

Tommi Lappalainen

Vesikiertoiset lattialämmitykset kerrostaloissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

21.11.2013

Tekijä(t) Otsikko	Tommi Lappalainen Vesikiertoiset lattialämmitykset kerrostaloissa
Sivumäärä Aika	30 sivua 10.11.2013
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakennustekniikka
Ohjaaja(t)	vastaava työnjohtaja Ari Virkki lehtori Tapani Järvenpää
<p>Kerrostalotyömailla on perinteisesti käytetty suhteellisen vähän lattialämmitysratkaisuja muun muassa asennusteknisten haasteiden takia. Siitä huolimatta viime vuosina lattialämmitykset ovat tulleet myös kerrostalojen lämmitysjärjestelmiksi. Tähän syynä on ollut lähinnä sisustamiseen liittyvät asiat.</p> <p>Koska lattialämmitys on asuinkerrostaloissa suhteellisen uusi järjestelmä, ei standardeja toimintatapoja ole ehtinyt vielä kehittyä. Esimerkiksi Skanskan asuntorakentamisen kohteissa on jouduttu miettimään monia ratkaisuja suhteellisen paljon työmaalla. Tämä on suoraan pois kaikesta muusta ajasta työmaan työnjohdossa.</p> <p>Opinnäytetyössä kuvataan yleisimpiä lattialämmitysratkaisuja ja niihin liittyviä säätöjä Suomessa. Työ tarkastelee myös lattialämmitysratkaisujen vaikutuksia työmaaprojektin aikatauluun ja niihin liittyviä ongelmia. Lisäksi tutkimuksessa esitetään valittujen lattialämmitystoimittajien ratkaisuja. Järjestelmien toimintaa on selvitetty toimittajien esitteistä, alan kirjallisuudesta, syventymällä tutkimuskohteisiin ja haastatteluilla.</p> <p>Opinnäytetyö kuvaa lattialämmitysratkaisuja Skanskan asuntorakentamisen kahdessa eri kohteessa. Kohteiden lattialämmitysratkaisuista kuvataan asennusprosessi, aikataulu ja kokonaisratkaisuun liittyviä haasteita. Tutkimuskohteissa käytettyjä ratkaisuja arvioidaan järjestelmän, asennusjärjestyksen ja logistiikan näkökulmasta.</p> <p>Tutkimuskohteissa suurimpina ongelmina esiintyi uuden lämmitysjärjestelmän säätöihin liittyvät ongelmat ja sisätyövaiheen aikataulua pidentävä vaikutus. Lattialämmitystyön asentamisessa tärkeimmäksi asiaksi muodostuivat huolellisesti suoritettut edelliset työvaiheet ja huolellinen työsuunnittelu yhteistyössä lattialämmityksen toimittajien kanssa.</p>	
Avainsanat	lattialämmitys, vesikiertoinen, kaukolämpö

Author(s) Title	Tommi Lappalainen Floor heating in the block of flats
Number of Pages Date	30 pages 10 November 2013
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Manager
Specialisation option	House Building
Instructor(s)	Ari Virkki, Site Manager Tapani Järvenpää, Senior Lecturer
<p>Traditionally, the floor heating solutions have not been preferred option for block of flats. Part of this is due to the technical challenges experienced during the installation. However, during the last years, the heating solutions have become more popular among the prospective apartment byers. Main reason for this is thought to increasing decoration requirements.</p> <p>Because the floor heating solutions are relative new there are no standard operative procedures to guide the planning and installation of the solutions. This has caused situations where the most of the planning and re-thinking happens in the construction sites. This is not effective use of construction site managers and may cause delay in the overall construction project progress.</p> <p>This thesis describes the common floor heating solutions used in Finland and related challenges and impact on the overall construction site time plan. In addition to that the Thesis describes the select floor heating vendor solutions. Information for the topics is collected from literature, interviews and vendor brochures.</p> <p>The research part of the thesis is focused on the floor heating solutions in two construction sites. The thesis describes the floor heating solutions, installation time table and overall challenges in these two sites. Solutions are evaluated from the installation order, overall solution and logistics perspectives.</p> <p>In the researched construction sites, the challenges in relation to floor heating where related to the floor heating adjustments, and the timing of the activities. Overall, the most important thing in successful installation of the floor heating solution is cooperative pre-planning with the vendor and carefully finished preliminary work stages.</p>	
Keywords	floor heating, water circulated, district heating

Sisällys

Sanasto

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tilaaja	1
1.2	Tutkimuksen tarve	1
1.3	Tutkimuksen lähestymistapa	2
2	Yleisimmät lämmitysjärjestelmät kerrostaloissa	4
2.1	Vesikiertoinen patterilämmitys	4
2.1.1	Toiminta	4
2.1.2	Perussäätö	7
2.2	Vesikiertoinen lattialämmitys	9
2.2.1	Rakenne ja suunnittelu	10
2.2.2	Vaikutukset työmaaprojektin aikatauluun	13
3	Lämpölattiajärjestelmät	15
3.1	Weber Comfort	15
3.2	Heatco Enerline	17
3.3	Warmia-lattialämmitys	19
4	Tutkimuskohteet	21
4.1	Tutkimuskohde As Oy Espoon Kelloseppä	21
4.1.1	Lattialämmitystyön toteutus	22
4.1.2	Asukaspalautteet ja ongelmat	23
4.2	As Oy Kauniaisten Kvarretti	24
4.2.1	Lattialämmitystyön toteutus	25
4.2.2	Ongelmat	27
5	Tulokset	28
5.1	Järjestelmä	28
5.2	Asennusjärjestys	28
5.3	Logistiikka	29
6	Yhteenveto	30
	Lähteet	31

Käsitteet

Täsmäkuorma	Terminaalista tuleva kuorma, jossa on yhteen kerättynä eri toimittajilta tulevat suurikokoiset ja painavat rakennustarvikkeet. Täsmäkuorma helpottaa työmaan sisätyövaiheen logistiikkaa siten, että kyseiset tarvikkeet ovat valmiina huoneistoissa sisällä ennen kyseisen työvaiheen alkua. Täsmäkuormien tarvikkeita ovat mm. ikkunat, parvekeovet, väliseinätarvikkeet, ilmanvaihtokanavat, lämpöpatterit ja lämmitys- ja käyttövesiputket. Täsmäkuormien tarvikkeet kannattaa suojata hyvin, koska ne ovat alttiina sadevedelle, kolhuille ja holvi- tai saumavalusta tippuvalle betoniroiskeille.
Paikalla valettu	Betonivalu, joka muotitetaan, raudoitetaan ja valetaan työmaalla valmisbetonilla.
Rele	Rele on sähköisesti ohjattava sähkömekaaninen kytkin.

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tilaaja

Opinnäytetyön tilaajana toimii Skanska Talonrakennus Oy, Asuntorakentaminen Etelä-Suomi / Jari Iso-Anttila.

Skanska AB on yksi maailman johtavista rakennus- ja projektikehityspalveluita tarjoavista yrityksistä, jolla on ollut kansainvälistä liiketoimintaa vuodesta 1897. Skanska kansainvälistyi voimakkaasti 1950-luvulta 1970-luvulle saakka. 1970-luvulla Skanskalla oli toimintaa jo Afrikassa, Itä-Euroopan maissa ja Yhdysvalloissa. Skanska kuuluu tällä hetkellä maailman kymmenen suurimman rakennusyhtiön joukkoon. [1.]

Skanska AB vuonna 2013:

- henkilöstöä 57 000
- toimintaa 17 maassa
- liikevaihto 15 miljardia euroa

Skanska Oy

- liikevaihto noin 800 miljoonaa euroa
- henkilöstöä Suomessa 2 578
- toimintaa Suomessa ja Virossa
- neljä toimialaa: asunto-, toimitila-, infrarakentaminen ja asuntoprojektikehitys [1]

1.2 Tutkimuksen tarve

Kerrostalo-työmailla on perinteisesti käytetty suhteellisen vähän lattialämmitysratkaisuja. Asennusteknisten haasteiden lisäksi lattialämmitysratkaisuille on korkea hintataso, ja lyhyellä aikavälillä kehittyneet teknologiset ratkaisut vaikeuttavat ratkaisujen standardisointia.

Lattialämmitykset kerrostaloissa valikoitui aiheeksi niihin liittyvien haasteiden takia ja koska Skanskan asuntoprojektikehityksen projektipäälliköiden mielestä lähitulevaisuudessa lattialämmitysratkaisut ovat lisääntymässä uudiskohteissa. Jotta Skanska voisi toteuttaa lattialämmitysratkaisuja tehokkaasti, on tarvetta yhtenäistää käytäntöjä, sekä oppia aikaisemmissa kohteissa huomatuista ongelmista.

Suurimpia ongelmia liittyen kerrostalojen vesikiertoiisiin lattialämmityksiin:

- ylimmän kerroksen lämmöntarve verrattuna välikerrosten asuntoihin
- lämmitysjärjestelmän reagoinnin hitaus ulkolämpötilojen vaihteluihin
- lämmitysjärjestelmän joustavuus asukkaiden erilaisten lämmönaistimusten vuoksi
- kerrostalorakentamisessa vaadittu askeläänten eristys (53 dB)
- lattioiden pintamateriaalin vaihtelevuus (laatta, parketti)
- nopeasti lämpöä luovuttavien pintamateriaalien kylmyys (laatta)
- tuotannon tehokkuus
- sisätyövaiheen aikataulun pidentyminen

Isoin haaste tutkimusprojektin onnistumisen kannalta on monipuoliset tekniset vaatimukset. Tämä johtuu siitä, että lattialämmityksiin liittyy rakennustekniikan lisäksi myös paljon talo-, sähkö- ja automaatiotekniikkaa.

