

Ville Hirvonen

OPTISUN- HYBRIDILÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA TUTKIMINEN

Opinnäytetyö
Talotekniikka

2018



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä	Tutkinto	Aika
Ville Hirvonen	Talotekniikka (AMK)	Syyskuu 2018
Opinnäytetyön nimi OptiSun-hybridilämmitysjärjestelmän suunnittelu ja tutkiminen		64 sivua 19 liitesivua
Toimeksiantaja Kymisolar Oy ja Oy Insinööri Studio		
Ohjaaja Jarmo Tuunanen		
Tiivistelmä <p>Tämän työn aiheena oli Kotkalaisen yrityksen KymiSolarin kehittämän OptiSun-hybridilämmitysjärjestelmän tutkiminen ja sen pilottikohteen LVI-suunnittelu. OptiSun-hybridilämmitysjärjestelmä on tarkoitettu asennettavaksi kaukolämpöverkoston kytkettyihin asuinkerrostaloihin. OptiSun pyrkii parantamaan kyseisten rakennusten energiatehokkuutta lisäämällä poistoilmalämpöpumpun, lämminvesivaraajan, ja aurinkoa horisontaalisesti seuraavat aurinkokeräimet rakennuksen alkuperäiseen lämmitysjärjestelmään.</p> <p>Työn tavoitteena oli suunnitella Kotkaan rakennettavan pilottikohteen OptiSun-järjestelmän toiminta, ja tuottaa LVI-piirustukset ja tarvittavat dokumentit sen rakentamista varten. Suunnitteluvaiheen jälkeen järjestelmän toimintaa tutkittiin teoreettisesti laskelmien avulla. Tutkimuksen tavoitteena oli tehdä KymiSolarin käyttöön Excel-ohjelmalla simulaatiotyökalu, jonka avulla OptiSun-järjestelmän toimintaa voidaan tarkastella erilaisissa kohteissa, ja jonka avulla järjestelmästä voidaan tuottaa esimerkiksi markkinointiin sopivaa materiaalia.</p> <p>LVI-piirustukset suunniteltiin CADS-ohjelmalla. Työssä tuotettiin erilaisia vaihtoehtoja OptiSun-järjestelmän asennuksesta, joita voidaan käyttää pilottikohteen lisäksi muissakin tulevissa OptiSun-hankkeissa suunnittelun apuvälineinä. Valmistuneita LVI-piirustuksia olivat kytkentäkaaviot OptiSun-järjestelmästä ja sen liittämisestä rakennuksen lämmönjakokeskukseen, rakennuksen julkisivupiirroksset, ja kattokerrokseen asennettavan OptiSun-järjestelmän pohjapiirroksset. Lisäksi pilottikohteen urakkalaskentaa varten tuotettiin LVI-selostus. Kytkentäkaavion ja KymiSolarin luovuttamien lähtötietojen perusteella tehtiin Excel-simulaatiotyökalu. Syöttämällä kohteen lähtötiedot simulaatiotyökaluun, sillä voidaan tuottaa helposti ja nopeasti erilaisia kuvaajia tulevien OptiSun-hankkeiden markkinointia varten.</p> <p>Kaikki tuotettu materiaali luovutettiin KymiSolarin käyttöön auttamaan OptiSun-järjestelmän markkinointia ja suunnittelua.</p>		
Asiasanat Hybridilämmitys, Aurinkoenergia, kaukolämmitys, poistoilmalämpöpumppu, LVI-suunnittelu		

Author	Degree	Time
Ville Hirvonen	Bachelor of Engineering in HVAC studies	September 2018
Thesis Title		
Planning and Examination of OptiSun hybrid heating system		64 pages 19 pages of appendices
Commissioned by		
KymiSolar Oy and Oy Insinööri Studio		
Supervisor		
Jarmo Tuunanen		
Abstract		
<p>The purpose of this thesis was to examine and help planning the OptiSun hybrid heating system. OptiSun is new sun and exhaust air heating system patented by KymiSolar Ltd. OptiSun is planned for aged apartment buildings that are heated with district heating, and its goal is to improve energy efficiency of these buildings. Main parts of the system are horizontally sun following solar collectors, hot water boiler and an exhaust air heat pump.</p> <p>Main goal of this thesis was to plan how OptiSun operates in practice, and produce HVAC-drawings and documents that are needed to build the OptiSun prototype. After planning the OptiSun system, its operation and efficiency was studied in theory. Goal of this study phase was to produce Excel based simulation tool that can be used to investigate operation of the OptiSun system in different scenarios.</p> <p>As a result of planning the OptiSun system, several HVAC drawings and documents were made. All HVAC-drawings were made using CADS-planning program. These drawing and documents are especially suitable for OptiSun prototype, but they can be also used as a guidance in new OptiSun projects in the future. Excel based simulation tool that were produced as a result of the study phase is easy to use tool. It can be used in planning phase of new OptiSun projects, and it is also helpful in marketing the OptiSun system. By feeding basic information of desired building into the simulation tool, it automatically produces different kind of charts that are suitable material for marketing.</p> <p>Results of this thesis helps KymiSolar to plan and market OptiSun system more efficient in the future.</p>		
Keywords		
Hybrid heating system, Solar energy, District heating, Heat pump, HVAC-planning,		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	HYBRIDILÄMMITYS SUOMESSA.....	8
2.1	Hybridilämmityksen pääperiaate.....	8
2.2	Hybridilämmitys pientaloissa	9
2.3	Hybridilämmitys asuinkerrostalossa.....	10
2.3.1	Poistoilmalämpöpumpun lisääminen asuinkerrostaloon.....	10
2.3.2	Hybridilämmitys kaukolämpöverkkoon kytketyssä asuinkerrostalossa.....	12
2.4	Hybridilämmityksen tuomat haasteet.....	15
3	AURINKOENERGIA SUOMESSA	16
3.1	Aurinkoenergian hyödyntäminen hybridilämmityksessä	17
3.2	Aurinkoenergian varastointi	20
4	OPTISUN-JÄRJESTELMÄ	21
4.1	KymiSolar Oy.....	21
4.2	OptiSun-aurinkolämpökeräin	21
4.3	OptiSun-varaaja.....	23
4.4	OptiSun-poistoilmalämpöpumppu.....	24
5	OPTISUN-JÄRJESTELMÄÄ VARTEN TEETETYT TUTKIMUKSET	26
5.1	Tampereen teknillisen yliopiston tutkimus aurinkokeräimistä	26
5.2	Opinnäytetyö kustannuksista ja alihankintaketjun luonnista	27
5.3	Ilmatieteenlaitoksen tilastot.....	27
5.4	Lappeenrannan teknillisen yliopiston suunnitelma keräimen jalustasta	27
6	OPTISUN-PILOTTIHANKE KOTKASSA	28
7	TYÖN TAVOITTEET JA ETENEMINEN	29
7.1	OptiSun-pilottihanke	29
7.2	Järjestelmän tutkiminen.....	29

7.3	Jatkotutkimukset	29
7.4	Projektin työjärjestys	30
8	JÄRJESTELMÄN TOIMINNAN SUUNNITTELU PILOTTIKOHTEESEEN	31
8.1	Työskentely pilottihankkeessa	31
8.2	Laitteet ja niiden sijoittelu	31
8.2.1	Aurinkokeräimet	32
8.2.2	Varaajat	33
8.2.3	PILP	36
8.3	Järjestelmän toiminta	37
8.4	Tuotetut piirustukset ja asiakirjat	38
8.4.1	Esimerkkiasennus 1	39
8.4.2	Esimerkkiasennus 2	41
8.4.3	Piirrustusten tekstilohkot ja otsikkotaulut	43
8.5	Putkimateriaalit ja reitit	44
8.6	OptiSun-järjestelmän liittäminen olemassa olevaan järjestelmään	45
9	JÄRJESTELMÄN TUTKIMINEN	49
9.1	Käytetyt lähtötiedot	49
9.2	Simuloinnin tulokset	50
9.3	Tuotetut kuvaajat OptiSun-järjestelmästä	53
10	JATKOTUTKIMUKSET	56
10.1	Kokeellisen jäähtyksen kehittäminen ja Suunnittelu	56
10.1.1	Kylmästä käyttövedestä saatava jäähdysteho	57
10.1.2	Järjestelmän kondenssi	57
10.1.3	Radiaattorin säteily	57
10.1.4	Radiaattoreiden termostaattien toiminta	58
10.2	OptiSun omakotitaloon tai teollisuuskohteeseen	59
10.3	Valmiin järjestelmän tutkiminen	59

11 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	60
LÄHTEET	62

LIITTEET

- Liite 1. Toteutuneet palaverit toimeksiantajan kanssa
- Liite 2. OptiSun-järjestelmän kytkentäkaavio kahdella varaajalla
- Liite 3. OptiSun-järjestelmän vaihtoehtoinen kytkentäkaavio yhdellä varaajalla
- Liite 4. OptiSun-järjestelmän LVI-selostus
- Liite 5. OptiSun-järjestelmän esimerkkikytkentä 1. pohjapiirustus
- Liite 6. OptiSun-järjestelmän esimerkkikytkentä 1. julkisivupiirustus
- Liite 7. OptiSun-järjestelmän esimerkkikytkentä 2. pohjapiirustus
- Liite 8. OptiSun-järjestelmän kytkentäkaavio (KytKentä lämmönjakokeskukseen)
- Liite 9. Kesä- ja heinäkuun lähtötietotaulukko
- Liite 10. OptiSun-järjestelmän toiminta tammikuussa
- Liite 11. OptiSun-järjestelmän toiminta heinäkuussa

1 JOHDANTO

Hybridilämmitys eli kahden tai useamman lämmitysmuodon hyödyntäminen kiinteistöissä on yleistymässä Suomessa. Oikein suunnitellulla hybridilämmitysjärjestelmällä voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä kiinteistön lämmityskustannuksissa ja energiatehokkuudessa. Useaa lämmitysmuotoa yhdistelevät järjestelmät tuovat kuitenkin uusia haasteita LVI-suunnitteluun, sillä ne ovat tavanomaisia lämmitysmuotoja monimutkaisempia, usein riippuvaisia sääolosuhteista ja tarvitsevat enemmän automatiikkaa toimiakseen parhaalla mahdollisella tavalla.

Tässä työssä perehdytään kotkalaisen KymiSolar Oy:n kehitteillä olevaan hybridilämmitysjärjestelmään nimeltä OptiSun. OptiSun-järjestelmä pyrkii parantamaan vanhojen, kaukolämpöverkkoon kytkettyjen asuinkerrostalojen energiatehokkuutta yhdistämällä olemassa olevaan järjestelmään erikoisvalmisteiset aurinkoa seuraavat aurinkokeräimet, poistoilmalämpöpumpun ja lämminvesivaraajan.

Aurinkoa seuraavia aurinkokeräimiä suunnittelemassa on ollut mukana Tampereen teknillinen yliopisto ja Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Lisäksi OptiSun-järjestelmän kustannuksista ja alihankintaketjun luomisesta on tekeillä samanlaisesti toinen Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun opinnäytetyö.

Ensimmäisen OptiSun-järjestelmän suunnittelu on alkanut, ja niin sanottu pilotti-hanke toteutetaan Kotkassa. Tämän työn päätavoitteena on edesauttaa järjestelmän suunnittelua tuottamalla LVI-piirustuksia ja muita dokumentteja, joita voidaan käyttää kyseisessä sekä tulevaisuudessa OptiSun-hankkeissa malliasiakirjoina ja suunnittelun apuvälineinä. Toisena tavoitteena on OptiSun-järjestelmän toiminnan teoreettinen tutkiminen eri vuodenaikoina ja erilaisissa sääolosuhteissa. Järjestelmästä laaditaan kytkentäkaavio, jonka pohjalta tehdään Excel-simulointityökalu, jolla voidaan tarkastella OptiSun-järjestelmän toimintaa erilaisissa olosuhteissa. Simulointityökalulla on myös tarkoitus tuottaa esimerkiksi järjestelmän markkinointiin käytettäviä kuvaajia. Lisäksi työn aikana ideoidaan tarvittavia jatkotutkimuksien aiheita.

Opinnäytetyön tilaajana on KymiSolar Oy yhteistyössä suunnittelutoimisto Insiööri Studio Oy:n kanssa, ja työ toteutetaan kesällä 2018.

2 HYBRIDILÄMMITYS SUOMESSA

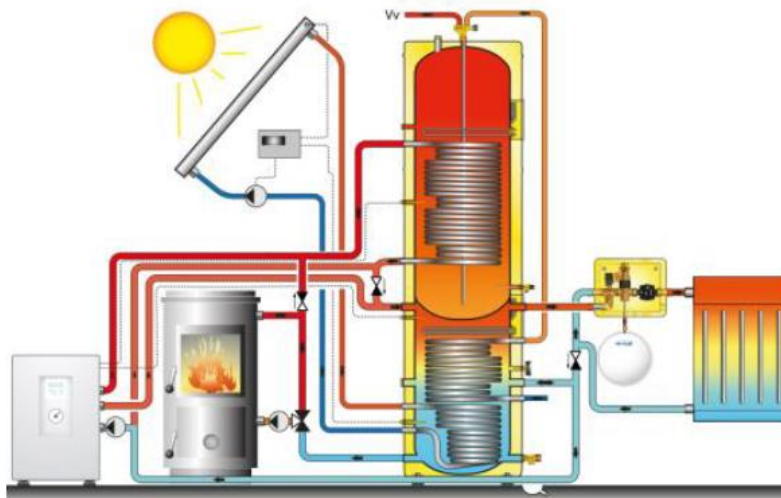
Tässä luvussa perehdytään hybridilämmityksen eri muotoihin ja toimintaan Suomessa. Pääpainona on OptiSun-hybridilämmitysjärjestelmän suurin kohderyhmä, eli hybridilämmitys asuinkerrostalossa, joiden alkuperäinen lämmitysmuoto on kaukolämpö.

2.1 Hybridilämmityksen pääperiaate

Hybridilämmityksellä tarkoitetaan kahden tai useamman lämmitysmuodon yhdistelmää. Hybridilämmitysjärjestelmä koostuu yleisesti pääasiallisesta lämmönlähteestä sekä sitä tukevasta toissijaisesta lämmönlähteestä. Eri lämmitysmuotojen käyttöä vuorotellaan esimerkiksi vuodenajan tai vuorokauden ajan mukaan. Hybridilämmityksen etuna on, että käyttöön voidaan ottaa aina tilanteeseen sopivin ja edullisin lämmitysmuoto. Useampaa lämmitysmuotoa voidaan myös käyttää yhtäaikaaisesti tarpeen niin vaatiessa. [1.]

Erilaisten lämmitysmuotojen yhdistelmiä on niin pientaloissa, asuinkerrostaloissa, kuin teollisuudessaakin useita vaihtoehtoja, mutta keskeisenä piirteenä kaikille hybridilämmitysjärjestelmille on energian varastointi. Hybridilämmityksen tärkein komponentti onkin hybridivaraaja, johon varastoidaan eri lämmitysmuodoilla tuotettu lämmitysenergia käytettäväksi tarpeiden mukaan tilojen tai lämpimänkäyttöveden lämmitykseen.

Kuvassa 1 on esitetty havainne-esimerkki hybridilämmityksestä ja sen kytkennästä hybridivaraajaan. Tässä tapauksessa varaajaan on kytketty kolme lämmönlähdettä: aurinkokeräin, maalämpöpumppu ja varaava vesitakka. Järjestelmällä lämmitetään vesikiertoista patteriverkostoa.



Kuva 1. Esimerkkikuva hybridilämmitysjärjestelmästä [2]

2.2 Hybridilämmitys pientaloissa

Hybridilämmitys on Suomessa kasvavassa suosiossa pientalojen keskuudessa [2]. Lämmitysmuotojen hintojen vaihtelun ja Suomen epävakaiden ja muuttuvien sääolosuhteiden vuoksi voidaan todeta, että yhtä selkeästi parasta ja kaikissa käyttötilanteissa edullisinta lämmitysmuotoa ei ole. Tästä syystä usean lämmönlähteen yhdisteleminen on usein taloudellisesti hyvä ratkaisu. Hybridilämmityksellä voidaan käyttäjän tarpeiden ja mahdollisuuksien mukaan räätälöidä kullekin pientalolle mahdollisimman hyvin toimiva lämmitysjärjestelmä.

Yksinkertaisimmillaan hybridilämmitys voi olla vaikkapa öljykattila ja varaava puulämmitteinen takka. Suomessa yleinen esimerkki hybridilämmityksestä on iäkäs pientalo, jota lämmitetään pääasiallisesti öljykattilalla, ja lisälämmönlähteenä toimii ilmalämpöpumppu. Uudemmissa rakennuksissa hybridilämmityksessä voi toimia rinnakkain esimerkiksi maalämpöpumppu ja aurinkokeräimet.

Ympäristötietoisuuden kasvaessa käyttäjien keskuudessa uusiutuvien energianlähteiden käyttö osana hybridilämmitystä onkin nykyään yhä enemmän yleistynyt ratkaisu. Hybridi-sana usein liitetään ympäristöystävällisyyteen, ja uusia järjestelmiä suunniteltaessa otetaan lähes aina huomioon aurinkoenergian käyttö. [3.]

Energiatehokkuuden kasvaessa hybridilämmitys voi tuoda vanhoihin pientaloihin selviä säästöjä lämmityskustannuksiin. Tämän lisäksi modernimmat ja ympäristöystävälliset hybridilämmitysratkaisut kohottavat talon arvoa. [2.]

2.3 Hybridilämmitys asuinkerrostalossa

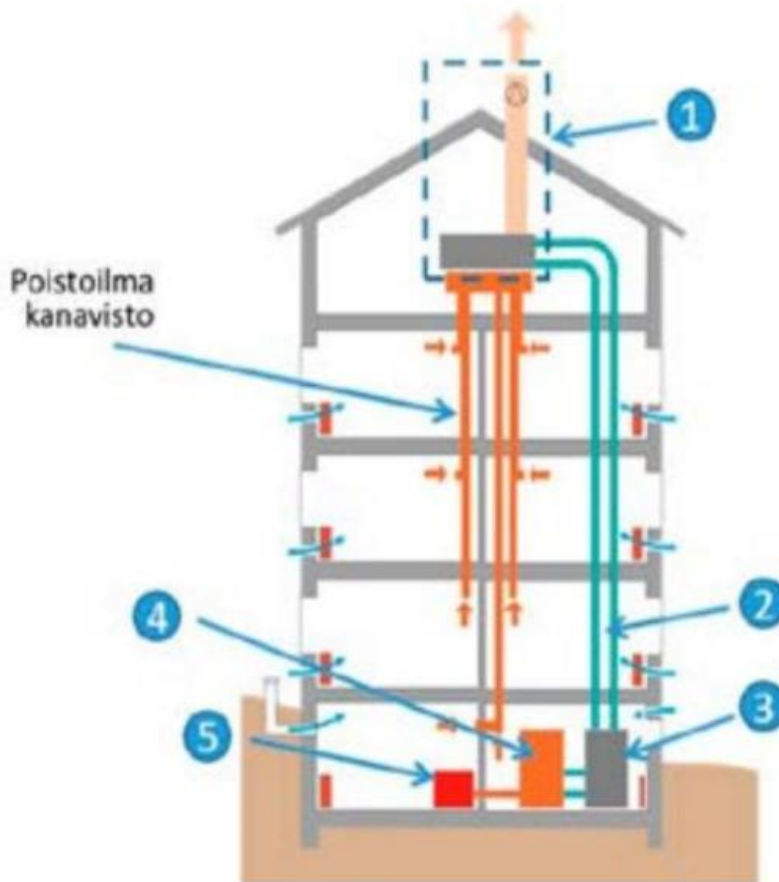
Hybridilämmityksen yleistyessä ovat myös useat kerrostaloyhtiöt alkaneet kiinnostua tästä vaihtoehdosta. Toisen lämmönlähteen lisääminen vanhaan asuinkerrostaloon onkin oikein toteutettuna hyvä tapa lisätä vanhojen kerrostalojen energiatehokkuutta. [4.]

2.3.1 Poistoilmalämpöpumpun lisääminen asuinkerrostaloon

Vanhojen noin 60–80-luvuilla rakennettujen asuinkerrostalojen suurimmat lämpöhukat ovat poistoilmassa. Tämä johtuu siitä, että lämmin poistoilma puhalletaan usein suoraan ulos ilman lämmöntalteenottoa. [4.] Jopa 25–35% talon lämpöenergiasta voi poistua poistoilman mukana [5]. Tästä syystä poistoilmalämpöpumpun eli PILP:in asentaminen tällaisten kiinteistöjen lämmitysjärjestelmiin on hyvä tapa hyödyntää poistoilmassa olevaa lämpöenergiaa, joka muutoin menisi hukkaan.

PILP kerää poistoilmasta lämpöenergiaa talteen lämmönkeruuputkistossa kiertävän nesteen avulla, jota poistoilma lämmittää muutamia asteita. Poistoilma jäähtyy lämpötilasta 21 °C lämpötilaan 5 °C, kerätty energia varastoidaan lämminvesivaraajaan. [5.] Varastoitua lämpöenergiaa voidaan hyödyntää rakennuksen tilojen lämmittämiseen tai lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. PILP:in lämmönkeruuprosessi on kuvailtu tarkemmin kohdassa 4.4.

Kuvasta 2 nähdään PILP-järjestelmän toimintaperiaate ja laitteiden sijoittelu kerrostalossa. Kuvattu talo on tyypillinen kohde PILP:in asennukselle. PILP-järjestelmä toimii oikein ja parhaalla mahdollisella tavalla asennettuna kiinteistöön, jossa on koneellinen poistoilmanvaihto, vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä, vähintään kolme kerrosta ja 15–25 asuntoa. Lisäksi lämmitysverkoston lämpötilat vaikuttavat oleellisesti PILP-järjestelmän kannattavuuteen. Verkoston paluuveden lämpötila kovilla pakkasilla tulisi olla korkeintaan 55 °C. [4.]



PILP-järjestelmä:

1. Lämmöntalteenotto -laite/ -laitteet (LTO) sisältäen puhaltimen/-puhaltimet
2. Lämmönkeruuputkisto koteloituna (asennus esim. porrashuoneeseen, julkisivuun jne.)
3. Lämpöpumppu/-pumput
4. Vesivaraaja/-varaajat
5. Lisälämmönlähde, esim. kaukolämpö

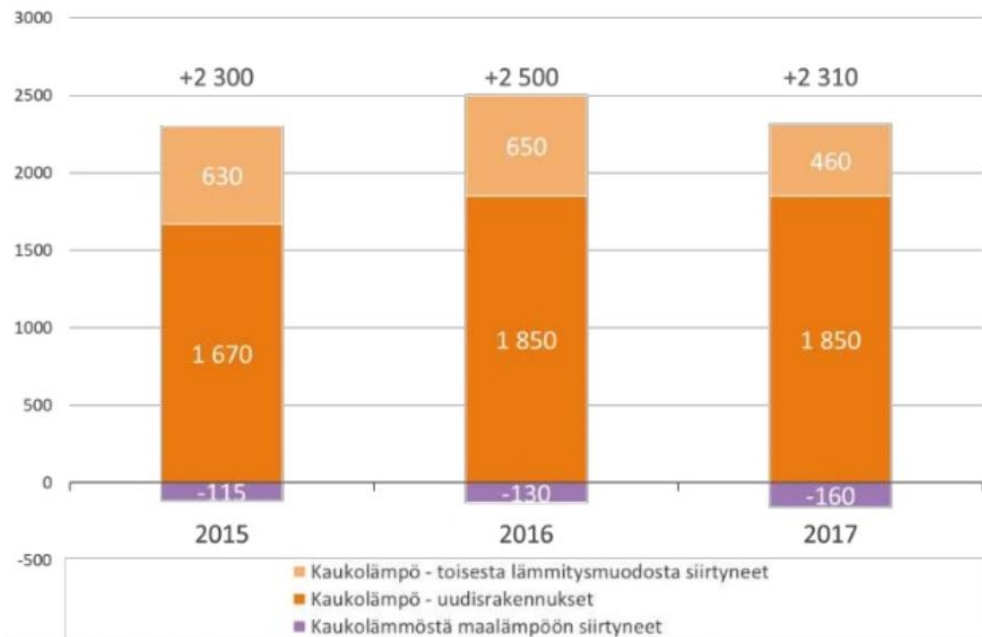
Lisäksi säätö- ja ohjausautomaatiikka (etähallinta ja -valvonta)

Kuva 2. PILP-järjestelmän toimintaperiaate [4]

2.3.2 Hybridilämmitys kaukolämpöverkkoon kytketyssä asuinkerrosto- lossa

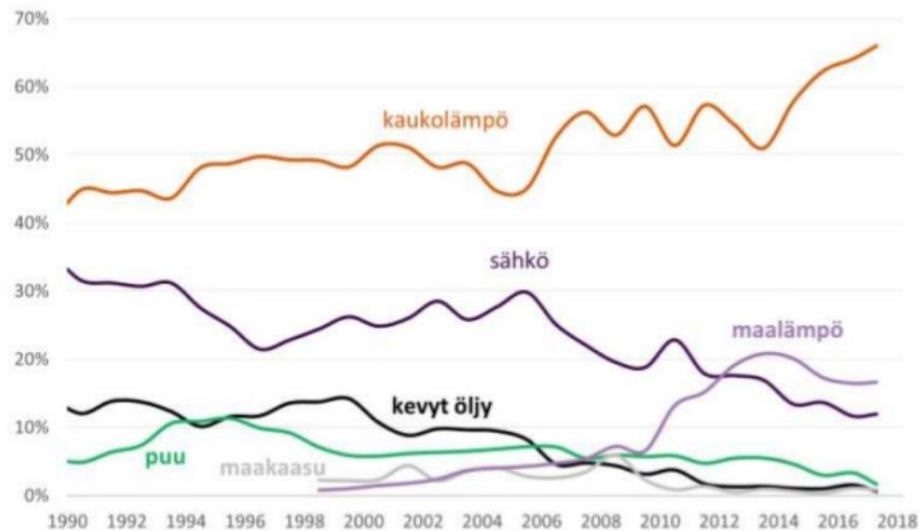
Kaukolämpö on Suomessa yleisin asuinkerrostalojen lämmitysmuoto. Noin 95 % asuinkerrostaloista on liitetty kaukolämpöverkostoon [6]. Kuvasta 3 nähdään, uudet kaukolämpöasiakkaat ja kaukolämmöstä irtautuneet asiakkaat vuosina 2015-2016. Kuvassa 4 on esitetty kaukolämmön markkinaosuus uudisrakennuksissa verrattuna muihin lämmitysmuotoihin. Kuvista voidaan todeta, että kaukolämpö on melko vakaasti säilyttänyt asemaansa suosituimpana lämmitysmuotona Suomessa.

