde liitetään kaukolämpöverkostoon.

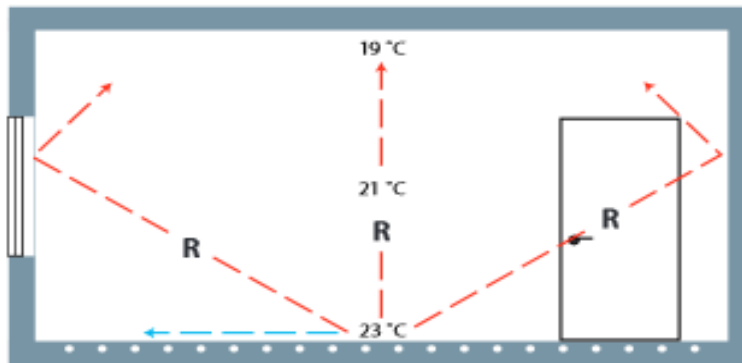
Vesikiertoisen keskuslämmityksen verkoston putket ovat yleensä terästä, mutta putkistomateriaalina voidaan käyttää myös kuparia tai muovia. Verkosto tarvitsee myös erilaisia varusteita toimiakseen oikein, kuten lämpömittareita, yksisuuntaventtiileitä, sulkuja säätöventtiileitä sekä suodattimia ja muita laitteita, jotka ovat tärkeä osa putkistoa. Verkostossa oleva lämmönsiirtoaine pitää myös saada kiertämään, joten siihen käytetään yleensä kiertovesipumppua. Nykyaikana rakennetaan pääsääntöisesti vain pumpukiertoisia järjestelmiä. [3, s. 119.]

2.1 Lattialämmitys

Lattialämmitys on nostanut suosiotaan koko ajan lämmitysmuotona, ja se onkin ottanut vahvan aseman vaihtoehtoisena lämmitysmuotona patterilämmitykselle asuinkerrostoissa.

Lattialämmityksen hyviä puolia on esimerkiksi sen äänieristävyys, sillä lattiassa olevat putket ja siihen tarvittava eriste vaimentaa askelääniä. Patterilämmitykseen erona ovat putkien pystynousut, jotka jäävät pois asuinhuoneistojen väliltä, jolloin ääni ei pääse liikkumaan asuinhuoneistosta toiseen niitä pitkin. Hyviin puoliin lukeutuu myös se, että lattialämmityksessä huoneilmaan ei synny kiertoa, sillä lattialämmityspotkissa kiertävän

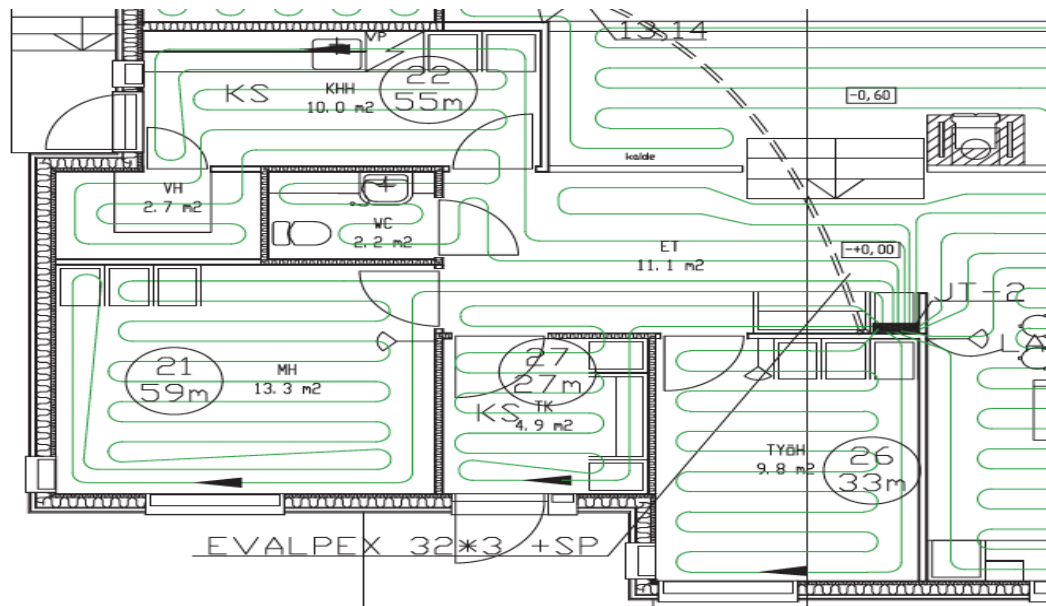
veden lämpötilat ovat matalia ja näin lämpö nousee ylös jakautuen tasaisesti ja vedottomasti. Lattialämmityksessä lämmönsiirtopinta-ala on suuri, jolloin ei tarvita korkeita lämpötiloja. Tällöin lattian pintalämpötila pysyy miellyttävän lämpöisenä ja sen pintalämpötila on yleensä 23–25 °C. Haluttuun pintalämpötilaan pääsy riippuu siitä, kuinka hyvin käytetty lattia-ateriaali johtaa lämpöä. Jos lattia-ateriaalina käytetään betonia, päästään haluttuun lämmönluovutustehoon putki- ja piirien veden lämpötilan ollessa 30–35 °C. Jos taas lattia on puurakenteinen ja päällystetty parketilla tai lastulevyllä, putki- ja piirien lämpötilan on oltava n. 40–45 °C. [4, s. 3]. Koska lattia-ämmityksessä pattereita ei tule seinille, jää paremmin tilaa sisustukselle sekä on mahdollista asentaa esimerkiksi lattiasta kattoon ulottuvat ikkunat [1, s. 96–97]. Kuvassa 1 on havainnollistettu lattia-ämmityksen tuottaman lämmön siirtymistä huoneeseen konvektion sekä säteilyn avulla.



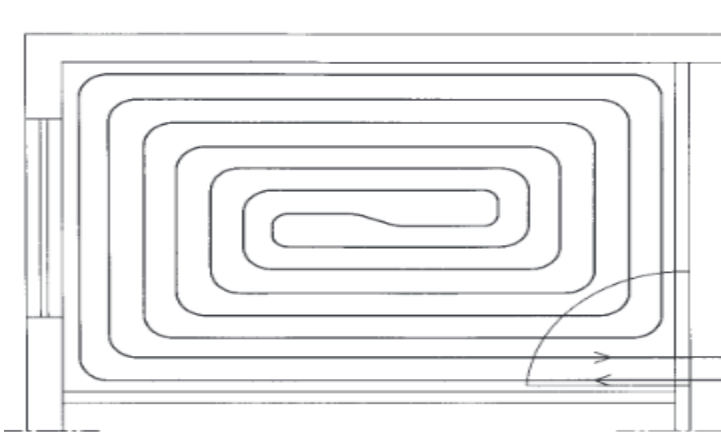
Kuva 1. Lattialämmitys: 30 % konvektiosta ja 70 % lämpösäteilystä [5, s. 5].