1.3 Tutkimuksen lähestymistapa

Ensimmäiseksi tutkimuksessa kuvataan yleisimpien lattialämmitysratkaisujen toiminta, säädöt ja niiden vaikutukset työmaaprojektin aikatauluun. Tämän jälkeen tutkimus esittelee kolmen eri lattialämmitysratkaisun toimittajaa ja näiden yritysten käyttämiä ratkaisuja.

Tutkimukseen valittiin esitettäväksi lattialämmitystoimittajat sen perusteella, että ne olivat mukana tutkimuksen tutkimuskohteiden lattialämmitysratkaisun kilpailutuksessa. Järjestelmien toiminta selvitetään toimittajien esitteistä, alan kirjallisuudesta, tutkimuskohteista ja haastattelujen avulla.

Tämän jälkeen lattialämmitysratkaisuja kuvataan Skanskan asuntorakentamisen kahdessa eri kohteessa. Tutkimuskohteiksi valittiin As Oy Espoon Kelloseppä ja As Oy Kauniaisten Kvartetti. Tutkimuskohteiden lattialämmitysratkaisuista kuvataan asennusprosessi, aikataulu ja kokonaisratkaisuun liittyvät ongelmat. Tutkimuskohteissa käytettyjä ratkaisuja arvioidaan järjestelmän, asennusjärjestyksen ja logistiikan näkökulmasta.

2 Yleisimmät lämmitysjärjestelmät kerrostaloissa

Pientaloissa lattialämmitys on ylivoimaisesti suosituin lämmitysmuoto. Kerrostaloissa vesikiertoinen lattialämmitys on kuitenkin vielä harvinainen sen kustannuksia nostavien vaikutusten vuoksi. Tällä hetkellä kerrostaloissa on pääasiassa käytetty lämmönluovutusmuotona vesikiertoista patterilämmitystä. Viime vuosina lattialämmitykset ovat vähitellen yleistyneet myös kerrostaloissa. [2.]

Lattialämmitys perustuu lämmön säteilyyn. Lattialämmityksessä on suuri lämmönsiirtopinta, siksi pinnan lämpötilan ei tarvitse olla niin suuri kuin patterilämmityksessä. Sen ansiosta se soveltuu erinomaisesti lämpöpumppujen lämmönluovutusjärjestelmäksi. Lattialämmitys saa patterilämmitykseen verrattuna tasaisemman pystysuuntaisen lämpötilajakauman. Lämpimän lattian ja tasaisen lämpötilan ansiosta myös huonelämpötilaa voidaan hieman laskea. [2.]

Lämmitysenergia tuotetaan taajamissa pääasiassa kaukolämmöllä, yli 90 % Suomen asuinkerrostaloista on kaukolämmitettyjä. Syinä tähän ovat kaukolämmön toimintavarmuus, edulliset liittymiskustannukset ja ympäristöystävällisyys. Muutamiiin kerrostaloihin on asennettu maalämpö, mutta se ei ole vielä syrjäyttämässä kaukolämpöä. [3, s.143.]

2.1 Vesikiertoinen patterilämmitys

Tämä luvun ensimmäisessä osassa kerrotaan patterilämmityksen toiminnasta ja toisessa osassa sen säätämisestä.

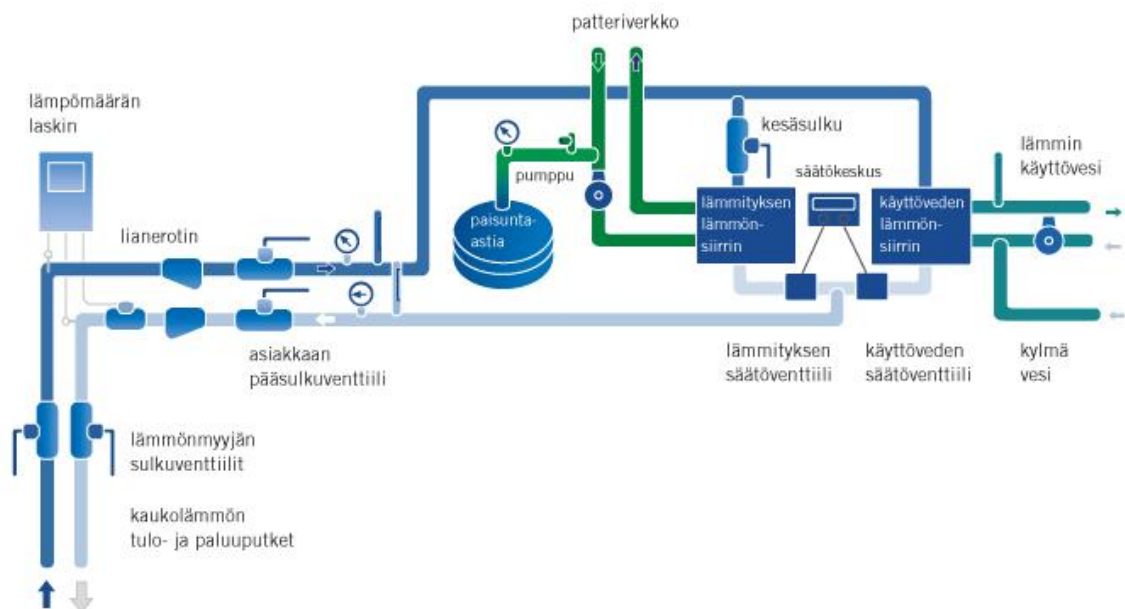
2.1.1 Toiminta

Vesikiertoinen patteri on metallinen lämmönluovutin. Patterit luokitellaan radiaattori-, ja konvektori tyyppeihin (kuva 1). Radiaattoreissa lämmön siirto perustuu lämmön säteilyyn. Konvektorin toiminta perustuu kiertävän ilman lämmittämiseen. Vesikiertoiset patterit ovat yleensä näiden yhdistelmiä, jolloin radiaattori muotoillaan ilmankiertoa tehostavaksi. [4, s.160.]



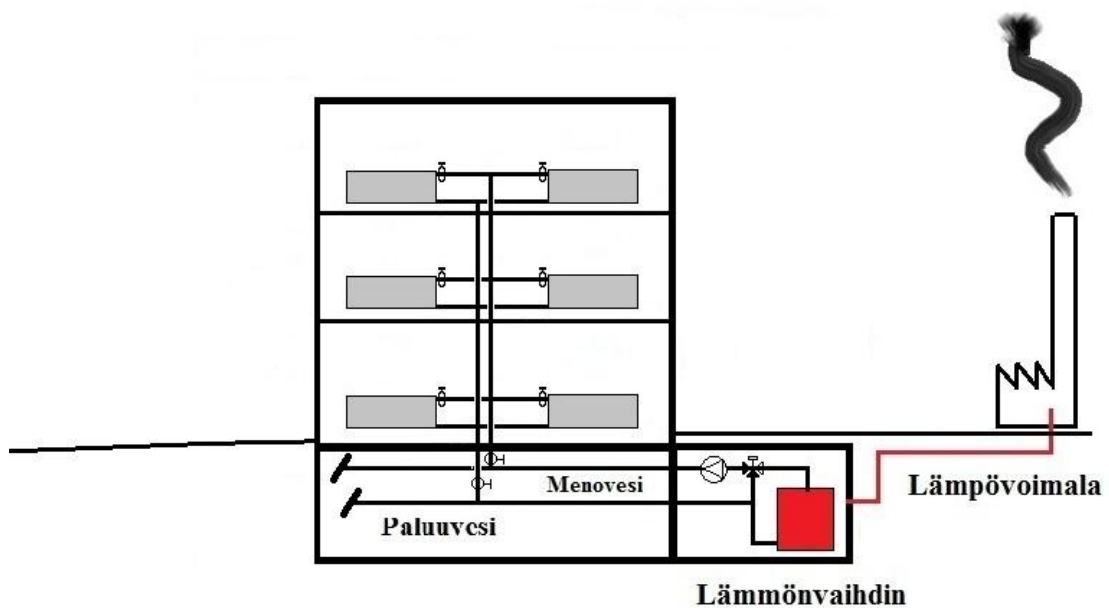
Kuva 1. Radiaattori ja konvektori [5]

Lämpöpatterit liitetään kiertovesilämmitysjärjestelmään ja lämmitetään kuuman kiertävän veden avulla sisältäpäin. Vesi kiertää lämpöpatteriputkistossa kiertovesipumpun avulla. Lämmönlähteenä taajamissa sijaitsevilla kerrostaloilla käytetään pääasiassa kaukolämpöä. Kaukolämpöverkostosta lämpö siirretään lämmönvaihtimilla kerrostalon vesikiertoon (kuva 2). Lämpövoimayhtiön laskutus perustuu lämmön luovutuksen, sekä lämmönvaihtimien tehokkuuden avulla laskettuihin perus- ja energiamaksuihin. Kesäksi lämmitys suljetaan kesäsululla ja lämmin vesi kiertää ainoastaan käyttöveden lämmönvaihtimessa. [4, s.160.]