Uudet kaukolämpöasiakkaat ja kaukolämmöstä irtautuneet



Kuva 3. Uudet kaukolämpöasiakkaat ja kaukolämmöstä irtautuneet asiakkaat [7]

Lämmitystapojen markkinaosuudet uudisrakennuksissa, kaikki rakennukset



Lähde: Tilastokeskus, Myönnettyt rakennusluvut (lämmitetty rakennustilavuus)

Kuva 4. Lämmitystapojen markkinaosuudet [7]

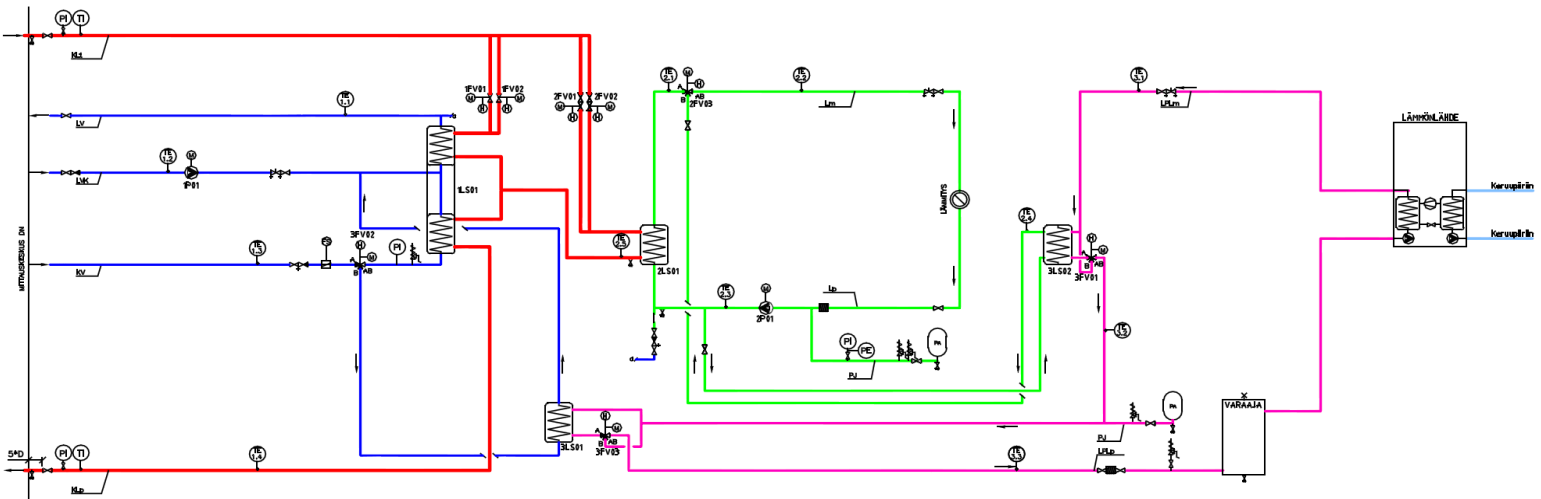
Kaukolämmön merkittävän suosion myötä myös tilanne, jossa kaukolämmöllä lämmitettävään asuinkerrostaloon liitetään toinen lämmönlähde, on nykyään yleistymässä.

Toisen lämmönlähteen lisääminen kaukolämpötaloon vaatii kuitenkin tarkkaa suunnittelua. Erityisesti suunnittelussa on huomioitava, että asiakkaan ja kaukolämpöyhtiön sopimat ehdot lämmöntoimituksesta ja sen raja-arvoista säilyvät. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kaikki rakennuksen lämmönjakolaitteet tulee olla rakennettu ja asennettu kaukolämpöyhtiön hyväksymällä tavalla [8]. Tämä perustuu asiakkaiden turvallisuuteen, sillä kaukolämpöverkostossa kiertävä vesi voi olla yli 100 °C, ja laitteistojen rikkoutuessa se voi aiheuttaa vaaratilanteen.

Lisäksi rakennuksen lämmitysjärjestelmiin tehtävissä muutoksissa on huomioitava kaukolämpöveden riittävä jäähtyminen. Veden tulee jäähtyä asiakkaan laitteissa vähintään 25 °C, ja paluueden kaukolämpöverkostolle on oltava korkeintaan 65 °C [8]. Nämä reunaehdot ovat asetettu, jotta kaukolämpöyhtiön laitteiden

oikea mitoitus ja teho säilyvät ja että asiakkaille voidaan toimittaa sovittu määrä lämpöenergiaa.

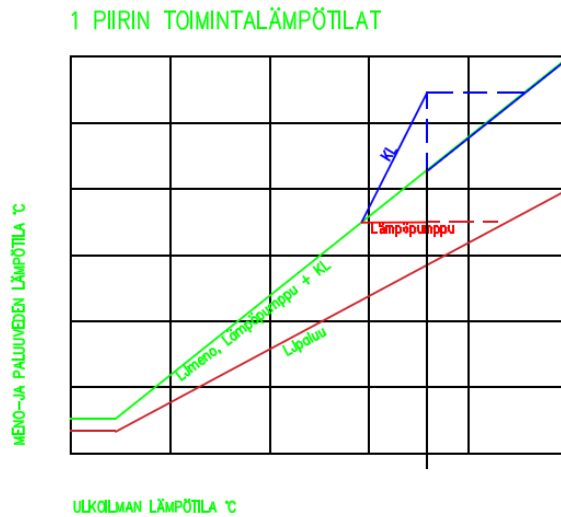
Kaukolämpöön liitetyn asuinkerrostalon onkin hyvä olla suorassa yhteydessä kaukolämpöyhtiönsä hybridilämmityksen suunnittelussa. Myös esimerkiksi Energateollisuus ry on laatinut taloyhtiöille ja suunnittelijoille ohjeita ja kytkentäesimerkkejä toisen lämmönlähteen liittämisestä kaukolämpöjärjestelmään:



Kuva 5. Rinnakkaislämmönlähteen kytkentä olemassa olevaan lämmönjakokeskukseen [8]

Kuvassa 5 on esitetty, miten esimerkiksi PILP voidaan kytkeä rinnakkaislämmönlähteeksi kerrostalon olemassa olevaan kaukolämpöjärjestelmään. Oikealla asennustavalla kaukolämmön paluueden lämpötila ei kasva merkittävästi [8].

Kuvasta 6 nähdään kuvan 5 esimerkkikytkennän piirin meno- ja paluueden toiminta.



Kuva 6. Meno- paluueden toiminta

2.4 Hybridilämmityksen tuomat haasteet

Tekniikan kehittyessä myös suunnittelijoiden, laitevalmistajien sekä asentajien tarvittavat tiedot ja taidot muuttuvat haasteellisemmiksi. Oikein toimiva hybridilämmitysjärjestelmä vaatii enemmän automaatiotekniikkaa kuin tavanomaiset lämmitysjärjestelmät. Eri lämmitysmuotoja on kyettävä ohjaamaan rinnakkain sekä erikseen vuodenaikojen ja sääolosuhteiden mukaan, jotta hybridijärjestelmästä saadaan paras mahdollinen hyöty. Mitä enemmän lämmitysenergian lähteitä asennetaan hybridijärjestelmään, sitä haasteellisemmaksi hybridijärjestelmän toteutus ja suunnittelu muuttuu.

Toimivan automaation lisäksi hybridijärjestelmät tarvitsevat enemmän mekaanisia laitteita, kuten säätöventtiileitä, mittauslaitteita ja energiavaraajia verrattuna perinteisempiin lämmitysjärjestelmiin. Tämän johdosta myös hybridilaitteistojen tilantarve kasvaa.

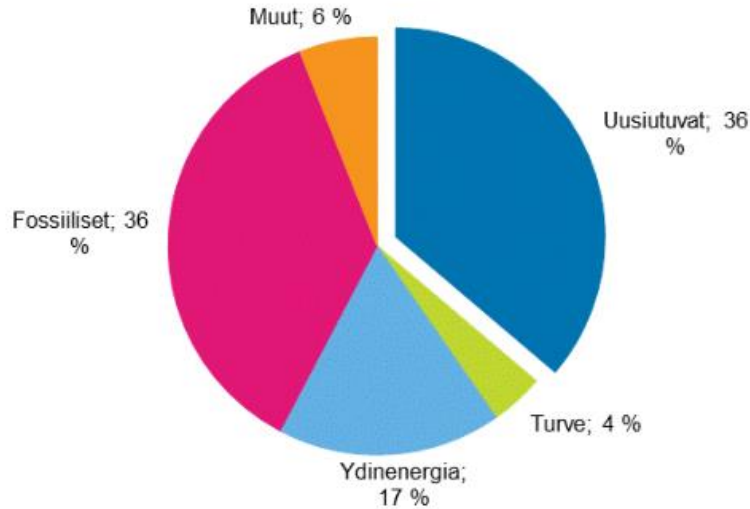
3 AURINKOENERGIA SUOMESSA

Auringosta maahan säteilevän energian määrä on valtava. Se on noin 15 000-kertainen maailman vuosittain käyttämään energiamäärään verrattuna [9].

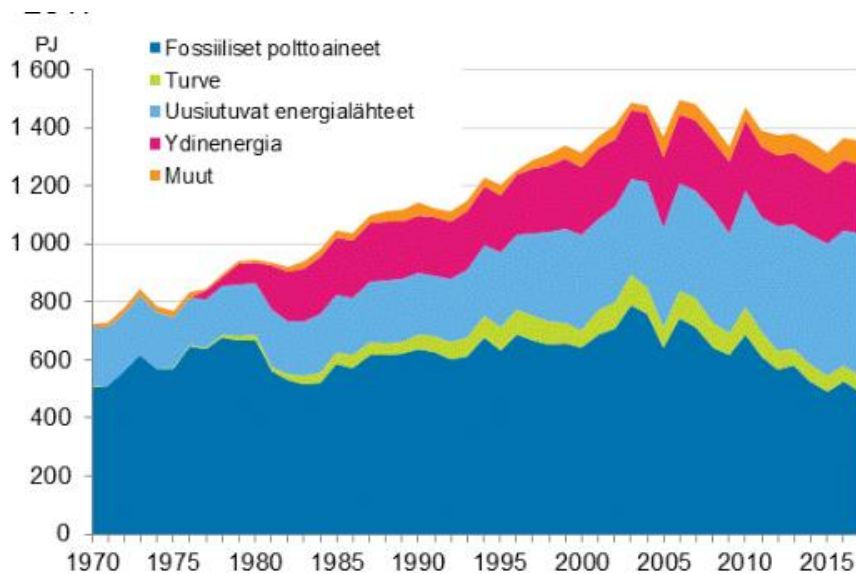
Ei ole siis ihme, että aurinkoenergian hyödyntämiseen on keksitty erilaisia sovelluksia kautta ihmisten historian, esimerkiksi aina aurinkokellosta asti nykypäivän sähköntuotantoon.

Aurinkoenergian haasteena on kuitenkin energian saannin vaihtelevuus vuorokauden ajan, sääolosuhteiden ja vuodenaikojen mukaan. Erityisesti Suomessa ongelmia tuottaa pitkät ja pimeät talvet, jolloin energian tarve on suuri, mutta auringosta saatava säteilyn määrä on hyvin vähäinen.

Aurinkoenergia on päästötöntä ja uusiutuvaa energiaa. Sen suosio on jatkuvassa kasvussa nykypäivän ympäristötietouden vuoksi, ja aurinkoenergian hyödyntämiseen kehitetään uusia ja entistä tuottoisampia järjestelmiä jatkuvasti. [10.] Uusiutuvien energianlähteiden käyttöä pyritään lisäämään Suomessa myös yhteisten tavoitteiden, kuten kansallisen energia- ja ilmastostrategian ja Euroopan Unionin (EU:n) asettamien tavoitteiden myötä. EU:n Suomelle asettama tavoite, jonka mukaan vuonna 2020 38 % energian loppukulutuksesta olisi uusiutuvaa energiaa, ylitettiin jo vuonna 2014. Suomi kuuluukin EU-maiden kärkikastiin uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämisessä. Kuten kuvista 7 ja 8 nähdään, Suomessa käytetään uusiutuvia energianlähteitä paljon, ja niiden käyttö on ollut kasvavassa suosiossa viimeiset vuodet.



Kuva 7. Uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiasta 2017 [11]



Kuva 8. Fossiiliset ja uusiutuvat energialähteet 1970-2017 [12]

3.1 Aurinkoenergian hyödyntäminen hybridilämmityksessä

Aurinkoenergia on yleistymässä myös osana hybridilämmitysjärjestelmiä. Aurinkoenergiaa voidaan kerätä ja varastoida lämminvesivaraajaan aurinkokeräimien avulla. Aurinkokeräimillä tuotettua energiaa käytetään useimmiten lämpimän käyttöveden lämmittämiseen, mutta se sopii myös matalalämpöisten lämmönjakojärjestelmien tueksi.

Aurinkoenergian hyödyntäminen pientalojen ja loma-asuntojen lämmittämiseen on tänä päivänä jo melko yleistä, mutta keräinten asennus osaksi lämmitysjärjestelmää on yleistymässä myös asuinkerrostaloissa, seuraavassa kaksi esimerkkiä Suomesta:

Esimerkki 1.

Vuonna 2014 Lahteen valmistui ikäihmisten palvelukerrostalo, jonka lämmitysmuotoina on kaukolämpö ja siihen liitetty aurinkolämmitys. Ilmaisella aurinkoenergialla voidaan kattaa 20 % rakennuksen kokonaisenergian kulutuksesta. Rakennuksen katolle asennettiin 120 aurinkokeräintä, joiden yhteenlaskettu keräinpinta-ala on 240m². [13.]



Kuva 9. Palvelutalo Lahdessa [13]

Esimerkki 2.

Ouluun rakennetussa passiivikerrostalossa ensisijainen lämmitys tapahtuu kaukolämmöllä. Talon katolla on aurinkokeräimiä 140 m², joka on noin 3,3 m² jokaista asuntoa kohden. Katolta löytyy myös 100 m² aurinkopaneeleita, joilla tuotettu sähkö myydään sähköverkkoon. [14.]



Kuva 10. Oulun Passiivikerrostalo [14]

Tämän lisäksi talossa on ilmanvaihdon esilämmitys ja jäteveden talteenottojärjestelmä [14]. Kyseessä on siis varsin monipuolinen ja moderni hybridilämmitysjärjestelmä.

Kuvassa 11 on esitetty rakennuksen energian kulutus ja tuotettu ilmaisenergia. Ilmaisenergialla voidaan kuvan mukaan kattaa parhaimmillaan noin 38 % rakennuksen kokonaisenergian tarpeesta.

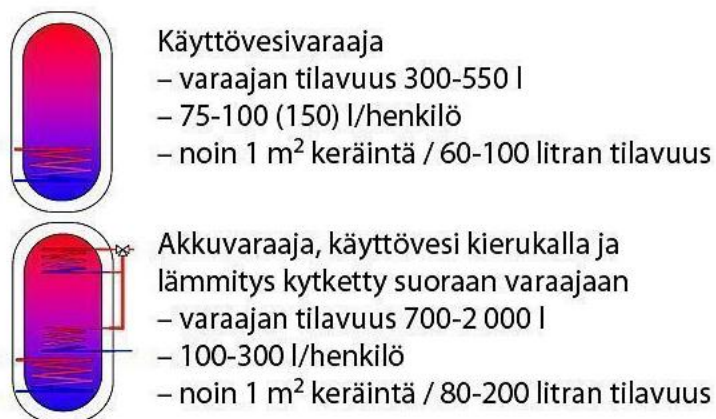
Taulukko 1. Oulun passiivikerrostalon energiatase [14]

	Energian kulutus	Ilmaisenergia	Ostoenergia	
Tilojen lämmitys	120			MWh/vuosi
Lämpimän käyttöveden valmistus	180			
Kiinteistösähkö	70			
IV:n esi- ja jälkilämmitys	110			
Aurinkokeräimet		40		
Aurinkopaneelit		12		
Porakaivot		80		
Jäteveden lämmöntalteenotto		50		
Kaukolämpö			240	
Sähkölaitteet			58	
Yhteensä	480	182	298	

3.2 Aurinkoenergian varastointi

Oleellinen osa toimivaa aurinkolämpöjärjestelmää on saadun energian varastointi. Tämä on tärkeää, sillä auringosta säteilevää energiaa ei ole jatkuvasti saatavilla käyttötarpeen mukaan. Tavallisesti auringosta saatua lämpöä varastoidaan muutamia vuorokausia tasaamaan vuorokautisia ja säästä johtuvia vaihteluita [15].

Aurinkolämmön varastointiin on useita ratkaisuja. Lämpöä voidaan varastoida maaperään, talon rakenteisiin tai vaikkapa lämpökaivon avulla kallioon. Yleisin varastointitapa on kuitenkin vesivaraaja [15]. Myös varaajan oikea tilavuus on ratkaisevassa asemassa järjestelmän toimivuuden kannalta. Yleisenä sääntönä voidaan pitää, että 1,5 m² keräinpinta-alaa kohden on noin 150 litraa varaajatilavuutta. Suuren varaajatilavuuden etuna on varastointikyky esimerkiksi pilvisten päivien varalle. [15.]



Kuva 11. Varaajan mitoitus omakotitaloon [15]

Oikeinmitoitettussa varaajassa lämmin vesi alkaa kerrostumaan, kuten on nähtävillä kuvasta 11. Tämä johtuu veden laajenemisesta ja ominaispainon pienenemisestä sen lämmitessä. Näin lämmin vesi nousee varaajan yläosaan ja viileämpi vesi laskeutuu alaosaan. Varaajassa, jossa yläosassa olevan veden lämpötila on 60 °C ja alaosassa 20 °C, on yhtä paljon varastoitunutta lämpöenergiaa kuin varaajassa, jossa vesi on kauttaaltaan 40 °C. Kerrostunut vesi on parempi vaihtoehto, sillä 60 °C vettä voidaan käyttää kuumaan käyttöveteen, eikä sitä tarvitse

lämmittää enempää erillisellä lämmönlähteellä. Lisäksi aurinkolämpökeräimet toimivat paremmalla hyötysuhteella, kun ne lämmittävät alaosassa olevaa 20 °C viileää vettä. [15.]

4 OPTISUN-JÄRJESTELMÄ

OptiSun on KymiSolar Oy:n kehitteillä oleva hybridilämmitysjärjestelmä, jossa yhdistyvät erikoisvalmisteiset aurinkokeräimet, PILP ja uudenlainen putkimallinen lämminvesivaraaja.

OptiSun on tarkoitettu erityisesti vanhoihin, noin 60–80-luvuilla tehtyihin asuinkerrostaloihin, joissa on koneellinen poistoilmanvaihto ja lämmitysmuotona kaukolämpö. Kyseisiä kerrostaloissa on Suomessa suuret määrät, ja niiden energiansäästöpotentiaali on suuri. Järjestelmän tavoite on kattaa puolet kiinteistöjen kaikesta lämmöntarpeesta ympäristöystävällisellä hukka- ja ilmaisenergialla. Tavoitteellinen takaisinmaksuaika järjestelmälle on alle 10 vuotta. [16.]

4.1 KymiSolar Oy

KymiSolar Oy on kotkalainen vuonna 2016 perustettu Startup-yritys. Yritys tähtää kansainvälisille markkinoille, ja on perustettu patentoidun OptiSun-hybridilämmitysjärjestelmän kaupallistamiseksi. Yrityksen perustaja on tuotekehitysinsinöörinä toiminut Ville Terävä. [16.]

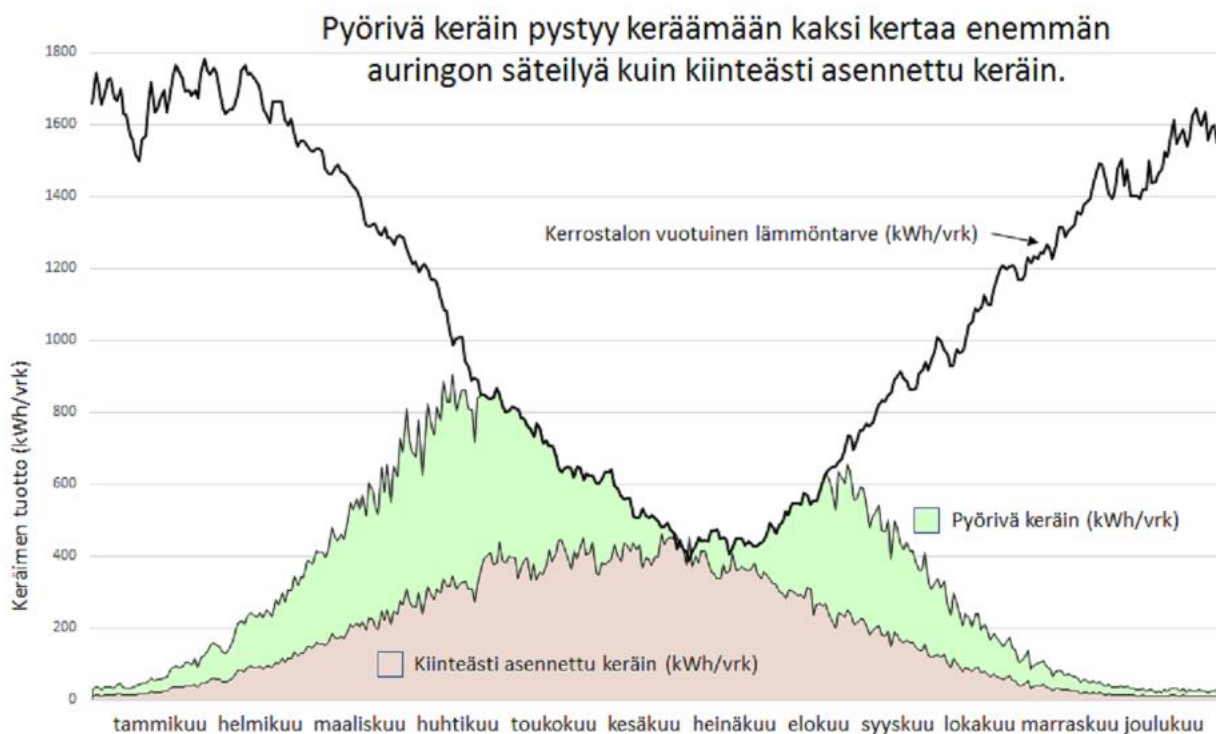
4.2 OptiSun-aurinkolämpökeräin

Nimensä mukaisesti OptiSun-järjestelmän keskeinen osa on rakennuksen katolle asennettavat aurinkolämpökeräimet. Keräimet ovat erityisesti suunniteltu Suomen sääolosuhteisiin.

Keräimen koostuvat vaakatasoon asennetuista tyhjöputkiabsorbaattoreista, joiden takana on CPC (Compound Parabolic Concentrator)-heijastimet, askelmootorin pyörittämästä teräsarinasta, johon absorbaattorit ovat kiinnitetty, sekä etäoperoitavasta ohjausyksiköstä [16].

CPC-heijastimet keskittävät auringon hajasäteilyä polttopisteessä oleville tyhjöputkiabsorbaattoreille. Tyhjöputkiabsorbaattorit sopivat Suomen sääolosuhteisiin hyvin, sillä niiden rakenteen ansiosta ulkoilman lämpötilalla tai tuulella ei ole suurta vaikutusta lämpöenergian tuotantoon. Tyhjöputkiabsorbaattorien tehokkuus perustuu hyvään lämmön eristykseen, joka saavutetaan keräinputkiin asennetulla vakuumilla eli tyhjiöllä. Tästä johtuen keräimen lämpöhäviöt ovat pienet, ja keräin pystyy ottamaan vähäisestäkin auringonsäteilystä lämpöenergian talteen. [16.]

Ulkoilman lämpötilaa suurempi merkitys on auringon paistetuntien määrällä, ja auringonsäteiden tulokulmalla. Tästä syystä OptiSun-keräimet seuraavat auringon liikettä kellonajan tahdittamana teräsarinan ja askelmoottorin avulla. Tämä takaa, että keräimet saavat kerättyä mahdollisimman paljon auringonsäteilylämpöä ja varastoimaan enemmän lämpöenergiaa lämminvesivaraajalle, joihin keräimet ovat kytketty. Kuvassa 12 vertaillaan teoreettisesti pyöriviä keräimiä kiinteisiin keräimiin.



Kuva 12. Pyörivän keräimen vertailu kiinteään keräimeen [16]

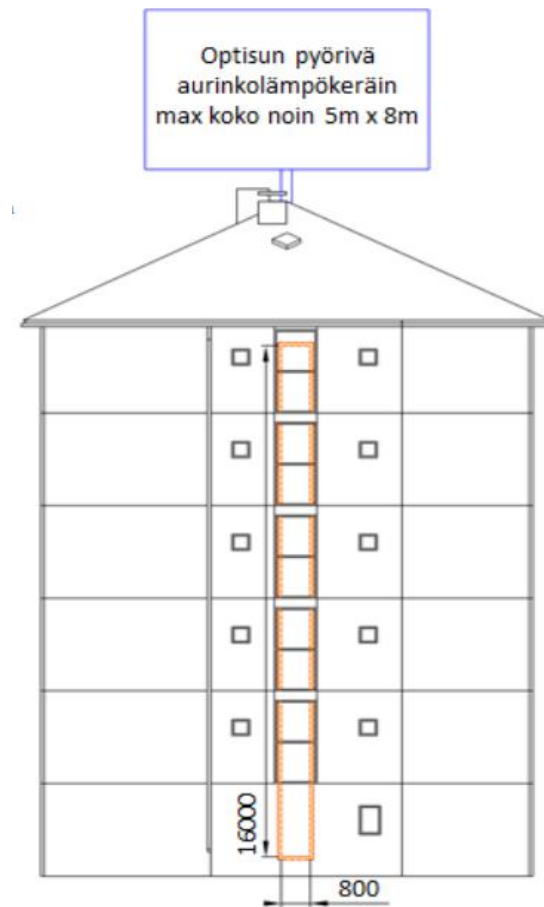
Kuvasta 12 nähdään kuinka pyörivät keräimet pystyvät aurinkoa seuraamalla keräämään enemmän energiaa kuukausina, jolloin tyypillisesti auringon paiste on Suomessa vähäistä. Pyörivät keräimet myös mahdollistavat varjoon jättäytymisen, mikäli varaajan lämpötila alkaa nousta toivottua suuremmaksi. Tämän ansiosta varaaja voidaan mitoittaa optimaalisen kokoiseksi ilman ylikuumentumisen pelkoa. [16.]