Lattialämmityksessä lattia toimii lämmönsiirtopintana, ja sen sisään asennetaan lattia-ämmitysputkisto. Putkisto asennetaan ikkunaseinälle tiheämmin sekä mahdollisesti myös muille ulkoseinille, noin 15 cm:n päähän toisistaan. Muualle huoneistoon tehdään putkijaotus suuremmaksi ja näin saadaan kylmille ulkoseinille muodostumaan lämmin vyöhyke, jolla kylmien rakenteiden, ikkunapinnan ja kylmäsiltojen vaikutusta pyritään pienentämään. Kuvassa 2 on esitetty, miten piirit asennetaan huoneisiin jakotukilta ja kuvassa on myös havaittavissa ulkoseinien vaikutus putkien asennukseen. Kuvissa 3 ja 4 lattia-ämmitysputket on asennettu huoneeseen kahta erilaista asennustapaa käyttäen. Runkoputkissa virtaavan veden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan. Huonetermostaatin avulla säädetään huonekohtaista lämpötilaa. Termostaatti antaa käskyn piirikohtaiselle venttiilille pienentää virtausta, jos huoneessa on liian kuuma. Jos taas huoneessa on liian kylmä, huoneen lämpötilaa nostetaan kasvattamalla virtaamaa piirissä. Venttiilit sijaitsevat putkissa, jotka lähtevät meno- ja jakotukilta. Sieltä lähtee jokai-

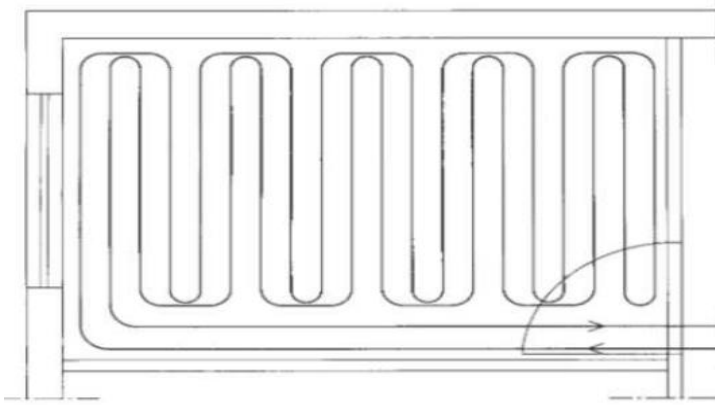
selle huoneelle oma lämmityspiirinsä, jonka jälkeen putkilenkki palaa paluujakotukille.
[1, s. 96–97.]



Kuva 2. Lattialämmityksen huonekohtaiset piirit [4, s. 4].



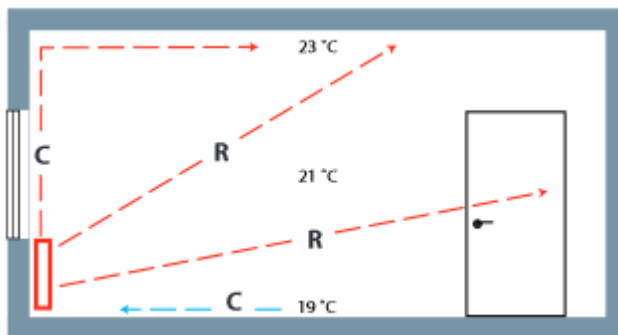
Kuva 3. Lämmitysputken asennusperiaate spiraalijakoa käyttäen [6, s. 2].



Kuva 4. Lämmitysputken asennuseriaate rivijakoa käyttäen [3, s. 2].

2.2 Patterilämmitys

Radiaattori eli patterilämmityksessä lämpö siirtyy huoneeseen konvektion tai säteilyn avulla. Tästä määräytyy yleensä, mihin luokkaan patteri jaotellaan. Konvektorin tehtävä on lämmittää huoneessa kiertävää ilmaa ja radiaattorin tehtävä on säteillä lämpöä. Niiden määrän ja koon tulee vastata huoneen lämpöhäviötä. Patterin leveys määräytyy yleensä ikkunan leveyden mukaan, jonka alle se yleensä sijoitetaan. Näin estetään vedon tunnetta tasaamalla kylmää virtausta, joka tulisi ikkunalta. Kuvassa 5 on havainnollistettu patterilämmityksen tuottaman lämmön siirtymistä huoneeseen konvektion sekä säteilyn avulla.



Kuva 5. Lämpöpatterit: 70 % konvektiosta ja 30 % lämpösäteilystä [5, s. 5].

Patterilämmityksessä putkikytkennät voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Yleisin tapa on kaksiputkikytkentä, jossa lämmönluoventimet kytketään lämmönsiirtoverkostoon rinnan. Kaksiputkikytkennässä patterille johdetaan meno- ja paluuvesi erillisissä putkis-

sa. Yleensä kerrostalossa päällekkäin olevissa huoneissa ovat patterit kytketään samoihin meno- ja paluuputkiin, jolloin syntyy yhteinen nousulinja, joka on yhdistetty esimerkiksi kellaritilassa olevaan runkojohtoon. Vaihtoehtona on myös yksiputkikytkentä, joka on harvemmin käytetty vaihtoehto. Yksiputkikytkennässä meno- ja paluuvesi kulkevat samassa johdossa, jolloin putkien yhteenlaskettu metrimäärä vähenee, jos sitä verrataan kaksiputkikytkentään. Yksiputkijärjestelmässä ei pattereita voida liittää lenkkiin rajattomasti, koska putkikoko kasvaa suureksi ja epätaloudelliseksi. [3, s. 120–121.]

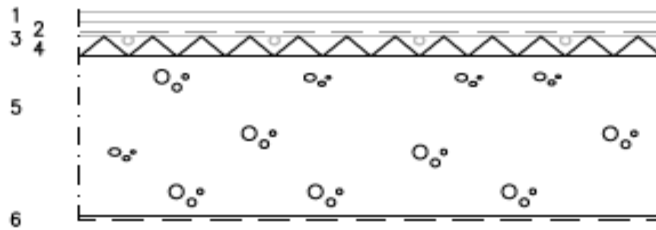
3 Välipohjaratkaisut

3.1 Paikallaan valettava laatta

Paikallaan valetun laatan suunnittelu ja toteutus on yksinkertaista. Laattapaksuutta muuttamalla, raudoitusta lisäämällä tai palkkikaistoja käyttämällä pystytään vaikuttamaan rakenteen kestävyYTEEN, jolloin voidaan ottaa huomion välipohjien erilaiset kuormitukset. [7, s. 2.]

LVIS-tekniikan toteutus on paljon vapaampaa, kun laatta valetaan paikallaan. Putkistot ja laitteet voidaan sijoittaa hyvinkin vapaasti asuntoon. Paikallaan valettava laatta on ääniteknisesti parempi ratkaisu tiiviiden rakenteiden sekä työsaumojen takia.

Kun käytetään paikallaan valettavaa laattaa, lattiatyöt on mahdollista aloittaa jo ennen kuin vesikatto on valmistunut. Tasoite on kävelykelppoinen 3–4 tunnin päästä huonelämpötilan ollessa +20. Kuvassa 6 on esitetty esimerkkikohteen välipohjarakenne. [8, s. 1.]



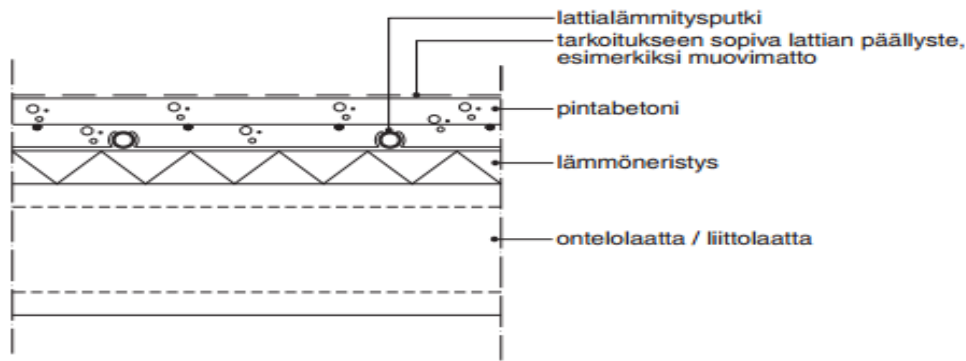
1. Pintamateriaali ja –käsittely, parketti (20mm)
2. Lattiatasoite + lasikuituverkko, jälkihoitoaine tarvittaessa (25mm)
3. Erotuskangas ja reunanauhat kaikkia pystyrakenteita vastaan
4. Lattialämmitysjärjestelmä (35mm)
5. Teräsbetoni-laatta (280mm)
6. Pintakäsittely.

