

Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Antti Kastari

Lämmönjakomoduulin tuotekehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

11.2.2020

Tekijä Otsikko	Antti Kastari Lämmönjakomoduulin tuotekehitys
Sivumäärä Aika	37 sivua + 1 liite 11.2.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	yliopettaja Jukka Yrjölä insinööri Antti Alvoittu
<p>Tämä insinööriyö käsittelee tuotekehitysprosessia, tuotekehitystä ja erään tuoteidean kehittämistä valmiiksi tuotteeksi. Työn tavoitteena oli kehittää LVI-suunnittelija- ja laitevalmistajayrityksen yhteistyönä kaukolämmön lämmönjakokeskuslaitteille esivalmistettava lämmönjakomoduuli, joka yksinkertaistaisi asuinkerrostalojen lämmönjakojärjestelmien suunnittelua ja toteutusta. Insinööriyön tarkoitus on toimia lämmönjakomoduulin tuotekehityksen apuna ja raportoida, miten tuotekehitys on kokonaisuudessaan edennyt. Työ keskittyy pääasiallisesti asuinkerrostalojen lämmönjakokeskusten kehittämiseen.</p> <p>Työn teoreettinen osuus käsittelee määräyksiä, rajoituksia ja vaatimuksia, jotka koskevat lämmönjakohuoneita ja sitä, miten rajoittavat tekijät vaikuttavat lämmönjakohuonekomeron suunnitteluun.</p> <p>Insinööriyön empiirinen osuus käsittelee tuotekehitysprosessia. Työssä kuvataan idean viemistä eteenpäin sekä ensimmäisen prototyypin tehtyjä parannuksia, jotka vaikuttavat lopulliseen tuotteeseen. Tuotekehitysprosessin aikana on haastateltu tuotteen tilaajia, suunnittelijoita, urakoitsijaa ja loppukäyttäjää ja sen kautta pyritty selvittämään, mitkä tekijät vaikuttavat heidän näkökulmaansa tuotteen haluttavuuteen.</p> <p>Tuotekehitysprosessi jatkuu vielä tämän opinnäytetyön valmistuttua. Tuoteidea on saatu toteuttamiskelpoiseen vaiheeseen, mutta kehitettävää on vielä yllämmönpoiston suunnittelussa, pintamateriaalien valinnassa ja sähkökeskuksen sijoittelussa.</p>	
Avainsanat	tuotekehitys, lämmönjakomoduuli, lämmönjakohuone

Author Title	Antti Kastari Product development: Heat Distribution Room Cabinet
Number of Pages Date	37 pages + 1 appendix 11 February 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC, Design
Instructors	Jukka Yrjölä, Principal Lecturer Antti Alvoittu, Principal
<p>This thesis followed the product development process from the development of a product concept into a finished product. The aim was to develop, together with a HVAC designer and an equipment manufacturing company, a district heating substation module to simplify the design and implementation of heat distribution systems for apartment buildings. The purpose was to assist product development in the heat distribution unit of a company by recording the overall development of a product.</p> <p>The thesis discussed the regulations, restrictions and requirements governing heat distribution substations and how they limit the design of a heat distribution substation. Furthermore, the product development process was followed. The thesis described how the idea developed, as well as the actions taken during the process that affect the final product. During the product development process, the final subscribers and designers of the product were interviewed to establish which factors influence the desirability of a product.</p> <p>The product development process will continue after the completion of this thesis. The product concept has been outlined to a feasible stage, but there is still room for improvement in the design of overheating, the selection of surface materials and the layout of the electrical distribution center.</p>	
Keywords	product development, heat distribution module

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Taustaa	2
2.1	Hankkeeseen osallistuvat yritykset	2
2.2	Yleistä kaukolämmöstä	2
2.3	Lämmönjakohuoneiden nykytilanne	5
2.4	Ohjeiden ja määräysten asettamat vaatimukset teknisen tilan koosta.	6
2.4.1	Kaukolämmityksen määräykset	6
2.4.2	Sähkön määräykset	9
2.5	Ilmanvaihto	10
2.6	Ylilämmön poisto	11
2.7	Lämmönjakomoduulin seinämateriaalit	16
2.8	Rakentamisenaikainen lämmitys	16
3	Kaukolämpökeskuksien yleisimmät viat ja käyttöikä	17
4	Lämmönjakomoduulin tuotekehitys	18
4.1	Tuotekehityksen taustaa	18
4.2	Aloituskokous	19
4.3	Katselmus, Antaksentie 1	19
4.4	Ensimmäinen luonnos tulevasta lämmönjakomoduulista	23
4.5	Kaukolämpöyhtiön vastuu kaukolämpölaitteissa	25
4.6	Tapaaminen kaukolämpöyhtiö Fortumin edustajien kanssa	27
4.7	Tapaaminen Pohjola Rakennus Oy:n edustajien kanssa	28
4.8	Esimerkkikohteet Rambollilla	30
5	Tuotekehityksen tulokset	32
6	Yhteenveto	33
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Liite 1. Lämmönjakomoduulin lämpöhäviölaskelmat	

Lyhenteet

As. Asunto Oy

D Halkaisija

K1 Rakennusten kaukolämmitys: Määräykset ja ohjeet

K2 Kaukolämmityslaitteiden asennus: Urakoitsija ja lämmönmyyjän yhteistyö

LJH Lämmönjakohuone

LSV Linjasäätöventtiili

Oy Osakeyhtiö

ST Sähkötieto

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on tuotekehitysprosessi, jossa ideasta kehitetään esivalmistettu lämmönjakomoduuli nykyisen lämmönjakohuoneen tilalle. Teoreettinen osuus käsittelee kaukolämpökeskukseen ja lämmönjakohuoneeseen kohdistuvia määräyksiä ja niiden aiheuttamia toimenpiteitä. Empiirinen osuus käsittelee tuotekehityksen vaiheita sellaisenaan, niin kuin ne todellisuudessa tapahtuivat. Tuotekehitysprosessin vaiheita selvitetään alkuperäisideasta lopulliseksi valmiiksi tuotteeksi.

Kehitysprosessin tavoitteena on kehittää nykyisten kaukolämmönjakohuoneiden tilalle itsenäinen moduuli, pinta-alaltaan noin 3 m². Tällä pystyttäisiin pienentämään nykyisten kaukolämmönjakohuoneiden kokoa (tällä hetkellä noin 12–25 m²), ja näin ollen tehostamaan rakennusten tilankäyttöä. Tarkastellaan, onko moduulilla mahdollista ratkaista rakentamisen aikaisen kuivatuksen aiheuttamat ylimääräiset kustannukset. Tällä tarkoitetaan vuokrattavien kaukolämpökeskusten tai muiden vaihtoehtoisten rakentamisaikaisen lämmitysmuotojen aiheuttamia kuluja. Tavoitteena on kehittää alkuperäinen idea vaiheeseen, jossa lopullinen tuote markkinoidaan asiakkaalle. Itse prosessi on edennyt idean kehittäjän ja tuotevalmistajan ajallisten resurssien sallimissa rajoissa. Työ tehdään Ramboll Oy:n ja Högfors GST:n käyttöön. Työ käsittelee LJH-komeron rakenteellista tuotekehitystä. Itse lämmönsiirtimien tai siihen liittyvien komponenttien mitoittamiseen tässä työssä ei oteta kantaa.

2 Taustaa

2.1 Hankkeeseen osallistuvat yritykset

Ramboll Oy on kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointiyritys, joka perustettiin Tanskassa vuonna 1945. Yhtiön palveluksessa on noin 15 500 työntekijää. Suomessa yrityksen palveluksessa toimii maanlaajuisesti 2 400 asiantuntijaa. Yrityksen palveluja ovat innovatiiviset ratkaisut kaupunkien, infrastruktuurin, liikenteen, ympäristön ja rakennusten suunnittelussa, rakennuttamisessa, rakentamisessa ja ylläpidossa. Yrityksen tavoitteena on luoda koko yhteiskunnan toimintaa kehittäviä ratkaisuja. (1) Ramboll toimii hankkeen liikkeelle panevana toimijana ja pyrkii hankkeen myötä tuomaan asun-
tosuunnitteluun uutta näkemystä ja kehittämään asuntorakentamista.

Högfors GST on lämmönjakokeskusten toimittaja Pohjoismaissa. Yritys on toiminut alalla yli 20 vuotta ja pyrkii jatkuvasti kehittämään innovatiivisia kaukolämpö- ja lämmöntalteenottojärjestelmiä. Högfors GST on suomalainen yritys ja valmistaa kaikki tuotteet Leppävirran tehtaalla. (2) Yritys toimii projektissa toteuttavana sekä kehittävä-
nä yrityksenä.

Varte Oy on yksi Suomen suurimmista talonrakennusalan perheyrityksistä. Yritys on toiminut alalla yli 20 vuoden ajan. Varte Oy:n toiminta-alueena on pääkaupunkiseutu, Päijät-Häme sekä Kaakkois-Suomi. (3) Yritys toimii projektissa mahdollisen pilottikohteen rakennuttajana.

Pohjola Rakennus Oy on vuonna 1989 perustettu kiinteistökehitys- ja rakennusalan yritys. Yhtiö rakentaa vuosittain yli 2000 asuntoa sekä toimitilakohteita, teollisuus- ja tuotantotiloja, pysäköintilaitoksia ja julkisia rakennuksia Pirkanmaalle, Uudellemaalle, Länsi-Suomeen, Itä-Suomeen, Jyväskylään, Kuopioon, Ouluun ja Hämeenlinnan seudulle. (4) Yritys toimii projektissa mahdollisen pilottikohteen rakennuttajana.

2.2 Yleistä kaukolämmöstä

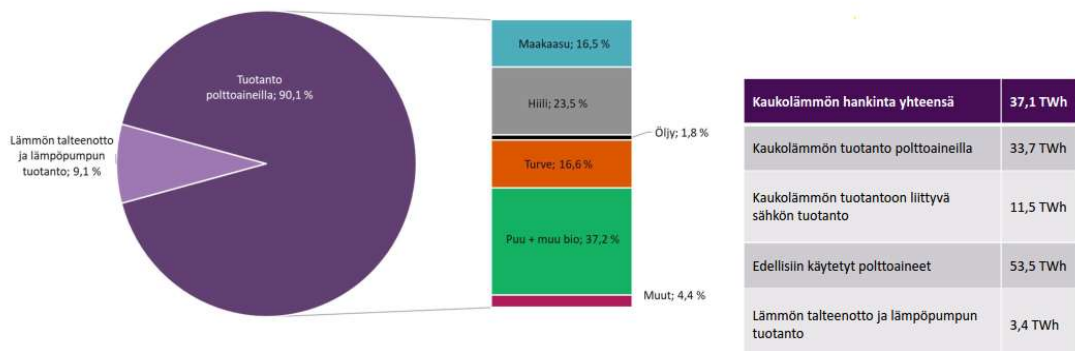
Kaukolämmitys on keskitetty laajojen alueiden, kuten kokonaisten kaupunkien, niiden osien tai useiden rakennusten muodostaman ryhmän lämmöntuotanto- ja -jakelujärjestelmä. Lämpöenergia kaukolämmitykseen tuotetaan keskitetysti lämmi-

tysvoimalaitoksissa tai lämpökeskuksissa ja jaetaan kaukolämpöverkoston välityksellä asiakkaille.

Kaukolämmityksen alkuaikoina lämpöenergiaa jaettiin höyryn muodossa, mutta nykyiset eurooppalaiset järjestelmät perustuvat pääasiassa kuuman veden käyttöön lämmön siirron väliaineena. Kaukolämmön kiertovesi kuumennetaan lämpökeskusten kattiloissa tai lämmitysvoimalaitosten lämmönsiirtimissä. Energiataloudellisesti tehokkainta ja samalla ympäristöystävällisintä on tuottaa kuuma kaukolämpövesi yhdessä sähköntuotannon kanssa siten, että kuumalla höyryllä tuotetaan ensin sähköä ja lauhtumisen tuottamalla energialla lämmitetään kaukolämpöverkoston kiertovesi tarvittavaan lämpötilaan. (5)

Kuvassa 1 on esitetty kaukolämmön hankinta sekä kaukolämmön ja siihen liittyvän sähköntuotantoon käytetyt polttoaineet.

Kaukolämmön hankinta sekä kaukolämmön ja siihen liittyvän sähköntuotantoon käytetyt polttoaineet



Kuva 1. Kaukolämmön hankinta sekä kaukolämmön ja siihen liittyvän sähköntuotantoon käytetyt polttoaineet (6)

Lämpö siirretään asiakkaille kuumana vetenä suljetussa kaksiputkisessa kaukolämpöverkossa (ensiöpuoli). Lämmin vesi johdetaan kiinteistön lämmönjakokeskukseen, jossa se luovuttaa lämpöä kiinteistön lämmitysverkkoon (toisiopuoli) ja lämpimän käyttöveden valmistukseen lämmönsiirtimien avulla. Kiinteistöt käyttävät lämpöä huoneiden

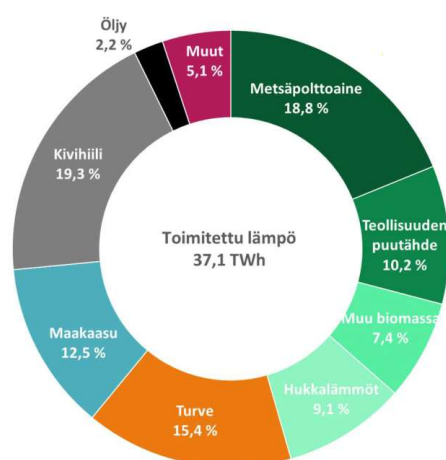
ja käyttöveden lämmittämiseen sekä ilmanvaihtoon. Kaukolämpöverkon vesi palaa jäähtyneenä paluujohdossa takaisin tuotantolaitokseen uudelleen lämmitettäväksi. Kaukolämpövesi ei kierrä talojen lämmitysverkossa.