Kuva 2. Kaukolämpölaitteisto [6]

Kiertovesilämmitys toteutetaan yleensä rinnan kaksiputkikytkentänä (kuva 3). Päällekkäin sijaitsevien huoneiden patterit kytketään samoihin nousulinjoihin, jotka yhdistetään kellaritiloissa kulkeviin runkojohtoihin. Runkojohdot yhdistetään lämmönvaihtimeen. Järjestelmässä pattereihin johdetaan kerroksittain saman lämpöistä vettä, myös paluuvesi on saman lämpöistä. Koska eri linjojen veden reitin pituus vaihtelee, tällöin myös veden virtauksen vastus muuttuu. Virtauksia tasataan säätöventtiileillä. Pattereihin asennetaan patteriventtiilit ja kunkin linjan alkuun linjasäätöventtiilit. Säätöventtiilien avulla saadaan eri linjojen paine-erot tasattua ja vesi kiertämään jokaisessa linjassa halutulla paineella. [4, s.121.]



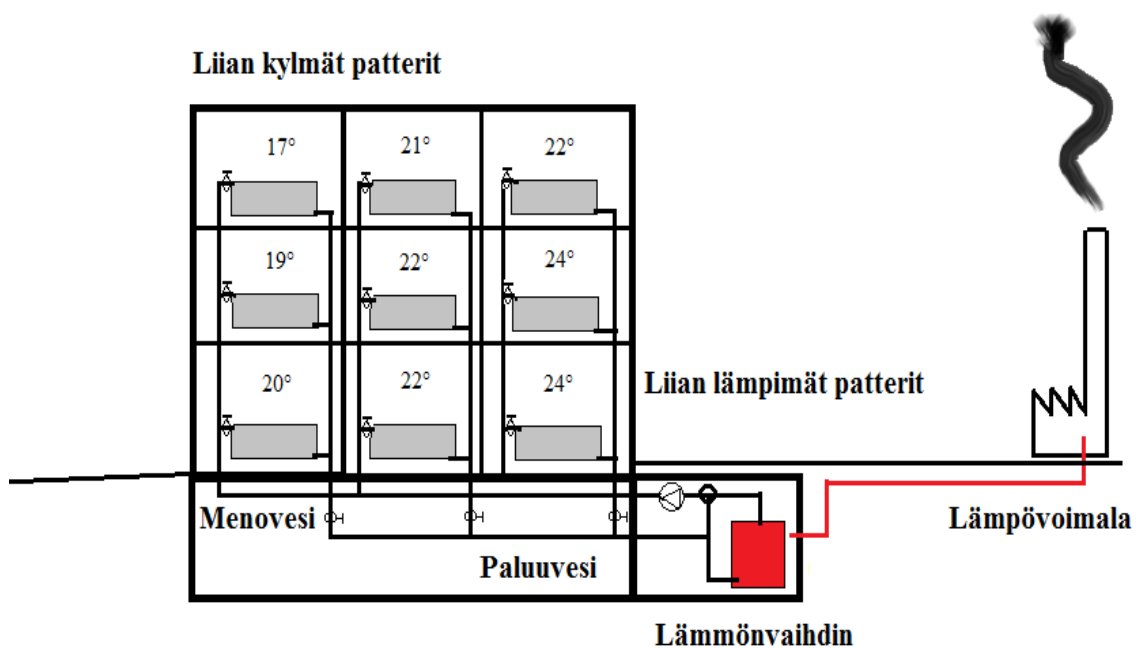
Kuva 3. Pattereiden kytkentä kiertovesiverkkoon kaksiputkikytkennällä

Vesikiertoisissa järjestelmissä on vältettävä ilmataskuja, joten järjestelmän ylimpiin kohtiin on asennettava ilmausventtiilit. Näitä on myös automaattisia, jotka poistavat verkostosta ilmaa automaattisesti. Pattereihin kertyvä ilma on poistettava patterin ilmausventtiilistä. Patterissa oleva ilma aiheuttaa lorisevaa ääntä ja heikentää patterin tehoa. [3, s.122.]

Vesikiertoinen järjestelmä varustetaan lämmönjakohuoneeseen sijoitetulla paisunta-astialla, jolla tasataan veden lämpölaajenemisesta johtuva veden tilavuuden vaihtelu. Veden määrän ollessa verkostossa liian vähäinen vettä ei riitä ylimpiin huoneisiin ja ne jäävät viileiksi. Vettä lämmitysjärjestelmään voidaan lisätä suoraan vesijohtoverkostosta lämmönjakohuoneesta. [4, s.119.]

2.1.2 Perussäätö

Vesikiertoinen lämmitysjärjestelmää on säädettävä rakennuksen valmistumisen jälkeisenä talvena, sekä myöhemmin vuosia käyttöönoton jälkeen. Syyt säätämiseen johtuvat siitä, että käytännössä patterien mitoitus on epätarkka. Käytännössä rakenteiden eristys ei aina vastaa laskelmissa käytettyjä eristevahvuuksia, koska rakenteissa on tuotannon ja suunnitelmien virheellisyyksistä johtuvia kylmäsiltoja. Lisäksi rakennuksen alkuperäinen lämmitysjärjestelmän tasapainotus on voitu jättää puolitiehen johtuen puutteista lämmityksen automaatiolaitteissa sekä säätöventtiileissä. Näistä syistä aiheutuu lämmitysjärjestelmän epätasapaino (kuva 4), jonka seurauksena järjestelmän lämpötilaa joudutaan ohjaamaan kylmimpien asuntojen mukaisesti. Tästä johtuen osa asunnoista lämpenee huomattavasti lämpimämmiksi, mutta näiden asukkaat harvemmin valittavat kuumuudesta. Tasapainotuksella saadaan merkittäviä säästöjä kiinteistön energian kulutuksessa. [3, s.173.]



Kuva 4. Epätasapainoinen verkosto

Syitä asuntojen huonelämpötilan poikkeamiin:

- Rakennuksen lämpöhäviöt on laskettu väärin.
- Seinissä on jokin rakenteellinen vika: Esimerkiksi elementtisaumojen vuodot tai lämmöneristykset ovat huonontuneet iän myötä.

- Ikkunoiden ja ovien tiivistykset huonot tai ne ovat kuluneet iän myötä.
- Lämmitysverkoston vesivirrat on säädetty väärin.

Syitä yksittäisen huoneiston kylmyyteen:

- Patterissa on ilmaa.
- Pattereihin ei kierrä riittävästi vettä, mikä voi johtua tukkeutuneesta tai väärin säädetyistä patterista.
- Patteriin tuleva vesi jäähtyy jo ennen veden virtaamista patteriin. Tämä voi johtua menovesiputken puutteellisista eristyksistä. [4, s.173.]

Patterin lämmönluovutus säädetään joko, menoveden lämpötilan nostolla tai säätämällä patterin veden virtausta. Tasapainotus suoritetaan vesivirran säädöillä linjasäätöventtiileistä ja patterin esisäätöventtiilistä.

Työ aloitetaan korjaamalla perusasiat:

- Puhdistetaan verkoston suodattimet ja tarkastetaan kiertovesipumpun toiminta.
- Tarkastetaan ikkunoiden ja ovien tiiveys, sekä korjataan puutteet.
- Tarkastetaan huoneiston rakenteiden tiiveys ja korjataan puutteet.
- Puhdistetaan ja säädetään IV-järjestelmät.
- Tarkastetaan lämmitysjärjestelmän automaatio. Pattereiden menoveden lämpötila tulee säätyä ulkolämpötilan mukaan lämmityskäyrän avulla.
- Tarkastetaan linjasäätö- ja patteriventtiilien toiminta, uusitaan tarvittaessa. Käytännössä venttiilit jumiutuvat, jos niitä ei ole säädetty viiteen vuoteen. [4, s.173.]

Säätötyö tehdään pakkasella -5...-15 asteen lämpötiloissa, pilvisellä säällä. Varmistetaan, että kaikkien pattereiden venttiilit ovat täysin auki ja kaikki ulkopuoliset lämmönlähteet ovat kytketty pois. Säätötyö aloitetaan mittaamalla huoneistojen lämpötilat. Seuraavaksi tasapainotetaan linjat. Siinä tarkastetaan meno- ja paluueden lämpötilaero kyseisellä ulkolämpötilalla. Sitten säädetään linjasäätöventtiilillä virtaama menoveden teoreettiseen arvoon. Tasaantuminen kestää noin puoli tuntia. Seuraavaksi säädetään samassa linjassa olevien pattereiden meno ja paluueden lämpötilat kohdalleen taulukosta. Säätötyö tarkastetaan parin vuorokauden kuluttua. Säätötyön onnistuessa menoveden säätökäyrän suuntaussiirtoa voidaan hieman laskea. [4, s.173.]