Keräimet suunnitellaan aina kohteen tarpeiden mukaisesti, mutta yleisesti keräimiä asennetaan yksi kappale jokaista rappuhuonetta kohden. Keräinten suurin mahdollinen koko on 5m x 8m eli 40 m². Keräinten rakenne on suunniteltu noudattaen EU:n konedirektiiviä. Rakenne on suunniteltu turvalliseksi, ja kestävämmän asennuspaikan tuulet ja sääolosuhteet, näin ollen keräimillä on myös CE-merkintä. [16.]

4.3 OptiSun-varaaja

Jokaisen toimivan hybridilämmitysjärjestelmän edellytyksenä on oikein toimiva varaaja. OptiSun-varaaja poikkeaa perinteisistä hybridijärjestelmien varaajista muodoltaan ja sijainniltaan. Varaaja on putkimainen ja korkeudeltaan kohteena olevan rakennuksen korkuinen [16]. Putkimaisella muodolla pyritään varmistamaan varaajassa tapahtuva lämpötilojen kerrostuma mahdollisimman tehokkaasti [16]. Varaaja valmistetaan noin yhden kerroksen korkuisista teräsmoduuleista, ja se voidaan asentaa vanhojen kerrostalojen sisälle roskakuiluihin, rappukäytäviin, tai vanhoihin pois käytöstä jääneisiin hissikuiluihin. Varaaja voidaan myös vaihtoehtoisesti asentaa hyvin eristettynä rakennuksen ulkoseinälle.

Varaajan kyljessä voidaan myös kuljettaa tarvittavat OptiSun-järjestelmän putkistot. Näin vältetään ylimääräisten reikien porauksilta. Kuvassa 13 on esitetty esimerkkikytkeä OptiSun-järjestelmästä. Kyseisen kuvan varaajan tilavuus on 2560 litraa. Varaaja toimii kuin muutkin hybridilämmitysvaraajat, ja siihen varastoidaan aurinkokeräinten ja PILP:in tuottama lämpö. Varaajan suunnittelussa on otettu huomioon EU:n painelaitedirektiivi [16].



Kuva 13. Havainnekuva OptiSun-järjestelmästä [16]

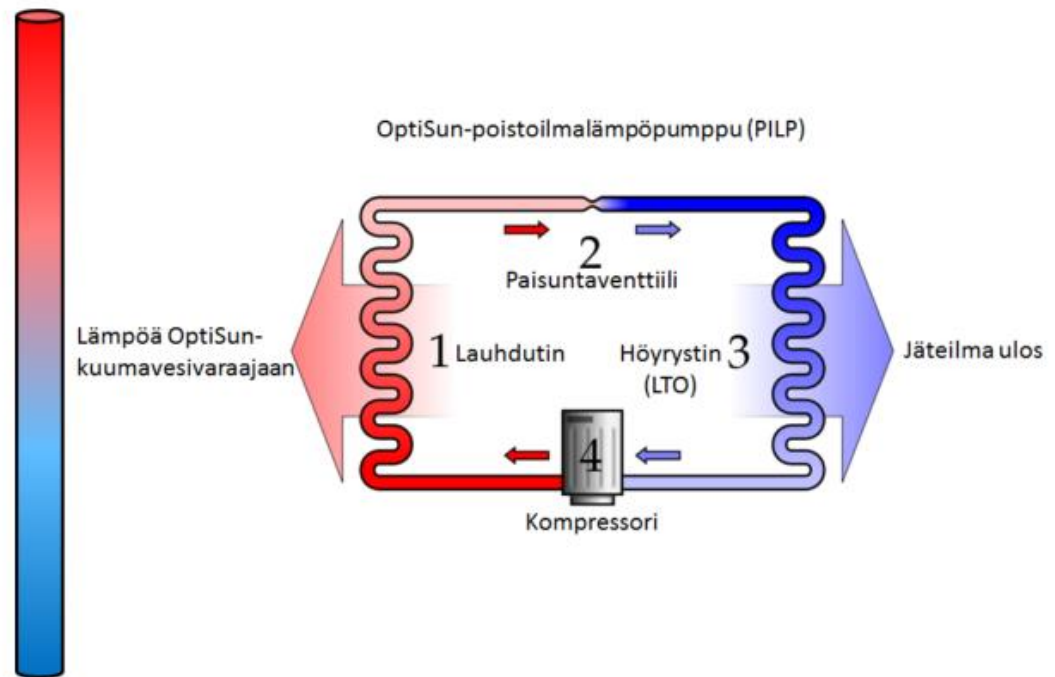
4.4 OptiSun-poistoilmalämpöpumppu

OptiSun-järjestelmässä toimiva poistoilmalämpöpumppu eli PILP on toiminnaltaan kuten muutkin poistoilmalämpöpumput. Sen tuottama lämpöenergia siirretään samaan OptiSun-varaajaan aurinkokeräinten tuottaman lämmön kanssa.

Toiminta

Rakennuksen poistoilmahuuhallin puhalttaa huoneista kerättyä poistoilmaa kanavistoa pitkin katolle asennetun lämmöntalteenottolaitteena toimivan PILP:in läpi. Ilmavirta kulkee höyrystimen kautta, joka kerää lämpöä lämmönkeruunesteseen. Paisuntaventtiili muuttaa lämmönkeruunesteen olomuodon korkeapaineisesta nesteestä osittain höyrystyneeksi matalapaineiseksi nesteeksi, tämän johdosta höyrystin kylmenee. Höyrystimessä lämmennyt kylmäaine muuttuu matala-

paineiseksi höyryksi, höyry imetään kompressorille, joka nostaa sen painetta saaden höyryn lämpenemään. Lopuksi lauhdutin luovuttaa lämpönsä kuumavesivaraajalle putkiston kautta. Tämän jälkeen kylmäaine muuttuu nesteeksi, ja prosessi alkaa uudelleen. [16.] Yksinkertaistetussa kuvassa 14 on kuvattu kyseinen prosessi.

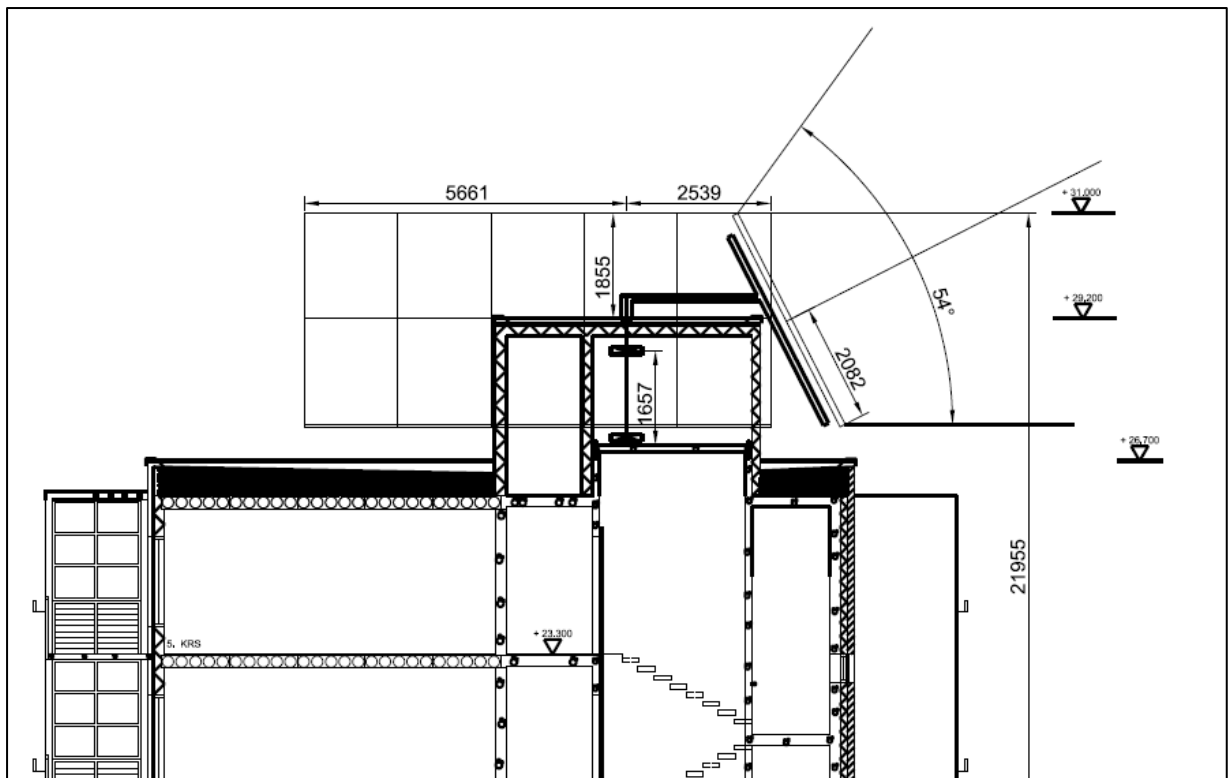


Kuva 14. PILP-toiminta [16]

5 OPTISUN-JÄRJESTELMÄÄ VARTEN TEETETYT TUTKIMUKSET

5.1 Tampereen teknillisen yliopiston tutkimus aurinkokeräimistä

OptiSun-järjestelmän pyörivien aurinkokeräinten kehittämiseksi käynnistettiin vuonna 2012 hanke Tampereen teknillisen yliopiston kanssa. Hankkeen tuloksena syntyi laskentaohjelmisto, jota KymiSolar on käyttänyt keräinten suunnittelussa. Laskelmien perusteella selvisi muun muassa että 27° kulma pystysuoraan verrattuna on optimaalisin tälle keräintyyppille ja että auringon seuraaminen horisontaalisesti on paras tapa energian keräämiseen, sillä näin varjoon jättäytymisen tarvittaessa on helpompaa. Keräimen asennusperiaate kallistuskulmineen on esitetty kuvassa 15. [16.]



Kuva 15. Keräin leikkaus [17]

5.2 Opinnäytetyö kustannuksista ja alihankintaketjun luonnista

Samanaikaisesti tämän työn kanssa on OptiSunista tekeillä toinenkin XAMK:in opinnäytetyö. Työn tekijänä on logistiikka-alan opiskelija Anna Lindqvist. Hänen työnsä tavoitteena on luoda alihankintaketju KymiSolar Oy:lle ja selvittää, miten tarvittavien osien hankinta saadaan toteutettua mahdollisimman helposti ja riskittömästi niin toimittajille kuin asiakkaillekin. Työn on tarkoitus valmistua vuonna 2018. [18.] Tässä työssä (OptiSun-järjestelmän suunnittelu ja tutkiminen) valmistuneet LVI-piirustukset ja asiakirjat toimitetaan myös Anna Lindqvistin käyttöön, joita hän hyödyntää urakkatarjouspyyntökirjeiden laatimisessa.

5.3 Ilmatieteenlaitoksen tilastot

Ilmatieteenlaitos on tehnyt tutkimustyötä Suomen sääoloista ja tallentanut niistä data aina vuodesta 1961 asti [19]. Erityisesti auringon säteilyä koskeva tieto on ollut tärkeässä osassa OptiSun-järjestelmän suunnittelua. KymiSolar Oy on hyödyntänyt ilmatieteenlaitoksen tekemää tutkimusta globaalista auringonsäteilyn määrästä [20]. Lisäksi tässä opinnäytetyössä on käytetty laskelmissa ilmatieteenlaitoksen keräämää dataa auringon paistetunneista Suomen eri alueilla. Lisää yksityiskohtaisempaa tietoa tutkimuksista on esitetty tässä työssä luvussa 9: Järjestelmän tutkiminen.

5.4 Lappeenrannan teknillisen yliopiston suunnitelma keräimen jalustasta

Lappeenrannan teknillinen yliopisto (LUT) on tehnyt KymiSolarin kanssa yhteistyötä aurinkokeräimen jalustan ja mekaanisten liikkuvien rakenteiden osalta. LUT:n tutkimusryhmä kävi huhtikuussa 2018 paikan päällä kohteessa suunnittelemassa jalustaa ja sen toimintaa.

6 OPTISUN-PILOTTIHANKE KOTKASSA

Ensimmäinen OptiSun-järjestelmä on tarkoitus rakentaa Kotkaan vuoden 2018 aikana. Tässä opinnäytetyössä tuotetun materiaalin ja erityisesti tuotettujen LVI-piirustusten on tarkoitus olla kyseisen hankkeen suunnittelun avuksi käytettäviä työkaluja.

Kohde

Pilottihankkeen kohde on OptiSun-järjestelmälle sopiva ja sen kohderyhmään kuuluva rakennus. Kyseessä on vuonna 1981 rakennettu kaukolämpöön liitetty betonielementeistä rakennettu asuinkerrostalo, joka nähdään kuvassa 15. Rakennuksessa on viisi asuinkerrosta ja kellarikerros missä sijaitsevat tekniset tilat, varastot, ja asukkaiden yhteiset tilat. Asuntoja talossa 45 kappaletta kahdessa rapussa, ja asukkaiden lukumäärä vuonna 2018 on 32 henkeä. Rakennuksen tilavuus 7050 m³, ja lämmitysjärjestelmänä on mitoituslämpötiloilla 80-60°C toimiva radiaattorilämmitys. Ilmanvaihto on koneellinen poistoilma.



Kuva 15. Emännänraitti 4

7 TYÖN TAVOITTEET JA ETENEMINEN

7.1 OptiSun-pilottihanke

Ensimmäisessä OptiSun-hankkeessa työskentelyn tavoitteena oli auttaa ja edistää hankkeen suunnittelua mahdollisimman paljon LVI-töiden osalta ja tuottaa urakkalaskentaa varten soveltuvien LVI-piirustusten ja dokumenttien luonnoksia. Tarvittavia LVI-piirustuksia ja dokumentteja ovat järjestelmän teknisen tilan pohjakuvat, julkisivukuvat, kytkentäkaaviot, mahdolliset yksityiskohtakuvat sekä LVI-työselostus.

Koska kyseessä on pilottikohde, tuotettujen suunnitelmien on myös tarkoitus toimia tulevien OptiSun-hankkeiden suunnittelun lähtökohtina ja apuvälineenä.

7.2 Järjestelmän tutkiminen

Suunnittelun jälkeen tavoitteena oli järjestelmän teoreettinen tutkiminen laskelmien ja KymiSolarilta saatujen alkutietojen avulla. Tutkimisen avuksi kehitetään Excel-työkalu, jonka avulla voidaan tarkastella järjestelmän toimintapisteitä erilaisissa sääolosuhteissa sekä eri vuodenaikoina. Haluttuja tietoja ovat ainakin järjestelmän virtaukset ja tehot erilaisissa käyttötilanteissa.

Excel-työkalun avulla pyritään helpottamaan suunnittelua entisestään uusiin kohteisiin, ja sen pohjalta voidaan tehdä kannattavuuslaskelmia ja tuottaa OptiSun-järjestelmän markkinointiin sopivaa materiaalia.

7.3 Jatkotutkimukset

Laajan ja uuden aihealueen vuoksi yksi lähtökohtaisista tavoitteista oli jatkotutkimusten ideoiminen. Koska OptiSun-järjestelmän on markkinoilla uusi hybridijärjestelmä ja tämän työn aikana vielä tutkimus/kehitysvaiheessa, järjestelmästä on hyvät mahdollisuudet tehdä lisätutkimuksia. Tässä työssä ehdotettavien jatkotutkimuksien on tarkoitus olla talotekniikan opinnäytetöiksi sopivia.

7.4 Projektin työjärjestys

Työjärjestys on oleellinen osa projektin onnistumista sovitussa aikataulussa. Koska tämän työn tulosten tavoitteena on auttaa pian rakennettavan OptiSun-pilottikohteen suunnittelua, päätettiin että kyseiseen kohteeseen tuotettavan materiaalin tuottaminen on etusijalla. Projekti päätettiin eteneväksi alla olevalla työjärjestyksellä.

1. Kohteeseen ja järjestelmään tutustuminen

- Aikaisempien tutkimuksien ja piirustuksien lukeminen ja niihin perehtyminen.
- Aiheeseen liittyvän kirjallisuuden lukeminen

2. Pilottikohteen toiminnan suunnittelu

- Kohteessa käynti
- Vanhojen LVI- ja arkkitehtipiirustusten tutkiminen (Insinööristudion arkisto)
- Suunnitelma laitteiden sijoittelusta
- Kytkenäkaavion laatiminen ja järjestelmän toiminnan ideoiminen.
- Pohjakuvat kattokerroksesta
- Julkisivukuvat
- Järjestelmän liittämisen suunnittelu olemassa olevaan lämmitysjärjestelmään
- LVI-selostuksen laatiminen Insinööri Studion malliselostuksen pohjalta.

3. Järjestelmän tutkiminen

- Kytkenäkaavion piirtäminen Excel-ohjelmaan.
- Laitteen tehojen ja virtauksien laskeminen eri tilanteissa Excelillä.
- Kuvaajien ja laskelmien tekeminen.
- Excel-kaavion ulkonäön siistiminen

4. Jatkotutkimuksien ideointi

- Ainakin kaksi opinnäytetyöksi sopivaa jatkotutkimusideaa

5. Opinnäytetyöraportin kirjoittaminen

8 JÄRJESTELMÄN TOIMINNAN SUUNNITTELU PILOTTIKOHTEESEEN

8.1 Työskentely pilottihankkeessa

Työskentely OptiSun-pilottihankkeessa oli projektiluontoista työtä. Työn tekeminen tapahtui edellä olevan kappaleen 7.4 työjärjestyksen mukaan Insinööri Studion konttorista käsin. Suunnittelun tärkeimmät työkalut olivat Microsoft Office-paketti sekä CADS-suunnitteluohjelma, jotka saatiin käyttöön Insinööri Studiolta. Lisäksi Insinööri Studion asiantuntijat ja kokeneemmat suunnittelijat ovat antaneet neuvoja ongelmakohtissa.

Ennen projektin aloittamista pidettiin aloituspalaveri Insinööri Studion edustajien ja KymiSolarin kanssa. Palaverissa päätettiin työjärjestyksestä, tarvittavista suunnittelun tuloksista, ja yhteyden pidosta KymiSolarille. Lisäksi sovittiin, että suunnittelun tulokset olisivat valmiina huhtikuuhun mennessä 2018.

Yhteyttä päätettiin pitää ensisijaisesti palaverien avulla. Tavoitteellisena aikavälinä palavereille oli joka toinen tai vähintään joka kolmas viikko. Palaverien tarkat ajankohdasta sovittiin edeltävän palaverin lopuksi. Kaikki palaverien pidettiin Insinööri Studion kokoustiloissa, ja palavereista kirjoitettiin pöytäkirjat. Lisäksi yhteyttä pidettiin kiireellisissä asioissa puhelimella ja sähköpostilla. Pöytäkirjat toteutuneista palavereista ovat liitteenä (liite 1).

8.2 Laitteet ja niiden sijoittelu

Kohteeseen asennetaan OptiSun-järjestelmään kuuluvat aurinkokeräimet, kuumavesivaraajat ja PILP. Rakennuksen katolla on kaksi vanhaa hissien konehuonetta, jotka ovat jääneet pois käytöstä uudempien, vähemmän teknistä tilaa vaativien hissien vuoksi. Tilat ovat ihanteellisia OptiSun-järjestelmän laitteiston sijoittamiseksi.

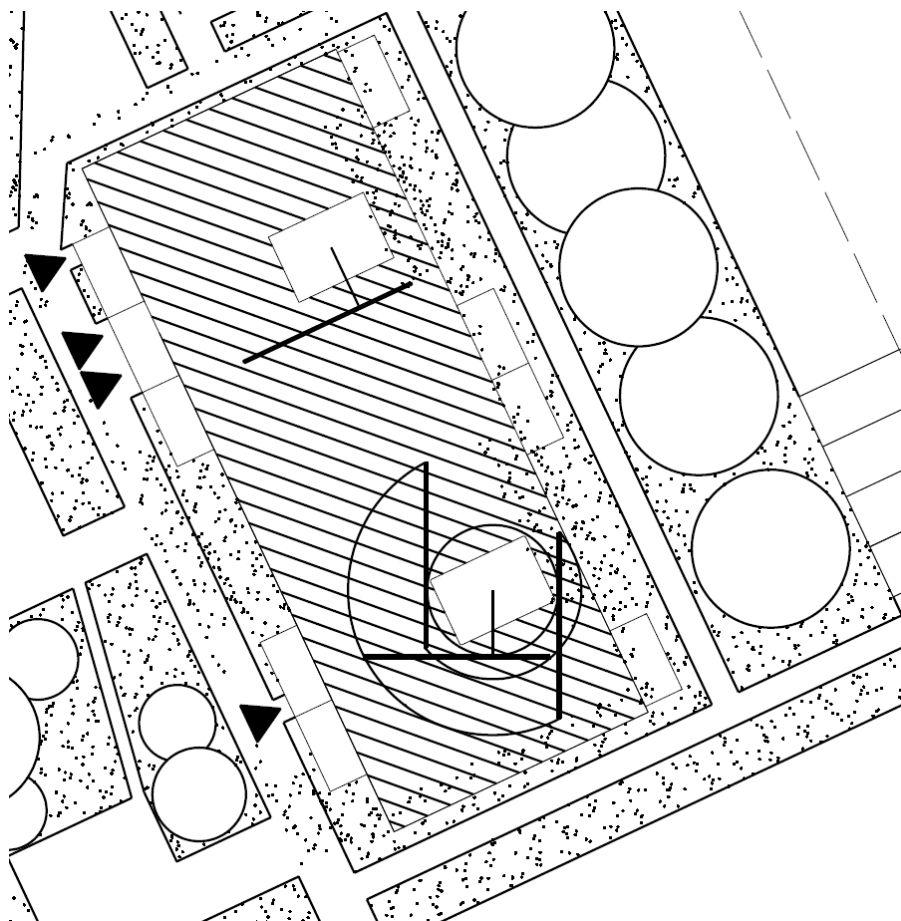


Kuva 16. Emännänraitti 4 Hissikonehuone vesikatolla

8.2.1 Aurinkokeräimet

Tampereen sekä Lappeenrannan teknilliset yliopistot ovat olleet suuressa roolissa kohteen aurinkokeräinten suunnittelussa. Kyseiset yliopistot ovat yhdessä KymiSolarin kanssa tulleet yhteiseen tulokseen aurinkokeräinten koosta, kulkumasta ja aurinkoa seuraavasta toiminnasta. Rakennukseen asennetaan kaksi kappaletta keräimiä, jotka ovat molemmat kooltaan 3,8 m x 8,2 m. Keräinpinta-alaa on siis yhteensä 61,6 m². Keräinten ollessa jo suunnitellut Tampereen ja Lappeenrannan teknillisten yliopistojen sekä KymiSolarin toimesta, ei niiden suunnitteluun puututtu tämän opinnäytetyön osalta.

Keräimet sijoitetaan molempien hissikonehuoneiden katoille, kuten asemapiirroksessa (kuva 17) on esitetty. Keräinten pyörivä tukivarsi viedään konehuoneen katon läpi ja tuetaan huolellisesti teräspalkeilla hissikonehuoneen lattiaan. Kuvasta ilmenee myös keräinten pyörimissuunta (kuvasta katsottuna alempi keräin), joka seuraa aurinkoa.



Kuva 17. Emännänraitti 4 asemapiirros ja aurinkokeräimet [17]

Kohteen keräimet oltiin suunniteltu alun perin suuremmiksi, mutta Kotkan kaupunki vaati aurinkokeräimiä pienennettävän ”esteettisistä” syistä [20]. OptiSun-projektin kannalta tämä oli pieni pettymys, sillä keräinten teho pienenee koon mukana.

8.2.2 Varaajat

Rakennuksen rappukäytävän mallin vuoksi kerrosten lävitse kulkevaa putkimallista varaajaa on vaikea toteuttaa, ja sen kannakointi olisi hankalaa. Toinen vaihtoehto putkimallisen varaajan reitille on talon julkisivulla. Tämä idea sai kuitenkin valitettavasti vastarintaa Kotkan julkisivulautakunnalta. Lisäksi tämän mallisen varaajan eristäminen, kannakointi ja julkisivun kanssa yhtenäisen näköiseksi rakentaminen olisi kallista.

Tässä tapauksessa talon katolla olevien vanhojen hissikonehuoneiden hyödyntäminen on parempi ratkaisu. Päätettiin, että järjestelmän energianvarastointi toteutetaan perinteisemmällä hybridivaraajaratkaisulla, ja se sijoitetaan hissikonehuoneeseen talon katolle.




Kuva 18. Konehuoneen sisätilat

Mitoitus

Tarvittavan varaajan tilavuuteen vaikuttavat rakennuksen koko ja asukasmäärä. Varaajan mitoitus kriteerinä on kuitenkin myös asennettavan tilan rajoitteet. Kustannusten säästämiseksi päätettiin, että hissikonehuoneen seiniä ei pureta asennusta varten, joten varaajan on mahduttava sisään konehuoneen ovesta, joka on karmit irrotettuna 1880 mm korkea ja 960 mm leveä. Päädyttiin ratkaisuun, että kohteeseen asennetaan kaksi kappaletta pienempiä varaajia yhden ison sijaan.

Ovali Hybrid 1000 l ja 2000 l



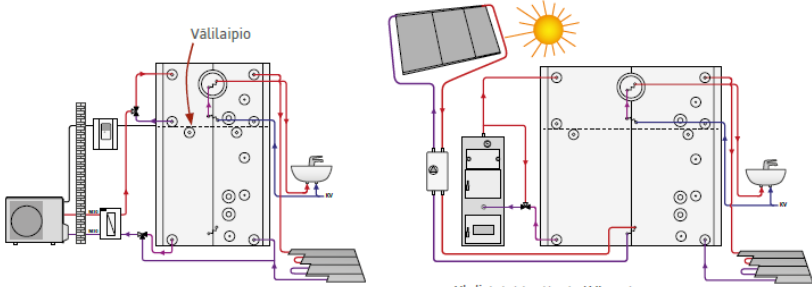
Yhteet

- 1 Käyttövesikierukka Ø22
- 2 Aurinkokierukka Ø18
- 3 Lataus/lämmitys 2"
- 4 Vastus 2"
- 5 Lataus/lämmitys 1"
- 6 Tyhjennys 1/2"
- 7 Mittaus/anturi 1/2"
- 8 Ilmaus 1"

2 tuuman kulma-
yhteet mahdollistavat
kytkennän myös
kiinteistökohteisiin.