Kiinteistöön tulevan kaukolämpöveden lämpötila vaihtelee sään mukaan 70–115 °C:n välillä. Alimmillaan se on kesällä, jolloin lämpöä tarvitaan vain lämpimään käyttöveteen. Kiinteistöistä tuotantolaitoksiin palaavan veden lämpötila vaihtelee 40–60 °C:n välillä.

Kaukolämpövesi on käsitelty mekaanisten epäpuhtauksien ja hapen poistamiseksi ja putken sisäpuolisen korroosion estämiseksi. Usein vesi myös värjätään mahdollisten vuotojen tai vaurioiden paikantamiseksi. Veden vihertäväksi muuttava väriaine ei ole terveydelle eikä ympäristölle vaarallista.

Kaukolämmön tuotannossa käytettyjä polttoaineita ovat maakaasu, kivihiili, turve ja enenevässä määrin puu ja muut uusiutuvat energialähteet, kuten biokaasu. Lähes 80 prosenttia kaukolämmöstä saadaan lämpöä ja sähköä tuottavista lämmitysvoimalaitoksista (yhteistuotanto), teollisuuden ylijäämlämpönä tai kaatopaikkojen biokaasujen poltosta. Pienillä paikkakunnilla näitä lämmönlähteitä ei usein ole käytettävissä. Tällöin kaukolämpö tuotetaan pelkkää lämpöä tuottavissa lämpökeskuksissa, usein puuta ja muita uusiutuvia polttoaineita käyttäen. (7) Kuvassa 2 on esitetty kaukolämmön hankinnassa käytettävät energialähteet.

Kaukolämmön hankinnan energialähteet 2018



Energiateollisuus

- Hiilidioksidineutraalit 46 prosenttia
 - Uusiutuvat + hukkalämmöt
 - Kotimaiset 65 prosenttia
 - Hiilidioksidineutraalit + turve + osa* luokasta "Muut"
 - Fossiiliset tuontipolttoaineet 35 prosenttia
- Hukkalämmöt: muuten hyödyntämättä jäävä lämpöenergia, esim. lämmön talteenotto jätevedestä, savukaasuista tai kaukojäähdytyksen paluuvdestä
 - Muu biomassaa: Yhdyskuntien ja teollisuuden jätteen bio-osuus
 - Muut: Yhdyskuntien ja teollisuuden jätteen ei-bio-osuus, muovi- ja ongelmajätteet, sähkö, höyry, vety

* Luokasta "muut" kotimaiseksi lasketaan kaikki jätteet, höyry, vety sekä 77 % sähköstä

11

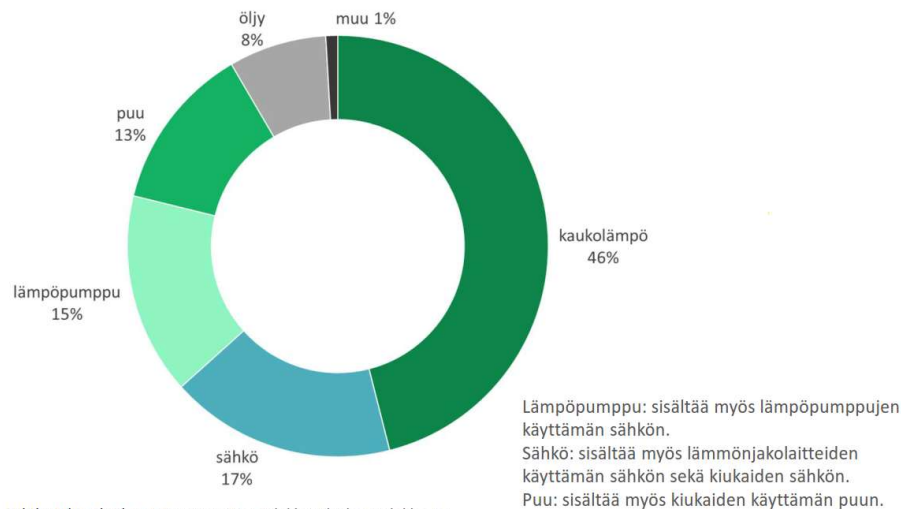
20.8.2019

Kuva 2. Kaukolämmön hankinnan energialähteet 2018 (6)

Energiateollisuus ry:n mukaan vuonna 2018 kaukolämpöä myytiin Suomessa 33,5 TWh, ja kaukolämpöalojen asukkaita oli yhteensä 2,92 miljoonaa asukasta. Kuvassa 3 on esitetty eri lämmitysmuotojen markkinaosuudet asuin- ja palvelurakennuksissa.

Lämmityksen markkinaosuudet 2017

Asuin- ja palvelurakennukset



Lähde: Tilastokeskus, Energia 2018 –taulukkopalvelu, Taulukko 7.2

Energiateollisuus

3

Kuva 3. Suomen eri lämmitysmuotojen markkinaosuudet asuin- ja palvelurakennuksissa (6)

2.3 Lämmönjakohuoneiden nykytilanne

Lämmönjakohuoneet suunnitellaan, tällä hetkellä Energiateollisuus ry:n julkaisun Rakennusten kaukolämmitys Määräykset ja ohjeet K1/2013 mukaan Määräykset, sekä paikallisen kaukolämpömyyjän ohjeistuksien mukaisesti. Ramboll Oy:n arkkitehti Heli Laakkosen mukaan arkkitehti tekee suunnitelmat talotekniikan tarpeiden, saavutettavuuden, eli liittymien sijainnin, rakentamisen sekä huollon tarpeista. Itse lämmönjakohuoneen koko määräytyy talotekniikan tarpeista, ja näin ollen lämmönjakohuoneen mitoitus toteutetaan talotekniikkasuunnittelijoiden toiveiden mukaan. Suunnittelussa arkkitehti noudattaa Rakennustieto-ohjeita, maankäyttö- ja rakennuslakia sekä yllä mainittuja ohjeita ja määräyksiä. (8)

Usein lämmönjakohuoneet on kuitenkin toteutettu moninkertaisesti asetusten ja ohjeiden määräämiin tilantarpeisiin nähden. Pahimmissa tapauksissa on lämmönjakohuo-

neiden koko jopa 100 m² ja noin puolitoista kerrosta korkea. Lämmönjakohuoneisiin sijoitetaan monesti itse lämmönsiirtimen lisäksi myös rakennusautomaation valvontakeskus sekä sähkön ryhmäkeskus. Monissa tapauksissa lämmönjakohuoneet toimivat lisäksi kiinteistöjen huoltovälineiden varastoina varsinaisen varaston puuttuessa kiinteistöstä. Tämä vaikeuttaa useasti lämmönsiirtimen huoltotoimenpiteitä.

2.4 Ohjeiden ja määräysten asettamat vaatimukset teknisen tilan koosta.

2.4.1 Kaukolämmityksen määräykset

Energiateollisuus ry:n julkaisemassa Rakennusten kaukolämmitys: Määräykset ja ohjeet K1/2013 määritellään kaukolämmityksen teknisen laittilan sijoituksesta ja sen koosta seuraavasti.

Teknisen laittilan sijoitus

Teknisen laittilan ja sinne tulevien kaukolämpöputkien sijoittelu selvitetään ja sovitaan lämmönmyyjän kanssa suunnittelun alkuvaiheessa.

Uudisrakennuksen teknisen laittilan sijoitusperiaatteita ovat

- Yhdyskuntateknisten järjestelmien liittynät (kaukolämpö, vesi, sähkö, tietoliikenne yms.) keskitetään rakennuksessa samaan paikkaan. Tällöin liittymisjohdot ja -kaapelit voidaan kustannusten säästämiseksi sijoittaa samaan kaivantoon ja eri osapuolten hoidossa ja valvonnassa olevat laitteet saadaan tiloihin, joihin on yhteinen käynti suoraan ulkoa.
- Tekninen laittila sijoitetaan rakennuksessa siten, että liittymisjohto kaukolämpöverkosta tekniseen laittilaan on mahdollisimman lyhyt. Kaukolämpöjohtoja sijoitetaan rakennuksen alle tai sisälle mahdollisimman vähän.
- Teknisen laittilan sijoituksessa huomioidaan laitteiden aiheuttama ääni siten, että asuinhuoneistoissa sallittu äänitaso ei ylitä.

Sisäänkäynti tekniseen laitetilaan järjestetään uudisrakennuksissa suoraan ulkoa. Teknisen laittilan ovi merkitään tekstillä "Lämmönjako" tai "Tekninen laitetila". Tiloihin, joissa lämmönmyyjän laitteet sijaitsevat, järjestetään sisäänkäynti lämmönmyyjän hyväksymällä tavalla.

Teknisen laittilan koko

Tekninen laitetila mitoitetaan sinne asennettavien laitteiden tilantarpeiden mukaan. Pientaloissa ja muissa pienissä rakennuksissa voidaan kaikki tekniset laitteet sijoittaa samaan tilaan kuitenkin niiden erityisvaatimukset huomioon ottaen.

Tekniseen laitetilaan varataan laitteita varten riittävä tila siten, että niiden tarkoituksenmukainen sijoittelu on mahdollista ottaen huomioon käytön ja huollon tarpeet. Laitteiden sijoittelu esitetään kaukolämmityssuunnitelmassa.

Taulukossa 1 esitetään kaukolämpölaitteiden tilantarve suhteutettuna rakennuksen kokoon ja lämmönsiirtimien lukumäärään.

Taulukko 1. Kaukolämpölaitteiden tilantarve suhteessa asuinrakennuksen tilavuuteen (9).

Asuinrakennuksen tilavuus m ³	Lämmönsiirrinten lukumäärä	Kaukolämpölaitteiden tilantarve m ²	Muiden laitteiden tilantarve m ²
500	2	2	määritetään laitteiden tilantarpeen mukaisesti ja lisätään kaukolämpölaitteiden tilantarpeeseen
500	3	2,5	
1 000	3	3	
1 000	4	4	
10 000	4	5	
20 000	4	5	

Jos kaukolämpölaitteiden kanssa samaan tilaan sijoitetaan esim. sähköpääkeskus, keskuspölynimuri, ilmanvaihtolaite tai muita laitteita, niille on varattava erikseen riittävästi tilaa.

Laitteiden sijoitus ja huoltotilat

Lämmönmyyjä määrittelee mittauskeskuksen sijoituksen ja tilantarpeen. Mittauskeskus sijoitetaan liittymisjohdon kannalta edullisimpaan paikkaan. Mittauskeskuksen eteen varataan vapaata huoltotilaa 800 mm sen koko pituudelta. Huoltotilan korkeuden on oltava vähintään 2 000 mm.

Lämmönjakokeskuksen huoltoa tarvitseville sivuille jätetään vapaata huoltotilaa vähintään 600 mm. Sähkölaitteille varataan sähköturvallisuusmääräysten mukainen huoltotila.

Lämmitys ja ilmanvaihto

Teknisen laittilan sisälämpötilan on oltava yli 10 °C. Lämpötila ei saa nousta yli 35 °C:n. Tekninen laittila varustetaan riittävällä ja tarvittaessa säädettävällä ilmanvaihdolla. Lämpötilan nousu estetään ensisijaisesti putkistojen ja laitteiden lämmöneristyksellä.

Vesipiste ja viemärointi

Tekninen laittila ja mahdollinen lämmönmittauskeskuksen erillinen sijoitustila varustetaan viemäroinnillä. Tekniseen laittilaan asennetaan kylmä- ja lämminvesipisteet, vesikaluste varustetaan letkuliittimellä.

Valaistus ja sähköpistorasia

Tekninen laittila varustetaan maadoitetulla pistorasialla ja kiinteästi asennetulla valaistuksella, jonka valaistusvoimakkuus mittareiden ja säätölaitteiden läheisyydessä mitattuna on vähintään 150 luksia.

Tiedonsiirto

Lämmönmyyjällä on oikeus sijoittaa rakennukseen lämmönkäytön ja kaukolämmityslaitteiden toiminnan seuranta varten tarvittavia laitteita ja järjestelmiä. Asiakkaan tulee selvittää lämmönmyyjältä mahdollinen tarve tiedonsiirtoyhteyden tarjoamisesta läm-

mönmyyjän käyttöön sekä selvittää tarvittaessa lämmönmyyjältä mahdollisuus energi-anmittaustiedon siirtämisestä myös asiakkaan omiin järjestelmiin. (9)

2.4.2 Sähkön määräykset

ST-kortiston kortti ST 681.11 Asuinkiinteistöjen yleiskaapelointijärjestelmät (10) määrittelee talojakamoa koskevat vaatimukset. Suositeltava talojakamon minimikoko asuinkiinteistössä on 2,6 m korkea tila, jonka lattiapinta-ala on taulukon 2 mukainen. Lisäksi talojakamossa tulee olla normaalit asennustyöt mahdollistava valaistus. Suositeltavaa on, että talojakamoon asennetaan laitteet standardin mukaisesti, vapaasti lattialla seisoviin tai seinälle asennettaviin 19":n telineisiin tai kaappeihin. Taulukossa 2 esitetään talojakamon koot asuinkiinteistöissä.