Patterin hyvät ominaisuudet:

- varmaksi todettu tekniikka
- vähentää ikkunavedon tuntua
- säädettävyys

Patterin huonot ominaisuudet:

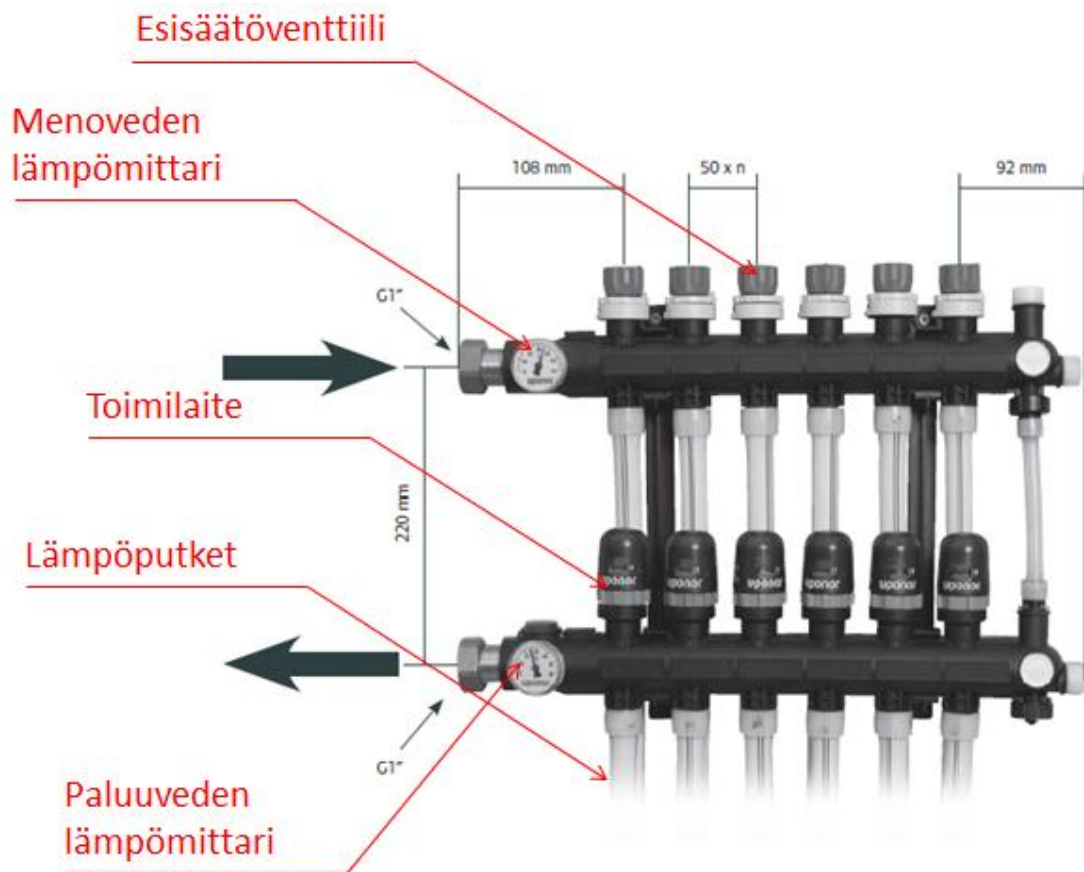
- vie tilaa huoneesta
- lämmitysteho ei riitä matalilla vedenlämpötiloilla. [4, s.173.]

2.2 Vesikiertoinen lattialämmitys

Tämän luvun ensimmäisessä osassa kerrotaan vesikiertoisen lattialämmityksen rakenteesta ja suunnittelusta. Luvuissa 2.2.1 ja 2.2.2 kerrotaan lattialämmityksen asentamisen vaikutuksia työmaaprojektin toteutuksen aikatauluun.

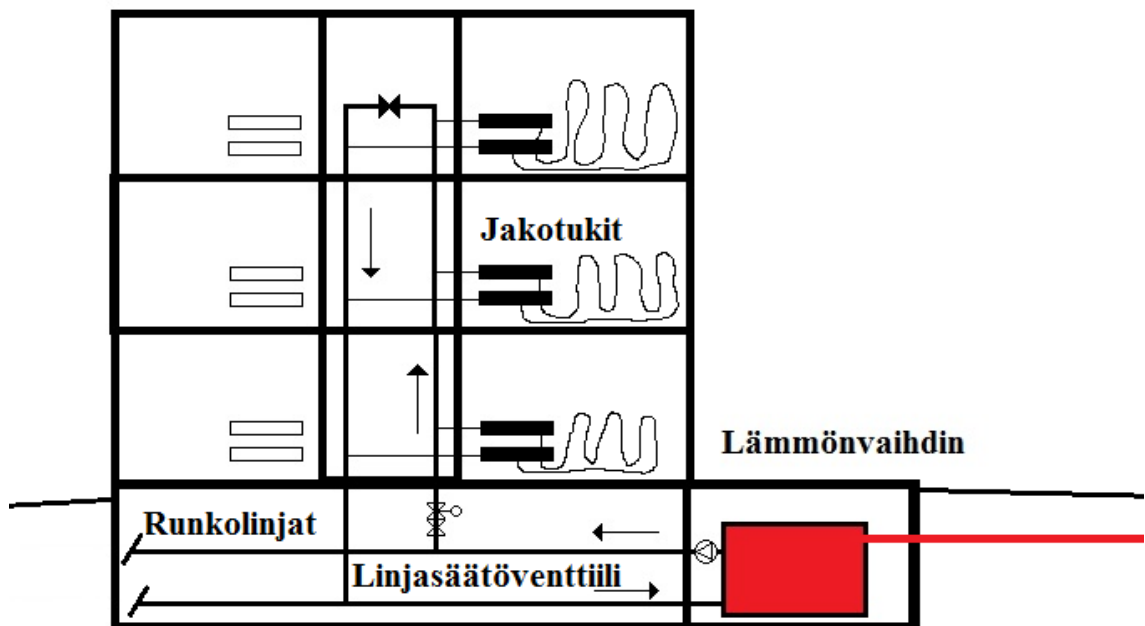
2.2.1 Rakenne ja suunnittelu

Asuinkerrostalojen vesikiertoinen lattialämmitys toteutetaan jakotukkijärjestelmänä, jossa runkolinjat ja lämpönousut kytketään kaksiputkijärjestelmänä. Lämmönvaihtimelta lähtee runkolinja, josta porraskäytävittäin lämmitysvesi nousee lämpönousuihin linjasäästöventtiilien kautta. Lämpönousuista linjat haarautuvat asuntojen jakotukkeihin (kuva 5).



Kuva 5. Jakotukin komponentit, Uponor Pro-jakotukki [7]

Jakotukeissa on esisäätöventtiilit, jotka säädetään lämpölaskelmien mukaisiin arvoihin sopivien virtauksien aikaansaamiseksi. Paluupuolen jakotukeissa on lisäksi toimilaitteet, jotka katkovat veden virtauksia huonetermostaatteihin asetettujen lämpötilojen mukaisesti. Paluutukilta vesi virtaa takaisin runkolinjaan. Runkolinjasta jäähtynyt vesi kulkee taas takaisin lämmönvaihtimelle varastoimaan lämpöenergiaa. Kuvassa 5 toimintaperiaate on piirrettynä kolmikerroksiseen taloon. [4, s.123]



Kuva 6. Kaksiputkinen jakotukkijärjestelmä

Lattialämmitys suunnitellaan seuraavalla tavalla:

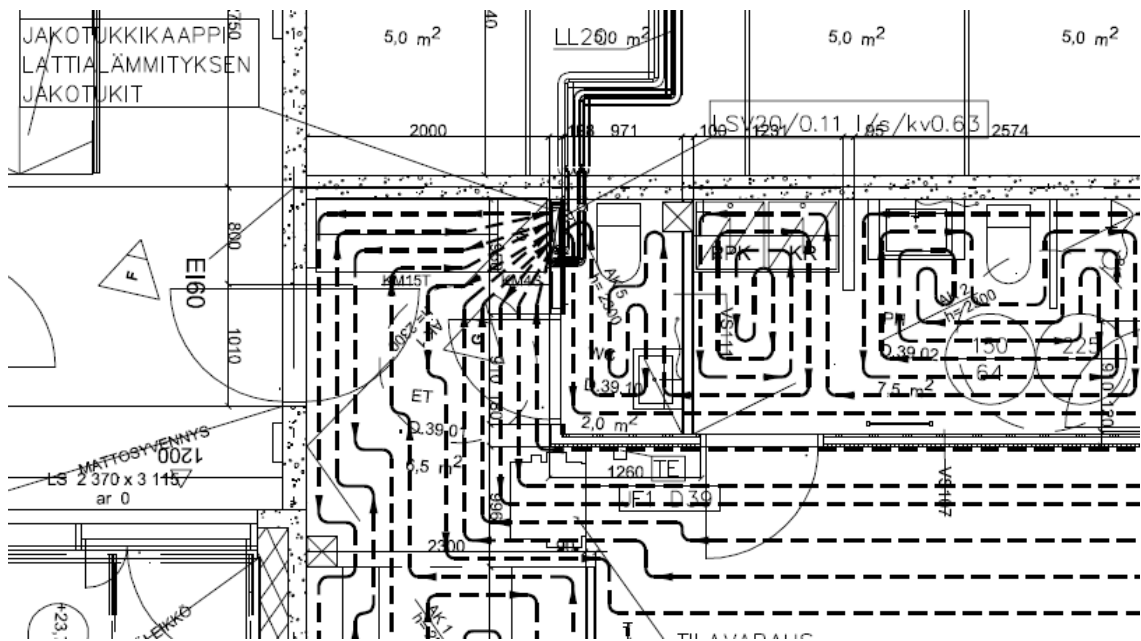
- Lasketaan huoneen lämmitystehontarve.
- Valitaan lattialämmityksen jakotukkiin paikat.
- Valitaan huonekohtaisen lämmitystehon perusteella menoveden mitoituslämpötila.
- Määritetään putken halkaisijan perusteella asennusväli huoneittain.
- Lasketaan putkilenkkien pituus, vedenvirtaamat ja painehäviöt.
- Lasketaan verkoston tasapainottamisen edellyttämät venttiilien esisäätöarvot.
- Mitoitetaan lenkkien yhteenlaskettujen tietojen perusteella jakotukeille tulevien putkien halkaisijat ja laaditaan kytkentäkaavio. [4, s. 185]