Kuva 6. Esimerkkikohteen välipohjarakenne [9].

3.2 Ontelolaatta

Betonirunkoisissa rakennuksissa yleisin käytetty elementtilaattatyyppi on ontelolaatta, joka on esijännitetty laattaelementti. Ontelolaatasta on saatu kevyempi tekemällä laatan pituussunnassa kulkevia onteloita sen sisälle. Ontelolaatan korkeus määrää onteloiden korkeuden, määrän ja muodon. Valmistuspaksuudet ontelolaatoilla vaihtelevat 150 mm:stä 500 mm:n ja vakioleveys on 1200 mm. [10.]

Lattialämmitystä asennettaessa ontelolaatan kanssa on otettava huomioon, että työmaan aikataulu tulee venymään kuivumisaikojen takia sekä lattialämmityksen yleisistä asennustöistä johtuen. Ontelovälipohjan kanssa on odotettava vesikaton valmistumista. Lattiaan joudutaan myös asentamaan lämmöneristys ontelolaatan päälle, jonka jälkeen asennetaan vasta lämmitysputket. Putkien asennuksen jälkeen päälle valetaan vielä pintabetoni, jonka kuivumista joudutaan odottamaan 1–4 vuorokautta. Kuvassa 7 on esitetty välipohjarakenne, jollaista voidaan käyttää, kun asennetaan lattialämmitys ontelolaatan kanssa.

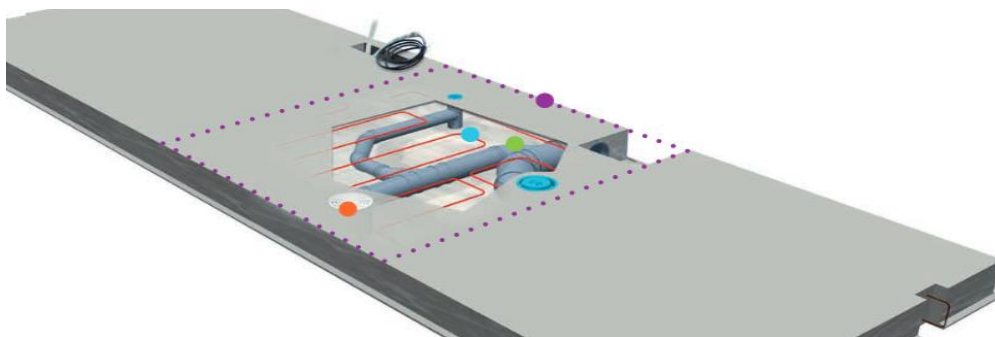


Kuva 7. Lattialämmityksellä varustettu ontelolaattarakenne [11, s. 5].

Patterilämmityksen kanssa samanlaista aikataulun venymistä ei aiheudu, koska pattereiden asennus ei aiheuta lattialle mitään lisätoimenpiteitä koskien lattioiden pinnoitusta. Toisin sanoen pattereiden asennus ei jarruta lattiatyön etenemistä.

3.3 Tekniikkalaatta

Kaksi edellä esiteltyä välipohjaratkaisua on saanut kilpailijakseen myös kolmannen vaihtoehdon. Tekniikkalaatta on vaihtoehto, jossa tehtaalla on asennettu jo esimerkiksi viemärit, lattiakaivot ja lattialämmitysjohdot. Laattoihin valetaan märkätilojen kaadot jo valmiiksi laattaa tehdessä. Tällä laattavaihtoehdolla on paljon hyviä puolia. Esimerkiksi hankalat työvaiheet jäävät työmaalta tehtaalle ja materiaalien siirto- ja varastointitarve on pienempi. Myös kuivumisajat ovat pienempiä, jolloin päästään nopeammin sisävalmistusvaiheeseen. Valmis laatta asettaa kuitenkin joitain rajoitteita käytölle. [12, s. 2–3.] Kuvassa 8 esitetään, miten tekniikkalaattaan sijoitetaan esimerkiksi LVI-tekniikka.



Kuva 8. Parman tekniikkalaatta [12, s. 4].

4 Elinkaarikustannukset

4.1 Elinkaarikustannukset yleisesti

Elinkaarikustannuksilla (Life Cycle Costs, LCC) tarkoitetaan kustannuksia, joita valitulle kohteelle syntyy tai voidaan olettaa syntyvän sen elinkaaren aikana. Kohteen elinkaarella tarkoitetaan aikaa tuotteen tai rakennuksen alkunsa saamisesta sen käytöstä pois ottamiseen. [13, s. 8.]

Yleensä huonot hankinnat tai suunnitteluratkaisut tulevat esille vasta rakennustyön aikana tai ne huomataan viimeistään käytössä, jolloin on yleensä jo liian myöhäistä. Tästä syystä rakennuksen tai tuotteen elinkaarta on tarkasteltava investointivaiheessa, sillä on tärkeää saada selville kiinteistönpidon taloudellisuus, jolloin voidaan saavuttaa asetetut tavoitteet kohtuullisin kustannuksin. Vielä investointivaiheessa voidaan huomata, jos joku tulevista hankinnoista ei esimerkiksi tule maksamaan itseään takaisin sopivassa ajassa. Hankintaa tehdessä voi olla taloudellisesti järkevämpää sijoittaa esimerkiksi kalliimpaan tuotteeseen tai ratkaisuun, jos sitä valittaessa pystytään osoittamaan sen takaisinmaksukyky. Näistä syistä tilaajalle tulisi kertoa mahdollisimman paljon vaihtoehtoisia mahdollisuuksia ja niiden kustannuksista.

Elinkaarilaskelmissa tarkastellaan aina tulevaisuutta. Laskelmassa valitaan tietty tarkasteluajankohta, mille laskelma tehdään ja siinä otetaan huomioon sen aikana syntyvät kustannukset ja tuotot. Näihin kuuluvat esimerkiksi investointi-, energia-, kunnossapito- ja huoltokustannukset. Tarkasteluajankohdan pituus voi olla esimerkiksi 5, 15, 25 tai 50 vuotta, mutta se määräytyy yleensä sen mukaan, mikä on rakennuksen tai tuotteen taloudellinen pitoaika [13, s. 8]. Taloudellinen pitoaika on aikaväli tuotteen tai rakennuksen valmistumisesta ensimmäiseen peruskorjaukseen.

4.2 Esimerkkikohteen laitteiden elinkaari

Tässä luvussa kerrotaan huoltoon liittyvistä tavoista ja ajankohdista, jotka liittyvät kauko-, lattialämmitys- sekä patterilämmityslaitteisiin, sekä näiden laitteiden tekninen käyttöikä. Käyttöikä on hyvin olennainen tieto, jotta voidaan tutkia laitteiden elinkaarikustannuksia.

Teknitaloudellinen käyttöikä kaukolämpölaitteille on 20–25 vuotta. Tällöin laitteiden uusiminen kokonaan tulee usein halvemmaksi kuin niiden korjaaminen. Käyttöikään vaikuttavia asioita ovat esimerkiksi suunnittelun sekä suunniteltujen laitteiden ja asennusten laatu, laitteissa käytettävät asetukset ja veden laatu. [14, s. 4.]

Vesikiertoisen patteriverkoston elinikä on noin 40–50 vuotta, kun taas vesikiertoisen lattialämmityspotkiston elinikä on noin 30–50 vuotta. Patteriventtiilit sekä huoneissa olevat huonetermostaatit olisi hyvä uusida 10–20 vuoden välein. [15.]

4.3 Elinkaarikustannuslaskennan laskentamenetelmät

Elinkaarikustannuksia laskettaessa on otettava huomioon kaikki edellisissä luvuissa esitetyt kustannukset. Seuraavaksi on esitetty erilaiset laskentakaavat, joilla pystytään laskemaan elinkaarikustannusvertailu työssä käytettävälle esimerkkikohteelle.