Taulukko 2. Talojakamon minimikoko asuinkiinteistössä (10)

Huoneistojen lukumäärä	Kaappien tai telineiden lukumäärä	Talojakamotilan mitat, minimiarvo, m ²
10	1	2,2 × 2,0 m
20	1	2,2 × 2,0 m
50	1	2,2 × 2,0 m
100	1...2	2,2...3,0 × 2,0 m
200	2	3,0 × 2,0 m
500	3	3,8 × 2,0 m
1000	4	4,6 × 2,0 m

Huomautus 1: Taulukossa on kaappi-/telinekooksi oletettu 800 mm × 2000 mm × 600 mm (leveys × korkeus × syvyys). Pienissä talojakamoissa riittää luonnollisesti pienempi kaappi, esim. seinäkaappi.

Huomautus 2: Mitoituksessa on oletettu, että parikaapelit päätetään 24-porttisiin 1U:n paneeleihin ja optiset kuidut 48-porttisiin 1 U:n paneeleihin.

Kaappien ja telineiden mitoitus riippuu jakamoon päätettyjen kaapeleiden lukumäärästä ja siten kiinteistön koosta. Myös verkon aktiivilaitteille tulee varata asennustilaa. Kerrostalokiinteistöjen talojakamoissa tyypillinen kaappikoko on 800 mm x 2000 mm x 600 mm (leveys x korkeus x syvyys). Pienissä talojakamoissa riittää pienempi kaappi, esim. seinäkaappi. Kaappien tai telineiden mitoituksessa on suositeltavaa ottaa huomioon myös 40 %:n laajennusvara. (10)

2.5 Ilmanvaihto

Teknisten tilojen ilmanvaihdon mitoitus poikkeaa tavanomaisten tilojen ilmanvaihdosta siten, että mitoittavat tekijät eivät ole ihmisperäisiä päästöjä tai rakennusten rakenteiden ja pintamateriaalien aiheuttamia päästöjä. Ilmanvaihdon ja jäähdytyksen mitoitus perustuu laitteiden lämmönluovutukseen, ympäröivien rakenteiden läpi tapahtuvaan lämmön siirtymiseen ulos ja sisään sekä tilan toivottuun lämpötilaan. (11)

Lämmönjakomoduulia ei voida pitää sinänsä lämmönjakohuoneena, mutta tekninen tila se on, vaikka pieni. Ilmanvaihdon osalta FINVAC ry:n Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa toteaa seuraavaa: Teknisten tilojen ilmanvaihdon mitoitus perustuu pääasiassa niissä olevien laitteiden lämpö- ja epäpuhtauskuormaan tai räjähdysvaaran torjuntaan. Ilmanvaihto voi olla ohjattu myös lämpötilan perusteella. Lämpötilarajat määräytyvät laitteiden mukaan. (12)

Taulukossa 3 esitetään teknisten tilojen ilmanvaihdon suositukset.

Taulukko 3. Teknisten tilojen ilmanvaihdon suositukset FINVAC ry:n mukaan (12)

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta dm ³ /s,hlö	Ulkoilma- virta dm ³ /s,m ²	Poistoilma- virta dm ³ /s,m ²	Muita ohjeita
Hissikoulu	4		8	
Hissikonehuone			17	LVI 30-10468 ¹⁾
Muuntamo-tila				LVI 06-10342 ²⁾
Akkuhuone ja varaamotilat				LVI 06-10573 ³⁾
Sähkö- ja elektroniikkatilat				Poistettavan lämpötehon ja lämpötilavaatimuksen mukaisesti LVI 30-10236 ⁴⁾
Ilmanvaihtokonehuone			0,35	
Lämmönjakokeskus			0,35	Lämpötilan hallinta saattaa vaatia suurempaa ilmanvaihtoa
Valvomo, talotekniikka tms.	10			
Ryömintätila		0,5 1/h	0,5 1/h	Ilmanvaihtuvuus 0,5 1/h LVI 06-40064 ⁵⁾

1) LVI 30-10468 Hissitilojen ilmanvaihto. LVI-ohjekortti. Rakennustieto.

2) LVI 06-10342 Muuntamo-tila rakennuksessa. LVI-ohjekortti. Rakennustieto.

3) LVI 06-10573 Akkuhuoneet ja varaamotilat. LVI-ohjekortti. Rakennustieto.

4) LVI 30-10236 Sähkö- ja elektroniikkatilojen ilmastointi. Ilmastointijärjestelmät. LVI-ohjekortti. Rakennustieto.

5) LVI 06-40064 Toimiva ryömintätila. LVI-tiedonjyväkortti. Rakennustieto.

Ohjeistuksen mukaan lämmönjakomoduulin poistoilmavirta on helposti toteutettavissa, mikäli yllämmönhallinta ei aiheuta ongelmia. Lämmönjakomoduulin tarvittavaksi ilmanvaihdon tarpeeksi saadaan pinta-alan mukaan $3 \text{ m}^2 \times 0,35 \text{ l/s, m}^2 = 1,05 \text{ l/s}$

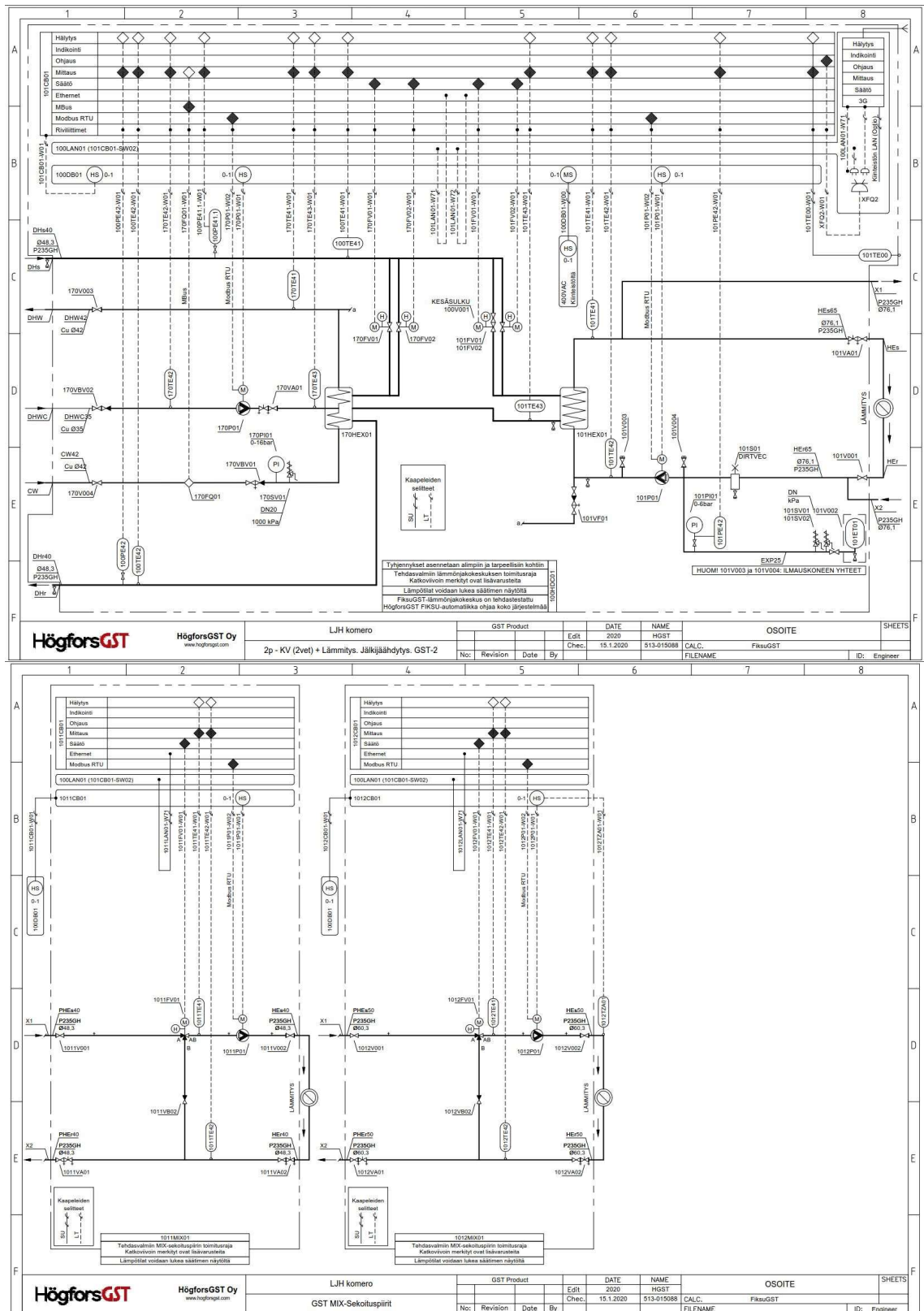
2.6 Yli­lämmön poisto

Kaukolämpökeskuksessa syntyy paljon hukkalämpöä keskuksen komponenteista. Määräysten mukaan lämpötilan tulisi pysyä 10–35 °C. Yleisesti lämmönsiirtimet ja pumput on eristetty hyvin, mutta venttiilien, mudanerottimien ja muiden lämmönjako­keskuspaketin osien eristykseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Erityisesti sähköosille tuo 35 °C:n ylitys saattaa aiheuttaa ongelmia.

Yli­lämmön poisto on helpointa toteuttaa lämmönjakomoduulin riittävällä ilmanvaihdolla. Tällöin on huomioitava, mihin tilaan komero sijoitetaan. Tämä määrittää, mistä ja miten voidaan poistoilma ja tuloilma kanavoida tai järjestää. Poistoilmapuhaltimien käyntiä ohjataan yleisesti termostaatilla ja lämmönjakohuoneissa koneellisesti toteutettu ilmanvaihto on yleensä 0,5-kertainen. Tuloilmana käytetään yleisesti ulkoilmaa silloin, kun yli­lämmön poistoa tarvitaan.

Eristettyjen putkien lämpöhäviöt ovat hyvin pieniä verrattuna eristämättömiin osuuksiin. Eristettyjen putkien ja komponenttien pintalämpötilat ovat tyypillisesti 2–4 °C huone­lämpötilaa korkeampia. Näiden laitteiden ja osien osuus lämpöhäviöistä ei siis ole merkittävä.

Tarvittavan jäähdytyksen määrittämiseksi laskettiin lämmönjakomoduulin lämpökuor­mat ilman eristyksiä ja solukumieristyksen kanssa. Esimerkkinä laskennassa käytettiin lämmönjakomoduulin prototyyppiä, joka palvelisi kerrostalon lämmityksen tarpeita. Jär­jestelmässä on kaksi lämmönsiirintä, lämpimän käyttöveden lämmitystä varten ja toi­nen siirrin patteriverkostoa varten. Lisäksi lämmönsiirrinmoduulissa on kaksi erillistä sekoituspiiriä, nämä palvelevat asuntojen ja kosteiden tilojen lattialämmitystä. Kuvassa 4 esitetään lämmönjakomoduulin kytkentäkaavio.



Kuva 4. Lämmönjakomodulin prototyypin kytkentäkaavio (25)

Laskentaa varten laitevalmistaja toimitti komponenttilistan ja heidän tuotekehitysosastonsa laatiman mallikuvan, josta sain mitattua eri komponenttien halkaisijat ja sen myötä laskettua eri komponenttien lämpöhäviöt. Komponenttien lämpöhäviöt ilman eristeitä laskettiin kaavalla 1.

$$\frac{\Phi}{l} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_s \pi d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{\alpha_u \pi d_2}} (t_1 - t_2) \quad (1)$$

, jossa

Φ/l on lämpöhäviö metriä kohden [W/m]

α_s lämmönsiirtokerroin nesteestä putken sisäpintaan [W/m²K]

d_1 putken sisähalkaisija [m]

λ_1 putkimateriaalin lämmönjohtavuus [W/Km]

α_u lämmönsiirtokerroin putken ulkopinnasta ympäristöön [W/m²K]

d_2 putken ulkohalkaisija [m]

t_1 nesteen lämpötila [°C]

t_2 ympäristön lämpötila [°C]

Lämmönjakomoduulin kokonaislämpöhäviöksi ilman eristeitä saatiin 1 978 W. Laskennassa ei ole huomioitu lämmönsiirtimiä, niiden lämpöhäviöiden ollessa eristyksien kanssa olemattomat. Tarkemmat laskelmat esitetään liitteessä 1.