Nykyisten talojen eristykset ovat niin hyviä, että lämmityksen tehontarve on luokkaa 30–50 W/m², riippuen eristysvahvuuksista ja sijaintipaikkakunnasta. Lattian pintalämpötilaksi tavoitellaan 23–25 astetta. Laatoitettujen lattioiden hyvän lämmönjohtavuuden ansiosta putkipiirin lämmitysvedenlämpötilan olisi oltava luokkaa 30–35 astetta. Parketilattioiden huonomman lämmönjohtavuuden vuoksi putkiston veden lämpötilan olisi oltava hieman korkeampi, noin 35–40 astetta. Jotta parketti ei vaurioituisi, niiden valmistajat ovat määritelleet suurimmaksi pinnan lämpötilaksi 27 astetta.

Lattialämmitysputkistojen yleisimpiä kokoja ovat 12 mm, jolla asennusväli 125 mm. Tätä kokoa käytetään lähinnä saneerauksissa. 16–17 mm:n putket ovat yleisimpiä asuinrakennusten putkistoja, näillä asennusväli on 200 mm. 20 mm:n putkistoilla päästään 300 mm:n asennusväliin. 20 mm:n putkia käytetään lähinnä julkisissa tiloissa, joissa lämmönluovutuksen tasaisuudella ei ole niin suurta merkitystä.

Putkipiirin peruseriaate on, että piirin menoputki kiertää ensimmäiseksi ulkoseinät, lisäksi ikkunoiden kohdalla asennusväliä tihennetään. Yhden putkipiirin pituus on 50–90 m. Putken menekki on 6 m/m², mikä tarkoittaa että suurimmat piirit voivat olla alaltaan noin 15 m². Suuriin huoneisiin asennetaan useampi piiri, jotka säädetään ohjattaviksi samalla huonetermostaatilla. [7].

Kuvassa 5 on osa As Oy Kaunisten Kvartetin Heatco Oy:n laatimasta lattialämmitys suunnitelmasta. Suunnitelmassa näkyvät jakotukkien paikat, lattialämmitys putkiston reitit, putkiston etäisyydet, esisäätöarvot venttiileille, virtaamat ja kiertosuunnat. [4, s. 185.]



Kuva 7. Lattialämmityssuunnitelma [8]

2.2.2 Vaikutukset työmaaprojektin aikatauluun

Skanskan asuntorakentamisen yksikössä on totuttu, että kerrostalojen holvit ovat paikalla valettuja. Paikalla valetusta holvista syntyy valmiit parkettilattioiden pohjat ja vesikatko. Vesikatkon ansiosta sisävalmistusvaiheen työt voidaan aloittaa ennen vesikaton valmistusta.

Vesikiertoinen lattialämmitys toteutetaan uivana kantavan holvin päälle. Jos tähän rakenteeseen pääsisi vähäisiäkin määriä sadevettä, se aiheuttaisi suuria kosteusongelmia rakenteissa. Näistä syistä johtuen lattialämmitystyötä ei kannata aloittaa ennen vesikaton valmistumista.

On olemassa kaksi eri koulukuntaa, joilla on eri näkemykset väliseinien ja lattialämmityksen toteuttamisjärjestyksestä. Kyse on siitä, tehdäänkö pintalattiat ennen vai jälkeen väliseinien rakentamista. Talossa, jossa on paikalla valettu holvi, voidaan väliseinätyö aloittaa jo ennen vesikaton valmistumista. Tällöin väliseinätyövaihe ei periaatteessa vaikuta pidentävästi sisätyövaiheen aikatauluun.

Toinen asia, joka vaikuttaa työvaiheiden järjestykseen, on täsmäkuormat. Täsmäkuormat puoltavat väliseinien tekemistä ennen pintalattia työvaihetta. Kerroksen elementtien asennuksen jälkeen, ennen holvimuottityön aloitusta, on perinteisesti nostettu täs-

mäkuormat kerrokseen. Täsmäkuormien tarvikkeisiin kuuluvat ikkunat, väliseinä tarvikkeet, IV-kanavat ja LV-putket. Tämä tarkoittaa, että nämä tarvikkeet on suurimmaksi osaksi asennettava ennen lattialämmitystyön aloitusta. Muussa tapauksessa nämä tarvikkeet täytyisi kantaa pois asunnoista, mikä aiheuttaisi ylimääräistä työtä.

Riippuen menetelmästä yhden kerroksen lattialämmitystyö kestää 4–5 päivää. Tämä aika on rauhoitettava täysin kyseiselle työvaiheelle. Käytännössä asunnot on tyhjennettävä työvaiheen ajaksi kaikesta ylimääräisistä tarvikkeista. Lisäksi lämmitystä ei voida kytkeä päälle yhtä nopeasti kuin kaksiputkisessa patterilämmityksessä. Patterilämmitykseen verrattuna kuvatut asiat hidastavat sisätyövaihetta noin viikon verran. Tämä lisää merkittävästi työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksia. [9]

3 Lämpölattiajärjestelmät

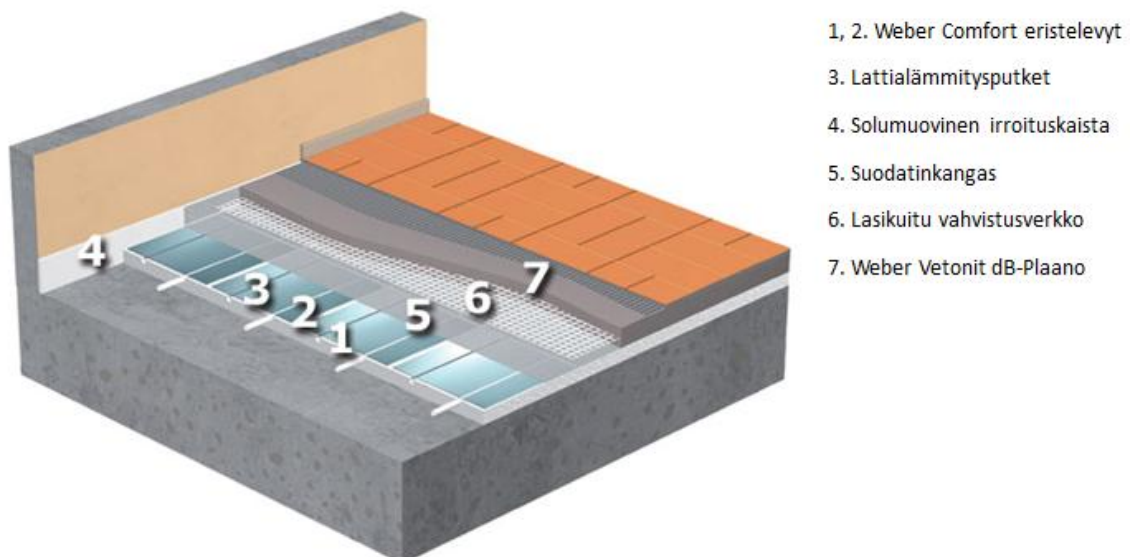
Tämän luvun tarkoituksena on esitellä lämpölattiajärjestelmä ratkaisujen eri toimittajia ja ratkaisuja. Lämpölattiajärjestelmistä esitellään Weber Comfort, Heatco ja Warmialattialämmitys. Toimittajat ovat valikoituneet tutkimukseen sen perusteella, että ne olivat mukana Skanska Kvartetin lämpölattiajärjestelmien kilpailutuksessa. Markkinoilla on myös muita toimijoita, joita ei tässä tutkimuksessa käsitellä.

Toimittajista riippuen lämpölattiaratkaisuja tarjotaan erinäköisillä yhteistyömuodoilla. Skanska Kvartetin kilpailutukseen osallistuvista toimittajista kukaan ei ilmoittanut tekevänsä kokonaisratkaisua kokonaan itse.

3.1 Weber Comfort

Weberin järjestelmässä lattiaeristeet ja tasoitteet tulevat Saint-Gobain Weberiltä. Lattialämmitysputkistot, tekniikka ja eristeiden asennukset tulevat Uponorilta ja tasoitteen pumppaustyön suorittaa Tasoite Ahonen Oy.

Tutkitussa kohteessa As Oy Espoon Kellosepässä valittiin käytettäväksi Weber Comfort -lattialämmitysrakennetta. Weber Comfort lämpölattia perustuu massiivilaatan päälle rakennettuun uivaan lattiarakenteeseen (kuva 7).



Kuva 8. Weber Comfort lämpölattian rakenne [10]

Plaanovalun vähimmäispaksuus putken päällä on 30 mm. Rakenteen paksuus ilman lattiapinnoitetta on 60 mm. Rakenteen etuna on nopea lämpötilan reagointi pienen massansa ansiosta. [10.]