Elinkaarikustannukset investoinnille voidaan laskea kaavalla 1.

$$LCC = K_i + K_e + K_k + K_h \quad (\text{kaava 1})$$

LCC	Koko elinkaaren aikana tulevien kustannuksien nykyarvo (€)
K_i	Investointikustannukset (€)
K_e	Laitteiden energiakustannusten nykyarvo (€)
K_k	Laitteiston kunnossapidon nykyarvo (€)
K_h	Laitteiden huoltokustannusten nykyarvo (€). [16].

Energiakustannusten nykyarvo saadaan kaavalla 2.

$$K_e = E \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} = E \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \quad (\text{kaava 2})$$

K_e	Energiakustannusten nykyarvo (€)
E	Vuotuinen energiakustannus (€/a)
n	Tarkastelujakson pituus
r	Reaalikorko (%/100). [16].

Kunnossapitokustannukset ovat kustannuksia, jotka aiheutuvat toimenpiteistä, joilla ylläpidetään järjestelmän toimintavarmuutta. Näitä ovat esimerkiksi venttiilien ja pumpujen sekä muiden laitteiden uusimisesta aiheutuvat kustannukset. Näitä kustannuksia ei kuitenkaan aiheudu joka vuosi.

Laitteiden kunnossapidon nykyarvo saadaan kaavalla 3.

$$K_k = \frac{H_k}{(1+r)^k} = a'_{y,k} H_k \quad (\text{kaava 3})$$

K_k	Kunnossapitokustannusten nykyarvo (€)
H_k	Yksittäinen kunnossapitokustannus (€)
r	Reaalikorko (%/100)
$a'_{y,k}$	Inflaation huomioon ottava yksittäisen kunnossapitokustannuksen diskonttauskerroin
k	Vuosi nykyhetkestä lukien, johon pääomaerä liittyy. [16].

Huoltokustannusten nykyarvo saadaan kaavalla 4.

$$K_h = H \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} = H \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \quad (\text{kaava 4})$$

K_h	Huoltokustannusten nykyarvo (€)
E	Vuotuinen huoltokustannus (€/a)
n	Tarkastelujakson pituus
r	Reaalikorko (%/100). [16].

4.3.1 Inflaation huomioiminen

Erityispiirteensä elinkaarilaskelmissa on rahan ostovoiman heikkenemisen eli inflaation huomioonotto. Jotta eri ajankohtina syntyneet tuotot ja kustannukset ovat vertailukelpoisia, on otettava huomioon, että rahan arvo heikkenee koko ajan. Reaaliarvoltaan samansuuruinen summa nykyhetkenä on arvokkaampi nyt, kuin jos sen saisi esimerkiksi vasta 20 vuoden päästä. [17, s. 753.] Taulukossa 1 on esitetty Suomen vuotuinen inflaatio vuodesta 2005 alkaen vuoteen 2015 saakka.

Taulukko 1. Suomen vuotuinen inflaatio 2005–2015 [18, s. 1].

Vuosi	Inflaatio
2005	0,9 %
2006	1,6 %
2007	2,5 %
2008	4,1 %
2009	0,0 %
2010	1,2 %
2011	3,4 %
2012	2,8 %
2013	1,5 %
2014	1,0 %
2015	-0,2 %
Keskimäärin	1,72 %

Nykyarvonmenetelmällä eli diskonttauksella rahan arvo saadaan vertailukelpoiseksi, kun vertaillaan vuosien päästä tapahtuvaa suoritusta nyt tapahtuvan suorituksen kanssa. Jos halutaan saada selville yhden kerran maksettavalle erälle diskonttaustekijä, se saadaan kaavalla 5.

$$a'_{y,k} = \frac{1}{(1+r)^k} \quad (\text{kaava 5})$$

$a'_{y,k}$ Inflaation huomioon ottava yksittäisen kustannuksen diskonttauskerroin
 r Reaalikorko (%/100)
 k Vuosi nykyhetkestä lukien, johon pääomaerä liittyy. [19].

Toistuville maksuille saadaan diskonttaustekijä kaavalla 6.

$$a_n = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \quad (\text{kaava 6})$$

a_n Jaksollisten suoritusten diskonttauskerroin
 n Tarkastelujakson pituus (a)
 i Laskennassa käytettävä nimelliskorko (%/100). [19].

Reaalikorkoa voidaan käyttää myös toistuvien maksujen kaavassa 6, mutta silloin kaava on kirjoitettava muotoon

$$a'_n = \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} = \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \quad (\text{kaava 7})$$

a'_n	Inflaation huomioon ottava jaksollisten suoritusten diskonttauskerroin
n	Tarkastelujakson pituus (a)
r	Reaalikorko (%/100). [19].

4.3.2 Nimelliskorko ja reaalikorko

Nimelliskorko ilmaisee investoinnille asetetun tuottovaatimuksen. Nimelliskorossa ei ole otettu huomioon inflaation vaikutusta. [19]

Reaalikorko on korko, jossa inflaation vaikutus on otettu huomioon. Reaalikorko saadaan laskettua kaavalla 8, kun tiedetään inflaatio ja nimelliskorko. [19]

$$r = \frac{i-f}{1+f} \quad (\text{kaava 8})$$

i	Nimelliskorko (%/100)
f	Inflaatio (%/100). [19]

4.3.3 Eskalaatio

Eskalaatio kuvaa energian hinnan inflaation poikkeamaa yleisestä inflaatiosta. Eskalaatiota tarvitaan, koska yleinen inflaatio ja kuluttajahintaindeksi kuvaavat vain tietyn tuoteryhmän keskimääräistä hinnannousua ajan mukana. Energian hintakehitys voi selkeästi poiketa yleisen inflaation tasosta, koska sen hinta voi muuttua nopeasti maailmanpoliittisen tilanteen muutosten seurauksena. Samalla tavoin kuin reaalikorolle voidaan eskalaation huomioon ottavalle reaalikorolle johtaa kaava 9.

$$r_e = \frac{r-e}{1+e} \quad (\text{kaava 9})$$

jossa e on siis eskalaatio, joka voi olla positiivinen, jolloin kyseessä on energian hinnan yleistä inflaatiota voimakkaampi nousuvauhti, tai se voi olla negatiivinen, jolloin energian hinta kasvaa hitaammin kuin yleinen hintataso [19]. Edelleen kumuloituvien suoritusten diskonttaustekijä saa nyt muodon

$$a_n'' = \frac{1-(1+r_e)^{-n}}{r_e} \quad (\text{kaava 10})$$

jossa kaksi pilkkua tarkoittaa sekä inflaation että eskalaation ottamista huomioon laskennassa [19].

4.4 Kaukolämmön energiakustannukset

4.4.1 Energiakustannukset

Asuinkerrostalon energiantarve määrittelee sen, kuinka paljon tarvitaan kaukolämpöä.

Kaukolämmön energiakustannukset voidaan laskea kaavalla 11.

$$K_{energia\ KL} = E_{KL} \cdot H_{KL} \quad (\text{kaava 11})$$

$K_{energia\ KL}$	Kaukolämmön kuluttaman energian kustannukset (€/a)
E_{KL}	Kaukolämmön energian kulutus (kWh)
H_{KL}	Kaukolämmön energian hinta (€/kWh). [16].

4.4.2 Energian hinnannousu

Kaukolämmön sekä sähkön hinta on noussut pääsääntöisesti joka vuosi tarkasteluun otettujen vuosien aikana. Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty kaukolämpö- sekä sähköenergian valtakunnalliset keskiarvohinnat, kaukolämmön ja sähkön hinnan muutos sekä eskalaatio vuosina 2005–2015.