Lasketaan tarvittava jäähdytysilmavirta ilman eristeitä ja tuloilmana käytetään ulkoilmaa lämpötilaltaan -26 °C, kaavalla 2

$$q_v = \left(\frac{\Phi}{\rho \times c_p \times (t_1 - t_2)} \right) \quad (2)$$

, jossa

q_v on vaadittava ilmavirta [m³/s]

Φ jäähdytettävä teho [kW]

ρ on ilman tiheys [1,2 kg/m³]

c_p on ilman ominaislämpökapasiteetti [1,0 kJ/(K*kg)]

t_1 on sisäilman sallittu maksimi lämpötila [$t = 35\text{ °C}$]

t_2 on tuloilman lämpötila

kaavaan 2 sijoitetaan

$$q_v = \left(\frac{1,978\text{ kW}}{1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,0\text{ kJ}/(\text{K} * \text{kg}) \times (35\text{ °C} - (-26)\text{ °C})} \right)$$

, josta saadaan

$$q_v = 0,0270219 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cong 27 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Toisin kuin normaalissa lämmönjakohuoneessa on moduulin ilmanvaihtuvuus pinta-alaperusteisen laskutavan mukaan erittäin pieni 1,05 l/s, joka ei riitä yllämmönpoistoon. Mikäli jäähtytykseen käytetään huoneilmaa siirtoilmana, saadaan lämpökuorman 1 978 W poistamiseen tarvittava ilmamäärä saadaan laskettua kaavalla 2.

$$q_v = \left(\frac{1,978\text{ kW}}{1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,0\text{ kJ}/(\text{K} * \text{kg}) \times (35\text{ °C} - 21\text{ °C})} \right) \quad (2)$$

$$q_v = 0,117738 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cong 118 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Tämän lisäksi tutkittiin eristeen vaikutusta lämpöhäviöihin, kun lämmönjakomoduulin komponentit eristettäisiin 9 mm:n solukumieristeellä, jonka lämmönjohtavuus on 0,036 W/Km. Lämpöhäviöt eristysten kanssa laskettiin kaavalla 3.

$$\frac{\Phi}{l} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_s \pi d_1} + \frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln\left(\frac{d_3}{d_2}\right) + \frac{1}{\alpha_u \pi d_3}} (t_1 - t_2) \quad (3)$$

, jossa

Φ/l on lämpöhäviö metriä kohden [W/m]

α_s lämmönsiirtokerroin nesteestä putken sisäpintaan [W/m²K]

d_1 putken sisähalkaisija [mm]

λ_1 putkimateriaalin lämmönjohtavuus [W/Km]

α_u lämmönsiirtokerroin putken ulkopinnasta ympäristöön [W/m²K]

d_2 putken ulkohalkaisija [m]
 t_1 nesteen lämpötila [°C]
 t_2 ympäristön lämpötila [°C]
 d_3 eristeen ulkohalkaisija [m]
 λ_2 eristeen lämmönjohtavuus [W/Km]

Solukumieristeen kanssa lämpöhäviöksi saatiin 394 W. Poistoilmavirran tarve hyvin eristetyssä lämmönjakomodulissa käytettäessä huoneilmaa siirtoilmana laskettiin kaavalla 2.

$$q_v = \left(\frac{0,394 \text{ kW}}{1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,0 \text{ kJ} / (\text{K} * \text{kg}) * (35^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C})} \right) \quad (2)$$

$$q_v = 0,0234524 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cong 23 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Laskettiin saman eristetyn lämmönjakomodulin poistoilmavirran tarve käytettäessä jäähdtykseen ulkoilmaa -26°C kaavalla 2.

$$q_v = \left(\frac{0,394 \text{ kW}}{1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,0 \text{ kJ} / (\text{K} * \text{kg}) * (35^\circ\text{C} - (-26)^\circ\text{C})} \right) \quad (2)$$

$$q_v = 0,00538251 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cong 5,4 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Laskettiin eristetyn lämmönjakomodulin poistoilmavirran tarve kesätilanteessa lämpötilan ollessa 26°C kaavalla 2.

$$q_v = \left(\frac{0,394 \text{ kW}}{1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,0 \text{ kJ} / (\text{K} * \text{kg}) * (35^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C})} \right) \quad (2)$$

$$q_v = 0,036481 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cong 36 \text{ dm}^3/\text{s}$$

Tästä voidaan päätellä, että lämmönjakokeskuksen kunnollisella eristämällä on hyvin suuri merkitys, jotta lämmönjakomodulin lämpötilaa voidaan hallita edes jossain määrin. Samoin on iso merkitys sillä, mistä korvausilma otetaan ja minkä lämpöisenä tu-

loilma saadaan tuotua lämmönjakomoduuliin. Suositeltavaa on siis käyttää tuloilmaksi ulkoilmaa, tällöin ilmavirrat eivät kasva liian suureksi. Lämmitystarpeen noustessa jäädyttävä tuloilman lämpötila vastaavasti laskee, mikä jäädyttää komeroa tehokkaammin. Lämmönjakomoduulin yllämmön hallintaa tulee ohjata termostaatilla ja erillisellä sille varatulla poistoilmapuhaltimella. Mikäli lämmönjakohuonekomero sijoitetaan tilaan, joka vaatii komeron rajaamista omaksi paloalueeksi, on ilmanvaihdossa huomioitava kanavien paloeristäminen ja palopeltien sijoitus. Tällaisessa tapauksessa tuloilmaa ei voida ottaa tilasta siirtoilmasäleikön kautta, vaan se on tuotava komeroon asianmukaisen kanavan kautta.

2.7 Lämmönjakomoduulin seinämateriaalit

Mikäli lämmönjakomoduuli halutaan tuoda työmaalle jo rakentamisvaiheessa, on seinämateriaalit valittava niin, että komero kestää hieman kolhuja. Mikäli komero sijoitetaan tilaan, jossa se joudutaan paloeristämään omaksi palo-osastoksi, on syytä valita eristysmateriaaliksi paloeristykseltään luokan EI60 palolevy, esimerkiksi Paroc Hvac Fire Slab EI60 N1. Sen lisäksi komero tulisi päällystää metallilevyllä, jotta rakentamisaikaisissa työmaaolosuhteissa välttyään ylimääräisiltä kolhuilta.

2.8 Rakentamisaikainen lämmitys

Rakentamisaikaisella lämmityksellä pyritään saavuttamaan työskentelyn, tilojen ja rakenteiden kannalta sopimusasiakirjojen mukaiset olosuhteet. Lämmittämiseen liittyy oleellisena osan rakennuksen kuivattaminen, jonka tavoitteena on poistaa kosteus rakennusmateriaaleista sekä tilasta ja edesauttaa näin rakentamisen etenemistä. Rakentamisen kehittäminen prosessimaiseksi toiminnaksi on korostanut märkien työvaiheiden, rakenteiden kuivumisen ja rakennettujen tilojen kuivattamisen merkitystä. (13)

Tällä hetkellä rakentamisaikaiseen lämmitykseen käytetään joko kaukolämpöä, öljylämmitystä, sähkölämmitystä tai kaasulämmitystä. Kuitenkin miltei aina, kun lopullinen lämmitysmuoto tulee olemaan kaukolämpö, käytetään rakennusaikaiseen lämmitykseen myös kaukolämpöä. Kun rakentamisaikainen lämmitys hoidetaan kaukolämmöllä, tarvitaan yleensä väliaikainen lämmönjakokeskus. Kuvassa 5 esitetään väliaikainen kaukolämpökeskus.



Kuva 5. Väliaikainen kaukolämpökeskus (14)

3 Kaukolämpökeskuksien yleisimmät viat ja käyttöikä

Kaukolämpökeskus on kulutustuote. Huolimatta siitä, ettei kaukolämpökeskuksessa ole kovin paljon liikkuvia osia, nekin kuluvat ajan mittaan ja vaativat huoltoa. Lämmönsiirtimeen vuotaminen on yleinen kaukolämpökeskuksien ongelma. Vuototilanteessa ensiöpuolen vesi alkaa sekoittua käyttöveteen. Käyttövesi alkaa tuolloin värjäytyä, koska kaukolämpövesi on värjätty vuodon ilmaisemiseksi. Myös kiertovesipumpun ja moottoriventtiilien ongelmat ovat suhteellisen yleisiä. Lämmönsiirtimien teknistaloudellinen käyttöikä on noin 17 vuotta. Sen jälkeen ei ole enää taloudellisesti kannattavaa korjata lämmönsiirintä. Likaantuminen on suurin syy kaukolämpölaitteiden vikaantumiseen. Kun kaukolämpökeskuksen osat likaantuvat, ne heikentävät laitteiden energiatehok-

kuutta. Tämä vaikuttaa kaukolämpökustannuksiin, vedenkulutukseen ja sisäolosuhteisiin. Pumpuille ja venttiileille luvataan noin 20 vuoden käyttöikä, monesti näiden ikä jää yleensä kuitenkin huomattavasti lyhyemmäksi. Yleisesti kaukolämpökeskus olisi hyvä tarkistaa muutaman vuoden välein. Kun keskus saavuttaa 20 vuoden iän, olisi se hyvä tarkistaa joka vuosi mahdollisten vikojen huomaamiseksi.

4 Lämmönjakomoduulin tuotekehitys

4.1 Tuotekehityksen taustaa

Tuotekehityksellä tarkoitetaan määrätietoista toimintaa uusien tuotteiden tai palveluiden kehittämiseksi tai jo ennestään olemassa olevien tuotteiden tai palveluiden oleellista parantamista. Useimmiten tuotekehitystä tekee nimenomaan yritys. Tuotekehitys liittyy läheisesti yrityksen toiminta-ajatukseen ja sitä kautta mm. markkinoinnin tarpeiden tyydyttämiseen. (15, s. 182.)

Tuotekehityksen tarkoituksena on etsiä, synnyttää, valita ja kehittää yritykselle uusia tuotteita sekä karsia valikoimasta pois jo kilpailukykynsä menettäneitä tuotteita. Tavoitteena on saada aikaan kokonaisuuksia, joilla vastataan ostajien nykyisiin ja tuleviin tarpeisiin. Tuotekehitysvaihe ratkaisee, voidaanko itse keksitystä tai muualta ostetusta ideasta kehittää teknisesti ja kaupallisesti toteuttamiskelpoinen tuote tai palvelu. Tuotekehitysprosessi muuntaa onnistuneen idean markkinoitavaksi tuotteeksi, joka on muita markkinoilla olemassa olevia kilpailijoita parempi ja haluttavampi. (16, s. 389–390, 174–175.)

Edellisen kerran lämmönjakomoduulia on kehitetty vuonna 2009 Antti Alvoitun johdolla, tällöin hän toimi Optiplan-yrityksen palveluksessa. Tällöin päästiin prototyypivaiheeseen, mutta tuotekehitys jäi silloin kesken prototyypivaiheen jälkeen. Asuinkerrostalo Antaksentie 1:ssä toteutettiin prototyyppiasteella oleva lämmönjakomoduulia, jotta pystyttiin havainnoimaan käytännössä moduulille tarvittava tilantarve ja käyttökokemukset. Prototyyppi toteutettiin rakentamalla lämmönjakokeskukselle oma pieni tila, eikä varsinaista itsenäistä moduulia. Nyt tuotekehitystä jatketaan siitä, mihin vuonna 2009 jäätiin. Antti Alvoitu on siirtynyt johtamaan asuinrakentamisen yksikköä Ramboll Oy:lle. Tuotteen toteuttavana yrityksenä on Högfors GST, ja rakennuttajina mukana ovat Varte Oy ja Pohjola Rakennus Oy.

4.2 Aloituskokous

Tuotekehitys aloitettiin keväällä 2019 huhtikuussa, ja kehitykseen osallistuvat taulukossa 4 esitetyt henkilöt.

Taulukko 4. Aloituskokoukseen osallistuneet henkilöt

Yritys	Nimi	Osasto / Asema
Ramboll Oy	Antti Alvoittu	Johtaja, Asunnot ja arkkitehtisuunnittelu päällikkö
Högfors GST	Kim Niemelä	Avainasiakaspäällikkö
Högfors GST	Jari Hakonen	Aluejohtaja
Varte Oy	Sampo Vallius	Hankekehitysjohtaja
Pohjola Rakennus	Ilkka Alvoittu	Hankekehitysjohtaja
Ramboll Oy	Antti Kastari	Harjoittelija

Tuotekehityksen lähtökohtana pidettiin prototyyppiä Antaksentie 1:ssä, johon järjestettiin katselmus. Tehtävänjaoitellisesti Ramboll selvitti lämmönsiirtimen tehontarpeita 40–50 asunnon kokoiselle kerrostalohankkeelle. Laitevalmistaja alkoi näiden tietojen perusteella hahmottamaan siirripaketin kokoa, ja rakennuttajat pyrkivät löytämään sopivia kohteita seuraavan vaiheen prototyypille sekä selvittämään rakentamisen aikaisen kuivattamiseen tarvittavan tehontarpeen.

4.3 Katselmus, Antaksentie 1

Katselmus kohteessa Antaksentie 1:ssä järjestettiin 21.5.2019. Antaksentie 1 on vuonna 2010 valmistunut kerrostalokohde Vantaan Pakkalassa. Kaikkiaan asuntoja on 39. LQH- komero sijaitsee rakennuksen alimmassa kerroksessa käytävätilassa. Paikalla katselmuksessa oli Ramboll Oy:stä Antti Alvoittu sekä Högfors GST:n edustajat Kim Niemelä ja Jari Hakonen ja Ramboll Oy:stä Antti Kastari. Kohteessa on kahdella lämmönsiirtimellä varustettu kaukolämpökeskus. Lämpimän käyttöveden siirtimiltä vaadittu lämmitysteho on 268 kW ja lämmityksen lämmönsiirtimen teho on 79 kW. Kaukolämpökeskus on sijoitettu sille rakennettuun komeroon. Kooltaan ja kokoonpanoltaan kau-

kolämpökeskus on hyvin samankaltainen kuin tulevassa moduulissa keskus tulisi olemaan. Erona tulevaan moduuliin ovat vesipisteen ja lämmönsiirtimen sähkökeskuksen sijainnit. Vesipiste ja sähkökeskus on tässä prototyypissä sijoitettu erilleen itse lämmönsiirtimestä. Toteutettavassa komerossa vesipiste ja sähkökeskus tulevat olemaan integroituina itse komeroon. Tällöin saadaan yksi yhtenäinen moduuli, jossa kaikki tarvittava on integroituna yhteen.