Uponor käyttää lattialämmitys putkena on Uponor Wisho-pePEX 17 x 2 mm:n putkea (kuva 8). Putken halkaisija on 17 mm ja putken seinämän vahvuus on 2 mm. Putkessa on happidifфуusio, joka estää hapen pääsyn putken rakenteen lävitse lämmitysjärjestelmään. Poikkeuksena muihin valmistajiin Uponor käyttää lasikuidulla vahvistettuja polymadi jakotukkeja. Valmistajan mukaan etuna materiaalissa messinkiin nähden on keveys ja pienempi alttius varkauksille. [10.]

Uponorin ratkaisu huonelämpötilojen ohjaukseen on Uponor Control System. Termostaatit antavat asukkaalle haluaman huoneen lämpötilat Uponorin keskusyksikköön. Keskusyksikkö ohjaa annettujen tietojen perusteella kyseisen piirin toimilaitetta. Järjestelmän huonetermostaatit toimivat 24 Voltin pienjännitteellä. Järjestelmään on mahdollista lisätä monia erilaisia antureita, joiden avulla huoneen lämpötilaa pystyy säätämään tarkemmin. Näitä antureita ovat mm. ajastin, ulkolämpötila-anturi ja jäädytyksen ohjausyksikkö. [10.]



Kuva 9. Uponor Wisho-pePEX putken rakenne [9]

Tasoitteen pumppauksen suorittaa Tasoite Ahonen Oy. Tasoitteena käytetään Weber 4350-Plaanoa. Tasoite on sijoitettuna Weberin sekoitussiilon, jonka Weber toimittaa työmaalle yleensä edellisenä päivänä. Siilo on noin 20 tn painava ja vaatii muutaman

neliön kokoisen tukevan alustan. Lisäksi työmaan on toimitettava siilolle 32 A virtaa ja juoksevaa vettä. [11.]

3.2 Heatco Enerline

Heatcon Enerline-lattialämmitysratkaisussa toimijoina ovat

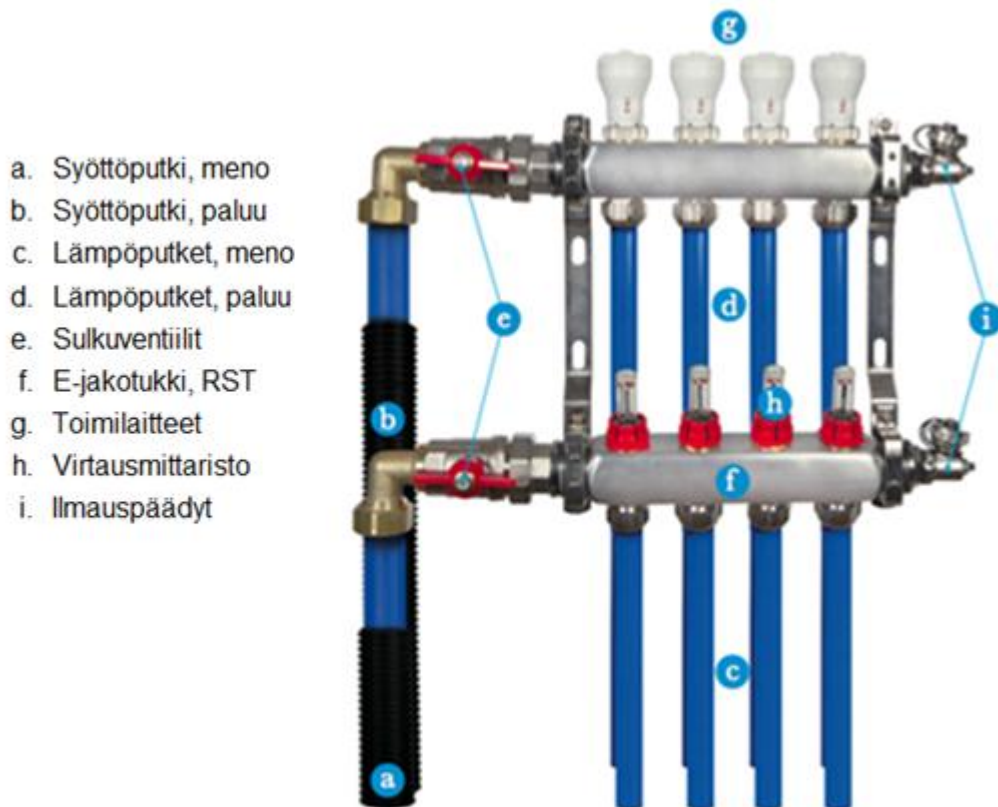
- Heatco Oy toimittaa lattialämmityksen askeläänieristeen, putket, muu lattialämmitystekniikan ja asennukset.
- Heikkinen yhtiöt Oy on vastuussa lattiatasoitteen pumppaamisesta.
- Fescon Oy on vastuussa lattiatasoitteen toimittamisesta

Kerrostaloihin soveltuvassa Enerline-lattialämmitysjärjestelmässä (kuva 9) askeläänieristeenä käytetään EPS-DES 30 mm:n eristettä. Eristeen äänenvaimennus on 34 dB(A). Reunoilla kiittää solukuminen nauha, joka sallii lattialle lämpölaajenemisliikkeen ja muodostaa lämpö- ja äänieristeen seinärakenteen ja lattialaatan välille. Lämmitysputkena on 16 x 2 mm:n happidiffuusiosuojattu putki.



Kuva 10. Lattialämmitysputkisto ennen lattiatasoitteen pumppausta

Jakotukien materiaalina Heatco käyttää ruostumatonta terästä. Toimintaperiaate on samanlainen kuin Uponorin järjestelmässä, poikkeuksena Heatcon-jakotukissa menovesi on alemmassa jakotukissa ja paluuvesi ylemmässä (kuva 11). Heatcon menoveidenjakotukeissa virtausmittarit ovat vakiona.



- a. Syöttöputki, meno
- b. Syöttöputki, paluu
- c. Lämpöputket, meno
- d. Lämpöputket, paluu
- e. Sulkuventtiilit
- f. E-jakotukki, RST
- g. Toimilaitteet
- h. Virtausmittaristo
- i. Ilmauspäädät

Kuva 11. Heatco Enerline-järjestelmän jakotukki. [13]

Lattialämmitysputkiston asennuksen ja koepaineistuksen jälkeen Heikkinen-yhtiöt hoitaa pumpputasoitteen levityksen. Heikkinen käyttää Fesconin lattiatasoitetta, joka on samantyyppistä Weberin dB-plaanon kanssa. Lattiatasoite toimitetaan työmaalle täysperävaunurekalla ja levitään suoraan rekasta. Rekan etuna on, että se poistuu työmaalta heti lattiatasoitetyön päätyttyä. Rekka tarvitsee työmaalta 32 A virtaa ja juoksevaa vettä. Normaaleissa lämpö- ja kosteusolosuhteissa lattia kestää kävellä jo seuraavana aamuna.

3.3 Warmia-lattialämmitys

Warmian ratkaisun takana ovat myös Knauf ja Espoon Lattiapinnoite. Knauf toimittaa FE80-kipsipohjaisen lattiamassan ja Espoon Lattiapinnoite vastaa pumppauksesta. Warmian järjestelmän rakenne on hyvin samantyyppinen kuin Weberin ja Heatcon. Reunoille asennetaan reunanauha, ladotaan Warmian askeläänieristelevyt ja asennetaan lattialämmitysputkistot. Putkistot asettuvat kiinni askeläänieristeissä oleviin nappu-

loihin. Warmian jakotukin materiaalina on RST. Lattialämmitysputket ovat saman valmistajan 16 x 2mm:n putkea kuin Heatcon putket. Huonetermostaatit toimivat 230 V:n jännitteellä. Espoon lattiapinnoite hoitaa Knauf-FE80 lattiamassan pumppauksen. Yrityksellä on Heikkisen tapaan käytössä rekka tasoitteen sekoitusta ja kuljetusta varten. Tosin tasoite toimitetaan työmaalle 1 000 kg suursäkeissä edellisenä työpäivän. Säkit vievät tilaa työmaalta ja ne täytyy suojata kastumiselta. Knauf-kipsipohjaisen massan etuina on muodonmuutosten vähäisyys ja nopeampi kuivamisaika sementtipohjaisiin tasoitteisiin verrattuna. [14.]

4 Tutkimuskohteet

Tämän tutkimuksen tutkimuskohteet sovittiin yhdessä Skanska Talonrakennus -yksikön kanssa. Kohteiksi valittiin As Oy Espoon Kelloseppä ja As Oy Kauniaisten Kvartetti. Tutkimuskohteista kuvataan lattialämmitysratkaisun asentamisen vaiheet ja aikataulu. Lisäksi kuvataan ratkaisuihin liittyviä ongelmia.