Taulukko 2. Kaukolämmön hinnat, hinnannousu ja eskalaatio 2005–2015 [20].

Vuosi	Kaukolämmön hinta €/MWh	Kaukolämmön hinnannousu %	Kaukolämmön eskalaatio %
2005	40,4	6,9	6,0
2006	43,2	4,4	2,8
2007	45,1	7,3	4,8
2008	48,4	15,3	11,2
2009	55,8	-3,2	-3,2
2010	54,0	12,1	10,9
2011	60,5	7,4	4,0
2012	65,0	7,0	4,2
2013	69,5	1,1	-0,4
2014	70,3	2,3	1,3
2015	72,0	-0,5	-0,3
Keskimäärin	56,7	6,5	3,7

Taulukko 3. Sähkön hinnat, hinnannousu ja eskalaatio 2005–2015 [21].

Vuosi	Sähkön hinta snt/kWh	Sähkön hinnannousu %	Sähkön eskalaatio %
2005	11,5	-2,2	-3,1
2006	11,8	2,2	0,6
2007	12,6	6,6	4,1
2008	13,2	4,9	0,8
2009	14,6	11,1	11,1
2010	14,9	1,8	0,6
2011	17,4	16,7	13,3
2012	17,8	2,7	-0,1
2013	18,1	1,3	-0,2
2014	18,2	0,8	-0,2
2015	18,3	0,3	0,5
Keskimäärin	15,3	4,3	2,4

5 Elinkaarikustannusten laskenta esimerkikohteessa

5.1 Kohteen esittely

Esimerkkikohde on kahdeksankerroksinen asuinkerrostalo, joka sijaitsee Helsingissä. Kustannusvertailu on rajattu kohteen yhteen rappuun. Kohde kuuluu Helsingin kaupungin kaukolämpöverkkoon. Lämmönjakohuone sijaitsee kohteen kellarikerroksessa. Esimerkkikohteessa on 27 asuinhuoneistoa ja huoneistoalaa näillä on yhteensä 2403 m². Huoneistojen koot ovat 49–120 m². Välipohjaratkaisuna on käytetty paikallaan valettavaa laattaa [9]. Laskelmissa ei tulla huomioimaan yleisiä tiloja, jolloin laskenta tulee perustumaan vain asuinhuoneistoihin. Laskelmissa ei tulla myöskään huomioimaan lattiamuutoksista aiheutuvia asennustöitä, jotka saattavat vaikuttaa asennusjärjestykseen ja pidentää rakennusaikaa sekä lisätä kustannuksia. Tällaisia ovat esimerkiksi paikallavalussa erillisestä pintavalusta ja eristämisestä koituvat lisätyöt, joita lattialämmityksen kohdalla syntyy. Patterilämmityksessä paikallavalu voidaan tehdä kerralla oikean paksuiseksi. Lattialämmityksessä rakenteiden paksuus saattaa kasvaa, joten tälläkin voi olla vaikutusta rakenteiden paksuuteen muualla, lisäten rakennustöitä ja aikaa.

Kohteeseen on suunniteltu vesikiertoinen lattialämmitys, jossa jokaisessa huoneistossa on omat jakotukit sekä huoneissa termostaatit, joilla huoneen lämpötilaa säädetään. Esimerkkikohteen patteriverkosto on mitoitettu lämpötiloilla 60/30 °C, kun taas lattialämmitysverkosto on mitoitettu lämpötiloilla 35/30 °C. Lattialämmityksen nousulinja on nostettu porraskäytävän yhdellä seinustalla olevassa hormissa ja jakautuu siitä kerroksissa huoneistojen jakotukeille. Nousuputket ovat jakotukeille asti mustaa teräsputkea. Putkiston koko on 20–100 mm. Putkisto eristetään jakotukeille asti. Eristeenä käytetään mineraalivillaa.

Suunnitellut lattialämmityspotket ovat Wirsbo pePEX 17x2 mm -putkea, joiden asennusväli vaihtelee välillä 150/300 mm. Kohteeseen on suunniteltu yhteensä 54 jakotukia, joilta lähtee huoneistoihin yhteensä 198 lämmityspiiriä. Jokaista lämmityspiiriä säättää oma toimilaite jakotukilla. Jakotukit sijaitsevat jokaisessa huoneistossa niille suunnitelluissa varatuilla paikoilla jakotukkikaapissa.

Lattialämmitysputkien ja jakotukkien lisäksi laskennassa tullaan ottamaan huomioon runkoputkisto ja siihen kuuluvat säätö- ja sulkuventtiilit, runkoputkiston eristeet, huone-termostaatit sekä vain lattialämmityksessä lattiaan asennettava eriste sekä näiden asennustyöt.

Molempien lämmitysjärjestelmien rinnalla on kylpyhuoneissa vesikiertoinen lattialämmitys, jotta säädettävyys pysyy asukkaalla lämmityskauden ulkopuolellakin. Tätä ei tulla huomioimaan laskelmissa.

Materiaalikustannuslaskelmissa ei tulla huomioimaan kaukolämmönvaihdinta, sillä patterilämmityksen ja lattialämmityksen lämmönvaihtimet eivät eroa toisistaan niin paljon, että kustannuksiin tulisi huomattavia muutoksia. Kaukolämpöenergian kulutuksen oletetaan olevan sama tässä laskelmassa. Myös lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhteen oletetaan olevan sama patteri- ja lattialämmityksellä.

5.2 Lattialämmitysjärjestelmän asennuksien ja materiaalien kustannukset

Lattialämmitysjärjestelmän asennuskustannuksia laskiessa käytetään talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimuksesta löytyviä työtuntimääriä arvioita [22]. Laskennassa käytetään myös Hepaconilta löytyvää yksikköhintaluetteloa, joka määrittelee tarkemman hinnan tapahtuvalle asennukselle sisältäen materiaalikustannukset [23]. Työhinnaksi on määritetty 40 €/NH, ja se sisältää sosiaali- ja yleiskulut. Se koostuu palkkaluokka 4 määrittämästä palkasta putkialalle, joka on 16,6 €/h. Tähän täytyy lisätä myös sosiaalikulut. Verohallinnon mukaan sosiaalimenojen määrä on 70 %, kun palkkasumma on vuodessa enintään 840 940 €. [24] Sosiaalikulut huomioiden tuntipalkaksi tulee 28,3 €. Tähän lisätty vielä yleiskulut 25 % sekä kate 15 %, jolloin työn hinnaksi tulee noin 40 €/NH.

Muovisen lattialämmitysputken asennukselle käytetään arvoa 0,038 NH/m [22, s. 113]. Lattialämmitysputkea kohteeseen menee 11 770 metriä, jolloin asennukseen kuluu aikaa 447 normituntia. Lattialämmitysputkien asennustöiden hinnaksi saadaan 17 890 €.

Jakotukkikaappien asennukselle käytetään arvoa 0,3 NH/kpl (sisältää meno- ja paluu-jakotukin asennuksen) [22, s. 104]. Jakotukkikaappien määrän ollessa 27, saadaan asennustöiden hinnaksi 324 €.

Lattialämmitysjärjestelmän runkoputkiston asennukselle on määritelty talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimuksessa putken koosta riippuva NH/m arvo [22, s. 103]. Laskelman mukaan asennukseen kuluu 325,8 normituntia, jolloin runkoputkiston asennuksien hinnaksi saadaan 13 035 €. Kun runkoputkiston asennuksessa otetaan huomioon vielä linjasäätö- sekä sulkuventtiilien asennuksista tulevat kustannukset, jotka sisältävät venttiilien hinnan, tulee putkiston ja venttiilien asennushinnaksi 17 316 €. Runkoputkisto eristetään jakotukeille saakka. Näiden eristystöiden hinta määräytyy putken koosta ja eristeen paksuudesta riippuvasta arvosta NH/m [22, s. 124]. Laskennassa käytetään 50 mm:n mineraalivillakourulle määritettyä arvoa. Näillä arvoilla eristeiden asennustöiden hinnaksi saadaan 9 950 €. Runkoputkiston asennukselle eristeineen saadaan hinnaksi noin 27 266 €.