Jäspi	Ovali Hybrid 1000	Ovali Hybrid 2000
mitat K x L x S	1730 x 1260 x 780* mm	2010 x 2020 x 780* mm
tilavuus	1000 l	2000 l
paino	350 kg	510 kg
paineluokka	3 bar	3 bar
LVI-numero	5236183	5236185

* + Kierukoiden yhteet



Jäspi Ovali Hybrid toimii saumattomasti yhdistettynä esim. puukattilaan, lämpöpumppuun tai aurinko keräimiin. Varaajan sisäinen välilaitio varmistaa hyvän lämpöerrostuman.

Yhdistetyt tuotteet - LVI-nrot:
 Ilma-vesilämpöpumppu Jäspi Basic Split 8 kW - 5360177
 Puukattila Jäspi YPV 40 - 5058030
 Aurinkokeräinpaketti Jäspi Solar 5 PAK - 5289401

Kuva 19. Varaaja OptiSun-järjestelmään [21]

Varaajaksi valittiin kuvassa 19 näkyvä Jäspin Ovali Hybrid 1000 -varaaja. Varaaja valittiin sen koon ja kattavien kytkentämahdollisuuksien takia. Lisäksi varaajassa on sisäinen välilaitio, joka mahdollistaa hyvän lämpötilojen kerrostumisen varaajan sisällä [21]. Varaajia asennetaan kohteeseen kaksi kappaletta, toinen palvelee lämmityspiiriä ja toinen varaaja palvelee käyttövesipiiriä.

Käyttöveden varastointitilavuus on 1000 l. Olettaen, että asukkaiden suihkujen virtaama on 12 l/min ja tuosta määrästä noin 60 % on lämmintä käyttövettä, on suihkun lämminvesivirtaama 7,2 l/min/asukas [22]. 1000 litran varaajasta riittää vettä 32 asukkaalle 31,25 litraa. Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli käyttövesivaraaja saadaan ajettua loppuillan, yön ja varhaisaamun aikana (jolloin käyttöveden

kulutus on pieni) kokonaan täyteen lämmintä käyttövettä, riittäisi jokaiselle asukkaalle lämmintä vettä aamusuihkuun 4,3 minuutin ajaksi. Ihanteellisissa olosuhteissa, jolloin auringosta saadaan paljon energiaa ja PILP on päällä, pystytään kattamaan kaikkien asukkaiden suihkussa käynnit lämpimän käyttöveden osalta, joka on yksi suurimpia energiankulutuksen aiheuttajia asuintaloissa [22].

8.2.3 PILP

Järjestelmän PILP asennetaan olemassa olevan poistoilmapuhaltimen yhteyteen. Poistoilmapuhallin sijaitsee kutakuinkin keskellä rakennuksen kattoa, hissikonehuoneiden välissä. PILP liitetään OptiSun-järjestelmään katolla kulkevien putkien kautta, jota eristetään ja koteloidaan kevytharkoilla ja esimerkiksi Finnfoam-eristelevyillä. KymiSolar on päättänyt itse huolehtia PILP:in valitsemisesta ja hankinnasta. Tästä syystä PILP:in malliin ei oteta kantaa tässä opinnäytetyössä, vaan keskitytään PILP:in kytkentään osana OptiSun-järjestelmää.



Kuva 20. Rakennuksen poistoilmapuhallin vesikatolla

8.3 Järjestelmän toiminta

Tärkein suunnitteluosion työtehtävä oli järjestelmän toiminnan suunnittelu. Sitä varten laadittiin kytkentäkaavio (liite 2), josta ilmenee, miten järjestelmän laitteet ovat yhteydessä toisiinsa.

KytKentäkaaviosta nähdään, että aurinkokeräimillä ja PILP:illä on molemmilla omat taajuusohjatut pumpunsa, joilla voidaan ohjata virtaamaa auringon paisteen ja lämmitystehon tarpeen mukaan. PILP:in ja keräinten putket yhdistyvät jakotukilla 2 ja on/off-venttiileillä. Venttiileillä TV1 ja TV2 voidaan ohjata virtaus joko lämmityspuolen varaajan, käyttövesivaraajaan tai molempiin varaajiin aina tarpeen mukaan. Putket yhdistyvät jälleen jakotukilla 1.

Järjestelmä on suunniteltu toimeksiantajan asettamien ehtojen ja toiveiden mukaan. Tavoitteena oli, että järjestelmä on mahdollisimman yksinkertainen ja helppo ohjata, että molempia lämmönlähteitä voidaan käyttää yhdessä ja erikseen ja että molemmilla voidaan ajaa lämpöä joko käyttövesivaraajaan, lämmitysvaraajaan tai yhtäaikaisesti molempiin.

KytKentäkaaviota tarkastelemalla voidaan todeta, että järjestelmää voidaan käyttää kaikilla edellä mainituilla tavoilla. Järjestelmän yksinkertaistamiseksi päätettiin yhdessä toimeksiantajan kanssa käyttää jakotukkeja ja on/off-venttiilejä virtauksen ohjaamiseksi. Virtaamia ohjataan lämpöantureiden TE 1 - 4 antamien arvojen mukaan. Takaiskuventtiilit varmistavat, että virtaamat eivät lähde kiertämään järjestelmässä väärään suuntaan esimerkiksi tilanteessa, jossa lämpöä tuotetaan vain toisella lämmönlähteellä, jolloin toinen pumppu ei ole päällä.

KymiSolarilta saadun tiedon mukaan OptiSun-järjestelmässä kiertävä neste on täysin myrkytöntä. Näin ollen käyttövesipuoli ja OptiSun-järjestelmän putkisto voidaan erottaa toisistaan yhdellä lämmönsiirtokierukalla, mikä sijaitsee käyttövesivaraajassa OptiSun-järjestelmän putkistossa. Tämä mahdollistaa sen, että käyttövesivaraaja voidaan pitää täynnä kuumaa käyttövettä.

Mikäli tämä joskus muuttuu ja nesteenä päätetään käyttää jotakin ihmiselle myrkyllistä tai haitallista seosta, on käyttövesivaraajaan asennettava toinen lämmönsiirrinkierukka putkiin c ja d, jotta käyttövettä ja OptiSun-järjestelmän nestettä erottaa toisistaan kaksi seinämää.

Vaihtoehtoinen kytkentäkaavio

Pilottikohteessa hyödynnettävän kytkentäkaavion lisäksi piirrettiin myös kytkentäkaavio yhdellä varaajalla, joka voi olla joko tavallinen energiavaraaja tai OptiSun-järjestelmän alkuperäistä suunnitelmaa noudattava putkimallinen varaaja. Tämä kytkentäkaavio piirrettiin tulevia OptiSun-projekteja varten, eikä sille ole käyttöä pilottikohteessa.

Tämä kytkentäkaavio on esitetty liitteessä 3. Kaaviosta huomataan, että se on toiminnaltaan hyvin vastaava kuin pilottikohteenkin kytkentä. Suurimpana erona on, että jakotukkeja ei enää tarvita. Lisäksi paisuntasäiliöitä tarvitaan kaksi, sillä PILP:illä ja aurinkokeräimillä kiertävät nesteet ovat omissa putkistoissaan, eivätkä niissä virtaavat nesteet sekoitu keskenään.

Koska tätä kytkentää ei tulla todellisuudessa käyttämään pilottikohteessa, jätettiin sen suunnittelu vain tämän periaatteellisen kytkentäkaavion tasolle. Mikäli OptiSun-järjestelmä kuitenkin joskus tehdään tämän alkuperäisen idean mukaisesti, on tämä kaavio hyvä lähtökohta suunnittelulle.

8.4 Tuotetut piirustukset ja asiakirjat

KytKentäkaavion lisäksi järjestelmästä piirrettiin kattokerroksen pohjapiirustukset ja julkisivupiirustukset, joista ilmenee putkireitit, laitteiden sijoittelu ja muut järjestelmän asennuksessa tarvittavat tiedot. Piirustukset on piirretty CADS-ohjelmalla. Piirustuksia täydentämään laadittiin LVI-selostus, jossa kerrotaan asennuksen yksityiskohtia, ehtoja ja noudatettavia määräyksiä. LVI-selostuksen mallina käytettiin Insinööri Studion oman LVI-selostuksen pohjaa, jota muunnettiin ja muo-

kattiin OptiSun-projektiin sopivaksi [23]. LVI-selostus on tärkeä dokumentti tarjouslaskentaa ja järjestelmän asennusta varten. Se löytyy kokonaisuudessaan liitteenä 4.

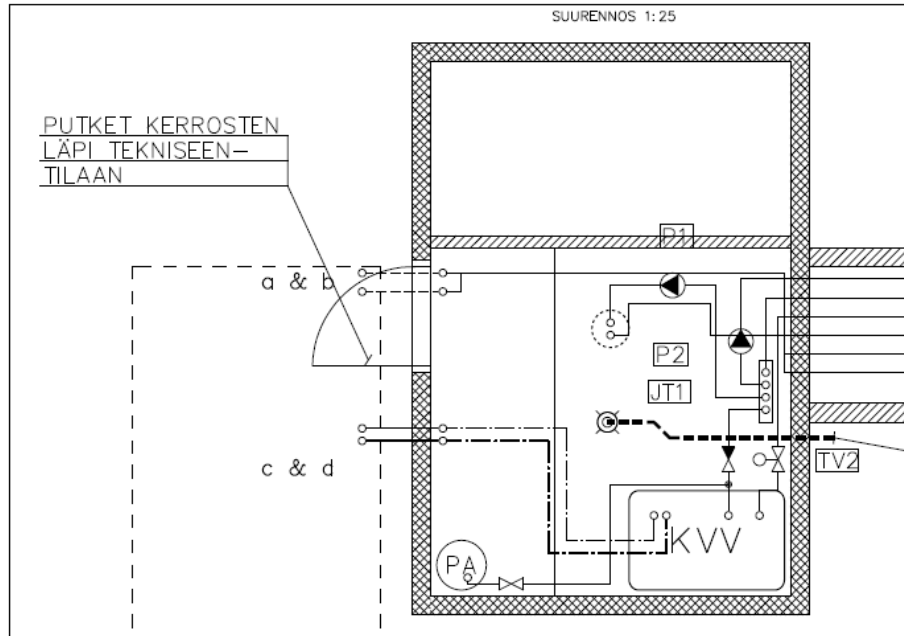
Kaikki projektissa tuotetut piirustukset ja asiakirjat on suunniteltu siten, että ne sopivat käytettäväksi OptiSun-pilottikohteen Emännänraitti 4 suunnittelun apuvälineinä ja malleina. OptiSun-järjestelmän kohderakennukset ovat kuitenkin hyvin samanlaisia, ja pilottikohteen ollessa hyvin tyypillinen rakennuskohde OptiSunille on suunnittelun tavoitteena myös, että mahdollisimman vähäisellä muokkaamisella suunnitelmia voidaan soveltaa tulevissa OptiSun-projekteissa. Tästä syystä pohjapiirustuksia laitteiden sijoittelusta rakennuksen vesikatolle laadittiin muutama eri versio, jotta niistä voidaan valita kuhunkin tulevaan projektiin parhaiten sopiva suunnitelma. Tässä työssä esitellään pohjapiirustusten osalta kaksi toisistaan eniten poikkeavaa piirustusta. Kaikki tämän kappaleen piirustukset ovat kuvakaappauksia CADS-ohjelmalla piirretyistä 1:50- ja 1:25-suunnitelmista, tästä syystä piirustuksissa mainitut mittasuhteet eivät pidä paikkaansa.

8.4.1 Esimerkkiasennus 1

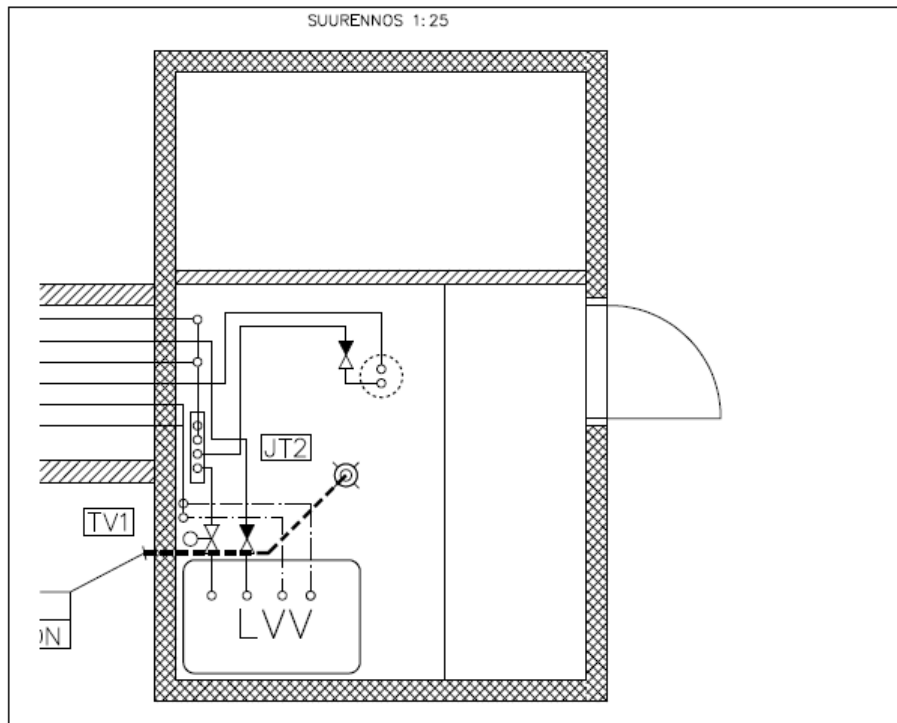
Esimerkkiasennus 1:ssä laitteet on sijoitettu tasaisesti molemmille hissikonehuoneille. Esimerkkiasennus on esitetty liitteessä 5. Kyseinen sijoittelu takaa tilavat huoltotilat ja helpottaa laitteistojen asennusta. Mikäli konehuoneiden seinärakenteita puretaan, saadaan tällä asennuksella myös huomattavasti leveämpiä varaajia liitetyksi järjestelmään.

Tässä asennuksena haittapuolena kuitenkin on konehuoneiden välillä kulkevat lukuisat putkireitit. Putkille rakennettavasta eristetyistä kotelosta tulee tällöin hyvin leveä. Lisäksi ongelmia aiheuttaa tarvittava viemäröinti. Laitteiden tai putkien rikkoutumisen vaara on aina olemassa. Tästä syystä tilat, joihin asennetaan OptiSun-järjestelmän varaajia, on varustettava lattiakaivoilla ja viemäröitävä. Tässä kytkennässä viemäröitäviä tiloja on kaksi. Viemäröinti toteutetaan muuraamalla viemäröitäviin tiloihin betonista kouru, joka ympäröi varaajaa ja muita laitteita. Kourun pinta vesieristetään ja varustetaan lattiakaivolla, jonka viemäröinti johdetaan seinän läpi kattokaivolle.

Kuvissa 21 ja 22 nähdään tarkemmin putkireitit ja viemäröinnit molemmissa konehuoneissa. Kuvista nähdään myös varaajien, pumppujen, venttiileiden, jakotukien ja paisunta-astian sijoitus konehuoneissa.



Kuva 21. Esimerkkiasennuksen 1 vasemmanpuoleinen tekninen tila



Kuva 22. Esimerkkiasennuksen 1 oikeanpuoleinen tekninen tila

Esimerkkiasennuksesta laadittu julkisivupiirros on liitteenä 6. Julkisivupiirroksesta nähdään molemmat konehuoneet sivuleikkauksena, ja konehuoneiden välillä kulkevan putkireitin koteloinnin ja kannakoinnin periaate. Esimerkkiasennus 1 soveltuu parhaiten käytettäväksi kohteessa, jossa tekniset tilat ovat melko pieniä ja varaajien jakaminen tilojen kesken on pakko tehdä, tai kohteessa, jossa tarvitaan vielä enemmän varaajakapasiteettia ja konehuoneiden rakenteiden rikkominen ei ole este.

8.4.2 Esimerkkiasennus 2

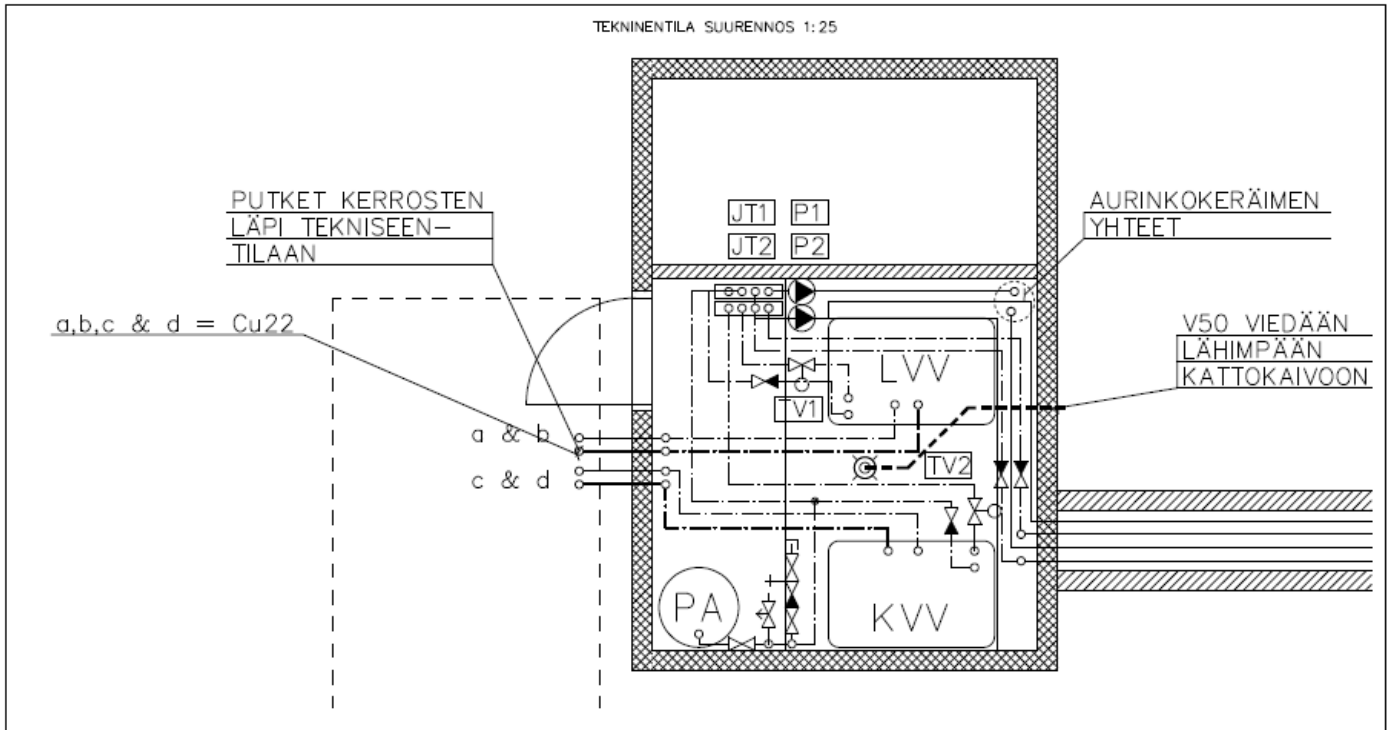
Esimerkkiasennuksessa 2 laitteita on asennettu samaan konehuoneeseen niin paljon kuin mahdollista. Vain PILP ja toinen aurinkokerääjistä sijaitsevat konehuoneen ulkopuolella. Esimerkkiasennus 2:n pohjapiirustus on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 7.

Kuten kuvasta 23 nähdään, tässä asennuksessa konehuoneiden välillä kulkevia putkiosuuksia on paljon vähemmän, mikä pienentää putkien jäähtymää. Tämän lisäksi rakennettavasta eristekotelosta tulee pienempi. Tämä on parempi asennustyyli myös viemäroinnin osalta, sillä viemäroitäviä tiloja on tässä tapauksessa vain yksi. Laitteiston säätäminen on myös helpompaa, sillä kaikki säädettävät laitteet ovat samassa tilassa ja käytännössä toistensa vieressä.

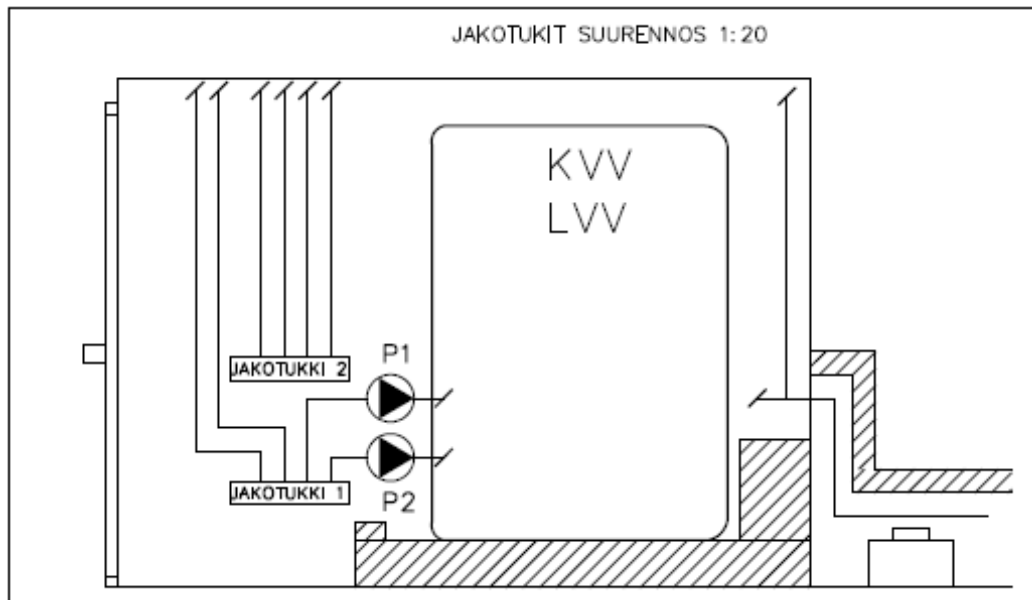
Kuvassa 24 konehuone on esitetty sivultapäin kuvattuna. Kuvasta nähdään jakotukkien ja pumppujen sijoittelu, sekä vesieristetty viemärointikouru, joka ympäröi varaajaa.

Haittapuolena on kuitenkin ahtaus, joka myös ilmenee kuvassa 23. Laitteiden huoltotila jää melko pieneksi, mutta ei kuitenkaan mahdottomaksi huoltaa. Tämä asennus sopiikin parhaiten kohteisiin, joissa on yksi iso tila, johon laitteet asennetaan.

Ensimmäisessä OptiSun-projektissa on alustavasti päätetty hyödyntää asennusmallia 2. Tästä syystä kyseiset suunnitelmat ovat yksityiskohtaisempia kuin esimerkkiasennus 1:n piirustukset.



Kuva 23. Esimerkkiasennus 2:n vasemmanpuoleinen konehuone



Kuva 24. Esimerkkikytkentä 2, yksityiskohtaisempi kuva jakotukeista ja pumpuista

8.5 Putkimateriaalit ja reitit

OptiSun-järjestelmän putkimateriaalina on alustavasti päätetty käyttää kupariputkia. Kupari kestää korkeita lämpötiloja ja on helposti saatavilla oleva materiaali. Lisäksi kupariputket ovat halvempia kuin esimerkiksi haponkestävästä teräksestä valmistetut putket, jotka olivat toinen vaihtoehto järjestelmän putkille. Kaikkiin putkien läpivienteihin asennetaan muoviputkesta tehdyt läpivientiholkit, jotta putket eivät liikkuessaan hierrä itseään rikki.

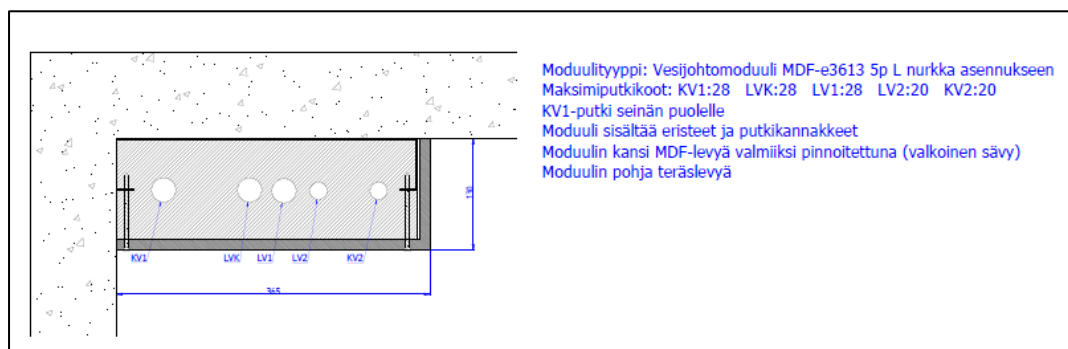
Konehuoneiden välillä kulkevat putket koteloidaan ja eristetään huolellisesti. Kotelo voidaan tehdä esimerkiksi kevytharkoista ja eristelevyistä, ja kotelon sisällä kulkevat kannakoidaan kevytharkkojen päälle, jotta ne eivät ole kosketuksissa talvisin kylmän katon kanssa ja jotta kattoon ei tarvitse porata reikiä. Kotelo ja sen kannakeperiaate on nähtävillä liitteessä 6.

Lämmönjakokeskus sijaitsee talon kellarikerroksessa, lähes samalla kohtaa kuin konehuoneet talon katolla. Lämmönjakohuoneen sijainti on merkitty kuvissa 21 ja 22 katoviivalla. OptiSun-järjestelmän putket viedään kaukolämpöpakettile rappuhuonetta pitkin kerrosten läpi. Vietäviä putkia on neljä: lämmityspiirin meno- ja paluuputket sekä kylmä että kuuma käyttövesiputki. Lämmitysputket on nimetty piirustuksiin merkinnöillä a ja b ja käyttövesiputket c ja d. Putket asennetaan kuvan 27 mukaiseen muoviseen tai metalliseen valmiiksi eristettyyn putkikoteloon, joita on markkinoilla useita eri vaihtoehtoja.



Kuva 27. PipeModul kotelo [24]

Tuotettujen piirroksien tekstiosuudessa annetaan esimerkkivalmistajaksi Pipemodul, jolta löytyy valikoimistaan tähän tarpeeseen soveltuvia koteluita. Pipemodul-koteloiden värin voi valita kohteen mukaan, ja niihin on asennettavissa kerrosten väliset vuodonilmaisimet. Lisäksi kotelot voidaan mitoittaa erikseen kohteelle sopivaksi. [24.] Pipemodulin mallistosta parhaiten sopisi käytettäväksi kuvan 28 MDF-kotelo.