Haastattelin Antaksentie 1:sen huoltoyhtiötä heidän kokemuksistaan prototyypistä. Heidän kokemuksensa ovat olleet hyvin positiivisia, eikä minkäänlaisia ongelmia ei ole koitunut. Kohteeseen jouduttiin laittamaan ovien eteen lattiaan tarrat merkkamaan keskuksen vaatimaa turvaetäisyyttä. Tämä estää myös tavaroiden kerääntymisen kaukolämpökeskuksen eteen. Huoltotoimenpiteet sujuvat normaaliin tapaan muihin keskuksiin verrattuna. Ainoastaan pumppujen ja säätöventtiilien huoltoa voisi helpottaa, niiden sijoittamalla ne lähelle otsapintaa. Lämmönsiirtimien vaihdossa joutuu kuitenkin purkamaan niin suuren osan keskukselta, ettei niiden sijoittamisella ole suurta merkitystä

Katselmuksessa tehtyjen havaintojen avulla Högfors lähtee tekemään ensimmäistä luonnosta tulevasta moduulista. Toisin kuin Antaksentien prototyypissä, päätetään kehittää moduulia niin, että se on myös helposti siirreltävässä, joten keskus päätetään rakentaa metallisen kehikon sisälle. Tämä helpottaa moduulin tuomista kohteeseen jo rakentamisen alkuvaiheessa, jotta rakentamisen aikainen kuivatus mahdollistuisi. Högfors GST selvittää myös, millaisella materiaalilla moduuli voitaisiin verhoilla ja millaisilla ovilla se tulisi varustaa. Kuvissa 6 ja 7 esitetään Antaksentie 1:n kaukolämpökeskus.



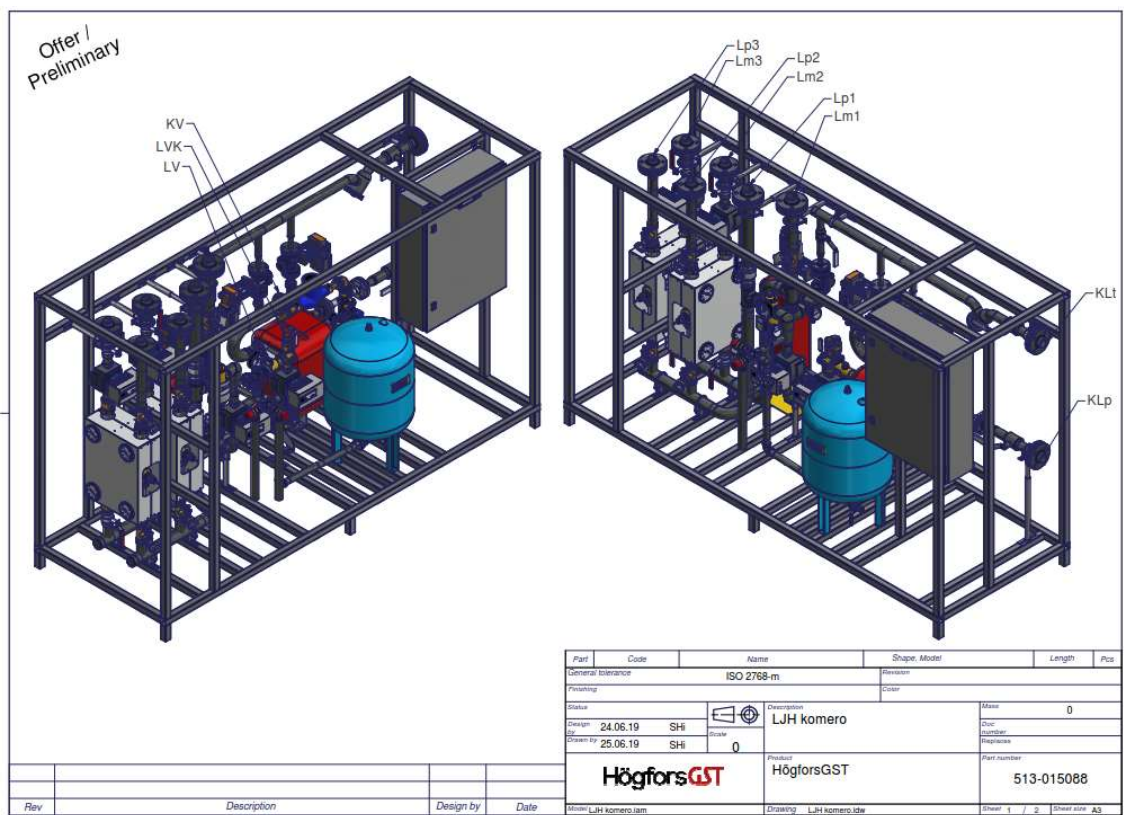
Kuva 6. LKH-komeron prototyyppi kohteessa Antaksentie 1.



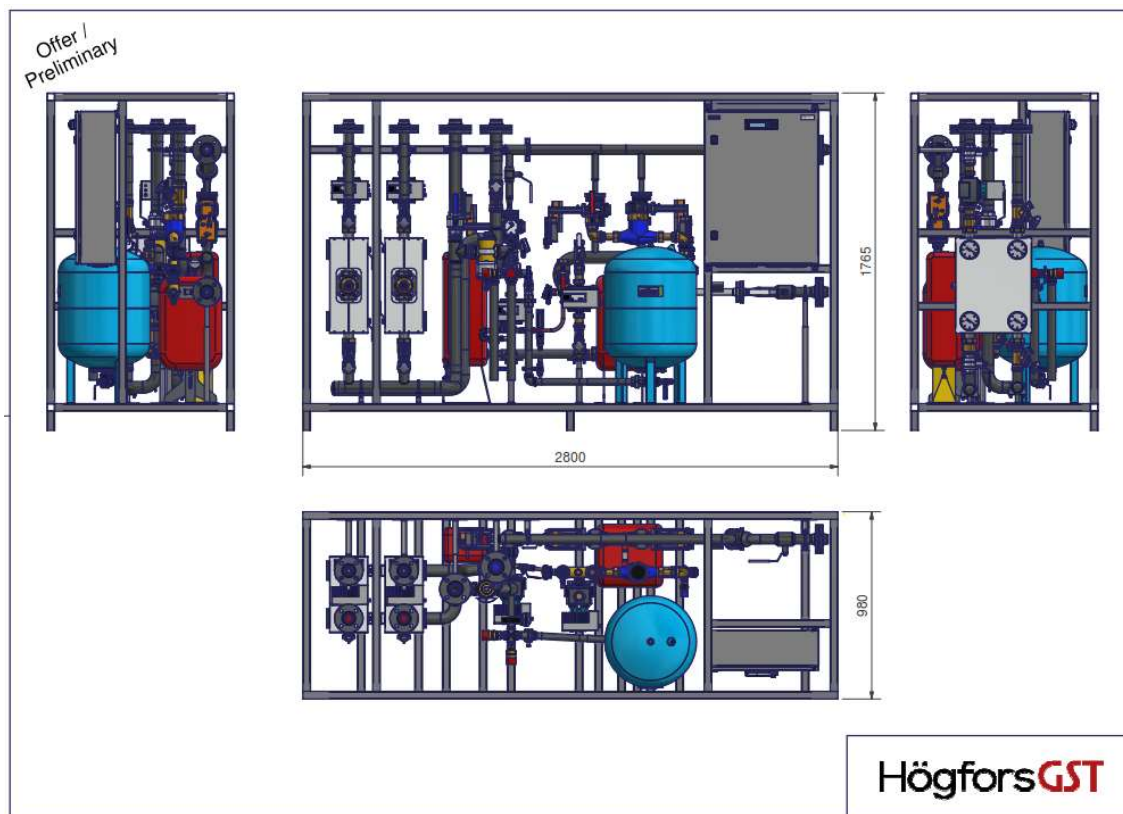
Kuva 7. Kaukolämpökeskus, Antaksentie 1.

4.4 Ensimmäinen luonnos tulevasta lämmönjakomoduulista

Högfors GST laati ensimmäisen luonnoksen keskuksesta ja tapaamiseen 29.5.2019 Ramboll Oy:n tiloissa. Kuvissa 8 ja 9 esitetään ensimmäinen luonnos lämmönjakomoduulista.



Kuva 8. Högfors GST:n ensimmäinen luonnos lämmönjakomoduulista.



Kuva 9. Högfors GST:n tekemä ensimmäinen luonnos lämmönjakomodulistista.

Luonnoksesta saa selkeän kuvan siitä millainen lämmönjakomoduli tulee olemaan. Luonnokseen tehtiin muutamia parannusehdotuksia koskien huollettavuutta ja myös lämmönsiirtimiltä lähtevien meno- ja tuloputkien sijaintia. Mikäli mahdollista, pyritään pumput siirtämään mahdollisimman lähelle keskuksen otsapintaa, jotta huolto helpotuisi. Linjasäätöventtiili tarvitsee pumpun jälkeen ennen LSV:tä 10 D, käyrän jälkeen ennen LSV:tä 5D, kummassakin tapauksessa LSV:n jälkeen kahden putkimitan halkaisijan pituisen suojaetäisyyden toimiakseen tarkasti. Vaikka luonnoksessa sekoituspiirien koteloiden ollessa lähellä linjasäätöventtiilejä, on koteloiden sisällä reilusti vaadittu suojaetäisyys, eli tästä ei pitäisi tulla ongelmia. Jotta lämmönjakomodulistista olisi mahdollista tehdä mahdollisimman moneen kohteeseen sopiva samalla kokoonpanolla, on järkevää, että toisiopiirin tulo- ja menoputket on sijoitettu moduulin katosta kytkettäviksi. Vaikka moduulia joudutaan sen koon osalta muokkaamaan, on lähtökohtana vain kaksi eri versiota, pienempi ja suurempi, eli moduulin leveyttä muutettaisiin lämmönsiirtimien tarpeen mukaan. Moduulin lattia rakennetaan kaltevaksi, jolloin vesipisteen vedet saadaan poistettua keskelle tulevan kaivon kautta. Ollessaan mukana moduulin kaivo, on helppo yhdistää viemäriputkella lähimpään lattiakaivoon. Tässä ensimmäisessä luonnoksessa ei vielä ole mukana vesipistettä. Paisuntasäiliön paikka voi olla takimmaise-

na, koska sen huollon tarve on vähäistä, sama koskee lämmönsiirtimiä. Vielä tässä vaiheessa ei ollut löydetty oikeaa ratkaisua kehikon verhoilumateriaaliksi. Koska luonnos on jo hyvällä tasolla, päätetään pyytää kaukolämmöntoimittajan mielipidettä luonnoksesta. Sovitaan tapaaminen mahdollisimman pian Fortumin kaukolämpöosaston kanssa.

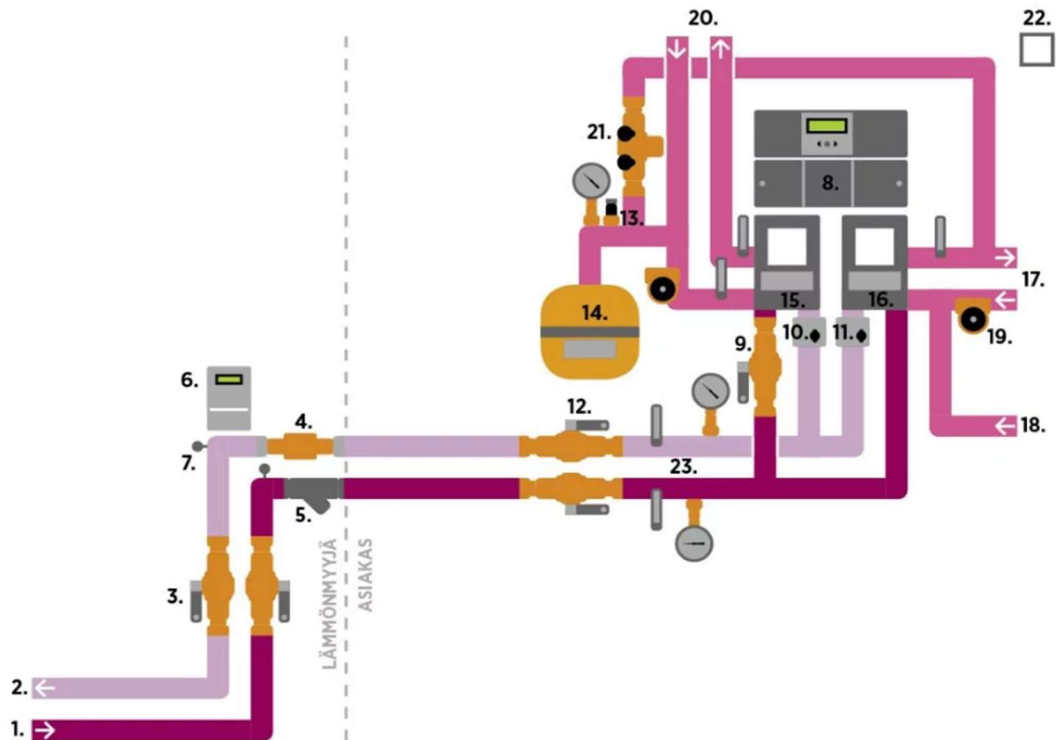
4.5 Kaukolämpöyhtiön vastuu kaukolämpölaitteissa

Kaukolämpölaitteiden oikea mitoitus ja asennus on tärkeää niiden toimivuuden ja energiatehokkuuden varmistamiseksi. Kaukolämpöasiakkaalle ovat keskeisiä kaukolämpölaitteiston turvallisuus ja toimivuus sekä laitteiden hankinnasta, käytöstä ja kunnossapidosta aiheutuvat kustannukset. Asiakaslaitteiden hyvä toimivuus on myös edellytys kaukolämpöyhtiön taloudelliselle ja tehokkaalle toiminnalle. Se mahdollistaa kaukolämmön energiatehokkaan tuotannon ja jakelun esim. pienentämällä pumppaus- ja lämpöhäviökustannuksia sekä parantamalla yhteistuotannon toimintaedellytyksiä. (18)

Kaukolämpöyhtiö vastaa kaukolämpöliittymästä ja siihen liittyvistä liitoksista sekä kaukolämpömittauskeskuksesta. Mittauskeskuksen hankkii, omistaa ja huoltaa lämmönmyyjä. Kuvassa 10 on esitetty kaukolämpöyhtiön ja asiakkaan eri laitteiden omistussuhde.