Termostaattien asennuksille katsotaan hinnat sähköurakan yksikkökustannuksia kirjasta. Termostaatti kytketään kaapelilla MMJ 3x1,5S. Termostaattien määrä on 101 kpl ja kaapelin pituutena on 10 m. Kaapeliksi asennukseen valitaan MMJ 3x1,5S/O, jonka hinta on 3,07 €/m ja kytkennälle MMJ 3x1,5S/OKYT, joka on 5,57 €/kpl [25]. Näistä määräytyy termostaattien asennuksille hinnaksi noin 11 329 €.

Materiaalimenekki on laskettu tämän hetkisten kuluttaja hintojen mukaisesti. Hinnat ovat peräisin taloon.com-sivustolta. Määrät on laskettu salassa pidettävän kohteen LVI-suunnitelmista. Materiaalien kokonaiskustannukseksi kertyi 80 900 €. Taulukosta 4 selviää lattialämmityksen materiaalien kustannukset eriteltynä sekä materiaalikustannuksien ja asennuksien yhteishinta.

Taulukko 4. Lattialämmityksen materiaali- ja asennuskustannukset.

Runkoputket	6419
Lattialämmitysputket	23422
Jakotukit	26596
Termostaatit	7666
Eristeet	4301
Lattiaeristeet	12496
Materiaalikustannukset yhteensä	80900
Asennuskustannukset	56809
Materiaalikustannukset+asennus yhteensä	137709

Näin ollen investointikustannuksia lattialämmitysjärjestelmälle syntyy 137 709 €, eli noin 57,3 €/m².

5.3 Patterilämmitysjärjestelmän asennuksien ja materiaalien kustannukset

Patterilämmitysjärjestelmän asennuskustannuksia laskiessa käytetään talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimuksesta saatavia työtuntimääräarvioita. Pattereiden asennuksien kustannuksia laskiessa käytän kuitenkin yksikköhintaluettelo, josta saa hinnan patterin asennukselle, joka sisältää patterin hinnan. Työhintana käytetään samaa arvoa 40 €/NH, kuin lattialämmitysjärjestelmän laskelmissa.

Patterilämmitysjärjestelmän putkiston asennukselle on määritelty talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimuksessa putken koosta riippuva arvo NH/m. [22, s. 103.] Laskelman mukaan asennukseen kuluu noin 448 normituntia, jolloin runkoputkiston asennuksien hinnaksi saadaan 17 903 €. Kun runkoputkiston asennuksessa otetaan huomioon vielä linjasäätö- sekä sulkuventtiilien asennuksista tulevat kustannukset, jotka sisältävät venttiilien hinnan, tulee putkiston ja venttiilien asennushinnaksi 19 325 €. Runkoputkisto eristetään pattereiden nousulinjoille saakka kellarissa. Näiden eristystöiden hinta määräytyy putken koosta ja eristeen paksuudesta riippuvasta arvosta NH/m. [22, s. 124] Laskennassa käytetään 50 mm:n mineraalivillakourulle määritettyä arvoa. Näillä arvoilla eristeiden asennustöiden hinnaksi määräytyy 3 054 €. Näin ollen runkoputkiston asennukselle eristeineen määräytyy hinnaksi noin 22 379 €.

Pattereiden asennukselle saadaan yksikköhintaluettelosta patterin koosta riippuva hinta [23]. Kohteen 166 patterille hinnaksi määräytyy asennettuna 52 931 €. Yksikköhintaluettelossa on eritelty vielä patteriventtiin asennukselle hinta, joka sisältää patteriventtiin hinnan ja näin ollen 166 patteriventtiin asennukselle hinnaksi määräytyy 17 928 €. Pattereiden sekä patteriventtiileiden asennukselle yhteishinnaksi tulee 70 859 €. Taulukossa 5 on esitetty patterilämmityksen materiaalikustannukset sekä materiaalikustannusten ja asennusten yhteishinta.

Taulukko 5. Patterilämmityksen materiaalikustannukset

Putket	4382
Eristeet	1506
Materiaalikustannukset yhteensä	5888
Asennuskustannukset (sisältää patterit)	93238
Materiaalikustannukset+asennus yhteensä	99126

Näin ollen investointikustannuksia patterilämmitykselle syntyy 99 126 €, eli noin 41,3 €/m².

5.4 Huolto- ja kunnossapitokustannukset

Käytännössä lämmitysjärjestelmät on tehty kestäväksi, ja ne ovat lähes huoltovapaita. Tässä työssä on tehty oletus, että molemmissa lämmitysjärjestelmissä joutuu tekemään muutamia huoltotoimenpiteitä vuodessa. Laskelmissa oletetaan, että huoltomies joutuu tekemään keskimäärin yhden päivän huoltotoimenpiteitä kuukaudessa, josta kertyy vuodessa 12 päivää. Vuodessa työtunteja siis kertyy 96. Huoltomiehen työhintana käytetään samaa arvoa 40 €/NH, jota käytettiin lattialämmityksen ja patterilämmityksen asennuskustannuksissa. Näin ollen huoltomiehen töiden vuosikustannukseksi määräytyy 3 840 €. Tähän huoltotöiden hintaan on lisättävä vielä materiaalien hinta. Materiaalien hinta molemmille lämmitysjärjestelmille määritetään 600 € vuodessa. Tähän sisältyy patterilämmitysjärjestelmässä esimerkiksi verkoston ilmaukset, patteriventtiilien säädöt, sulku- ja linjasäätöventtiilien säädöt, lianerottimen puhdistukset sekä pumpun toiminnan varmistus. Lattialämmitysjärjestelmässä tähän sisältyy esimerkiksi huonetermostaattien säädöt ja tarkistukset, jakotukin venttiilien säätö, toi-

milaitteiden vaihto, runkoputkiston ilmaukset ja pumpun toiminnan varmistus. Näin ol-
len huoltokustannuksiksi vuosittain määräytyy 4 400 €.

5.5 Energiankulutus

Esimerkkikohteen energiankulutuksen määrittämisessä käytetään kohteeseen mitoitta-
mieni pumppujen sähkönkulutuksesta laskettua vuosikulutusta ja lasketaan vuosittai-
nen hinta pumppaukselle keskimääräisen sähköhinnannousun mukaan.

Patterilämmitysjärjestelmän pääkiertovesipumpun sähkönkulutukseksi valmistajan si-
vuilla oli annettu 0,252 MWh/vuosi, kun taas lattialämmitysjärjestelmän pumpulla sama
arvo oli 1,431 MWh/vuosi [26].

Kaukolämmönkulutukselle käytetään arvoa 216 MWh/vuosi. Se on määritetty käyttä-
mällä laskennallista tyyppirakennusta kuvaavaa neliöperusteista energiankulutusta.
Tässä tapauksessa se on 90 kWh/m². [20]

5.6 Energian hinnat

Taulukossa 6 on esitetty energian hinnat, joita laskelmissa käytetään.

Taulukko 6. Energian hinnat [20; 21].

Energiakustannukset	Energia €/MWh	Siirtohint €/MWh	Sähkövero €/MWh	Yhteensä €/MWh
Sähkö	79,7	71,5	27,9	179,1
Kaukolämpö	71,6			71,6
Kuukausimaksut				
	€/kk	€/kk		Yhteensä €/kk
Sähkö	4,0	5,9		9,9
Kaukolämpö	44,7			44,7

5.7 Laskenta esimerkkikohteessa

Elinkaarikustannusten tarkastelujakson pituudeksi on määritetty 25 vuotta. Tänä 25 vuotena laitteistoa uusitaan kerran 15 vuoden kohdalla, jolloin uusitaan patteriventtiilit sekä huonetermostaatit. Näissä uusintainvestoinneissa käytetään aiemmin laskettuja hintoja kyseisille materiaaleille ja niiden asennuksille. Elinkaarikustannuksia laskiessa käytetään kaavaa 1, jolla lasketaan investoinnin koko elinkaaren kustannukset.