Kuva 28. PipeModul MDF-kotelo [24]

8.6 OptiSun-järjestelmän liittäminen olemassa olevaan järjestelmään

Kun itse OptiSun-järjestelmän toiminta, tarvittavat laitteet sekä niiden sijoittelu on suunniteltu, seuraava tehtävä on sen liittämisen suunnittelu rakennuskohteen tämänhetkiseen lämmitysjärjestelmään.

Insinööri Studio on suunnitellut kyseiseen kohteeseen vuonna 2001 lämmönjakokeskuksen vaihtotyöt ja laatinut kaukolämmön kytkentäkaavion [23]. Tätä kytkentäkaaviota käytettiin pohjana, johon lisättiin OptiSun-järjestelmä ja sen vaatimat uudet venttiilit, putket ja mittauslaitteet. Rakennuskohteen ollessa tyypillinen kaukolämpökerrostalo on sen kytkentäkaaviokin hyvin tavanomainen tällaisille kohteille. Tämän vuoksi tässä työssä laadittua kaaviota voidaan hyvin käyttää tämän kohteen lisäksi mallina myös muissa kaukolämpökerrostaloihin kytkettävissä OptiSun-järjestelmissä.

Koska OptiSun liitetään rakennuksen kaukolämpöjärjestelmään, on erityistä huomiota kiinnitettävä kaukolämpölaitteita koskeviin määräyksiin. Energiategollisuuden julkaisussa K1 on määritelty lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat, joiden to-

teutumisesta on huolehdittava tämän kaltaisia lisäyksiä suunniteltaessa alkuperäisiin järjestelmiin [25]. Mikäli alkuperäiset kaukolämmön paluulämpötilat eivät toteudu, on vaarana, että kaukolämpöverkosto ei enää toimi suunnitellusti. K1:n määräämät lämpötilat ovat nähtävissä taulukoista 2 ja 3. Kohteen lämmitysjärjestelmä on säädetty lämpötiloille 80-60 °C, joten taulukossa 3. käytetään kohtaa ”radiaattorilämmitys - vanhat rakennukset”.

Taulukko 2. K1 Taulukko C, käyttöveden lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat [25]

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C			
	ENSIÖ		TOISIO	
	TULO	PALUU	KYLMÄ VESI	LÄMMIN VESI
Käyttöveden lämmönsiirtimet	70	20 (max)	10	58

Taulukko 3. K1 taulukko K, Lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat olemassa olevat rakennukset [25]

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C				
	TULO	ENSIÖ		TOISIO	
		PALUU	PALUU	MENO	
Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattorilämmitys	115	43 (max)	40 (max)	70 (max)	
Lämmityksen lämmönsiirtimet, radiaattorilämmitys - vanhat rakennukset	115	63 (max)	60 (max)	80 (max)	
Lämmityksen lämmönsiirtimet, lattialämmitys	115	33 (max)	30 (max)	40 (max)	
Kosteiden tilojen mukavuuslattialämmitys	70	28 (max)	25 (max)	35 (max)	
Ilmanvaihdon lämmönsiirtimet	115	43	40	70	
Huomautus		Ensiöpuolen paluulämpötila saa olla enintään 3 °C korkeampi kuin toisiopuolen paluulämpötila			

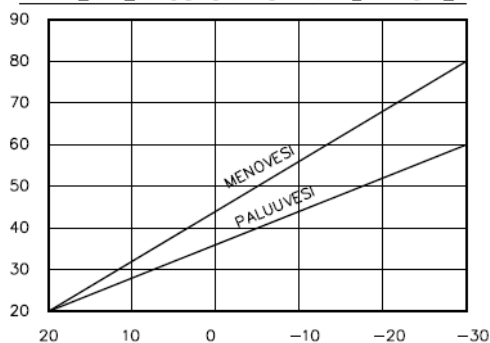
Laadittu kytkentäkaavio on esitetty liitteessä 8. Kytkentäkaaviossa esitetyt OptiSun-laitteet on väritetty ja rajattu oranssilla värillä kaavioiden tarkastelun selkeyttämiseksi. Kytkentäkaavio ja sen sisältämät tekstit ovat suunniteltu yhteistyössä KymiSolarin kanssa. Varsinaisen automaatio suunnittelun hoitaa KymiSolar.

Käyttövesipuolelle asennetaan OptiSun-järjestelmältä tulevat rakennuksen kerrosten läpi kulkevat käyttövesiputketputket c ja d, uudet venttiilit TV1B, TV1C ja TV1D sekä energianmittaus ja uusi vesimittari. Optisun-ohjausjärjestelmä ohjaa venttiileitä TV1B ja TV1C OptiSun-energianmittaukselta saatavien virtaus- ja lämpötilamittauksien perusteella. Järjestelmä pitää lämpimän käyttöveden jatkuvasti asetusarvossaan 55°C. Kesällä kun aurinkolämpöä on runsaasti tarjolla, ohjaa järjestelmä venttiilillä TV1D lämpimän kierron myös OptiSunille. Silloin kun OptiSunilta ei saada tarpeeksi lämpötehoa, ohjaa entinen säätöjärjestelmä venttiiliä TV1 auki, jotta asetusarvo 55°C toteutuu. [17.]

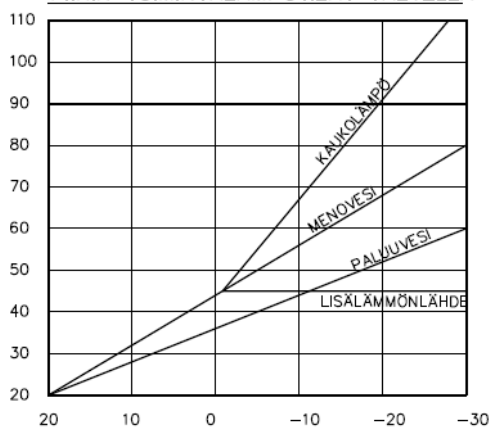
Lämmityspuolelle asennetaan OptiSunilta tulevat rakennuksen kerrosten läpi kulkevat lämmitysputket a ja b sekä venttiilit TV2B, TV2C, vesimittari ja energianmittaukset. OptiSun ohjausjärjestelmä säätää venttiileiden TV2B ja TV2C avulla LS2 ja OptiSun LVV:n virtauksia energiamittareilta saatavien virtausmittauksien ja lämpötilojen sekä ulkoilmanlämpötilan mukaan niin, että lisälämmönlähteeltä tulevan lämmitysverkoston paluupaluulämpötilaa korkeampiasteisen virtauksen lämpöteho saadaan hyödynnettyä. [17.]

Mikäli OptiSunin teho ei riitä, ohjaa menoveden säädin TV2 virtausta TE4:n antaman mittaustuloksen perusteella enemmän LS2:n kautta siten, että menovesi on asetetun säätökäyrän mukainen [17]. Säätökäyrät on esitetty kuvassa 29.

PATTERIVERKOSTON TOIMINTALÄMPÖTILAT



PIIRIN TOIMINTALÄMPÖTILAT TALVELLA



Kuva 29. OptiSun toimintalämpötilat [17]

Järjestelmä on suunniteltu siten, että kaukolämpösiirtimien toimintaa ei ohiteta täysin. Silloin kun tarvitaan lisää tehoa täydentämään OptiSun-järjestelmästä saatavaa lämpötehoa, toimii alkuperäinen lämmönjakokeskus, kuten sen on suunniteltukin toimivan, ja kaukolämpölaitoksen tarvitsema ja K1 taulukoissa 2 ja 3 määritetyt lämpötilat toteutuvat.

Liitteessä 8 näkyvät sinisellä korostetut jäähdytysputket ovat osa kokeellista jäähdytysjärjestelmää, jonka toimintaa pohdittiin tässä opinnäytetyössä hyvin pinta-puolisesti. Jäähdytyksen suunnittelu on yksi jatkotutkimuksen aihe, ja sen toimintaa ja ongelmatilanteita on listattu tarkemmin kohdassa 10.1.

9 JÄRJESTELMÄN TUTKIMINEN

Kun suunnittelutyö oli valmis ja tarvittavat mallipiirustukset ja asiakirjat oli tuotettu, seuraava työtehtävä oli järjestelmän tutkiminen Excel-ohjelmaa käyttäen. Perustuen luotuun kytkentäkaavioon piirrettiin Exceliin vastaava piirustus, jonka soluihin voidaan syöttää tietoa. Syötetyt tiedot, joiden avulla voidaan laskea järjestelmän virtaukset ja hetkelliset huipputehot, pohjautuvat KymiSolarilta saatuun Excel-kaavioon ja muihin lähtötietoihin, jotka KymiSolar oli luovuttanut opinnäyte-työtä varten [17]. Tehdyt simuloinnit ja kuvaajat on liitetty osaksi alkuperäistä Excel-taulukkoa, ja ne päivittyvät automaattisesti, mikäli lähtötietoja muutetaan. Excel-työkalun on tarkoitus olla tulevien suunnitteluprojektien apuväline sekä työkalu markkinointiin soveltuvien kuvaajien tekemiseen.

9.1 Käytetyt lähtötiedot

KymiSolarin jakamasta Onedrive-projektikansiosta saatiin lähtötiedot simulointia varten. Tärkein tietolähde oli KymiSolarin laatima Excel-taulukko, jossa oli ennalta laskettu kohderakennuksen lämmityksen, ilmastoinnin ja käyttöveden energiantarpeet. KymiSolar on saanut laskentaa varten tarvittavat lähtötiedot Emännäraitin taloyhtiöltä ja isännöitsijältä. Lisäksi taulukkoon on lisätty aiemmin mainittu ilmatieteen laitoksen tekemän tutkimuksen tietoja auringon säteilyn määrästä. KymiSolar on myös laskenut yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston kanssa aurinkokeräinten tuottamaa lämpöenergian määrää.

Taulukon sisältö käytiin KymiSolarin kanssa läpi aloituspalaverissa ja myöhemmin lisää 2.8.2018 palaverissa, jolloin päivitettiin taulukko siten, että se vastaa uutta pienempää keräinkokoa. Taulukko käsittää kokonaisen vertailuvuoden jokaisen päivän. Liitteenä 9 on ote Excel-taulukosta, joka käsittää kesäkuun ja heinäkuun tiedot.

Lisäksi laskelmia varten käytettiin ilmatieteenlaitoksen arkistoimia auringonpaistettuntien tilastoja [27]. Auringonpaistetunnilla tarkoitetaan sitä tuntimäärää, jonka aikana aurinko paistaa tietyllä alueella. Tällä tiedolla voidaan laskea OptiSun-järjestelmän auringonkeräinten hetkellistä tehoa, kun tiedetään KymiSolarin laskeamat energiamäärät. Auringonpaistetunteina käytettiin Kotkan Rankissa mitattuja keskiarvoja, jotka ovat mitattu vuosien 1981–2010 välillä. Tämä aikaväli on niin suuri, että keskiarvoja voidaan pitää hyvin luotettavina, sillä tavallista kylmemmät tai kuumemmat vuodet eivät vaikuta lukemiin merkittävästi.

Taulukko 4. Auringonpaistetunnit Kotkassa [27]

Auringonpaistetunnit Duration of sunshine					
Kk Month	Karvo Mean	Absol ylin/max	V/Year	Absol alin/min	V/Year
501	KOTKA RANKKI				
1	36	79	1987	12	2001
2	74	130	1994	31	1990
3	134	212	1998	55	1988
4	200	320	2004	84	1992
5	293	367	2002	206	2001
6	285	372	1992	200	1987
7	317	420	2006	245	1993
8	243	369	1996	127	1988
9	156	238	2000	61	1984
10	87	131	1988	56	2001
11	33	67	1983	7	1984
12	22	44	1995	2	1984
Vuosi/ Year	1880	420		2	

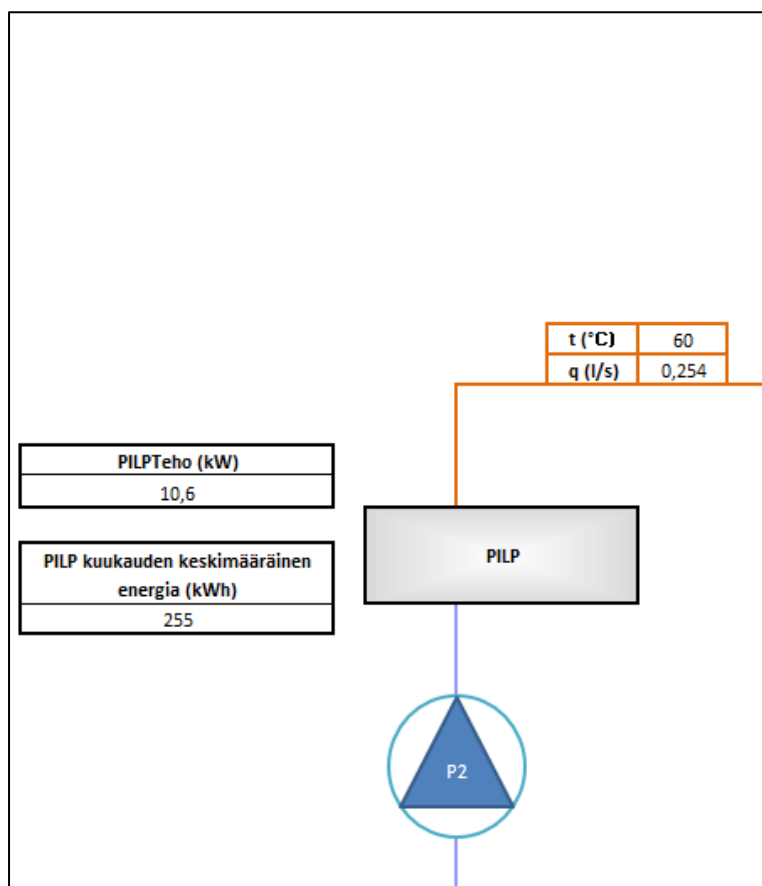
9.2 Simuloinnin tulokset

Excelliin tehtiin 12 kappaletta Liitteiden 10 ja 11 mukaista simulointikaaviota vastaamaan vuoden jokaista kuukautta. Liite 10 kuvaa OptiSun-järjestelmän toimintaa tammikuussa ja Liite 11 toimintaa heinäkuussa. Nämä kaksi kuvaa valittiin, koska niissä järjestelmän toiminta eroaa sääolosuhteiden takia paljon toisistaan.

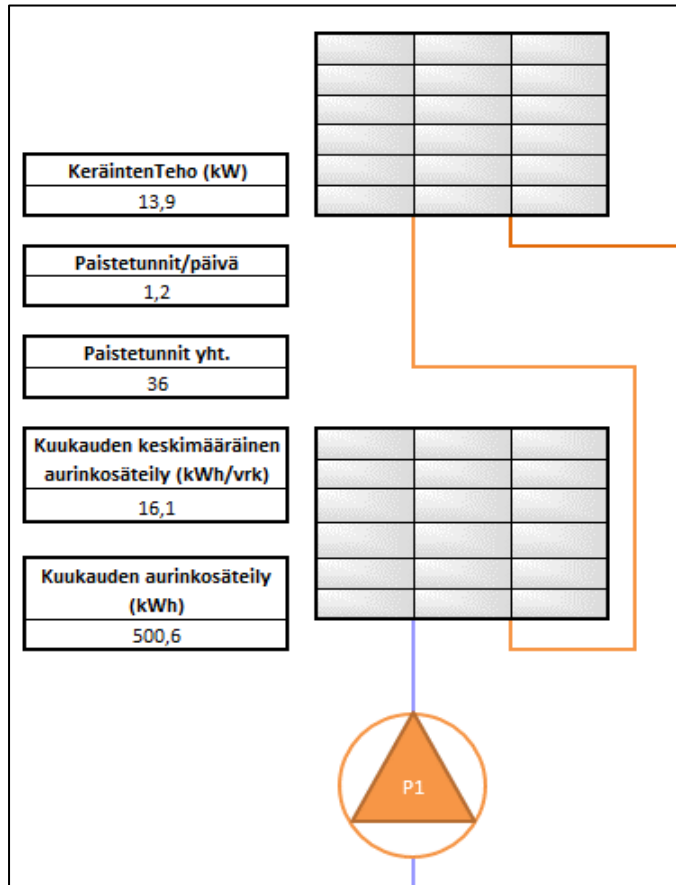
Liitteessä 10 nähdään, että tammikuun vähäisen auringon paisteen vuoksi kerääjiltä ei saada tehoa kuin keskimäärin 13,9 kW, kun taas PILP vuorostaan käy maximitehollaan. Tammikuussa järjestelmän tuottama energia on 24,5 % rakennuksen kokonaisenergian tarpeesta, joka on yhteensä 1144,3 kWh/päivä.

Liitteessä 11 heinäkuussa tilanne on taas päinvastainen. PILP käy pienellä teholla, kun taas aurinkoenergiaa on runsaasti saatavilla. Tässä tilanteessa Ky-miSolarin antamine lähtötietojen mukaan OptiSun kattaa aurinkoisella säällä rakennuksen heinäkuun kaikki lämmitysenergian tarpeet, joka on heinäkuussa 370 kWh/päivä.

Kuvat 30, 31 ja 32 ovat suurennoksia liitteestä 10, jossa esitetään järjestelmän toimintaa tammikuussa. Kuvien solujen tiedot on otettu lähtötiedoissa olevasta taulukosta 4, ja liitteestä 9.



Kuva 30. Suurennos PILP:istä



Kuva 31. Suurennos aurinkokeräimistä

Järjestelmän tehot	
Auringon paistaessa (kW)	24,5
Ilman paistetta (kW)	10,6

Järjestelmän tuottama energia	
kWh/päivä	271,1
kWh/kk	8405,0

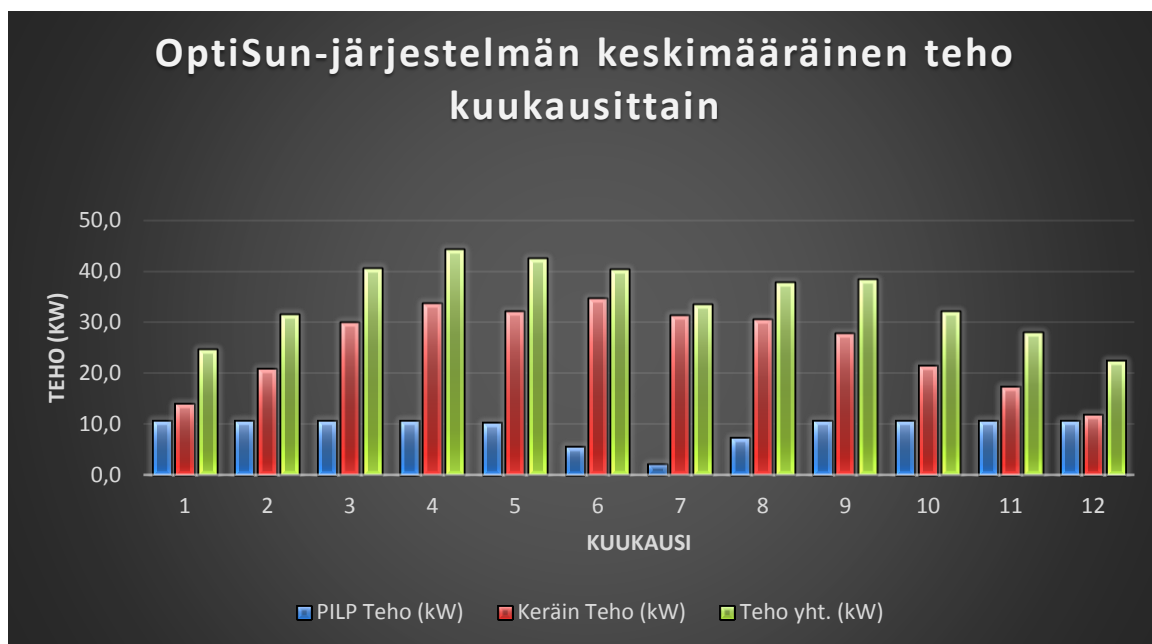
Energian tarve	kWh/päivä	kWh/kk
Käyttöveden lämmitys	149,3	4479,5
Lämmitys + IV	994,9	29848,0
Yhteensä	1144,3	34327,5

OptiSun-järjestelmän tuottama energia kokonaisenergian tarpeesta (%)	24,5
--	-------------

Kuva 32. Suurennos tammikuun tuloksista

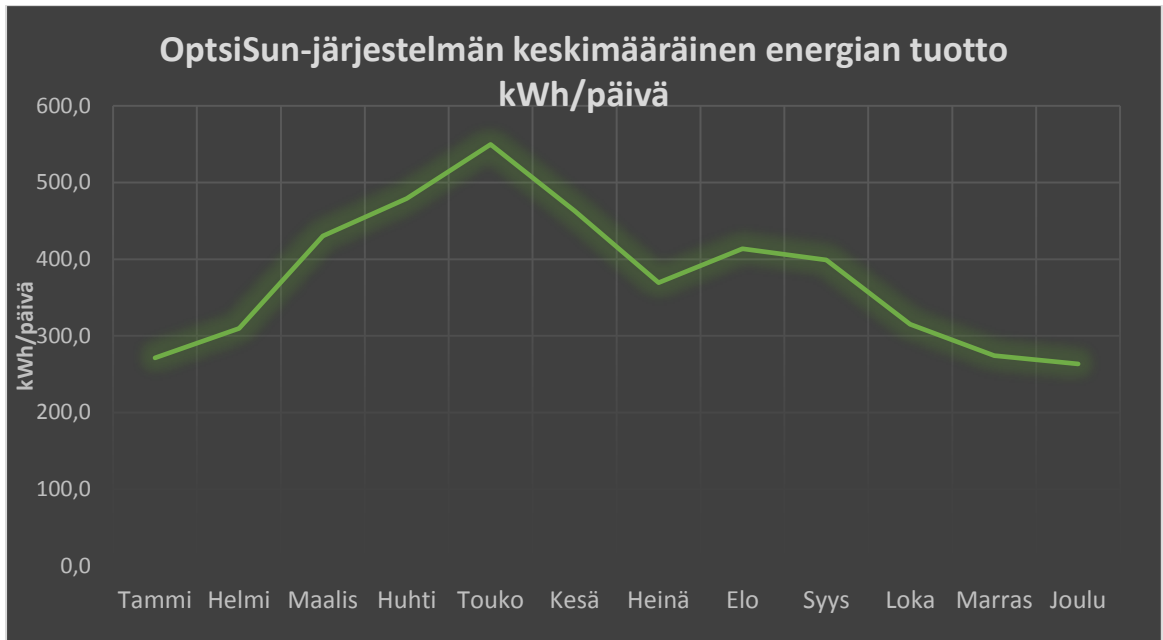
9.3 Tuotetut kuvaajat OptiSun-järjestelmästä

Excel-työkalulla voidaan tuottaa erilaisia kuvaajia, joista voidaan tarkastella laitteen toimintaa. Nämä kuvaajat soveltuvat esimerkiksi OptiSun-järjestelmän markkinointiin. Kuvaajat ovat sidoksissa Excel-työkalun lähtötietoihin ja päivittyvät ohjelmaan automaattisesti, mikäli kohteen tietoja muutetaan. Tästä syystä niiden tuottaminen yksilöllisiin kohteisiin on helppoa ja nopeaa.



Kuva 33. Keskimääräiset tehot kuukausittain

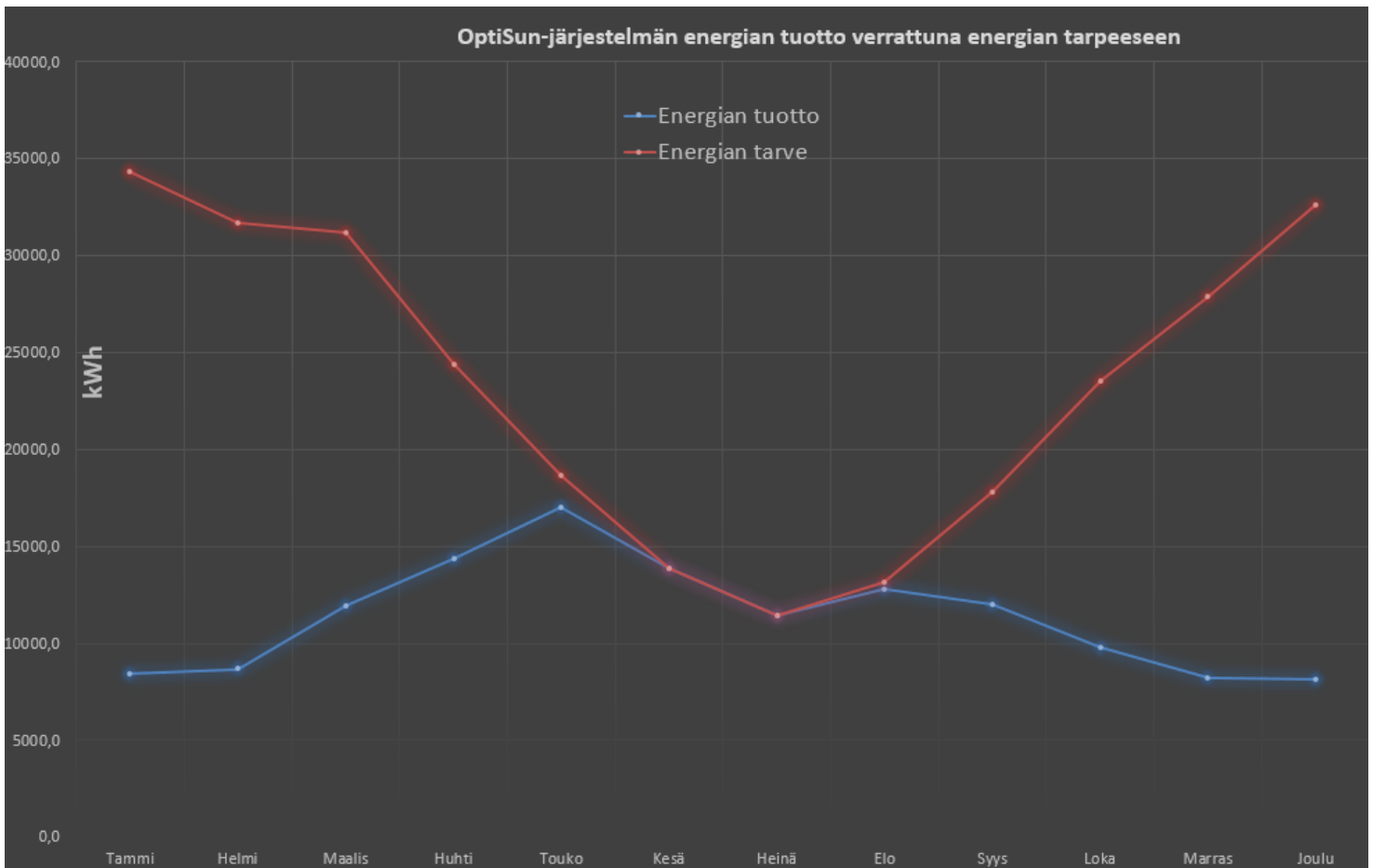
Kuvasta 33 nähdään, millä keskimääräisillä tehoilla järjestelmä toimii milläkin kuukaudella. Aurinkokeräinten teho on saatu, kun lasketaan kunkin kuukauden säteilymäärät yhteen ja jaetaan ne kuukauden keskimääräisillä paistetunneilla. PILP:in teho saadaan, kun jaetaan PILP:in keskimäärin tuottama energia päivää kohti vuorokauden tuntimäärällä.