Helenin laitteet

Asiakkaan laitteet



Helenin vastuulla asiakkaan kiinteistössä on

1. Kaukolämmön menoputki
2. Kaukolämmön paluuputki
3. Lämmönmyyjän pääsulkuventtiilit
4. Virtausanturi
5. Lianerotin
6. Lämpömäärän laskin
7. Kaukolämmön lämpötila-anturit

Lämpötila-anturit, lämpömääränlaskin ja virtausanturi muodostavat mittauskeskuksen, joka mittaa asiakkaan kaukolämpölaitteiden läpi kiertävän vesimäärän ja laskee kiinteistön kuluttaman kaukolämpöenergian määrän.

Lianerottimen tehtävä on suodattaa kaukolämpövedestä mahdollisia epäpuhtauksia ja estää niiden pääsyn asiakkaan kaukolämpölaitteistoon.

Asiakkaan kaukolämpölaitteita ovat

8. Säättökeskus
9. Kesäsulku
10. Lämmityksen säätöventtiili
11. Käyttöveden säätöventtiili
12. Asiakkaan pääsulkuventtiilit
13. Varoventtiili
14. Paisunta-astia
15. Lämmityksen lämmönsiirrin
16. Käyttöveden lämmönsiirrin
17. Lämmin käyttövesi
18. Kylmä vesi
19. Pumppu
20. Lämmitysverkko
21. Täyttöventtiili
22. Ulkolämpötila-anturi
23. Paine- ja lämpötilamittarit

Laitteiston keskeinen osa on lämmönsiirrin. Kaukolämpövesi luovuttaa lämpöä lämmönsiirtimessä kiinteistön lämmitysverkostoon ja lämpimään käyttöveteen sekä ilmanvaihdon lämmityspiiriin.

Kuva 10. Kaukolämpölaitteet kiinteistössä (19)

Tähän liittyen Energiategollisuuden asettama kaukolämpövaliokunta on tehnyt suosituksen kaukolämmityslaitteiden asennusta koskien. Sen mukaan kaukolämpölaitteiden

asentamistyö tulee teettää sellaisella yrityksellä, jolla on riittävä osaaminen sekä näyttöä laadukkaasta toiminnasta. Lämpöurakoitsijalla tulee olla palveluksessaan kaukolämpölaitteiden asennuksista vastaava työnjohtaja, jolla on riittävä tähän työhön soveltuva pätevyys (koulutus, työkokemus). Asentajien pätevyystason koulutus on ennakointia uudistetun rakennusten energiatehokkuusdirektiivin vaatimuksiin. Rakentamismääräyksiin voidaan jatkossa asettaa lisävaatimuksia myös kaukolämpölaitteiden oikealle mitoitukselle, asennukselle ja käyttöönotolle energiatehokkaan toiminnan varmistamiseksi. (18)

4.6 Tapaaminen kaukolämpöyhtiö Fortumin edustajien kanssa

Fortum on suomalainen energiayhtiö, jonka toiminta on keskittynyt Pohjoismaihin, Venäjälle, Puolaan, Baltian maihin ja Intiaan. Yhtiöön liiketoimintaan kuuluu sähkön ja lämmön tuotanto ja myynti, voimalaitosten käyttö- ja kunnossapitopalvelut, sekä energiaan liittyvät muut palvelut. Yhtiön päätuotteita ovat sähkö, lämpö ja höyry. Fortum omistaa tuotantomaissaan parikymmentä sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitosta ja satoja lämpölaitoksia. Fortum tarjoaa myös kaukolämmön lisäksi kaukojäähdytystä. Suomessa Fortum tarjoaa kaukolämpöä Espoossa, Kauniaisissa, Kirkkonummella, Joensuussa, Tuusulassa ja Järvenpäässä. (20)

Tapaamiseen osallistuivat Fortumilla 28.6.2019 tekninen palvelupäällikkö Antti Hölsä sekä ryhmän kaukolämpöosaston asiantuntijoita. Kommentit esiteltyn luonnokseen olivat suurimmilta osiltaan positiivisia, mutta muutamia epäilyksiä, lähinnä putkieristysten, etälumentalaitteiden ja huollon suhteen ilmaantui. Lisäksi syntyi keskustelua sähkökeskuksen sijainnista. Tarvittavat korjaukset kirjataan ja ne otetaan huomioon tehtäessä seuraavaa luonnosversiota. Högfors GST alkaa tehdä yksityiskohtaisempaa versiota, ja seuraavaksi sovitaan tapaaminen rakennuttajan edustajien kanssa. (23)

4.7 Tapaaminen Pohjola Rakennus Oy:n edustajien kanssa

Tapaamisessa Pohjola Rakennus Oy:ssä 12.9.2019 olivat mukana suunnittelupäällikkö Lasse Kyrölä, projektipäällikkö Satu Vasaramäki, suunnittelupäällikkö Ville Martikainen ja hankekehitysjohtaja Ilkka Alvoittu.

Tapaaminen itse keskuksen tilaajan kanssa on tärkeä, koska rakennuttaja on kuitenkin se taho, joka tilaa valmiin tuotteen valmistajalta ja tekee lopullisen päätöksen, onko lämmönjakomoduulin käyttö järkevää kohteissaan. Rakennuttajan puolelta vastaanotto on positiivinen. Erityisesti yleisten nykyisten lämmönjakohuoneiden tilojen hyödyntäminen muuhun käyttöön ja rakentamisaikainen lämmitys herätti kiinnostusta. Högfors GST on mitoittanut esimerkkikeskuksen rakennuttajaa varten ottaen huomioon myös rakentamisen aikaisen lämmityksen tarpeen. Ehdotuksena on asentaa keskukseseen 100 kW:n lämmönsiirrin, jonka tehoa voidaan rakennuksen valmistumisen myötä rajoittaa sähköisesti, kun rakennuksen lämmityksen tehontarve on esim. 25 kW. Lämmönsiirtimien fyysinen koko ei kasva niin paljon, että siitä koituisi ongelmaa. Kuvassa 11 esitetään levylämmönsiirrin. (24)



USE	LB/NB 328	L mm
Hot water T = 65/25°C - 10/55°C dP = 20kPa/20kPa	3-25 kW	29,9 - 128,6
Heating T = 130/65°C - 60/90°C dP = 20kPa/20kPa	12-94 kW	29,9 - 128,6
Ventilation T = 20/15°C - 7/12°C Water - Ethylene glycol 40%	5-20 kW	29,9 - 128,6
Condensator T _i = 55°C T _{water} = 10/50°C R404A - Water	10-70 kW	29,9 - 128,6
Evaporator T ₀ = -7°C T _{evaporator} = 3/-2°C R407C - Ethylene glycol 35%	2-12 kW	29,9 - 128,6

Kuva 11. Levylämmösiirrin (21)

Kuvasta voidaan todeta, että esimerkiksi käytettäessä kyseistä lämmönsiirrintä lämmitykseen, ei siirtimen fyysinen koko kasva kuin leveyden osalta. Minimiteholla 12 kW siirtimen leveys on 29,9 mm, ja lisättäessä levyjä samalla tehon kasvaessa saadaan maksimimitaksi 94 kW:n teholla 128,6 mm.

Ongelmana nykyisessä rakentamisaikaisessa lämmityksessä on lopullisten kaukolämpöliittymien keskeneräisyys, jolloin rakennuttaja joutuu ostamaan kaukolämmön lähimmästä mahdollisesta liittymästä. Rakennuttaja joutuu myös vuokraamaan väliaikaisen kaukolämpökeskuksen, ja niiden vuokrat ovat kalliita. Kuukaudessa vuokrattava kaukolämpökeskus maksaa noin 4 000–4 500 euroa.

Lämmönjakomoduuli poistaisi väliaikaisten keskusten tarpeen, mikäli se voidaan asentaa lopulliselle paikalleen jo varhaisessa vaiheessa. Rakennuttaja näkee etuna myös tilansäästön, joka syntyy lämmönjakomoduulin pienen koon ansiosta. Näin hyödynnettävien neliöiden määrä kasvaa, mistä rakentaja hyötyy taloudellisesti. Rakennuttaja pyrkii selvittämään, löytyisikö siltä mahdollista esimerkkikohdetta Tampereelta.

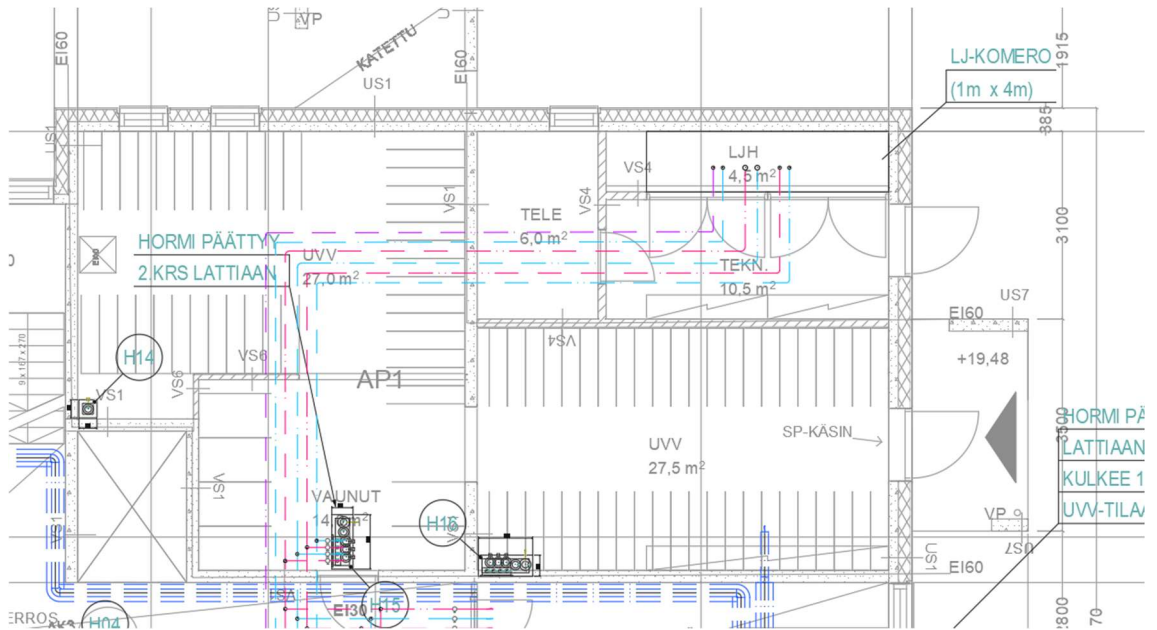
4.8 Esimerkkikohteet Rambollilla

Rambollin asuinrakentamisen osastolla oli tuotekehitysprojektin kannalta sopivassa vaiheessa olevia asuinkerrostalokohteita, ja näihin kohteisiin päätettiin siis toteuttaa ensimmäisenä lämmönjakomoduuli. Kilossa sijaitsevassa Lakea Oy:n rakenteilla olevassa kohteessa As Oy Banketti toteutetaan ensimmäisenä tuotekehityksen tuloksena syntyvä lämmönjakomoduuli. Lämmönjakomoduulin tuotekehityksen tässä vaiheessa tiedetään varmasti komeron mitat ja moduuli pystytään lisäämään mukaan suunnitelmiin. Taulukossa 5 esitetään kohteen lämmönsiirtimien tehot.

Taulukko 5. As Oy Banketin lämmönsiirtimien tehot

Lämmitystapa	Tilat	Teho kW
lattialämmitys	asuintilat	38,4
lattialämmitys	kylpyhuoneet	8,6
patterilämmitys	yleistilat	9,0
lämmin vesi ja -kierto		294,8
Yhteensä		350,8

Kuvassa 12 esitetään alustava suunnitelma lämmönjakomoduulin paikasta.