Taulukoista 2 ja 3 huomataan, että kaukolämmön sekä sähkön hinnat ovat molemmat nousseet viimeisen 10 vuoden aikana. Elinkaarilaskelmassa oletetaan, että energian hinta tulee nousemaan myös jatkossa. Sähkön hinnalle käytetään reaalisena hinnan nousuna taulukon 3 mukaista 2,4 %:a.

Reaalikorkona laskelmassa käytetään arvoa 4,2 %. Se on laskettu kaavalla 8, kun ensin määritetään nimelliskoroksi 6 %. Taulukossa 7 näkyvät lukuarvot, joita laskennassa käytetään.

Taulukko 7. Laskennassa käytetyt lukuarvot.

Inflaatio	1,7 %
Nimelliskorko	6 %
Reaalikorko	4,2 %
Sähkön reaalin hinnannousu	2,4 %
Kaukolämmön reaalin hinnannousu	3,7 %

6 Tulokset ja kustannusvertailu

6.1 Patterilämmityksen elinkaarikustannukset

Taulukossa 8 on eritelty kaavan 1 sisältämät elinkaarikustannukset patterilämmityksen osalta.

Taulukko 8. Patterilämmityksen elinkaarikustannukset.

25 vuoden LCC	€
Investointikustannukset	99126
Energiakustannusten nykyarvo	374256
Kunnossapitokustannusten nykyarvo	9672
Huoltokustannusten nykyarvo	67307
Yhteensä	550361

6.2 Lattialämmityksen elinkaarikustannukset

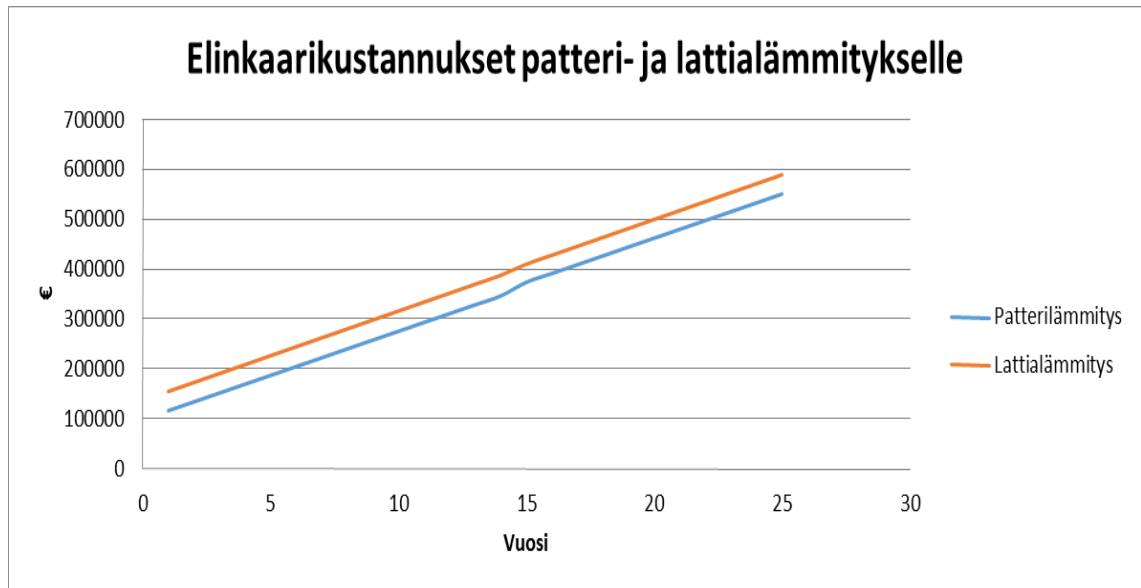
Taulukossa 9 on eritelty kaavan 1 sisältämät elinkaarikustannukset lattialämmityksen osalta.

Taulukko 9. Lattialämmityksen elinkaarikustannukset

25 vuoden LCC	€
Investointikustannukset	137709
Energiakustannusten nykyarvo	378510
Kunnossapitokustannusten nykyarvo	4439
Huoltokustannusten nykyarvo	67307
Yhteensä	587965

6.3 Elinkaarikustannusvertailu lämmitysmuodoille

Kuvassa 9 on esitetty elinkaarikustannukset molemmille lämmönjakotavoille. Kokonaisuudessaan patterilämmitysjärjestelmä tulee maksamaan noin 37 600 € vähemmän 25 vuoden ajan jaksolla kuin lattialämmitys.



Kuva 9. 25 vuoden elinkaarikustannukset patteri- ja lattialämmitykselle.

Taulukossa 10 on esitetty elinkaarikustannukset.

Taulukko 10. Elinkaarikustannuksien vertailu.

25 vuoden LCC	LCC
Patterilämmitys	550361
Lattialämmitys	587965
Erotus patterilämmityksen hyväksi	37604
Patterilämmitys halvempi	6,4 %

7 Tulosten analysointi

Laskennan perusteella patterilämmitys tulee halvemmaksi lattialämmitykseen verrattuna 25 vuoden elinkaaren aikana. Patterilämmityksen pienemmät investointikustannukset tekevät eroa jo lämmitysmuotojen välille 38 583 €.

Energiakustannuksissa ero syntyi siitä, että patterilämmityksessä käytetään pumppua, jolla on pienempi sähköteho kuin lattialämmityksessä käytettävällä pumpulla. Tästä kertyy eroa patterilämmityksen hyväksi 4 254 €.

Kunnossapitokustannuksia katsottaessa on lattialämmityksessä kaikkien termostaattien uusiminen laskelmien mukaan halvempaa, kuin patterilämmityksessä kaikkien patteriventtiilien uusiminen. Tämä ero johtuu siitä, että patteriventtiileitä on yli 1,5 kertaa enemmän uusittavana. Eroa syntyi lattialämmityksen hyväksi 5 233 €.

Lopullinen ero elinkaarikustannuksissa patteri- ja lattialämmityksellä oli 37 604 €.

Huoltokustannuksia määrittäessä on vaikea arvioida kyseisten lämmitysjärjestelmien huoltotarvetta. Kun rakennus on uusi, huoltokustannuksia ei juuri laitteiden viallisuudesta synny. Tällöin ne koostuvat pääasiassa asiakkaiden pyynnöistä muuttaa esimerkiksi asetusarvoja huoneiden lämpötiloissa. Tästä syystä huoltokustannuksissa ei ollut eroa, sillä molempien huoltokustannukset oli määritetty samansuuruisiksi.

8 Johtopäätökset

Työhön tehtyjen laskelmien ja selvitysten perusteella voidaan todeta, että vesikiertoinen patterilämmitysjärjestelmä tulee lämmitysratkaisuna halvemmaksi kuin vesikiertoinen lattialämmitys.

Laskennasta hankalan tekee se, että tulevaisuuden hinnankelitys ja järjestelmien vaatimat huoltotyöt ovat vain arvailtavissa. Kaukolämmön ja sähköenergian hinnat vaihtelevat paikkakuntaakohtaisesti. Työssä käyttämäni materiaalien hinnat ovat kuluttajahintoja, ja esimerkiksi suurella urakointifirmalla hankintahinnat tulisivat olemaan huomattavasti alhaisemmat. Työkustannushinnat ovat alan työehtosopimuksen mukaiset, joten näitä hintoja urakointifirma käyttäisi todennäköisesti urakkahinnoittelussa.