Kuva 34. Keskimääräinen energiantuotto

Kuvassa 34 on esitetty järjestelmän keskimääräistä energiantuottoa. Kuvaajasta voidaan todeta, että OptiSun-järjestelmä toimii toukokuussa kaikkein suurimmalla teholla ja että joulukuussa sen teho on kaikkein pienin.

Kuva 35 kuvaa OptiSun-järjestelmällä tuotettua lämpöenergiaa verrattuna rakennuksen tarvitsemaan lämpöenergian määrään. Voidaan todeta, että vaikkakin järjestelmä toimii parhaalla teholla huhtikuussa, kattaa se kesä- ja heinäkuussa parhaiten rakennuksen energiantarvetta.



Kuva 35. Energian tuotto verrattuna energian tarpeeseen

Excel-työkalulla voidaan myös laskea, kuinka paljon OptiSun-järjestelmä säästää energiaa vuodessa laskemalla kuukausien energiantuotot ja rakennuksen energiantarpeet yhteen ja vähentämällä tuotettu energia rakennuksen energiantarpeesta. Kuukausien yhteenlasketut energian tuotot ja tarpeet sekä saadut säästöt energiassa ja rahassa näkyvät taulukossa 5. Laskelmissa on käytetty kaukolämmön hintana Kotkan Energian ilmoittamaa 61,12€/MWh [28].

Taulukko 5. Säästöt

kk	Energian tarve/kk (kWh)	Energian tuotto/kk (kWh)
Tammi	34327,5	8405,0
Helmi	31656,5	8673,4
Maalis	31212,7	11913,1
Huhti	24409,6	14375,2
Touko	18674,0	17039,2
Kesä	13883,6	13883,6
Heinä	11455,4	11455,4
Elo	13163,7	12819,0
Syys	17784,5	11974,3
Loka	23551,6	9772,3
Marras	27925,9	8221,4
Joulu	32598,7	8165,1
Yhteensä	280643,9	136697,1

Säästö

8355 €/vuosi

10 JATKOTUTKIMUKSET

10.1 Kokeellisen jäähdytyksen kehittäminen ja Suunnittelu

KymiSolarin ajatus on, että tulevaisuudessa OptiSun-järjestelmällä voitaisiin myös jäähdyttää asuinhuoneita kesäisin. Tämä idea kehkeytyi jo, kun tämä opinäytetyö oli käynnissä, ja sen tutkiminen sisällytettiin tähän työhön vain nopeahkon aiheen tutkimisen kautta. Aiheesta sai kuitenkin hyvän jatkotutkimusaiheen toiseen opinnäytetyöhön.

Alkuperäinen ajatus on jäähdytysjärjestelmä, jossa viileähköä vettä kierrätetään kesähelteillä asuntojen tavallisissa radiaattoreissa. Radiaattoreissa virtaava vesi olisi samaa vettä kuin lämmitystilanteessakin, mutta sitä viilennettäisiin lämmön-

siirtimellä, jossa virtaisi kylmä käyttövesi. Kun aihetta alettiin tutkimaan, huomattiin nopeasti, että huomioon otettavia asioita on paljon ja ratkaistavia on ongelmia niin runsaasti, että tässä opinnäytetyössä aikataulu ei riitä niihin perehtymiseen niin syvällisesti kuin tämä aihe vaatisi. Eteen tulleista haasteista laadittiin kuitenkin lista, jonka pohjalta voidaan lähteä tutkimaan aihetta uutta talotekniikan opinnäytetyötä varten.

10.1.1 Kylmästä käyttövedestä saatava jäähdytysteho

Lämmönsiirrin, jossa virtaa jäähdytystehon lähteenä kylmä käyttövesi, on ajatuksena varsin uusi ja mielenkiintoinen. Saatava jäähdytysteho voi kuitenkin osoittautua ongelmaksi. Kylmä käyttövesi on noin 10°C kylmää saapuessaan rakennukseen sisälle, mutta sen virtaama riippuu täysin lämpimänkäyttöveden käytön määrästä. Aikoina, jolloin lämpimänkäyttöveden kulutus on vähäistä, kuten öisin ja arkisin työaikoina myös siirtimen virtaama on hyvin pieni ja epäsäännöllinen. Sen laskemiseen voi kuitenkin etsiä tietoa ja kehittää kaavan, jolla voitaisiin todistaa, onko saatava jäähdytysteho niin suuri, että sitä voidaan käyttää taloudellisesti kannattavasti.

10.1.2 Järjestelmän kondenssi

Eräs varteen otettava ongelma on itse patteriverkoston kondenssivesi. Patteriverkostot ovat asunnoissa eristämättömiä ja suunniteltu lämpimälle vedelle. Jos niihin kierrätetään kylmää vettä, voivat ne alkaa kondensoimaan ilmasta kosteutta, ja näin vettä voi päätyä rakenteisiin. Kylmän veden kastepiste tulee selvittää kussakin mahdollisessa sisälämpötilassa, mikä asunnoissa voi kesäisin vallita, ja suunnitella säätöjärjestelmä, mittausjärjestelmä ja mieluiten myös hälytysjärjestelmä verkostolle.

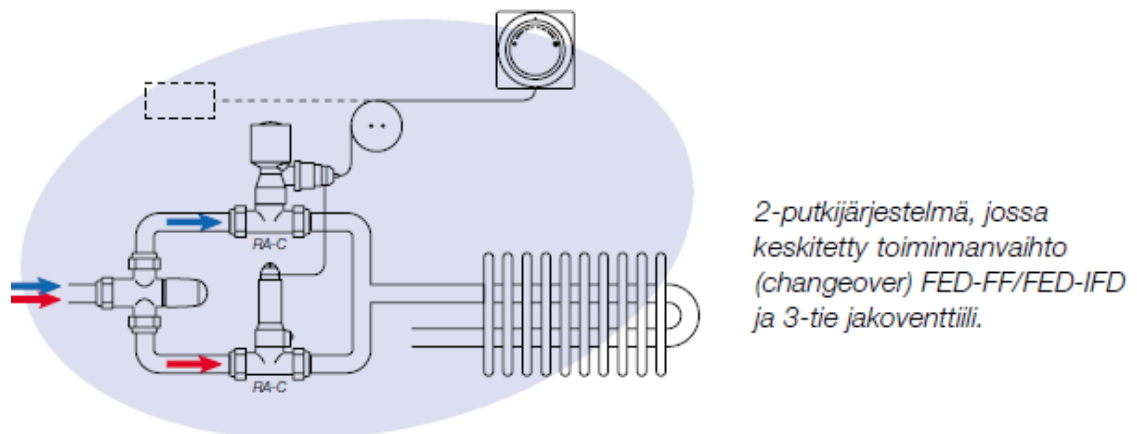
10.1.3 Radiaattorin säteily

Ongelmia voi myös tuottaa radiaattoreiden sijainti. Radiaattorit ovat suunniteltu lämmittämään huoneilmaa, ja tästä syystä ne ovat sijoitettu asuntoihin lattianrajaan, sillä lämmin ilma nousee ylös. Vastaavasti tilanteessa, jossa radiaattoreihin

kierrätetään viileää vettä, valuisi niiden tuottama viileä ilma alaspäin. Tätä voi tutkia enemmän ja selvittää joko teoreettisesti tai mikäli mahdollista, käytännössä laboratorio-olosuhteissa, kuinka jäähdytysteho jakaantuisi huoneilmaan.

10.1.4 Radiaattoreiden termostaattien toiminta

Yksi suurimpia ratkaistavia ongelmia kyseisessä järjestelmässä on patteriverkoston termostaattiventtiilien toiminta. Tavallisessa lämmitystilanteessa termostaatti toimii siten, että aistiessaan huonetilan viilenevän se lisää virtaamaa, ja kun lämpötila nousee, se puolestaan laskee virtaamaa. Jos verkostossa kierrätetään kylmää vettä, jolla halutaan viilentää huonetilaa, täytyisi termostaatti saada toimimaan päinvastoin. Tämän toteuttamisen tutkiminen on keskeistä tämän kokeellisen jäähdytysjärjestelmän toiminnalle. Aiheesta voitaisiin tutkia, millä tavalla ongelma selvitetään. Voisiko asian korjata lisäämällä radiaattoreihin toinen termostaattiventtiili, joka toimii jäähdytystilanteessa. Verkostoja, joissa virtaa sekä kylmää että kuuma vettä, on olemassa, ja niiden toteutukseen toimilaitteita on kehittänyt esimerkiksi Danfoss. Kuvassa 36 Danfossin ratkaisu kolmitieventtiilillä ja kahdella erillisellä termostaattiventtiilillä.



Kuva 36. Danfoss-jäähdytys/lämmitysratkaisu [26]

10.2 OptiSun omakotitaloon tai teollisuuskohteeseen

Järjestelmän suunnittelun aikana mieleen tuli ajatus, miten järjestelmä toimisi toisentyypisissä rakennuksissa. Tämä opinnäytetyön aihe on toistaiseksi hyvin teoreettinen, sillä näillä näkymin OptiSun-järjestelmän kohderakennukset ovat nimenomaan kaukolämpökerrostaloja. Näin ei välttämättä ole, ja mahdollisen tutkimuksen tulosten perusteella voidaan selvittää, onko OptiSun taloudellinen vaihtoehto esimerkiksi omakotitaloon pienennettynä versiona.

Toinen vaihtoehto OptiSun-järjestelmän mahdollisille uusille kohteille on teollisuusrakennukset. Teollisuusrakennuksissa on usein runsaasti kattopinta-alaa, ja niiden ulkonäkö ei ole niin merkittävä asia teollisuusalueilla. Tästä syystä keräinten pinta-alaa voitaisiin harkita suurennettavaksi, ja tuotettua lämpöä voidaan hyödyntää vaikkapa erilaisissa lämpöä vaativissa teollisuusprosesseissa.

10.3 Valmiin järjestelmän tutkiminen

Tärkeä jatkotutkimuksen aihe on rakennetun järjestelmän tutkiminen. Mittausten perusteella on mielekästä tutkia, toteutuuko järjestelmästä tehdyt laskelmat ja kuinka hyvin järjestelmästä tehty Excel-työkalu pitää paikkansa eri kuukausina. Vertailukelpoisten tulosten saamiseksi järjestelmän toimintaa on ihanteellista mitata lämmityskauden aikana ja kesällä tai toisena vaihtoehtona mahdollisimman erilaisissa sääolosuhteissa.

Mittaustyössä tarvittavia mittareita järjestelmässä olevien fyysisten mittarien lisäksi on ainakin virtausmittari, jolla voidaan mitata venttiileiden läpi kulkevaa virtausta. Lisäksi pintalämpötilamittarilla saataisiin varmasti mielenkiintoisia tuloksia.

11 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työn tuloksena tuotetut LVI-piirustukset ja dokumentit KymiSolarille ovat mielestäni hyödyllisiä OptiSun-järjestelmän suunnitteluun. Ottaen huomioon, että OptiSun-järjestelmästä ei ennen tätä työtä ollut LVI-tekniisiä pohjapiirustuksia, julkisivupiirustuksia, LVI-selostusta, eikä järjestelmän kytkentäkaaviota, voidaan todeta, että työ on edistänyt niin pilottikohdetta, kuin tuleviakin suunnitelmia. Kaikki tuotettu materiaali on myös helposti muokattavissa uusiin kohteisiin sopiviksi. Lisäksi Excelillä tuotetuista kuvaajista tuli helppolukuisia ja markkinointiin sopivia. Excel-työkalulla järjestelmän virtauksien ja tehojen laskeminen tapahtuu nopeasti, ja työkalulla voidaan tutkia järjestelmän toimintaa erilaisissa kohteissa ja olosuhteissa. Tämä helpottaa tulevien suunnitelmien tekoa ja säästää jatkossa suunnitteluun kuluvaan aikaan. Kuten LVI-piirustuksia, on myös Excel työkalu tehty siten, että sitä voidaan soveltaa uusiin projekteihin.

Koska OptiSun-järjestelmä on uusi keksintö, riittää siinä vielä lisää tutkittavaa. Tämän työn aikarajojen vuoksi kaikkiin järjestelmän mahdollisuuksiin ei kuitenkaan voitu paneutua. Aiheista saatiin kuitenkin hyviä jatkotutkimuksien aiheita, jotka on listattu tähän työhön. Mielestäni aiheet ovat sopivia ja mielekkäitä esimerkiksi uusiksi talotekniikan opinnäytetöiksi.

Työstä teki erityisen mielenkiintoisen se, että kyseessä on uusi patentoitu järjestelmä, jollaista ei olla vielä rakennettu. Työssä tehty suunnittelu oli myös mielekästä, sillä tuotetuista suunnitelmista tulee olemaan todellista hyötyä pilottikohteen OptiSun-järjestelmän rakentamisessa lähitulevaisuudessa.

Henkilökohtaisesti tämä työ on opettanut itsenäistä suunnittelua, asioiden selvittämistä ja taustatietoihin paneutumista. Opin hybridilämmitysjärjestelmistä paljon, ja uskon että siitä tulee olemaan hyötyä tulevaisuudessa. Lisäksi opin lisää projektissa työskentelystä ja vuorovaikutustaidoista sekä kommunikoinnista muiden projektin jäsenten kanssa.

Olisi ollut hyvin mielenkiintoista päästä tämän työn aikana mittaamaan valmista OptiSun-järjestelmää, ja näkemään järjestelmän rakennusvaihe ja valmis lopputulos. Valitettavasti tämä ei kuitenkaan aikarajojen vuoksi ollut mahdollista toteuttaa.

Mielestäni kaikki työlle asetetut tavoitteet saavutettiin. Järjestelmästä tuotettiin pohjapiirustukset, kytkentäkaaviot, LVI-selostus, kuvaajat, ja Excel-työkalu kuten oltiin sovittu. Tämän lisäksi mahdollisia ja mielestäni toteuttamiskelpoisia jatkotutkimusaiheita kertyi kolme kappaletta. Olen omaan työpanokseeni ja lopputulokseen tyytyväinen.

LÄHTEET

1. Energiatehokaskoti. Hybridilämmitys. Www-sivu. Päivitetty 03.05.2017. Saatavissa: http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/hybridilammitys [viitattu 20.04.2018]
2. Kauppalehti. Hybridilämmitys yleistyy. Www-artikkeli. Julkaistu 11.01.2018. Saatavissa: <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/hybridilammitys-yleistyy---nain-ilmalampopumppua-voi-hyodyntaa/tFwTXbWs> [viitattu 02.07.2018]
3. Kaukomarkkinat Oy. Tero Linden. Hybridilämmitys. Www-dokumentti. Julkaistu/päivitetty: 03.12.2013. Saatavissa: <https://www.sulpu.fi/documents/184029/1300198/10.%20Mik%c3%a4%20on%20Hybridil%c3%a4mmitys.%20Tero%20Linden.pdf> [viitattu 17.07.2018]
4. Energiateollisuus. Poistoilmalämpöpumppu kaukolämpöaloon: ohjeet taloyhtiölle. Www-dokumentti. Julkaistu/päivitetty 01.11.2017. Saatavissa: [https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/poistoilmalampopumppu_\(pilp\)_kaukolampotaloon_ohjeet_suunnittelijalle.html#material-view](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/poistoilmalampopumppu_(pilp)_kaukolampotaloon_ohjeet_suunnittelijalle.html#material-view) [viitattu 05.07.2018]
5. Kiinteistöliitto. Poistoilman lämmöntalteenotto lämpöpumppujärjestelmällä kerrostaloissa -ohje. Www-dokumentti. Julkaistu 20.10.2017. Päivitetty 16.07.2018. Saatavissa: https://issuu.com/kiinteistoliitto/docs/pilp-ohje_2017_kiinteist_liitto [viitattu 16.07.2018]
6. Högfors GST. Kaukolämpö. Www-sivu. Päivitetty 17.07.2018. Saatavissa: <http://hogforsgst.com/fi/yritys/kaukolampo/> [viitattu 12.07.2018]
7. Energiateollisuus. Kaukolämpötilastot: Energiavuosi 2017-Kaukolämpö. Www-dokumentti. Julkaistu: 31.01.2018. Saatavissa: https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/tilastot/kaukolampotilastot [viitattu 18.07.2018]
8. Energiateollisuus. Poistoilmalämpöpumppu (PILP) kaukolämpöaloon: ohjeet suunnittelijalle. Www-dokumentti. Julkaistu/päivitetty 01.12.2017. Saatavissa: [https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/poistoilmalampopumppu_\(pilp\)_kaukolampotaloon_ohjeet_suunnittelijalle.html#material-view](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/poistoilmalampopumppu_(pilp)_kaukolampotaloon_ohjeet_suunnittelijalle.html#material-view) [viitattu 18.07.2018]
9. Energia ja ympäristö. Helgren M, Heikkinen L, Suomalainen L. Opetushallitus. Hakapaino Oy, Helsinki 1996.
10. Motiva. Aurinkolämpö. Www-artikkeli. Päivitetty 10.01.2018. Saatavissa: <https://www.motiva.fi/aurinkolampo> [viitattu 25.07.2018]

11. Suomen virallinen tilasto (SVT). Energianhankinta ja kulutus. Verkkojulkaisu. 28.3.2018. Saatavissa: http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2017/04/ehk_2017_04_2018-03-28_kuv_013_fi.html [viitattu 25.07.2018]
12. Suomen virallinen tilasto (SVT). Energianhankinta ja kulutus. Verkkojulkaisu. 28.3.2018. Saatavissa : http://tilastokeskus.fi/til/ehk/2017/04/ehk_2017_04_2018-03-28_kuv_009_fi.html [viitattu 25.07.2018]
13. Motiva. Hybridilämmitysratkaisu kerrostalossa, Lahti. Www-artikkeli. Päivitetty: 11.11.2016. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/kokemuksia_aurinkolammosta/hybridilammitysratkaisu_kerrostalossa_lahti [viitattu 25.07.2018]
14. Motiva. Passiivikerrostalo, Oulu. Www-artikkeli. Päivitetty: 11.11.2016. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/kokemuksia_aurinkolammosta/passiivikerrostalo_oulu [viitattu: 25.07.2018]
15. Motiva. Aurinkoenergian varastointi. Www-artikkeli. Päivitetty 05.01.2018. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelman_kaytto/aurinkolammon_varastointi [viitattu 25.07.2018]
16. KymiSolar. Yrityksen Www-sivu. Päivitetty: 25.07.2018. Saatavissa: <http://www.kymisolar.com/> [viitattu:25.07.2018]
17. KymiSolar. Ville terävän jakama Onedrive-projektikansio. Jaettu 18.01.2018. [Viitattu 09.08.2018]
18. Lindqvist, V. XAMK logistiikka-alan opiskelija. Palaveri ja sähköpostikeskustelu 03.05.2018.
19. Ilmatieteen laitos. Www-sivut. Päivitetty 03.08.2018. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961> [viitattu 03.08.2018]
20. Terävä, V. Toimitusjohtaja. Palaverit ja sähköpostikeskustelut 19.01.2018 – 03.05.2018. KymiSolar Oy.

21. Jäspi. Ovali Hybrid energiavaraaja. Tuoteluettelo. Www-dokumentti. Päivitetty: 09.08.2018. Saatavissa: <https://jaspi.fi/tuote/ovali-hybrid-energiavaraaja/> [viitattu 09.08.2018]
22. Verto. Kuusi vinkkiä fiksuun vedenkäyttöön. Www-artikkeli. Päivitetty: 09.08.2018. Saatavissa: <https://www.verto.fi/fi/palvelut-ja-tuotteet/tietoa-vedenkulutuksesta/ohjeita-jarkevaan-vedenkayttoon/> [viitattu 09.08.2018]
23. InsinööriStudio. Firman tietokanta ja arkistot. Hyödynnetty opinnäytetyötä varten 01.03-12.06.2018 [viitattu 09.08.2018]
24. PipeModul. Vesijohtomodulit. Tuoteluettelo yrityksen Www-sivuilla. Päivitetty: 10.08.2018. Saatavissa <http://www.pipemodul.com/fi/moduulit/vesijoh-tomodulit/> [viitattu 10.08.2018]
25. Energiateollisuus. Julkaisu K1/2013. Rakennuksen kaukolämmitys, määräykset ja ohjeet. Päivitetty 09.05.2014. Saatavissa: https://energia.fi/files/502/JulkaistuK1_2013_20140509.pdf [viitattu 12.08.2018]
26. Danfoss. Vesikiertoiset jäähdytysjärjestelmät sisälämpötilan säädössä. Järjestelmäopas. pdf-dokumentti. Ei päivitystietoa. Saatavissa: <http://lampo.danfoss.com/PCMPDF/vb36a220.pdf> [viitattu 13.08.2018]
27. Ilmatieteen Laitos. Raportteja 2012:1.Tilastoja Suomen ilmastosta 1981-2010. Www-dokumentti. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/35880/Tilastoja_Suomen_ilmastosta_1981_2010.pdf?sequence=4 [viitattu:14.08.2018]
28. Kotkan Energia. Kaukolämpöhinnasto 1.6.2018 alkaen. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.kotkanenergia.fi/sites/default/files/tiedostot/kaukolampohinnasto%201.6.2018_0.pdf [viitattu: 15.08.2018]

Aloituspalaveri 19.1.2018

Paikalla: Ville Hirvonen, Mika Katajala ja Ville Terävä

Läpikäytyt aiheet:

- Optisun-järjestelmään tutustuminen
- Kytkenäkaavioon perehtyminen
- Opinnäytetyön sopimuksen läpikäynti ja otsikointi

Sovitut asiat seuraavaan palaveriin:

- Aikataulun ja tarvittavien dokumenttien laatiminen
- Seuraava palaveri sovittu pidettäväksi 29.1.2018 klo 9:00

Palaveri 29.1.2018

Paikalla: Ville Hirvonen, Ville Terävä, Mika Katajala ja Pekka Turoma

Läpikäytyt aiheet:

- Tarvittavien dokumenttien määrittely Emännänraittiin sekä tuleviin projekteihin.
- Aikataulun varmistaminen
- Seuraavien palaverien ajankohtien sopiminen. Välipalaveri sovittu 14.2 klo 09:00-12:00, ja Dokumenttikatselmus 28.2 klo 09:00-12:00

Sovitut asiat seuraavaan palaveriin (14.2):

- Käydään läpi valmistuneet dokumentit --> korjaus/muutos ehdotuksia

Välipalaveri 14.2.2018

Paikalla: Ville Hirvonen, Ville Terävä; Mika Katajala

Läpikäytyt aiheet:

- Dokumenttien läpikäynti (Työturvallisuus asiakirja, LVI-selostus, Tarjouslomake, ja Tarjouskirje)
- Aiheen rajaus --> Päädyttiin tulokseen, että opparissa tullaan suunnittelemaan ja tarkastelemaan OptiSun-laitteen eri kytkentävaihtoehtoja. Tarkastellaan ainakin kahta eri vaihtoehtoa (yhdeällä ja kahdella varaajalla)
- Piirrettiin alustavat punakynäversiot kytkennästä.

Sovitut asiat seuraavaan palaveriin:

- Sovittiin että seuraava palaveri pidetään mahdollisimman pian, jotta voidaan tutkia eri kytkentä vaihtoehtoja tarkemmin.
- Seuraavaan palaveriin (tarkka ajankohta sovitaan erikseen) mennessä on piirretty CADS:illä alustavat kytkentävaihtoehdot OptiSunille.