Kuva 12. As Oy Espoon Banketti, 1. kerros

Vielä tässä vaiheessa ei tiedetty, tullaanko myös rakentamisen aikainen lämmitys hoitamaan lämmönjakomoduulilla. Tässä kohteessa on suunniteltu jo tekninen tila, eikä näin merkittävää tilansäästöä synny.

Toinen kohde sijaitsee Tuusulassa Hyrylässä, rakennuttajana toimii Riisula-rakennus Oy. Tapasimme Rambollilla rakennuttajan ja LVI-urakoitsijan Reijo Rajamäen Tater Oy:stä. Tarkoituksena oli selvittää LVI-urakoitsijan mielipidettä lämmönjakomoduulista.

Hyrylän kohde on yhdistelmä palvelu- ja asuintiloja. Rakennuksessa käytetään välipohjana Lujabetonin valmistamia superlaattoja, johon on tehdasasennettu jo lattialämmityspotket. Kohteessa on tarkoitus käyttää hyväksi laatassa jo valmiina olevaa lattialämmitystä rakentamisen aikaisessa lämmityksessä. Sen lisäksi halutaan varautua käyttämään myös lämpimän käyttöveden lämmönsiirintä satunnaisten lämmitystarpeiden hoitamiseen.

LVI-urakoitsijan mukaan lämmönjakomoduuli on hyvä hanke. Tosin hänen oman yrityksensä hankintojen osuus rakennusurakassa pienenee, ja tätä kautta liikevaihto ja myös kate pienenevät. Kuvassa 13 esitetään Lujabetonin suorittama lattialämmityspotkien asennus superlaattaan.



Kuva 13. Lattialämmitysputkien asennus superlaattaan (22)

5 Tuotekehityksen tulokset

Tuotekehityksessä on onnistuttu hyvin tähän mennessä. Kaukolämpöpaketin kokoa ei sinänsä pystytä kovin paljon pienentämään, koska komponentit pysyvät kuitenkin samoina, kuin normaalissakin lämmönjakohuoneen lämmönsiirrinpaketissa. Tuotekehityksessä onnistuttiin kuitenkin yhdistämään sähkökeskus, vesipiste ja kaukolämmönsiirrinpaketti ja näin pienentämään lämmönjakohuoneessa tarvittavien komponenttien yhteiskokoa. Suurimpana hyötynä kuitenkin näkisin, että tulevaisuudessa on mahdollisuus sijoittaa lämmönjakomoduuli esimerkiksi käytävään, jolloin pystytään mahdollisesti jättämään koko lämmönjakohuone kokonaan pois suunnitelmista. Kaikki tuotekehitys tapahtui tiimityönä, jolloin on hankala eritellä omaa osuuttani itse tuotekehitysprosessissa. Osallistuin erilaisten ratkaisujen kommentointiin ja pyrin omalta osaltani auttamaan mahdollisimman paljon Högfors GST:n tuotekehittäjiä ja tuomaan omaa näkemystäni erilaisista ratkaisuista. Sen lisäksi etsin määräyksistä ja asetuksista kohtia, joita täytyy ottaa huomioon komeron kehityksestä. Taulukkoon 6 on kerätty komeron etuja ja haittoja eri osapuolille.

Taulukko 6. Lämmönjakohuonekomeron edut ja haitat eri osapuolille.

Osapuoli	Edut	Haitat
Suunnittelija	Vapauttaa tiloja muuhun käyttöön, kun lämmönjakomoduuli sijoitetaan käytävään tai muihin tiloihin.	Voi vaikeuttaa muiden talotekniikkalaitteiden sijoittelua.
LVI-urakoitsija	Helpottaa asennustyötä.	Pienentää työn osuutta ja komponenttien tilausten määrää ja sitä kautta myös katetta.
Rakennuttaja	Vähentää lämmönjakohuoneen työn osuutta. Pienentää LVI-urakoitsijan osuutta hankkeesta. Rakentamisen aikainen lämmitys helpottuu ja pienentää kuluja. Vapauttaa tiloja tai pinta-alaa muuhun käyttöön.	Lämmönjakomoduulin ylläpito voi aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Kertakustannuksena todennäköisesti suurempi, kuin tavallinen keskus, mutta kompensoituu muilla säästöillä.
Lämmönjakomoduulin valmistaja	Helpottaa laitetoimittajan tilauksia. Kilpailuetu suhteessa muihin toimittajiin.	
LVI-huolto-yhtiö	Lämmönjakomoduulin yleistyessä helpottaa, koska kokoonpano on samankaltainen	Voi vaikeuttaa huoltotoimenpiteitä, mikäli sijoitettuna esim. porraskäytävään.

6 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä käsiteltiin lämmönjakomoduulin tuotekehitystä. Tarkoituksena oli luoda lämmönjakomoduuli, joka voidaan rakentamisvaiheessa toimittaa kohteeseen ja jota voitaisiin hyödyntää tarvittaessa jo rakennusaikaisessa lämmityksessä. Tuotekehityshanke tehtiin yhdessä Ramboll Oy:n ja kaukolämpövalmistajan Högfors GST:n kanssa

Työssä selvitettiin, mitkä määräykset ja rajoitukset ohjaavat kaukolämpökomeron tuotekehitystä. Lisäksi selvitettiin, millaisia vaatimuksia ja toiveita suunnittelijoilla ja lopullisella tilaajalla on. Työn aikana onnistuttiin luomaan jo hyvin pitkälle viety lämmönjakohuonekomeron prototyyppi, jonka suunnittelijat ottivat mukaan pilottikohteiden suunnitelmiin. Högfors GST jatkaa tuotekehitystä vielä päättyvän vuoden aikana ja ensimmäiset kohteet, joissa lämmönjakomoduulit, on tarkoitus toteuttaa vuoden 2020 aikana.

Potentiaalia lämmönjakomoduulissa on, ja asuinkerrostaloissa on tilausta tuotteelle. Projektin aikana haastateltujen rakennuttajien vastaanotto oli erittäin positiivinen ja innostunut. Sitä on jo käytetty suunnittelun pohjana.

Lähteet

- 1 Yritys. Verkkoaineisto. Ramboll Finland Oy. <http://ramboll.fi/ramboll_finland_oy>. Luettu 10.11.2019
- 2 Yritys. Verkkoaineisto. Högfors GST. <<http://www.hogforsgst.com/fi/yritys>>. Luettu 10.11.2019
- 3 Yritys. Verkkoaineisto. Varte. <<http://Varte.fi/yritys>> Luettu 12.11.2019.
- 4 Pohjola rakennus. Verkkoaineisto. Wikipedia. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Pohjola_rakennus> Luettu 12.11.2019
- 5 Mäkelä Veli-Matti & Tuunanen Jarmo. 2015. Suomalainen kaukolämmitys. Op-pikirja. Mikkeli. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Theseus- tietokanta.
- 6 Energiavuosi 2018. Verkkoaineisto. Energiateollisuus. <http://energia.fi/julkaisut/materiaalipankki/energiavuosi2018_-_kaukolampo.html> Luettu 20.11.2019
- 7 Kiinteistöhoitoala. Verkkoaineisto. Ympäristöosaava. <<http://ymparistoosaava.fi/kiinteistohoitoala/index.php?k=22532>> Luettu 19.11.2019.
- 8 Laakkonen Heli. 2019. Arkkitehti. Ramboll Oy. Lämmönjakohuoneen suunnittelusta. Sähköpostiviesti 18.11.2019
- 9 Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. Energiateollisuus. Julkaisu K1/2013.
- 10 Asuinkiinteistöjen yleiskaapelointijärjestelmät. 2018. Suunnitteluohje. ST 681.11 St kortisto. Sähkötieto ry. Sähköinfo Oy.
- 11 Petäistö John. 2014. Teknisten tilojen normaali ilmanvaihto ja yllämmön poisto. Insinööriyö. Espoo. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta
- 12 Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. 2017. FIN-VAC ry.
- 13 Koskenvesa Anssi. Talvirakentaminen. Verkkoaineisto. Rakennustieto.fi. <<http://rakennustieto.fi/downloads/RK/RK99s697.pdf>>. Luettu 19.11.2019
- 14 Väliaikainen kaukolämpökeskus. Verkkoaineisto. Cramo. <http://www.cramo.fi/fi/category/rakennuskoneet_lammityskalusto_kuumavesila>

- [mmittimet/product/tilapainen-lammonsiirrin--1200kw-elbjorntfuc1000](#)>. Luettu 20.11.2020
- 15 Rissanen Tapio. 2002. Kehityshankkeen toteuttaminen yrityksessä. 1.painos. Kustannusosakeyhtiö Pohjantähti.
 - 16 Kotler Philip. 1990. Markkinoinnin käsikirja. 1. painos. Rastor-julkaisut.
 - 17 Bergström Saija & Leppänen Arja. 2015. Yrityksen asiakasmarkkinointi. 16. painos. Helsinki Edita
 - 18 Kaukolämmityslaitteiden asennus – Urakoitsijan ja lämmönmyyjän yhteistyö. 2010. Suositus K2/2010 Energiateollisuus.
 - 19 Kaukolämpölaitteet. Verkkoaineisto. Helen.fi. <<http://helen.fi/lampo/nykyiset-asiakkaat/nykyisille-asiakkaille/kaukolampolaitteet>>. Luettu 21.11.2019.
 - 20 Fortum. Verkkoaineisto. wikipedia.fi. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Fortum>>. Luettu 21.11.2019
 - 21 Levylämmönsiirrin. Verkkoaineisto. Profil.fi. <http://profil.fi/index.php?main_page=product_info&cpath=153_82&products_id=1550>. Luettu 3.1.2020
 - 22 Luja-Superlaatta-suunnitteluohje. 2019. Verkkoaineisto. Lujabetoni. <<http://www.luja.fi/app/uploads/sites/2/2019/07/Luja-Superlaatta-suunnitteluohje.pdf>>. Luettu 24.11.2019
 - 23 Hölsä Antti. 2019. Tekninen palvelupäällikkö. Fortum Oy. Espoo. Tapaaminen. 28.6.2019
 - 24 Alvoittu Ilkka. 2019. Hankekehitysjohtaja. Pohjola Rakennus Oy. Tapaaminen. 12.9.2019
 - 25 Lämmönjakomodulin kytkentäkaavio. 2019. Högfors GST. 15.1.2020

Lämmönjakomoduulin lämpöhäviölaskelmat

Putket Ensipäin					
Lämpötila	d2	d1	Lämpöhäviö ilman eristettä		Lämpöhäviö eristeen kanssa
115	50	43	1700	495,8	100,03
115	50	43	700	204,1	41,19
115	35	28	220	44,9	9,66
115	35	28	220	44,9	9,66
115	35	28	320	65,3	14,05
33	60	55	2061	107,4	21,10
Paluu					
33	50	43	860	21,1	4,60
33	60	55	1600	39,3	12,02
Yhteensä			1022,8		212,32

Putket Toisio						
Lämpötila	d2	d1	Meno	Paluu	Lämpöhäviö ilman eristettä	Lämpöhäviö eristeen kanssa
33	50	43	430		430	16,0
60	50	43	430		430	52,0
30	50	43		430	430	52,0
30	50	43		430	430	12,0
35	60	55	630		630	32,8
35	42	36	700		700	25,5
30				700	700	16,4
Yhteensä					206,9	41,8

Yhteensä	Putket	Venttiilit	Komponentit	Pumput
1978	1229,6	476,4	171,9	100,2

Eristeen kanssa				
Yhteensä	Putket	Venttiilit	Komponentit	Pumput
393,97	254,1	86,4	34,5	18,9

Ensiöpäin lämpötila		
	Meno	Paluu
Kaukolämpö	115	33
Toisiopiirin lämpötila		
Lämmönsiirrin		
	Meno	Paluu
Säirrin Käyttövesi	58	10
Säirrin 1	60	30
Sekoitus 1	35	30
Sekoitus 2	35	30
Kylmävesi		10