4.1 Tutkimuskohde As Oy Espoon Kelloseppä



Kuva 12. As Oy Espoon Kelloseppä [15]

- Kohde sijaitsee Espoon Tapiolassa
- Skanskan oma tuotanto
- 2 kpl kerrostaloja, bruttoala 5 185 m², asuntoala 2 810 m² ja rakennustilavuus 17 540 m³
- 34 asuntoa ja 33 autopaikan autotalli
- rakennustyöt aloitettu lokakuussa 2011
- asunnot valmistuivat aikataulun mukaisesti helmikuussa 2013, kaikki asunnot olivat myytyjä asuntojen valmistuessa. [15]

4.1.1 Lattialämmitystyön toteutus

Lattialämmitystyö kohteessa alkoi huhtikuussa 2012. Jokaisessa kerroksessa asuntoja oli 5 kpl ja niiden yhteispinta-ala väliltä 350–400 m². Työvaiheen alkaessa väliseinät, saunat, IV-kanavat, lämpö- ja vesilinjat, sekä puuikkunat ja parvekeovet olivat asennettuina. Lattialämmitystyöt aloitettiin siivoamalla kaikki ylimääräinen tavara asunnoista ja piikkaamalla ylimääräisen betonin jäämät pois latioista. Lisäksi tiivistettiin elementtisaumat ja puuikkunoiden alasaumat vesieristeellä. Tämän jälkeen tarkistettiin lattian korot. Työssä erittäin tärkeää oli, että runkotyövaiheessa massiiviset välipohjat oli valettu suoriksi ja oikeisiin korkoihin. Liian alas valettu välipohja aiheuttaisi plaanon menekkiin lisäystä ja täten nostaisi kustannuksia merkittävästi. Liian korkealle valettu välipohja aiheuttaisi ongelmia ikkunoiden ja ovien kynnyksien korkoihin.

Uponorin asentajilla meni yhteensä neljä päivää tehdä yhden kerroksen lattialämmitysratkaisu. Uponorin lattialämmitysasentajat asensivat kolmessa työpäivässä yhden kerroksen eristelevyt ja lattialämmityspotkistot, sekä kytkivät putkistot jakotukkeihin (kuva 12). Lattiaeristyslevyjen silppuamisesta muodostui paljon jätettä, jossa metallinen pinta oli vielä revittävä jätteeksi menevistä eristelevyistä irti. Metallit kerättiin metallijätteisiin, eristeet energijätteisiin. Neljäntenä päivänä Tasoite Ahonen Oy asensi suodatinkan-kaan putkistojen päälle ja pumppasi lattiatasoitteen asuntoihin, pois lukien kylpyhuoneiden kaatolattiavalut. Viidentenä päivänä valettiin kerroksen kylpyhuoneiden kaatolattiat omien betonimiesten voimin.



Kuva 13. Weber-lattialämmityslevyt ja Uponor-putkistot

4.1.2 Asukaspalautteet ja ongelmat

Äänikonsultti suoritti asuinnoissa askeläänten äänimittaukset. Askeläänet pysyivät sallituissa ohjearvoissa. Asukkailta ei ole tullut luovutuksen jälkeisiä valituksia askelääniin liittyen.

Suurimmalta osin valitukset Kellosepän lattialämmityksissä liittyivät kylmiin huonelämpöihin ja kylmiin kylpyhuoneiden laattalattioihin. Nykyisillä eristemäärillä ja kivilattian hyvästä lämmönluovutuskyvystä johtuen lattian pintalämpötila jää tuntumaan viileältä. Lämpimäksi lattian saisi oikeastaan nostamalla vedenlämpötilaa tuntuvasti, jolloin kylpyhuoneisiin rakentamismääräyskokoelmassa suositeltu 22 astetta ylittyisi selvästi. Kylpyhuoneiden lämpötilaa ei voida myöskään välttämättä nostaa, koska samalta jakotukilta ei saa kuumempaa vettä, eikä esisäätöjä voi rajattomasti nostaa. Tämä edellyttäisi erillisen lämpölinjan rakentamista kylpyhuoneita varten ja lisäisi siten merkittävästi kustannuksia.

Muut ongelmat tulivat asukkaiden toimien seurauksina, esimerkiksi paksut matot ikkunoiden edessä lattialla estävät lämmön konvektion huoneilmaan ja siten asuntoihin tuli vedon tuntua.

Verkoston tasapainotus suoritetaan rakentamisvuoden jälkeisenä talvena, kunnes vuorokauden keskilämpötila ulkona putoaa alle -5 asteen. Tätä ei ole vielä suoritettu kirjoitushetkellä. [16]

4.2 As Oy Kauniaisten Kvartetti



Kuva 14. As Oy Kauniaisen Kvartetti [17]

- Skanskan oma tuotanto
- kohde sijaitsee Kauniaisten keskustassa
- autohalli ja 4 kpl kerrostaloja
- bruttoala 9 279 m², asuntoala 4 700 m² ja rakennustilavuus 37 955 m³.
- 47 asuntoa, 5 liiketilaa, lämmin autohalli jossa 56 autopaikkaa
- rakennustyöt aloitettu lokakuussa 2012
- asunnot valmistuvat elokuussa 2014 [17]

4.2.1 Lattialämmitystyön toteutus

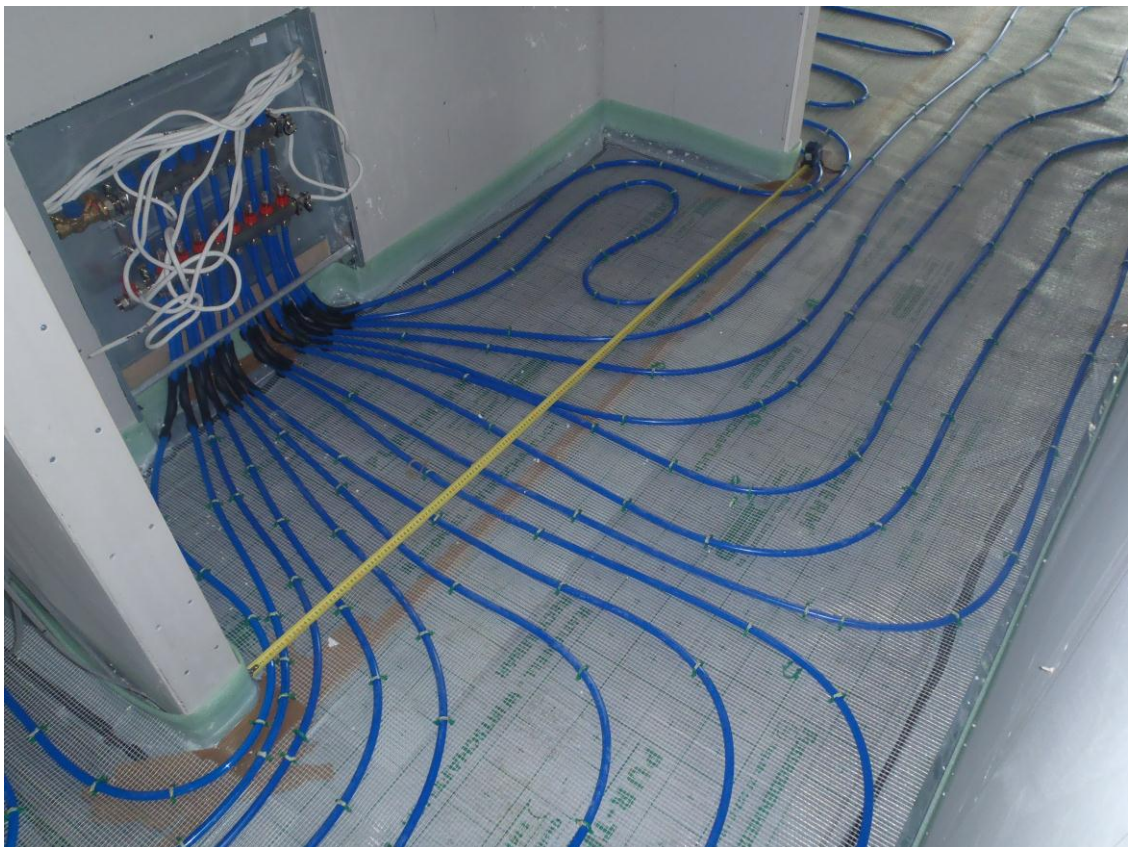
Lattialämmitystyö kohteessa aloitettiin kesäkuussa 2013. Lattialämmitysratkaisun toimittajaksi valittiin Heatcon. Ennen lattialämmitystyön aloittamista huoneistojen väliseinät tuplattiin, lukuun ottamatta jakokaappien kohdalla, josta yksi levy jätettiin pois. Tämä tehtiin, jotta putkimiehet saivat lattialämmitystyön työn jälkeen kytkettyä huoneiston katossa kulkevat lämpöputket jakotukkeihin.

Lattialämmitystyöt aloitettiin D-talon toisesta kerroksesta, koska ensimmäiseen kerrokseen tuli hieman erilainen lattiarakenne ja siellä sijaitsi vain yksi asuinhuoneisto. Työvaiheet olivat samantapaiset As Oy Kellosepän kanssa: tyhjennettiin asunnot tavaroista, piikattiin betonijäämät, paikattiin kolot, tiivistettiin elementtisaumat ja ikkunan alasaumat, tarkastettiin korot. Itse lattialämmitystyö Heatcon-järjestelmällä oli nopeata ja työstä aiheutuva jätemäärä vähäistä.