Palaveri 28.2.2018

Paikalla: Ville Hirvonen, Ville Terävä; Mika Katajala

Läpikäytyt aiheet:

- Kahden varaajan kytkentäkaavion läpikäyntiä ja suunnittelua.
- Aikataulun päivitys
- Sovittiin seuraava yhteinen palaveri päivälle 12.3.18 klo 9:00, ja kohteessa käynti 5.3.18 klo 12:00

Sovitut asiat seuraavaan palaveriin (12.3):

- Kytkenäkaaviosta eri versioita
- Aloitetaan simulointi

Palaveri 12.3.2018

Paikalla: Ville Hirvonen, Ville Terävä

Läpikäytyt aiheet:

- Simuloinnin tarkastelu (ei vielä valmis)
- Suunnitelmien välikommentteja

Sovitut asiat seuraavaan palaveriin (ajankohta varmistuu myöhemmin):

- Simulointi valmis

Palaveri 3.5.2018

Paikalla: Ville Hirvonen, Ville Terävä, Anna Lindqvist

Läpikäytyt aiheet:

- Simulointi tulokset
- Annalle tarvittavia dokumentteja tarjouksia varten
- Jäähdytyksen suunnittelu

Sovitut asiat seuraavaan palaveriin 17.05.2018:

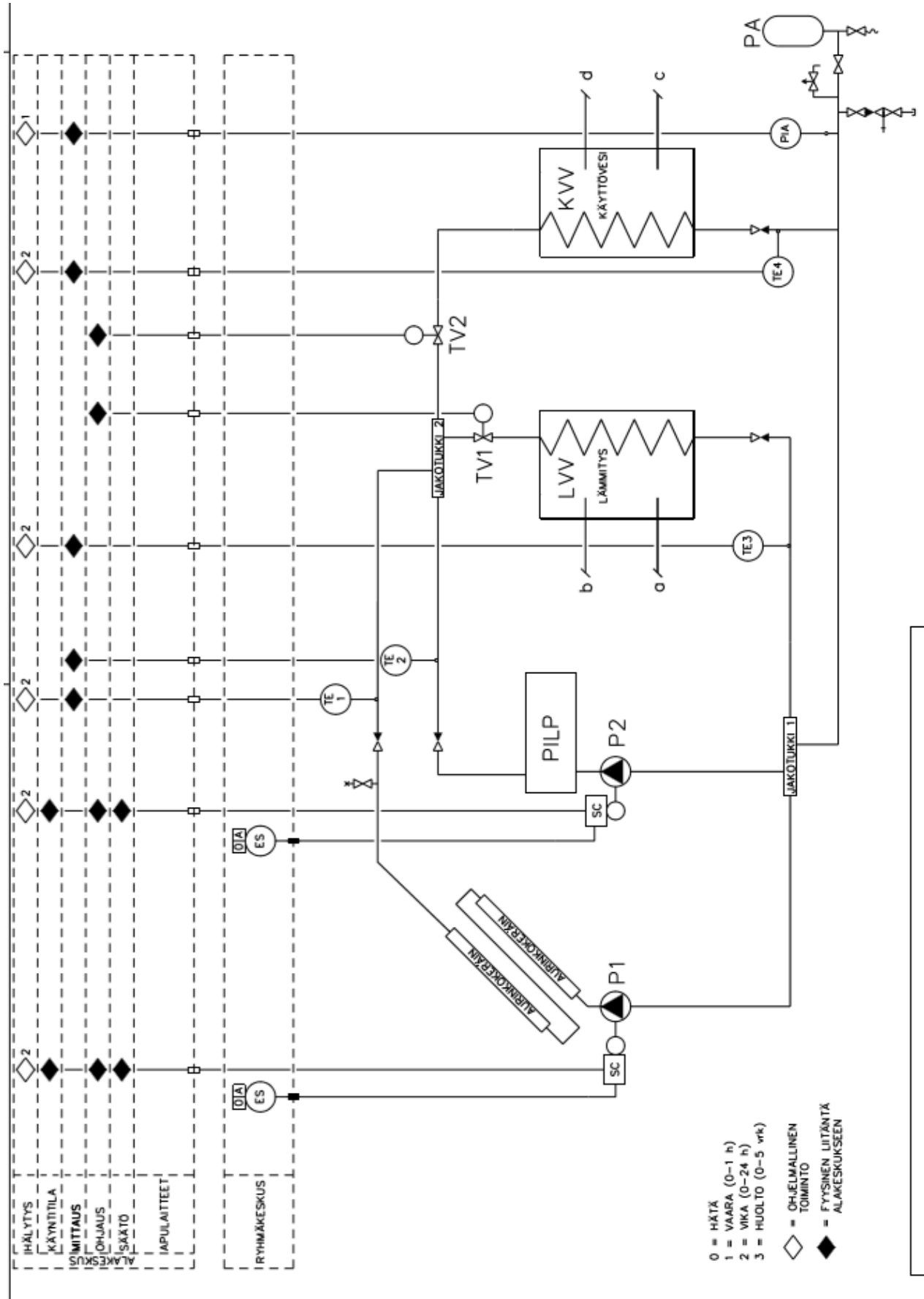
- Jäähdytyksen mahdollisen toteutuksen läpikäynti
- Insinööristudiolta konsultti paikalle kaupallisten asiakirjojen läpikäyntiä varten.

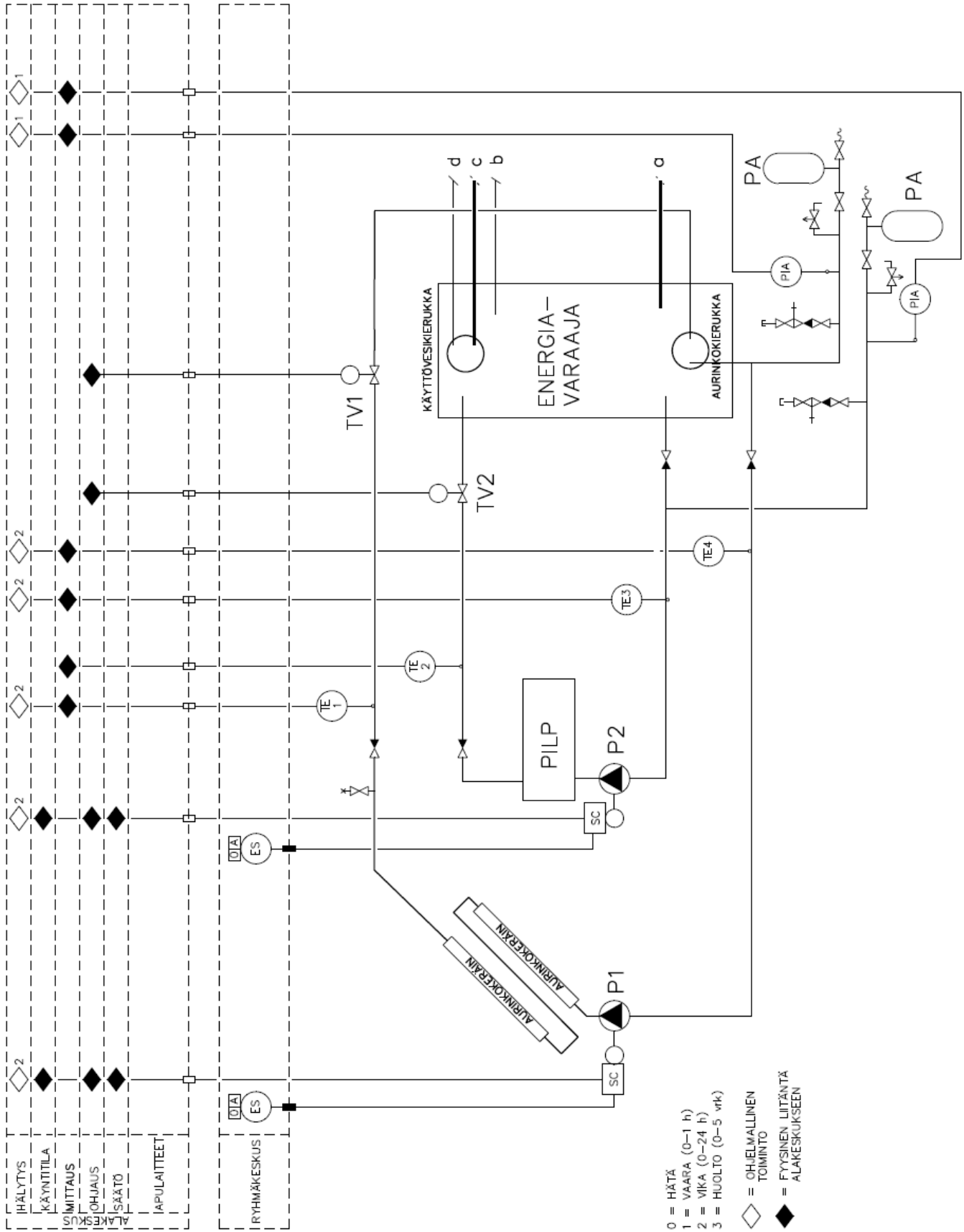
Loppupalaveri 17.5.2018

Paikalla: Ville Hirvonen, Ville Terävä, Pekka Turoma

Läpikäytyt aiheet:

- Jäähdytyksen ongelmakohdat, aihe jatkotutkimukselle
- Kaupalliset asiakirjat
- Viimeiset muutokset suunnittelukuviin, materiaalin luovutuksesta sopiminen (Materiaalit päivitetään ja siirretään OneDrive projektikansioon heti kun muutokset ovat tehty.





LVI- SELOSTUS

**XAMK-opinnäytetyö
OptiSun-järjestelmä
Kotkan Asunnot Oy
Emännänraitti 4
48600 KOTKA**

KOTKA 12.06.2018

12.06.2018

TIEDOT RAKENNUSKOHTEESTA

Rakennuskohde ja sen sijainti

kohteen nimi: Kotkan Asunnot Oy / Emännänraitti 4, 48600 Kotka
Aurinko-poistoilmapumppujärjestelmän rakentaminen
osoite: Emännänraitti 4, 48600 Kotka
kiinteistötunnus: 285- 32- 67-3
valmistumisvuosi: 1981
rakennuksia: 1
kerroksia/rakennus: Pohjakerros + viisi (5) asuinkerrosta
Tilavuus: 7200 m³

Kiinteistön lämmitysjärjestelmään lisätään OptiSun-lämmitysjärjestelmä tämän suunnitelman mukaisesti.

Tilaaaja

Kotkan Asunnot Oy
Gutzeitintie 8, 48100 Kotka
y-tunnus: 0159932-6

Rakennuttaminen

Kotkan Asunnot Oy
Gutzeitintie 8, 48100 Kotka

Sähkö/automaatiosuunnittelija (Pääurakoitsija)

KymiSolar Oy
Ville Terävä

LVI-suunnittelija

LVI-suunnitelmat ovat tehty **XAMK-opinnäytetyötä varten**.
Opiskelija: Ville Hirvonen
Ala: Talotekniikka
XAMK Mikkelin kampus

Urakat ja tarjous

Urakkaan sisältyvät LVI- selostuksen ja piirustusten mukaiset työt ja laitteiden hankinnat kuljetuksineen, täysin valmiina, paikoilleen asennettuina ja käyttökuntoon säädettyinä, käytön opastus sekä tarvittavat säädön tarkistukset takuuajana.

Tarjouksen tulee perustua niihin tuotteisiin, jotka suunnitelmissa on esitetty.

Urakkasuorituksessa noudatetaan yleisiä sopimusehtoja YSE 1998 (RT16-10660).

Kohteen työsuoritukset tehdään erillisurakoina siten, että KymiSolar toimii työsuoritusten pääurakoitsijana. Muut urakat ovat pääurakkaan alistettuja sivu- urakoita. Urakat jakautuvat seuraavasti:

- rakennusurakka (RU)
- LVI-urakka (PU)
- sähköurakka (SU)

Tässä selityksessä urakoitsija tarkoittaa LVI-urakoitsijaa.

Lopullisesta aikataulusta sovitaan erikseen.

Ollakseen täysin tietoinen työn laajuudesta urakoitsijalla on velvollisuus tutustua työkohteeseen ennen tarjouksen antamista.

Tarjouksen liitteenä tulee antaa tarjouspyynnössä esitetty yksikköhintaluettelo täytettynä, jota käytetään mahdollisten muutostöiden lisä- tai hyvityshintana.

Muutokset

Jos urakoitsija haluaa asennusaikana poiketa työselityksestä tai piirustuksista, tulee hänen hankkia siihen rakennuttajan suostumus.

Muutoksista, jotka aiheuttavat lisäkustannuksia tai hyvitystä, on ennen töiden aloittamista tehtävä kirjallinen tarjous. Tämä on pätevä ainoastaan rakennuttajan kirjallisesti hyväksymänä lisä- ja hyvityslaskuja esitettäessä. Tarjouksissa työt, tarvikkeet ja yleiskustannukset on eriteltävä yksityiskohtaisesti.

Työselitys ja piirustukset

Urakoitsijalle luovutetaan korvauksetta:

- 3 sarjaa valokopioita urakkaan liittyvistä piirustuksista.
- vastaavat kopiot mahdollisesti myöhemmin laadittavista muutos- ja täydennyspiirustuksista
- urakoitsijan on tehtävä työnaikaiset muutokset näihin piirustuksiin

Ns. "punakynäversiot" luovutetaan suunnittelijalle, joka korjaa muutokset alkuperäisiin piirustuksiin muutoksen aiheuttajan kustannuksella.

1. LVI-JÄRJESTELMIEN YLEISET LAATUVAATIMUKSET

LVI-työt toteutetaan LVI-RYL 2002 mukaisesti.

1.1 Työnsuoritus

Työsuorituksen laatuvaatimuksena käytetään Talotekniikka RYL 2002 asiakirjaa.

Aikataulu työn suorittamiseksi laaditaan yhdessä pääurakoitsijan kanssa ennen töiden aloittamista.

Koska työt suoritetaan asutussa rakennuksessa, on urakoitsijan / urakoitsijoiden tiedotettava erillisten työvaiheiden aloituksesta, vesikatkoksista yms. rakennuttajalle ja talon asukkaille.

Urakoitsijan tulee järjestää työmaalle pätevä työnjohto, joka huolehtii ja vastaa siitä, että asentajilla on käytettävissään yksityiskohtaiset ja viimeiset tiedot asennettavista laitteista piirustuksineen.

Urakan suorittamiseen tarvittavan sähkön ja veden urakoitsija saa ilman eri korvausta kiinteistön verkostosta (ei kuitenkaan asunnoista).

Ennen asennustöihin ryhtymistä urakoitsijoiden on pyydettävä rakennuttajalta viimeisimmät piirustukset ja käytävä ne huolellisesti läpi yhdessä kaikkien urakoitsijoiden kesken.

Piiloon jääviä asennuksia ei saa peittää ilman rakennuttajan lupaa.

Työaikana avoimiksi jääneet putken päät suljetaan huolellisesti muovitulpalla, joka ei voi päästä putken sisälle. Lattiakaivot peitetään kiinnitettävillä muovilevykansilla.

Kukin urakoitsija hankkii työmaalle tarvitsemansa telineet ja suorittaa niiden siirrot.

1.2 Tarvikkeiden ja laitteiden nostot rakennuksen katolle

Kaikki nostoa tarvitsevat tarvikkeet, laitteet ja rakennusmateriaalit, kuten varaajat, paisuntasäiliö ja putket tulee pyrkiä nostamaan katolle samanaikaisesti. Nostoon käytettävän kaluston hankkiminen työmaalle kuuluu LVI-urakoitsijan vastuuseen. Noston tarkasta ajankohdasta sovitaan erikseen tilaajaan ja pääurakoitsijan kanssa.

1.3 LVI-tuotteet

LVI-asennuksissa saa käyttää vain ensiluokkaisia tarvikkeita.

1.3.1 LVI-tuotteiden sähkötuotteet

Sähkölaitteiden kotelointiluokan on oltava käyttöpaikan tilaluokan mukainen. Sähkölaitteiden on täytettävä sähköturvallisuusmääräysten ja kyseistä laitetta mahdollisesti koskevien erillisten rakenne- ja koestusmääräysten vaatimukset.

Kaikkien sähkölaitteiden sisäisten kytkentöjen tulee olla suojajohdinjärjestelmän (5-johdinjärjestelmä) mukaisia.

1.3.2 LVI-tuotteiden toimitukset

Työmaalle toimitettavien LVI-tuotteiden on oltava ehjiä ja sisä- ja ulkopinnoiltaan puhtaita.

LVI-tuotteiden toimitusajat ja –ajankohdat sovitaan toteutusaikatauluun. Tarpeetonta varastointia rakennusalueella vältetään.

Työmaalle toimitettavien putkien ja muiden LVI-tarvikkeiden päät ovat suljettuja työmaalle toimitettaessa.

Putket ja laitteet säilytetään työmaalla katetussa välivarastossa siten, että ne eivät joudu alttiiksi sateelle tai ulkopuolelta tulevalle lialle.

1.3.3 LVI-tuotteiden kiinnitys ja kannatus

Kannatusterästen kiinnityksiä ei saa tehdä käyttäen muoviproppuja paloteknisistä syistä johtuen.

Urakoitsijan tulee hankkia pumppujen, säätökeskusten yms. kojeiden metalliset tuet ja kannatinkehikot.

Putken ja kannakkeen väliin asennetaan suojakumi tai vastaava äänieristetty kiinnitys.

Putket kiinnitetään avattavilla pidikkeillä ja säädettävillä kannatusteräksillä. Kannatusrakenne tulee olla tehdasvalmisteisia. Reikä- tai muun kannatusnauhan käyttöä ei sallita.

1.4 Vastaanottomenettely

Ennen laitoksen vastaanottotarkastusta tulee urakoitsijoiden luovuttaa suoritustaan koskevat jäljempänä mainitut piirustukset ja tiedot rakennuttajalle nitomalisäkkeellä varustettuna ja rengaskansioihin sijoitettuna suomenkielisenä kahtena kappaleena:

- LVI- selostus
- LVI- piirustukset
- esitteet asennetuista laitteista
- koepainepöytäkirjat
- mittauspöytäkirjat
- viranomaisten tarkastuspöytäkirjat

Tilaaajalla ja suunnittelijalla on oikeus valvoa urakoitsijan työsuoritusta ja hänen töidensä sopimuksenmukaista edistymistä.

Urakoitsijan päätösvaltaisen edustajan on osallistuttava rakennustyön edellyttämiin kokouksiin ym. tilaisuuksiin työmaalla.

Laitoksen vastaanottotarkastus suoritetaan silloin, kun laitos on täysin valmis ja hankintaa sivuavat rakennustekniset työt ovat valmiit. Takuuaika alkaa, kun koko urakka on vastaanotettu.

Urakoitsija suorittaa tiiviys- ja painekokeet LVI-valvojan läsnä ollessa. Kokeista laaditaan pöytäkirjat.

Painekokeen jälkeen verkosto on huuhdeltava huolellisesti.

Urakoitsijan tulee yhteistyössä KymiSolarin kanssa järjestää tilaajan nimeämälle käyttöhenkilökunnalle riittävä LVI-laitteiden käyttö- ja huolto-opastus ennen vastaanottotarkastusta siten, että käyttöhenkilökunta voi itsenäisesti vastata laitoksen oikeasta käytöstä. Käytön opastuksen kertaus tehdään vuosihuollon yhteydessä ja varmistutaan siitä, että käyttöhenkilökunta osaa itsenäisesti vastata laitoksen oikeasta käytöstä.

2 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Rakennuksen olemassa olevaan lämmitysjärjestelmään liitetään OptiSun-järjestelmä LVI-kuvien mukaisesti. Alkuperäisenä lämmitysmuotona on kaukolämpö, ja rakennuksen katolla sijaitseva OptiSun-järjestelmä liitetään siihen lämmönjakohuoneessa kytkentäkaavion mukaisesti. Muilta osin lämmitysjärjestelmä jää ennalleen.

3 VESI- JA VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT

Rakennuksen olemassa olevaan käyttövesiputkistoon liitetään OptiSun-järjestelmä LVI-kuvien mukaisesti.

3.1 Viemäriverkostot

3.1.1 Viemäriputkien asennus

Viemäreiden asennuksessa on tarkoin noudatettava valmistajien asennusohjeita. Hissikonehuoneen viemäriputket ja lattiakaivot roilotaan betonipetiin.

3.1.2 Viemäriputket

Viemäriputket ovat muovisia muhwillisia muoviviemäreitä. Valmistaja esim. Uponor.

3.1.3 Lattiakaivot

Lattiakaivot ovat vaakamallisia muovikaivoja esim. Vieser V75. Lattiakaivojen kannet ja vedeneristyslaipat kuuluvat rakennusurakkaan.

Ennen kaivojen hankintaa on varmistuttava lattiakaivojen ja vedeneristyksen sertifioidusta yhteensopivuudesta.

3.1.4 Viemärikouru

Viemäritävään hissikonehuoneeseen rakennuksen katolla rakennetaan vesieristetty kouru olemassa olevan betonipedin päälle. Kouruun muurataan 100mm kynnyks. Tarvittavat piikkaus ja vedeneristystyöt tilaa LVI-urakoitsija.

4 OPTISUN JÄRJESTELMÄ

Kiinteistön nykyiseen lämmitysjärjestelmään liitetään OptiSun-lämmitysjärjestelmä.

OptiSun lämmöntuotantolaitteiden hankinta ja asennus täydelliseen toimintakuntoon

kuuluu kokonaisuudessaan urakkaan. Järjestelmän laitteistot varusteineen on määritelty OptiSun- ja lämmönjakuhuoneen kytkentäkaavioissa.

4.1 Lämmönsiirtoliuos

OptiSun-järjestelmän lämmönsiirtoliuoksena käytetään XXX. Järjestelmä täytetään liuoksella painekokeiden jälkeen. Täytöstä sovitaan erikseen Pääurakoitsijan KymiSolarin kanssa, jonka vastuulla on liuoksen hankinta. Liuoksen nostaminen rakennuksen katolle ajoitetaan samaan aikaan muiden nostotöiden kanssa.

4.2 Putket

OptiSun-järjestelmän putket tehdään suorasta vedetystä kupariputkesta juotosliitoksin esim. tub-e® Premium (Outokumpu Poritube Oy)

Putket kiinnitetään avattavilla pidikkeillä ja säädettävillä kannatuseräksillä (myös koteloihin piiloon jäävät asennukset). Kannatusrakenteiden tulee olla tehdasvalmisteisia. Reikänauhan käyttöä ei sallita.

Putken ja kannakkeen väliin asennetaan suojakumi tai vastaava (äänieristetty kiinnitys).

Kupariputkien kannatusvälit:

Ø10-15	0.6 m, pinnassa
Ø10-18	1.25 m
Ø22-54	2.5 m

4.3 Läpiviennit

Kaikki putkien läpiviennit varustetaan muovisilla läpivientiholkeilla.

4.4 Putkireitti asuinkerroksien läpi

Putket jotka kulkevat OptiSun-järjestelmältä kattokerroksesta kellarikerrokseen varustetaan eristetyillä koteloelementeillä, esim. Pipe Modul. Putkien lopullinen reitti ja läpivientikohdat ovat tarkastettava ennen töiden aloittamista yhdessä pääurakoitsijan ja tilaajan kanssa.

4.5 Timanttioraukset ja piikkaustyöt

Tarvittavien timanttiorauksien ja piikkauksien järjestäminen kuuluu LVI-urakkaan.

4.6 Venttiilit ja Varusteet

Ellei toisin mainita, venttiilien valmistaja on Oras.

Kaikkien mittareiden suojataskujen on oltava kuparia, pronssia tai ruostumatonta terästä.

4.6.1 Sulkuventtiilit

Sulkuventtiilit Oras palloventtiileitä.

Pumppujen sulkuventtiilit ovat putkikokoa.

Sulkuventtiilit asennetaan siten, että niitä on helppo käyttää ja huoltaa. Ellei venttiileitä asenneta näkyviin, niiden paikat ilmoitetaan selvällä merkinnällä.

4.6.2 Yksisuuntaventtiilit

Yksisuuntaventtiilit ovat jousella varustettuja Oraksen yksisuuntaventtiilejä.

Yksisuuntaventtiilien tulee olla putken nimelliskokoa.

4.6.3 Säätöventtiilit

Säätöventtiilien hankinnasta vastaa pääurakoitsija KymiSolar.
Säätöventtiilien asennus putkistoon kytkentäkaavion mukaisesti kuuluu LVI-urakkaan.

4.6.4 Täyttöventtiilit

Verkostojen täyttöventtiilit ovat tyyppiä 4012.

4.6.5 Tyhjennysventtiilit

Tyhjennysventtiilit ovat palloventtiilejä varustettuna letkuliittimellä.
Tyhjennysventtiilit asennetaan siten, että jokainen verkoston osa voidaan tyhjentää.

4.6.6 Varoventtiilit

Venttiilien valmistaja on Oras.
Varoventtiilit asennetaan sellaiseen paikkaan, että sen tarkastaminen ja huoltaminen on helppoa.
Varoventtiilin ulospuhallusputki asennetaan jatkuvasti laskevaksi ja johdetaan lattiakäivöön.

4.6.7 Lämpömittarit

Lämpömittareina käytetään joko kauko-osoituksella varustettuja tai paikallisia (pyöreitä $\phi 100$ mm) tarkistettuja lämpömittareita, joiden mitta-alue on 0...+120 °C. Mittareiden lukematarkkuus tulee olla vähintään 1 °C ja virhe saa olla korkeintaan $\pm 1^\circ\text{C}$

4.6.8 Painemittarit

Painemittareiden tulee olla MPa -asteikolla ja vaimennetulla rakenteella varustettuja painemittareita, joiden taulun halkaisijan tulee olla vähintään 100 mm. Painemittarin asteikon jakoväli on 0,05 MPa. Mittarin maksimilukeman tulee olla n. 40 % suurempi kuin mitattava paine. Painemittareiden tulee täyttää SFS -EN 837 standardisarjan tarkkuusvaatimukset.

4.6.9 Ilmanpoistimet

Laitokseen tulee asentaa riittävästi ilmanpoistolaitteita.
Ilmakellojen ilmanpoistojohdot johdetaan lattiatasolle ja ilmanpoistovenktiilien tulee olla hoitotasolla.

4.6.10 Paisunta-astia

Paisuntajärjestelmät ovat suljettuja.
Paisunta-astiat ovat kalvopaisunta-astioita, jotka asennetaan verkostoon suunnitelmien mukaisesti määräysten edellyttämin varolaittein. Paisuntasäiliöiden käyttöpaine on 0,3 MPa.
Paisuntasäiliöt varustetaan sulku- ja tyhjennysventtiilein sekä letkuliittimin.

4.7 Varaajat

OptiSun-järjestelmän varaajat (2kpl) ovat molemmat mallia Jäspi Ovali Hybrid 1000l.
Varaajien asennuksessa tulee noudattaa valmistajan ohjeita.

4.8 Pumput

Pumput (P1 ja P2) ovat taajuusohjattavia pumppuja. Pumppujen valmistaja Grundfos, malli Alpha 1.

4.9 Aurinkokeräimet

Aurinkokeräimien hankinnasta ja asennuksesta vastaa pääurakoitsija KymiSolar.

4.10 PILP

Poistoilmalämpöpumpun hankinnasta ja asennuksesta vastaa KymiSolar.

5 RAKENNUSAUTOMAATIO

Automaation säädöt ja sähkötekniset työt tekee pääurakoitsija KymiSolar.

5.1 Yleiset vaatimukset

Urakkaan kuuluvat kaikki suunnitelma-asiakirjoissa esitetyt mittaus- ja säätölaitteiden asennus putkistoon.

5.2 Mittauslaitteet

Antureiden sijainnin tulee olla sellainen, että huolto voidaan vaivatta suorittaa. Ulkoanturit asennetaan pohjoisseinälle helposti luokse päästävään paikkaan siten, etteivät ikkunoiden ja tuuletusaukkojen lämpövuodot pääse vaikuttamaan tuntoelimiin.

6 LVI-ERISTYKSET**6.1 Yleistä**

Kaikki uudet putket eristetään.

Kaikkien eristysmateriaalien tulee olla viranomaisten hyväksymiä ja hyvän laatuista.

Putken eristys päätetään avattavasta liitoksesta niin etäälle, että liitos voidaan avata eristettä rikkomatta. Eristyksen katkeamakohdat heloitetaan.

6.2 Eristykset

Vesi- ja lämpöjohtoringot pohjakerroksessa eristetään vuorivillakouruin esim. PAROC Hvac Section Alucoat T (KV sarja 22 ja LV+LVK sarja 23). Näkyvissä oleva eristys päällystetään paloluokitettulla PVC- levyllä, joka kiinnitetään muoviniiteillä ja teipein. Käyrät ja T-kappaleet päällystetään tarkoitukseen tehdyillä osilla. Kylmäveden pinnoite tehdään höyryntiiviiksi PVC- teipillä.