Eriste paksuus	W/Km
9	0,036

	d2	s	d1	ln(d2/d1)	λ	1/zn1	R1	αz	Rs	au	Ru	t1	t2	Δt	φ/l	d3	R2	RU	φ/l	
	mm	mm	mm		W/km	Km/W	Km/W	W/m2K	Km/W	W/m2K	Km/W	C	C	C	W/m	mm	Km/W	Km/W	W/m	
L2.7e	150	20	110	0.3102	50	0.003183	0.0009873	2000	0.001447	20	0.106	115	21	94	866	168	0.5010	0.095	137	
L2.7e sekol	150	20	110	0.3102	50	0.003183	0.0009873	2000	0.001447	20	0.106	35	21	14	129	168	0.5010	0.095	23	
Pumpout bel	150	30	30	1.4663	120	0.001126	0.0019448	2000	0.005305	20	0.122	58	21	37	285	148	0.5733	0.108	34	
Pumpout bel	130	30	30	1.4663	120	0.001126	0.0019448	2000	0.005305	20	0.122	60	21	39	301	148	0.5733	0.108	37	
Pumpout set	130	30	30	1.4663	120	0.001126	0.0019448	2000	0.005305	20	0.122	35	21	14	108	148	0.5733	0.108	20	
K1.1	55	3	49	0.1155	120	0.001126	0.0001332	2000	0.003248	20	0.289	10	21	-11	-38	73	1.2517	0.218	-7	
K1.2	60	5	50	0.1823	120	0.001126	0.0002418	2000	0.003958	20	0.265	58	21	37	138	78	1.1959	0.204	27	
K1.3	33	2	29	0.1292	120	0.001126	0.0001714	2000	0.005488	20	0.482	58	21	37	76	51	1.9245	0.312	17	
K1.4	50	4	42	0.1744	120	0.001126	0.0002312	2000	0.003789	20	0.318	58	21	37	115	68	1.3594	0.234	23	
K1.5	40	4	32	0.2231	120	0.001126	0.0002960	2000	0.004974	20	0.398	10	21	-11	-27	58	1.6427	0.274	-6	
K1.6	80	30	20	1.3863	120	0.001126	0.0018386	2000	0.007958	20	0.199	10	21	-11	-53	98	0.8972	0.162	-10	
K1.7	34	6	22	0.4333	120	0.001126	0.0002774	2000	0.007134	20	0.468	10	21	-11	-23	52	1.8784	0.306	-5	
L1.1	28	4	20	0.3865	120	0.001126	0.0004463	2000	0.007958	20	0.568	30	21	9	16	46	1.1947	0.346	4	
L1.2	28	2	24	0.1542	120	0.001126	0.0002044	2000	0.006631	20	0.568	30	21	9	16	46	1.1947	0.346	4	
L1.3	75	17.5	40	0.6286	120	0.001126	0.0008337	2000	0.003979	20	0.212	30	21	9	41	93	0.9510	0.171	8	
L1.4	48	2	44	0.0870	120	0.001126	0.0001154	2000	0.003617	20	0.332	35	21	14	42	66	1.4079	0.241	8	
L1.5	24	2	20	0.1823	120	0.001126	0.0002418	2000	0.007958	20	0.603	35	21	14	21	42	1.4740	0.379	5	
L1.6	55	3	49	0.1155	120	0.001126	0.0001332	2000	0.003248	20	0.289	35	21	14	48	73	1.2517	0.218	10	
L1.7																				
L1.8	20	2.5	15	0.2877	120	0.001126	0.0003816	2000	0.01001	20	0.796	35	21	14	17	38	1.8376	0.419	4	
L1.9	48	3	42	0.1335	120	0.001126	0.0001771	2000	0.003789	20	0.332	35	21	14	42	66	1.4079	0.241	8	
L1.10	48	3	42	0.1335	120	0.001126	0.0001771	2000	0.003789	20	0.332	35	21	14	42	66	1.4079	0.241	8	
L1.11	28	4	20	0.3865	120	0.001126	0.0004463	2000	0.007958	20	0.568	35	21	14	24	46	1.1947	0.346	5	
L1.2	28	2	24	0.1542	120	0.001126	0.0002044	2000	0.006631	20	0.568	35	21	14	24	46	1.1947	0.346	5	
L1.3	75	17.5	40	0.6286	120	0.001126	0.0008337	2000	0.003979	20	0.212	30	21	9	41	93	0.9510	0.171	8	
L1.4	48	2	44	0.0870	120	0.001126	0.0001154	2000	0.003617	20	0.332	35	21	14	42	66	1.4079	0.241	8	
L1.5	24	2	20	0.1823	120	0.001126	0.0002418	2000	0.007958	20	0.603	35	21	14	21	42	1.4740	0.379	5	
L1.6	55	3	49	0.1155	120	0.001126	0.0001332	2000	0.003248	20	0.289	35	21	14	48	73	1.2517	0.218	10	
L1.7																				
L1.8	20	2.5	15	0.2877	120	0.001126	0.0003816	2000	0.01001	20	0.796	35	21	14	17	38	1.8376	0.419	4	
L1.9	48	3	42	0.1335	120	0.001126	0.0001771	2000	0.003789	20	0.332	35	21	14	42	66	1.4079	0.241	8	
L1.10	48	3	42	0.1335	120	0.001126	0.0001771	2000	0.003789	20	0.332	35	21	14	42	66	1.4079	0.241	8	
L1.11	28	4	20	0.3865	120	0.001126	0.0004463	2000	0.007958	20	0.568	35	21	14	24	46	1.1947	0.346	5	
L1.2	28	2	24	0.1542	120	0.001126	0.0002044	2000	0.006631	20	0.568	35	21	14	24	46	1.1947	0.346	5	
L1.3	75	17.5	40	0.6286	120	0.001126	0.0008337	2000	0.003979	20	0.212	30	21	9	41	93	0.9510	0.171	8	
L1.4	48	2	44	0.0870	120	0.001126	0.0001154	2000	0.003617	20	0.332	35	21	14	42	66	1.4079	0.241	8	
L1.5	24	2	20	0.1823	120	0.001126	0.0002418	2000	0.007958	20	0.603	35	21	14	21	42	1.4740	0.379	5	
L1.6	55	3	49	0.1155	120	0.001126	0.0001332	2000	0.003248	20	0.289	35	21	14	48	73	1.2517	0.218	10	
L1.7																				
L1.8																				
L1.9																				
L1.10	20	2.5	15	0.2877	120	0.001126	0.0003816	2000	0.01001	20	0.796	35	21	14	17	38	1.8376	0.419	4	
L1.11	48	3	42	0.1335	120	0.001126	0.0001771	2000	0.003789	20	0.332	35	21	14	42	66	1.4079	0.241	8	
L1.12	48	3	42	0.1335	120	0.001126	0.0001771	2000	0.003789	20	0.332	35	21	14	42	66	1.4079	0.241	8	

d2	s	d1	ln(d2/d1)	λ	$1/znA1$	RI	as	Rc	au	Ru	t1	t2	Δt	φ/l	d3	R2	RU	φ/l
mm	mm	mm		W/km	Km/W	Km/W	W/m2K	Km/W	W/m2K	Km/W	C	C	C	W/m	mm	Km/W	Km/w	W/m
50	3	44	0.1278	50	0.003183	0.0004069	2000	0.003617	20	0.318	115	21	94	292	68	1.3594	0.234	59
50	3	44	0.1278	50	0.003183	0.0004069	2000	0.003617	20	0.318	115	21	94	292	68	1.3594	0.234	59
35	3	29	0.1881	50	0.003183	0.0005986	2000	0.005488	20	0.455	115	21	94	204	53	1.8345	0.300	44
35	3	29	0.1881	50	0.003183	0.0005986	2000	0.005488	20	0.455	115	21	94	204	53	1.8345	0.300	44
35	3	29	0.1881	50	0.003183	0.0005986	2000	0.005488	20	0.455	115	21	94	204	53	1.8345	0.300	44
60	3	54	0.1054	50	0.003183	0.0003354	2000	0.002947	20	0.265	35	21	14	52	78	1.1599	0.204	10
33	3	27	0.2007	50	0.003183	0.0006388	2000	0.005895	20	0.482	33	21	12	25	51	1.9245	0.312	5
33	3	27	0.2007	50	0.003183	0.0006388	2000	0.005895	20	0.482	33	21	12	25	51	1.9245	0.312	5
50	3	44	0.1278	50	0.003183	0.0004069	2000	0.003617	20	0.318	33	21	12	37	68	1.3594	0.234	8
50	3	44	0.1278	50	0.003183	0.0004069	2000	0.003617	20	0.318	60	21	39	121	68	1.3594	0.234	24
50	3	44	0.1278	50	0.003183	0.0004069	2000	0.003617	20	0.318	60	21	39	121	68	1.3594	0.234	24
50	3	44	0.1278	50	0.003183	0.0004069	2000	0.003617	20	0.318	30	21	9	28	68	1.3594	0.234	6
60	3	54	0.1054	50	0.003183	0.0003354	2000	0.002947	20	0.265	35	21	14	52	78	1.1599	0.204	10
42	3	36	0.1542	50	0.003183	0.0004907	2000	0.004421	20	0.379	35	21	14	36	60	1.5768	0.265	8
42	3	36	0.1542	50	0.003183	0.0004907	2000	0.004421	20	0.379	30	21	9	23	60	1.5768	0.265	5

Venttiilit		d2	f	Lämpöhäviöt ilman eristettä	Lämpöhäviöt eristeen kanssa	
TV 1.1	Schneider V231/15/1		150	0,128	110,9 W	20,1
TV 1.2	Schneider V231/15/4		150	0,128	110,9 W	20,1
TV 2	Schneider V231/15/1,6		150	0,128	110,9 W	20,1
TV 3	Schneider V231/15/1,6		150	0,128	110,9 W	20,1
TV 4.1	Schneider V231/15/0,4		150	0,128	16,5 W	3,0
TV 4.2	Schneider V231/15/4		150	0,128	16,5 W	3,0
Yhteensä				476,4 W	86,4	

Pumput				Lämpöhäviöt ilman eristettä	Lämpöhäviöt eristeen kanssa	
P1	Wilo Stratos 2 25/1-8		130	0,125	35,7 W	6,7
P2	Wilo Stratos 25/1-10		130	0,125	37,6 W	7,1
P3	Wilo Stratos 25/1-10		130	0,125	13,5 W	2,5
P4	Wilo Stratos 25/1-10		130	0,125	13,5 W	2,5
Yhteensä				100,2 W	18,9	

Käyttövesi varusteet			d1	Lämpöhäviöt ilman eristettä	Lämpöhäviöt eristeen kanssa
K1.1	Kylmän veden painemittari	1/4xG3 0-16bar	0,225	-8,5 W	-1,7
K1.2	Kuuman veden sulku	DN40 RG	0,1	13,8 W	2,7
K1.3	LVK Linjasäätöventtiili	DN32 RG	0,12	5,0 W	2,0
K1.4	LVK Pumppuventtiili	DN32RG	0,17	19,5 W	3,9
K1.5	Kylmän veden syöttöventtiili	DN40 RG	0,135	-3,7 W	-0,8
K1.6	Vesimittari kylmä	DN25/260	0,38	-20,0 W	-3,9
K1.7	Varoventtiili	R3/4	0,1	-2,3 W	-0,5
Yhteensä				3,8 W	1,8

Lämmitys 1 varusteet			d1	Lämpöhäviöt ilman eristettä	Lämpöhäviöt eristeen kanssa
L1.1	Ilmauskooneen yhteydet	DN20 RG	0,1	3,1 W	0,4
L1.2	Paisunnan huoltosulku	DN 25	0,055	0,9 W	0,2
L1.3	Sulkuventtiili paluu	DN40 RG	0,11	4,6 W	0,9
L1.4	Linjasäätöventtiili meno	DN40 RG	0,125	5,2 W	1,1
L1.5	Täyttöventtiili	DN 15	0,09	1,9 W	0,4
L1.6	Painemittari	1/2X100	0,225	10,8 W	2,1
L1.7	Painelähetin	VPL-16		0,0 W	0,0
L1.8	Vesimittari lämmin	DN 15/100	0,1	1,7 W	0,4
L1.9	Varoventtiili	R1	0,1	4,2 W	0,8
L1.10	Varoventtiili	R1	0,1	4,2 W	0,8
Yhteensä				36,5 W	7,2

Lämmitys 2 varusteet			d1	Lämpöhäviöt ilman eristettä	Lämpöhäviöt eristeen kanssa
L2.1	Ilmauskooneen yhteydet	DN20 RG	0,1	4,9 W	0,5
L2.2	Paisunnan huoltosulku	DN 25	0,055	1,3 W	0,3
L2.3	Sulkuventtiili paluu	DN40 RG	0,11	4,6 W	0,9
L2.4	Linjasäätöventtiili meno	DN40 RG	0,125	5,2 W	1,1
L2.5	Täyttöventtiili	DN 15	0,09	1,9 W	0,4
L2.6	Painemittari	1/2X100	0,225	10,8 W	2,1
L2.7	Painelähetin	VPL 16		0,0 W	0,0
L2.8	Vesimittari lämmin	DN 15/100	0,1	1,7 W	0,4
L2.9	Varoventtiili	R1	0,1	4,2 W	0,8
L2.10	Varoventtiili	R1	0,1	4,2 W	0,8
Yhteensä				38,7 W	7,5

Lämmitys 3 Varusteet			d1	Lämpöhäviöt ilman eristettä	Eriste
L3.1	Ilmauskooneen yhteydet	DN20 RG	0,1	2,4 W	0,5
L3.2	Paisunnan huoltosulku	DN25	0,055	1,3 W	0,3
L3.3	Dr Weic	DIRTVEC G2-NGB-10	0,24	55,3 W	10,3
L3.4	Sulkuventtiili paluu	DN50 RG	0,113	4,7 W	0,9
L3.5	Linjasäätöventtiili meno	RN50 RG	0,155	6,5 W	1,3
L3.6	Täyttöventtiili	DN 15	0,09	1,9 W	0,4
L3.7	Painemittari	1/2X100	0,225	10,8 W	2,1
L3.8	Painelähetin	VPL 16		0,0 W	0,0
L3.9	Pysäytysleimastoatti	EBERLE RAR 87501		0,0 W	0,0
L3.10	Vesimittari lämmin täyttö	DN 15/110	0,1	1,7 W	0,4
L3.11	Varoventtiili	R1	0,1	4,2 W	0,8
L3.12	Varoventtiili	R1	0,1	4,2 W	0,8
Yhteensä				92,9 W	18,1