Heatcon-aliurakoitsijan Pirkanmaan LVI Oy:n asentajat aloittivat työn asentamalla irrotuskaistan kiertämään seinille. Tämän jälkeen asentajat levittivät askeläänieristeen ja teippasivat saumat, sekä tiivistivät eristeen kiinni reunanauhaan. Työssä tärkeää on, ettei mihinkään jää pienintäkään reikää eikä eristeen päällä liikuta turhaan vaurioiden välttämiseksi. Tämän jälkeen asentajat asensivat lattialämmityspotkiston ja jakotukki-kaapin (kuva 11 ja 12). Työhön 2. kerroksessa (286 m²) meni kolmelta asentajalta kaksi työpäivää. Alun perin työsuunnitelmassa oli varauduttu kolmeen työpäivään. Siitä johtuen kolmas päivä oli välipäivä ja neljäntenä päivänä Heikkinen-yhtiöt suoritti tasoitteen pumppauksen.



Kuva 15. Lattialämmitysputkiston asennustyö



Kuva 16. Heatco-jakotukkikaapit

4.2.2 Ongelmat

Suurimmaksi ongelmaksi rakennusvaiheessa Heatcon-järjestelmässä muodostui rakennuttajan vaatimus saada huoneiden termostaateiksi Schneiderin Artic-sarjan termostaatit. Heatcon-toimilaitteet toimivat 230 V:n jännitteellä. Lämmönsäätö tapahtuu niin, että kun termostaattiin asetettu huoneenlämpötila täyttyy, se katkaisee virran toimilaitteelta, jolloin veden kierto piirissä lakkaa.

Schneiderilta löytyi vesikiertoiseen lattialämmitykseen soveltuva termostaattimalli, mutta se oli digitaalinen ja turhan monimutkainen käyttää. Vaihtoehdoksi jäi tutkia mahdollisuutta asentaa vesikiertoiseen järjestelmään sähköisessä lattialämmityksessä käytettävää 16 A huonetermostaattia. Testattavaksi tilattiin Schneiderilta mallit STR16 ja STC1 (kuva 12). Kokeiltiin termostaatteja vesikiertoisen lattialämmityksen toimilaitteiden ohjaukseen. Kokeissa myös STR16 malli toimi täysin moitteettomasti. STR16 mallista kuului ainoastaan 16 A releen vaimea naksahdus, joka voi olla joillekin ongelma makuuhuoneessa. STC1 termostaatissa on äänetön puolijohderele, jolloin lämmityksen kytkeytyessä päälle mitään naksahdusta ei laitteesta kuulu.



Kuva 17. Schneider Artic STC-1- ja STR-16-huonetermostaatit [18]

5 Tulokset

Seuraavaksi esitellään tutkimuksessa havaittuja tuloksia liittyen lämpöjen tasapainoituksissa, asennuksen työjärjestykseen ja lattialämmityksiin liittyvään logistiikkaan.

Yllättävää oli, että tutkimuskohteessa Espoon Kelloseppä askeläänet eivät ole osoittaneet ongelmaksi. Aikaisemmissa kohteissa ja kirjallisuudessa yleensä tämä on nostettu yhdeksi haasteeksi uivassa lattiarakenneratkaisussa.

Yleisesti ottaen lattialämmitystyön asentamisessa tärkeimmäksi asiaksi muodostuivat huolellisesti suoritettut edelliset työvaiheet ja huolellinen työsuunnittelu yhteistyössä lattialämmityksen toimittajien kanssa.

5.1 Järjestelmä

Kohteessa Kauniaisten Kvartetti käytetty Heatcon-lattialämmitysjärjestelmä soveltuu paremmin kerrostaloihin asennettavaksi. Syynä tähän ovat siistimpi, hieman nopeampi asennus ja yksinkertaisempi toimilaitteiden ohjaus. Kohteessa Espoon Kelloseppä käytetty Uponorin termostaattijärjestelmä osoittautui turhan monimutkaiseksi kerrostalojen huoneistojen lämmönohjaukseen.

Kylmien kylpyhuoneiden lattioiden ongelman ratkaisu ei ole niin yksinkertainen. Nykyisten hyvin eristettyjen talojen lämmöntarve on pieni, jolloin lattian ei tarvitse olla kovin lämmin tarvittavan huoneen lämpötilan saavuttamiseksi.

5.2 Asennusjärjestys

Tutkimuksen perusteella väliseinät kannattaa rakentaa ennen lattialämmitystä. Syynä tähän on työmaan logistiikka. Täsmäkuormia ei muuten kannattaisi ottaa runkotyövaiheessa asuntojen sisälle, vaan mm. kipsilevyt joutuisi ottamaan asuntoihin jälkikäteen. Lisäksi on vaara väliseinärankojen naulaamisesta lämpöputkiin, jos väliseinät tehdään pintalattioiden jälkeen.

5.3 Logistiikka

Lattialämmitysputkistot ja askeläänieristeet kannattaa ottaa täsmäkuormien mukana valmiiksi asuntoihin runkotyövaiheessa. Tällä säästetään aikaa lattialämpötyön aloituksessa. Heatcon-järjestelmän etu on myös Heikkinen-yhtiöiden lattiatasoitteen toimittava rekka, joka saapuu aamulla työmaalle ja lähtee heti tasoitetyön valmistuessa pois. Weberin lattiatasoitesiiilo jää puolestaan työmaalle aina muutamaksi päiväksi ennen kuin kovasti työllistetty kuljetusyrittäjä ennättää hakemaan siilon pois.

6 Yhteenveto

Vesikiertoiset lattialämmitykset ovat tulleet käyttöön myös kerrostalojen lämmitysjärjestelmissä. Syinä ovat olleet sisustamiseen liittyvät asiat ja markkinointi-ihmisten mielikuvat lämmitysmuodon mukavuudesta ja energiatehokkuudesta.

Mestarityössä perehdyttiin vesikiertoisten lämmitysjärjestelmien toimintaan, säätöihin ja niissä havaittuihin ongelmiin. Järjestelmien toiminta selvitettiin toimittajien esitteistä, alan kirjallisuudesta, tutkimalla tutkimuskohteita ja haastatteluilla.

Tutkimuksessa selvitettiin ongelmia liittyen asennuksen työjärjestykseen, lattialämmityksiin liittyvään logistiikkaan ja lämpöjen tasapainotuksissa.

Lattialämmitystyön asentamisessa tärkeimmäksi asiaksi muodostuivat huolellisesti suoritettut edelliset työvaiheet ja huolellinen työsuunnittelu yhteistyössä lattialämmityksen toimittajien kanssa.

Lähteet

1. Tietoa Skanskasta. Verkkodokumentti <<http://www.skanska.fi/fi/tietoa-skanskasta>> luettu 23.10.2013
2. Nereus lattialämmitys. Verkkodokumentti <<http://www.nereus.fi/lattialammitys>> luettu 24.10.2013
3. Harju, Pentti. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Anjalankoski. Penan Tieto-opus Ky
4. Seppänen, Olli. 2001. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Suomen LVI-liitto ry
5. Kuva radiaattorista ja konvektorista. Verkkodokumentti <<http://www.purmo.com/fi/tuotteet.htm>> luettu 23.10.2013
6. Kuva kaukolämpölaitteistosta. Verkkodokumentti <<http://www.jyvaskylanenergia.fi/energiaopas/isannoitsija-tai-taloyhtion-edustaja/kaukolampo>> luettu 23.10.2013
7. Uponor lattialämmityksen asennus- ja käyttöohje. Verkkodokumentti <<http://www.uponor.fi/ratkaisut/talotekniikka/lattialammitys/asentaminen.aspx>> luettu 29.10.2013
8. Heatco Oy. Lattialämmityssuunnitelma As Oy Kaunisten Kvartetti
9. Virkki, Ari. Vastaava työnjohtaja, Skanska Talonrakennus Oy. Haastattelu. 18.10.2013
10. Weber Comfort lattia. Verkkodokumentti <<http://www.e-weber.fi/lattiat/asiantunteva-suunnittelu/rakennetyypit-ja-detaljit/weber-lattiaratkaisut-rakennetyypit.html>> luettu 27.10.2013
11. Uponor Control System säätöjärjestelmä. Verkkodokumentti <<http://www.uponor.fi/ratkaisut/talotekniikka/lattialammitys/saatojarjestelma.aspx>> luettu 29.10.2013
12. Weber työmaaohjeet pumpputasoille. Verkkodokumentti. <<http://www.e-weber.fi/weber/lisaetietotilaus/julkaisut-ja-naeytteen/tyoeohjeet/tyoeohje-weberin-pumpputasoille.html>> luettu 30.10.2013
13. Kuva Heatco jakotukki. Verkkodokumentti <<http://www.heatco.fi/fi/tuotteet/lammitys/lattialammitys/komponentit>> luettu 30.10.2013

14. Warmia lattialämmitysjärjestelmät. Verkkodokumentti
<<http://www.warmia.fi/fi/tuotteet/kerrostalorakentaminen>> luettu. 30.10.2013
15. Kuva As Oy Kelloseppä. Verkkodokumentti <<http://www.skanska.fi/fi/Asunnot>>
luettu 29.10.2013
16. Kaikkonen, Tero. Työnjohtaja, Skanska Talonrakennus Oy. Haastattelu
25.10.2013
17. As Oy Kauniaisten Kvartetti. Verkkodokumentti
<<http://www.skanska.fi/fi/Asunnot>> luettu 29.10.2013
18. Kuva Schneider huonetermostaateista. Verkkodokumentti.
<<http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductGroup.aspx?groupid=31573&navid=22109&navoption=1>> luettu 4.11.2013