Sarjojen mukaiset putkien eristyspaksuudet ovat:

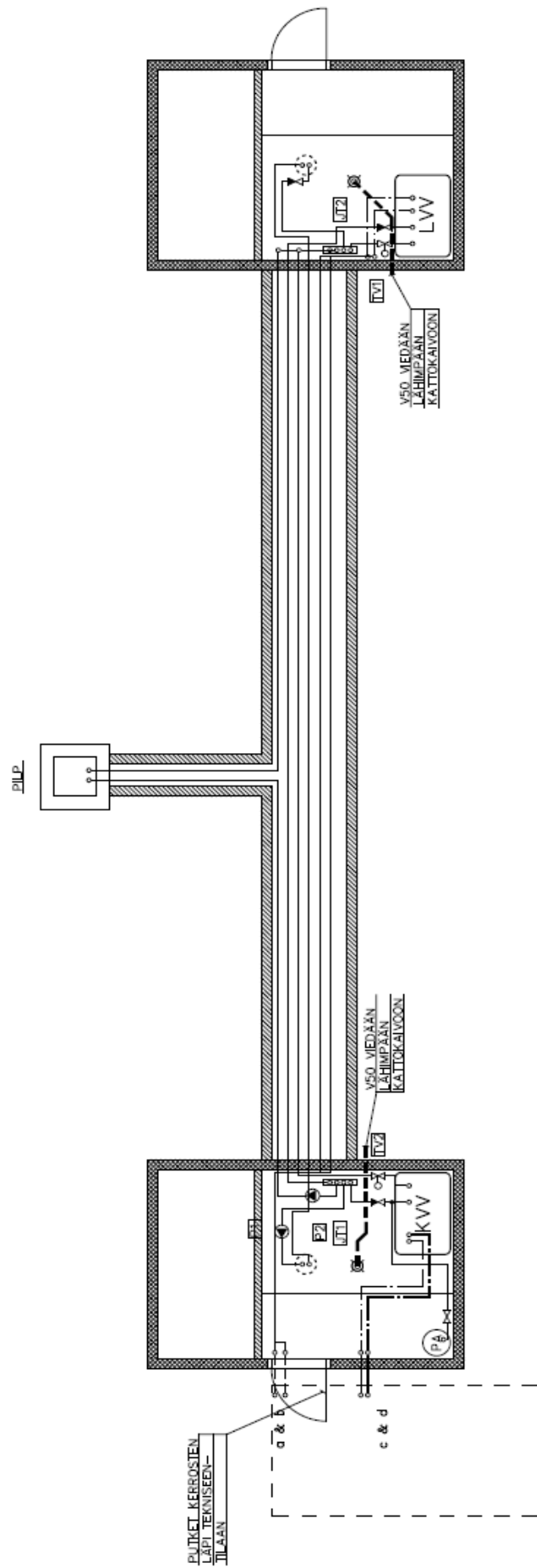
Putken halkaisija	Sarja	21	22	23	24	25	26
10...49	20	30	40	50	60	80	

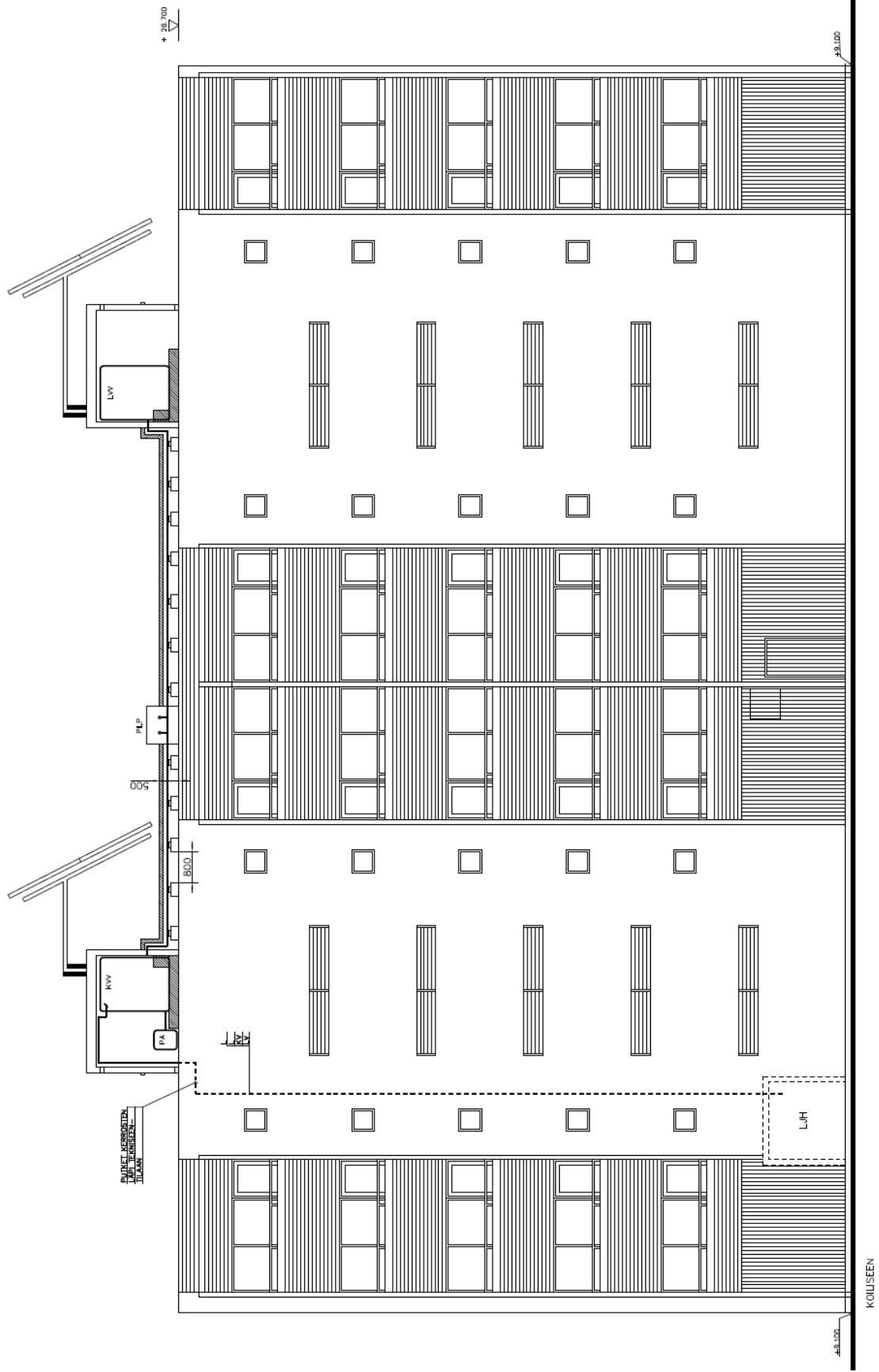
Vanhojen työssä vaurioituvien eristeiden korjaaminen nykyistä vastaavaksi kuuluu urakkaan. Ko. eristeet pinnoitetaan PVC- muovilla ja päihin asennetaan mansetit.

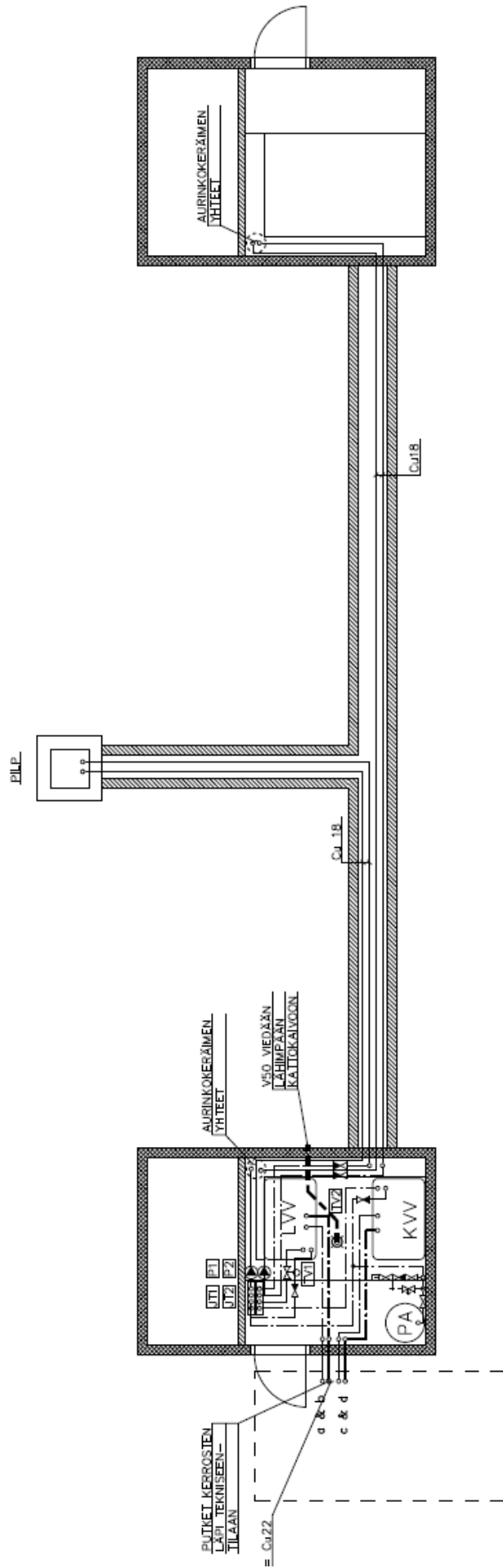
Laadittu XAMK-Opinnäytetyötä varten

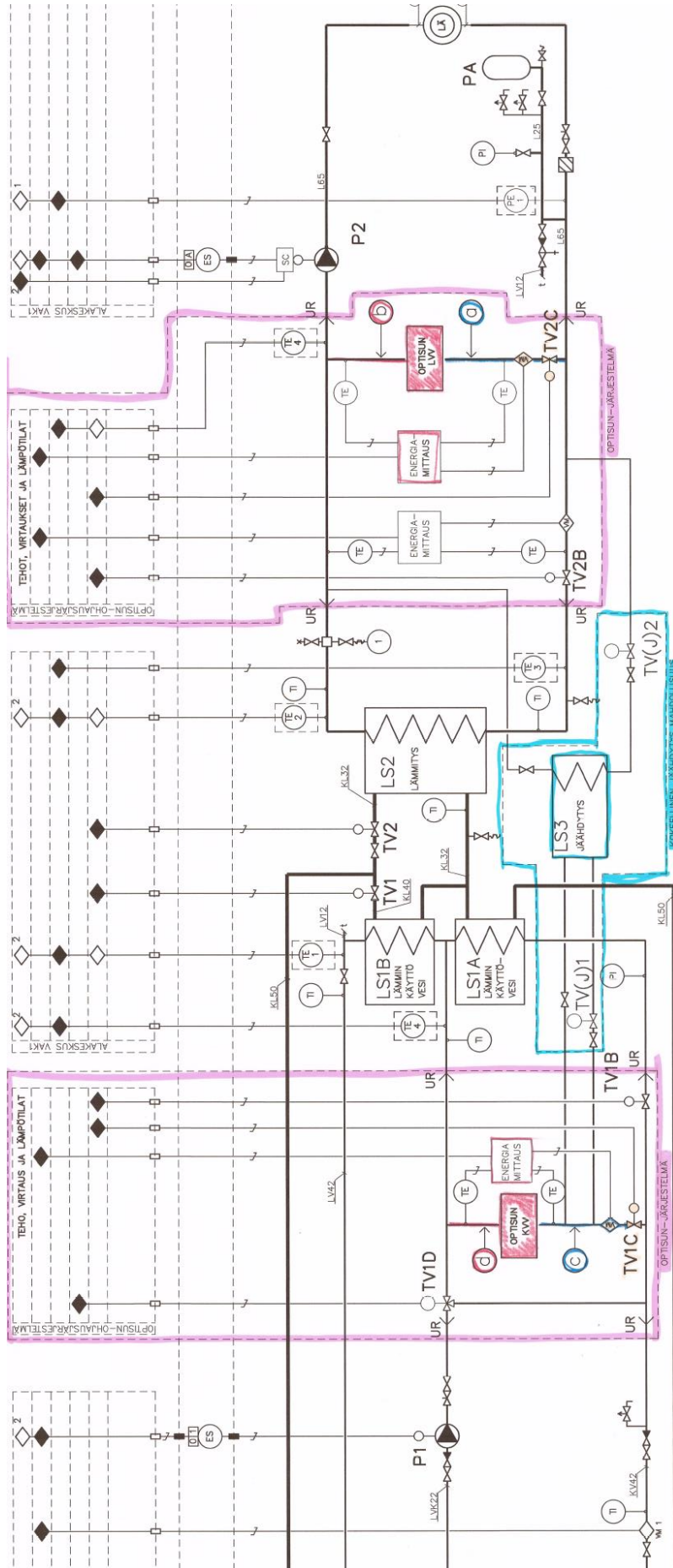
12.06.2018

Ville Hirvonen









Liite 9

Kk	Pvä	Keski T		Käyttövesi	Globaali säteily		Kiinteistön lämpöhäviöt				Ilmaislämmöt				Kk
		Ilma	Maa	Kulutustiedoista	Laskurista	ITL tilastosta	Lämmitys	IV	Käyttövesi	Yht.	Aurinkokerääjistä		PILP	Yht.	
		°C	°C	m³/vrk	Wh/m²	Wh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh (taul.)	kWh (Gsät.)	kWh	kWh	
6	1	13,2	5,8	2,233	8170,0	5898,2	168,4	184,9	135,4	488,7	307,1	362,9	125,8	488,7	6
6	2	13	5,9	2,233	8170,0	5544,1	170,9	188,6	135,2	494,8	307,1	341,1	153,7	494,8	6
6	3	12,9	5,9	2,233	8170,0	5258,4	172,2	190,5	135,3	498,0	307,1	323,5	174,5	498,0	6
6	4	13	5,9	2,233	8170,0	4811,7	171,0	188,6	135,4	495,0	307,1	296,0	199,0	495,0	6
6	5	13,5	5,8	2,233	8170,0	5472,4	164,6	179,2	135,6	479,4	307,1	336,7	142,7	479,4	6
6	6	12,9	5,8	2,233	8170,0	5184,9	172,4	190,5	135,5	498,4	307,1	319,0	179,4	498,4	6
6	7	13	5,9	2,233	8170,0	5681	171,0	188,6	135,3	494,9	307,1	349,5	145,4	494,9	6
6	8	13,6	5,9	2,233	8170,0	5986,1	163,1	177,3	135,3	475,7	307,1	368,3	107,4	475,7	6
6	9	13,3	6,0	2,233	8170,0	5327,7	166,8	183,0	135,1	484,9	307,1	327,8	157,1	484,9	6
6	10	13,4	6,0	2,233	8170,0	5457,3	165,5	181,1	135,1	481,6	307,1	335,8	145,9	481,6	6
6	11	13,4	6,0	2,233	8170,0	5831,8	165,4	181,1	135,0	481,4	307,1	358,8	122,6	481,4	6
6	12	13,7	6,0	2,233	8170,0	4680,5	161,5	175,4	135,0	471,9	307,1	288,0	184,0	471,9	6
6	13	13,8	6,0	2,233	8170,0	4618,2	160,1	173,5	135,0	468,6	307,1	284,1	184,5	468,6	6
6	14	13,5	6,1	2,233	8170,0	5067,4	163,9	179,2	134,8	477,9	307,1	311,8	166,1	477,9	6
6	15	13,1	6,1	2,233	8170,0	5006,7	169,2	186,7	134,8	490,7	307,1	308,0	182,7	490,7	6
6	16	13,1	6,0	2,233	8170,0	5112,4	169,3	186,7	134,9	491,0	307,1	314,5	176,4	491,0	6
6	17	13	6,0	2,233	8170,0	5157,4	170,6	188,6	134,9	494,1	307,1	317,3	176,8	494,1	6
6	18	13,8	6,1	2,233	8170,0	5740,1	160,0	173,5	134,8	468,3	307,1	353,2	115,2	468,3	6
6	19	14	6,1	2,233	8170,0	5340,7	157,3	169,8	134,7	461,8	307,1	328,6	133,2	461,8	6
6	20	14,4	6,2	2,233	8170,0	5119,9	151,8	162,2	134,5	448,5	307,1	315,0	133,5	448,5	6
6	21	14,6	6,3	2,233	8170,0	5758,1	149,1	158,4	134,4	441,9	307,1	354,3	87,7	441,9	6
6	22	14,5	6,3	2,233	8170,0	5710,4	150,4	160,3	134,4	445,1	307,1	351,3	93,8	445,1	6
6	23	14,5	6,3	2,233	8170,0	5466,6	150,3	160,3	134,3	444,9	307,1	336,3	108,6	444,9	6
6	24	15,5	6,4	2,233	8170,0	5757,9	137,1	141,5	134,1	412,6	307,1	354,3	58,4	412,6	6
6	25	15,5	6,4	2,233	8170,0	5557	136,9	141,5	134,0	412,4	307,1	341,9	70,5	412,4	6
6	26	15,5	6,4	2,233	8170,0	5733,9	136,9	141,5	133,9	412,3	307,1	352,8	59,5	412,3	6
6	27	15	6,5	2,233	8170,0	4836,1	143,4	150,9	133,8	428,1	307,1	297,5	130,6	428,1	6
6	28	15,4	6,5	2,233	8170,0	5258,7	138,1	143,4	133,7	415,1	307,1	323,5	91,6	415,1	6
6	29	15,5	6,6	2,233	8170,0	5185,8	136,4	141,5	133,4	411,3	307,1	319,1	92,2	411,3	6
6	30	15,4	6,7	2,233	8170,0	4951,4	137,6	143,4	133,2	414,1	307,1	304,6	109,5	414,1	6
7	1	15,6	6,8	2,233	8160,0	5292,9	134,7	139,6	132,9	407,2	282,5	325,6	81,5	407,2	7
7	2	15,8	6,9	2,233	8160,0	5236,9	131,8	135,8	132,6	400,2	282,5	322,2	78,1	400,2	7
7	3	16,1	6,9	2,233	8160,0	6104,8	127,8	130,2	132,6	390,6	282,5	375,6	15,0	390,6	7
7	4	16,1	7,0	2,233	8160,0	5705,1	127,8	130,2	132,5	390,5	282,5	351,0	39,5	390,5	7
7	5	15,9	7,0	2,233	8160,0	5910,4	130,4	133,9	132,5	396,8	282,5	363,6	33,1	396,8	7
7	6	16,3	6,9	2,233	8160,0	6031,6	125,4	126,4	132,8	384,5	282,5	371,1	13,4	384,5	7
7	7	16,5	6,8	2,233	8160,0	5908,1	122,8	122,6	132,9	378,3	282,5	363,5	14,8	378,3	7
7	8	17,3	6,9	2,233	8160,0	6129,4	112,1	107,5	132,6	352,2	282,5	352,2	0,0	352,2	7
7	9	16,8	7,1	2,233	8160,0	5649,9	118,4	117,0	132,3	367,6	282,5	347,6	20,0	367,6	7
7	10	17,3	7,1	2,233	8160,0	5627,9	111,8	107,5	132,3	351,6	282,5	346,3	5,3	351,6	7
7	11	17,4	7,1	2,233	8160,0	4939,2	110,4	105,6	132,2	348,2	282,5	303,9	44,3	348,2	7
7	12	17,9	7,2	2,233	8160,0	6017,3	103,5	96,2	131,8	331,5	282,5	331,5	0,0	331,5	7
7	13	17,3	7,3	2,233	8160,0	4918,5	111,3	107,5	131,6	350,4	282,5	302,6	47,8	350,4	7
7	14	17,1	7,3	2,233	8160,0	5290,9	113,8	111,3	131,5	356,6	282,5	325,5	31,1	356,6	7
7	15	16,6	7,4	2,233	8160,0	5061,1	120,2	120,7	131,3	372,2	282,5	311,4	60,8	372,2	7
7	16	16,8	7,5	2,233	8160,0	5470,9	117,3	117,0	131,1	365,4	282,5	336,6	28,8	365,4	7
7	17	16,8	7,5	2,233	8160,0	5495,7	117,3	117,0	131,0	365,2	282,5	338,1	27,1	365,2	7
7	18	16,8	7,5	2,233	8160,0	5139,5	117,3	117,0	131,1	365,3	282,5	316,2	49,1	365,3	7
7	19	16,3	7,5	2,233	8160,0	4717,6	123,9	126,4	131,1	381,4	282,5	290,2	91,2	381,4	7
7	20	16,3	7,5	2,233	8160,0	4671,4	124,0	126,4	131,2	381,6	282,5	287,4	94,2	381,6	7
7	21	16,2	7,4	2,233	8160,0	4483,7	125,4	128,3	131,3	384,9	282,5	275,9	109,0	384,9	7
7	22	16,7	7,4	2,233	8160,0	4496,1	118,8	118,8	131,3	369,0	282,5	276,6	92,4	369,0	7
7	23	16,6	7,4	2,233	8160,0	4994,1	120,1	120,7	131,3	372,1	282,5	307,3	64,8	372,1	7
7	24	16,8	7,4	2,233	8160,0	4645,6	117,6	117,0	131,4	365,9	282,5	285,8	80,0	365,9	7
7	25	17,5	7,4	2,233	8160,0	4756,9	108,3	103,7	131,3	343,4	282,5	292,7	50,7	343,4	7
7	26	17,1	7,6	2,233	8160,0	5367,5	113,2	111,3	130,9	355,3	282,5	330,2	25,1	355,3	7
7	27	16,7	7,7	2,233	8160,0	4748,3	118,2	118,8	130,6	367,7	282,5	292,1	75,5	367,7	7
7	28	16,7	7,6	2,233	8160,0	4802,5	118,3	118,8	130,7	367,9	282,5	295,5	72,4	367,9	7
7	29	16,7	7,6	2,233	8160,0	4912,7	118,3	118,8	130,8	367,9	282,5	302,3	65,7	367,9	7
7	30	17	7,6	2,233	8160,0	4824,5	114,5	113,2	130,9	358,6	282,5	296,8	61,7	358,6	7
7	31	16,8	7,5	2,233	8160,0	4765,1	117,3	117,0	131,1	365,3	282,5	293,2	72,1	365,3	7

NESTE	
Tiheys:	1000 kg/m ³
Ominaislämpökapasiteetti	4,18 kJ/kgK

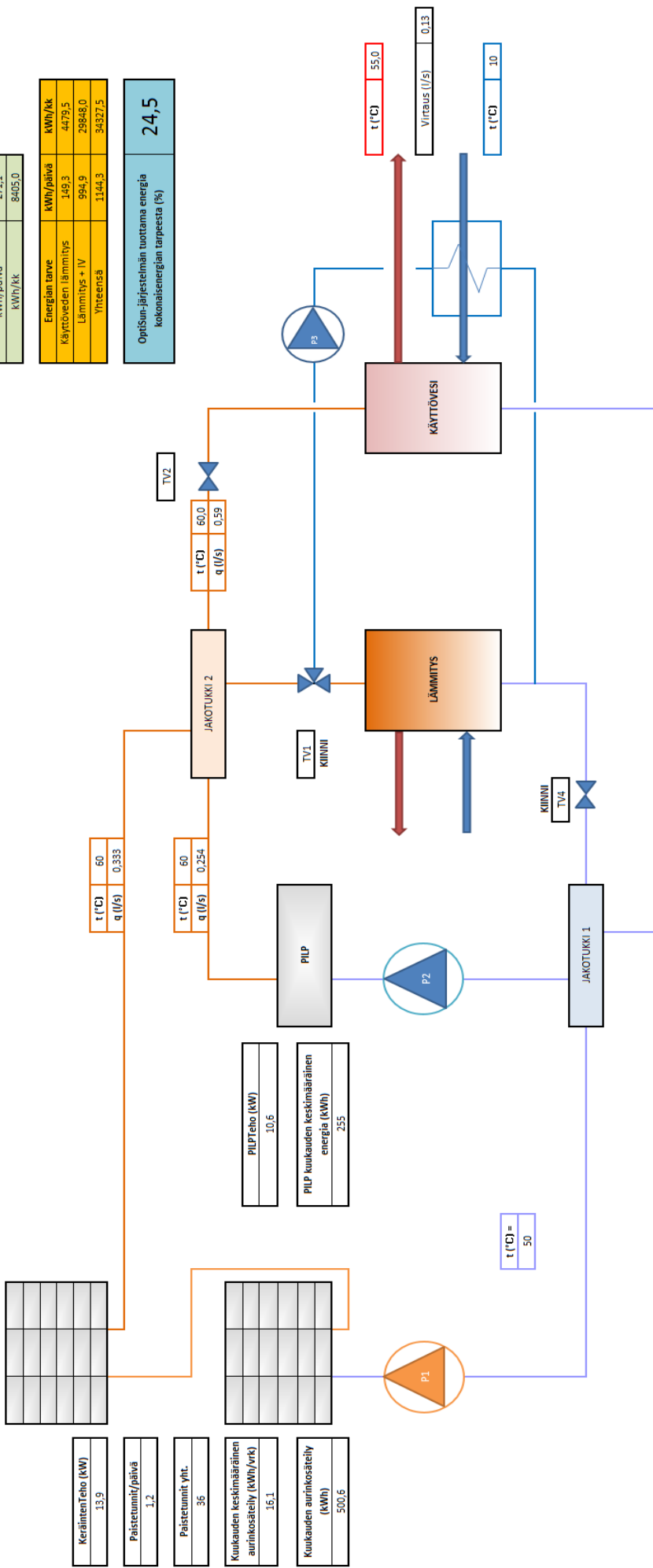
Järjestelmän tehot	
Auringon paistatus (kW)	24,5
Ilman paistatus (kW)	10,6

TAMMIKUU

Järjestelmän tuottama energia	
kWh/päivä	271,1
kWh/akk	8405,0

Energian tarve	
kWh/akk	kWh/päivä
Käyttöveden lämmitys	149,3
Lämmitys + IV	994,9
Yhteensä	1144,3

OptiSun-järjestelmän tuottama energia kokonaisenergian tarpeesta (%)	
	24,5



Keräinteho (kW)	13,9
Paistetunnit/päivä	1,2
Paistetunnit yht.	36
Kuukauden keskimääräinen aurinkosäteily (kWh/vrk)	16,1
Kuukauden aurinkosäteily (kWh)	500,6

PILP teho (kW)	10,6
PILP kuukauden keskimääräinen energia (kWh)	255