Pumppauskustannukset ovat edullisemmat patterilämmityksellä, koska pumppu on huomattavasti pienempi kuin lattialämmityksessä käytettävä pumppu, jolloin sähkönkulutus on maltillisempaa. Näin ollen pumppauskustannuksia vertailemalla patterilämmitys kasvattaisi vain vuosi vuodelta eroa.

Käyttömukavuus sekä esteettisyys tuovat lattialämmitykselle enemmän arvoa. Lattialämmitys koetaan myös asuntojen myynnin kannalta usein etuna. Näin ollen 6,4 %:n ero 25 vuoden elinkaaren aikana on aika pieni.

Nykyään on kuitenkin mahdollista hoitaa samalla järjestelmällä sekä lämmitys että viilennys. Tällöin esimerkiksi asunnon jäähdytystä ei tarvitsisi hoitaa ilmanvaihdolla tai harkita ihan erillistä jäähdytysjärjestelmää asuntoihin. Kun lattialämmitysjärjestelmää voidaan käyttää huoneiston lämmittämiseen sekä viilentämiseen, on siihen investoidulla rahalla saatu kaksi hyötyä samanaikaisesti. Tässä mielessä lattialämmityksen hieman suurempia investointikustannuksia voidaan pitää lähes merkityksettöminä.

Työtä voisi viedä jatkossa eteenpäin siten, että elinkaarikustannuksissa otettaisiin huomioon lämmönjakohuoneen laitteiston kustannukset sekä perehdyttäisiin lämmitysjärjestelmäkohtaisiin huolto- ja kunnossapitokustannuksiin tarkemmin. Myös tarkasteluajanjaksoa voisi pidentää, jolloin huomioitavaksi tulisivat myös koko laitteiston uusimisen kustannukset.

Investointikustannusten ero voi myös vielä hieman kaventua, jos lattialämmityksen materiaalien ja asennuksien hinnat vielä laskevat. Lattialämmitysverkosto on mahdollisesti myös huoltovapaampi, sillä patterilämmitykseen verrattuna lattialämmityksellä on vähemmän näkyvillä olevia huollettavia osia. On kuitenkin huomioitava, ettei laskennassa ole huomioitu patteri- ja lattialämmityksen eroja rakenteiden ja rakentamisen keston osalta, kuten paikallavalussa erillisestä pintavalusta ja eristämisestä koituvat lisätyöt, joita lattialämmityksen asentamisessa syntyy. Patterilämmityksessä voidaan laatta valaa kerralla oikean paksuiseksi. Ennen lattialämmityksen asennusta joudutaan myös odottamaan vesikaton valmistumista, jotta vettä ei pääse sisälle enää siinä vaiheessa. Patterilämmityksessä voidaan myös aloittaa rakennuksen lämmitys aikaisemmassa vaiheessa, jolloin kuivumisajat pienenevät. Näillä on huomattavasti suurempi vaikutus kokonaiskustannuksiin.

Tulevaisuudessa tämän työn tilaaja voi laskelman perusteella suositella lattialämmitystä asiakkaalle. Asiakkaalle voidaan myös suositella lattiaviilennyksen käyttöä ja esittää, että työn tuloksena saatu noin 6 %:n ero lämmitysmuotojen välillä pienenee jäähdytyksestä saadun hyödyn takia.

Lähteet

- 1 Harju Pentti. Lämmitystekniikan oppikirja. Kouvola. Penan tieto-opus, 2010
- 2 Vesikiertoinen patterilämmitys. 2002. LVI 12–10343. Rakennustieto Oy.
- 3 Seppänen Olli. 1995. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä. Suomen LVI-yhdistysten liitto ry.
- 4 Lattialämmityksen asennus- ja käyttöohje. 2015. Verkkodokumentti. Uponor Suomi Oy.
<https://issuu.com/uponorfi/docs/5031_lattialammityksen_asennus_kayt_60bf5865b187f6/3?e=0> Luettu 10.3.2016
- 5 Vesikiertoisen lattialämmityksen perusteet. 2011. Verkkodokumentti. Oy Danfoss Ab.
<http://lampo.danfoss.com/PCMPDF/Handbook_Introduction_VGDYA220_hires.pdf> Luettu 3.2.2016.
- 6 Vesikiertoinen lattialämmitys. 1996. LVI 13–10261. Rakennustieto Oy.
- 7 Paikallavaaletut betonirunkorakenteet. 2004. RT 82–10814. Rakennustieto Oy.
- 8 Weber.vetonit 4350 tuote-esite. 2015. Verkkodokumentti. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. <<http://shop.e-weber.fi/kronodocs/47141.pdf>> Luettu 19.2.2016
- 9 LVI-suunnitelmat. 2016. Hepacon Oy.
- 10 Ontelolaatat. 2016. Verkkodokumentti. Betoniteollisuus ry.
<<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>> Luettu 4.2.2016
- 11 Vesikiertoinen lattialämmitys. 2003. RT 52–10801. Rakennustieto Oy.
- 12 Parman tekniikkatuotteet. 2016. Esite. Verkkodokumentti. Parma Oy.
<http://www.parma.fi/images/files/downloads/PARMA_tekniikkatuotteet_esite_A4_web.pdf> Luettu 3.2.2016
- 13 Talotekniikan elinkaarikustannukset. 2007. Verkkodokumentti. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf>> Luettu 11.2.2016
- 14 Lämmitys kaukolämmöllä. 2005. RT 52–10859. Rakennustieto Oy.

- 15 Lämmitysjärjestelmien elinkaari. 2016. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/lammitysjarjestelmien_elinkaari> Luettu 16.2.2016
- 16 Heiskanen Mirkka. 2013. Kaukolämpö- ja maalämpöjärjestelmän kustannusvertailu pientalon lämmitysjärjestelmänä. Metropolia ammattikorkeakoulu.
- 17 Elinkaarikustannusten ja ympäristökuormitusten ohjaus rakennushankkeissa. 2001. Verkkodokumentti. Rakennustieto Oy.
<<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010701.pdf>> Luettu 10.2.2016
- 18 Inflaatio. 2016. Verkkodokumentti. Tilastokeskus.
<http://tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_hinnat.html> Luettu 19.2.2016
- 19 Sirén Kai. 2015 Rakennusten energiainvestointien kannattavuuden laskenta. Opetusmateriaali. Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu.
- 20 Kaukolämmön hinnat tyyppitaloissa eri paikkakunnilla. 2016. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <<http://energia.fi/tilastot/kaukolammon-hinnat-tyyppitaloissa-eri-paikkakunnilla>> Luettu 15.3.2016
- 21 Sähkön toimitusvelvollisuus- ja siirtohintojen kehitys. 2016. Verkkodokumentti. Energiavirasto. <<https://www.energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>> Luettu 21.3.2016
- 22 Talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimus 2014–2016. 2014. Verkkodokumentti. LVI-Tekniset Urakoitsijat LVI-TU ry, Rakennusliitto ry.
<<http://www.finlex.fi/data/tes/stes/4463-TT146TaloLvi1403.pdf>> Luettu 17.3.2016
- 23 Yksikköhintaluettelo PU-työt. 2016. Hepacon Oy.
- 24 Sosiaalimenojen aktivointi. 2002. Verkkodokumentti. Verohallinto.
<https://www.vero.fi/fi-FI/Syventavat_veroohjeet/Elinkeinoverotus/Sosiaalimenojen_aktivointi%2810190%29> Luettu 20.3.2016
- 25 Sähköurakan yksikkökustannuksia. 2015. Espoo. Sähköinfo Oy.
- 26 Grundfos product center. 2016. Verkkodokumentti. Oy Grundfos Ab.
<<https://product-selection.grundfos.com/front-page.html>> Luettu 21.3.2016

