

Nicolas Hintsu

KAKSISUUNTAISEN KAUKOLÄMMÖN TOTEUTUS SKANSSI-
HANKKEESSA
OY TURKU ENERGIA – ÅBO ENERGI AB

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

2016

KAKSISUUNTAISEN KAUKOLÄMMÖN TOTEUTUS SKANSSI-
HANKKEESSA
OY TURKU ENERGIA – ÅBO ENERGI AB

Hintsä, Nicolas
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2016
Ohjaaja: Asmala, Hannu
Sivumäärä: 36

Asiasanat: kaukolämmitys, asiakas, hyöty, energia

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi energiayhtiö Oy Turku Energia – Åbo Energi Ab. Työn tarkoituksena oli selvittää osana Skanssi-hanketta kaksisuuntaisen kaukolämmön kytkentöjä ja kaksisuuntaisen kaukolämmön mittausta. Kaukolämmön kaksisuuntaista toteuttamista selvitettiin teoriassa.

Opinnäytetyön teoria-osuudessa kerrottiin kaukolämmöstä Suomessa. Osan tarkoituksena on antaa yleiskuva kaukolämmön nykytilasta ja tulevaisuudesta. Asiakkaan ja tuottajan välisen aseman muuttumista käsiteltiin kehittyneen teknologian myötä. Teoria-osuudessa kerrottiin myös alueelle kohdistuvien tontinluovutusehtojen vaikutusta alueen kehittymiseen. Opinnäytetyössä todettiin, että entistä tarkempi huoneistokohtainen energianmittaus on edellytys kaksisuuntaisen kaukolämmön hyödyn maksimoinnille.

Opinnäytetyössä tutkittiin kaukolämmön kaksisuuntaista toteuttamista teoriassa. Opinnäytetyön toimeksiantajalle luotiin kytkentäpohja mahdolliselle kaksisuuntaiselle kaukolämpökytkennälle. Ehdotuksen tarkoituksena on olla hyödyksi Oy Turku Energia – Åbo Energi Ab:n hankkeessa Skanssi-alueella.

THE IMPLEMENTATION OF BIDIRECTIONAL DISTRICT HEATING IN PROJECT SKANSSI

Hintsala, Nicolas

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Bachelor's degree in Automation Engineering

January 2016

Supervisor: Asmala, Hannu

Number of pages: 36

Keywords: district heating, customer, benefit, energy

The consignor of this thesis was the power supplier Oy Turku Energia – Åbo Energi Ab. The purpose of this thesis was, as a part of the Skanssi-project, to clarify the connections in bidirectional district heating and the measuring systems in bidirectional district heating. The execution of such connections or switches was established in theory.

District heating in Finland was briefly explained in the theory section of the thesis. The purpose of the theory part was to give an overview of the present state and the possible future of district heating. The changes of the relation between the customer and the producer of energy were discussed in the light of the many advances in technology. The theory part also included a discussion of the impact of new site conveying terms to the development of the region. The thesis found that a more accurate apartment-specific energy measurement is a prerequisite for the maximization of the benefits of bidirectional district heating.

The thesis studied the implementation of bidirectional district heating in theory. A switch was created for the customer (Oy Turku Energia – Åbo Energi Ab) as a potential ground solution for bidirectional district heating connections. The proposition aims to be an exploitable solution in Oy Turku Energia – Åbo Energi Ab's project in the Skanssi area.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	OY TURKU ENERGIA – ÅBO ENERGI AB.....	6
3	SKANSSI-HANKE.....	7
3.1	Tavoitteet.....	7
3.2	Tontinluovutusehdot.....	9
3.3	Tontinluovutusehtojen vaikutus.....	10
4	KAUKOLÄMPÖ.....	10
4.1	Yleistä.....	10
4.2	Toimintaperiaate ja lämmönjakokeskus.....	11
4.3	Tuotantomenetelmät.....	12
4.4	Asiakkaan ja tuottajan tulevaisuus.....	12
4.5	Älykäs kaukolämpöverkko.....	13
4.6	Matalalämpöinen verkko.....	14
4.7	Huoneistokohtainen energianmittaus.....	15
4.8	Hajautettu tuotanto.....	16
4.8.1	Yleistä.....	16
4.8.2	Lämpöpumput.....	16
4.8.3	Aurinkolämpö.....	16
5	LIIKETOIMINTA.....	17
5.1	Yleisesti.....	17
5.2	Hinnan muodostuminen.....	17
5.3	Kysyntäjousto.....	18
6	KYTKENNÄT.....	19
6.1	Vaihtoehtoista.....	19
6.2	Kaukolämmön kytkennät.....	19
6.2.1	Kaukolämmön peruskytkennät.....	19
6.2.2	Kaksisuuntaisen kaukolämmön kytkennät.....	24
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	33
8	YHTEENVETO.....	34
	LÄHTEET.....	35

1 JOHDANTO

Käytetystä kaukolämpöenergiasta maksetaan kulutuksen mukaan, kuten sähköstäkin. Tulevaisuudessa ihmiset haluavat myös mahdollisuuden tuottaa itse osan käyttämästään energiasta. Tällainen tilanne luo isoille energiatuottajille haasteita, koska suurten sähkö- ja kaukolämpöverkkojen rakentaminen sekä ylläpito on kuitenkin yksin heidän vastuullaan. Yksi keino vastata tähän haasteeseen on ottaa asiakkaat mukaan myös energian tuottajina ja luoda kahdensuuntainen asiakkuus. Vertailuna voisi käyttää esimerkiksi osakekauppaa, jossa pankki toimii osakkeiden välittäjänä ja infrastruktuurin ylläpitäjänä. Kaksisuuntaisessa energiakaupassa tässä tilanteessa pankin kaltaista asemaa hoitaa Turku Energia.

Insinööriyön tavoitteena oli kuvata kaksisuuntaisen kaukolämmön toteutusta, uudella asuinalueella Turun Skanssissa. Toimeksiantajan eli Turku Energian rooli Skanssi-hankkeessa on kaukolämpö – ja sähköverkon rakennus alueelle. Lisäksi alueelle on kaavailtu myös kaukojäähdytysverkostoa jos riittävä liittymishalukkuus toteutuu.

Uudella ekologisella asuinalueella on tarkoitus mahdollistaa asiakkaalle itse tuottamansa ylijäämälämmön myynti alueen kaukolämpöverkkoon. Samalla käytännöllä, joka on sähköverkoissa jo käytössä, asiakas voi tuottaa itse sähköä esimerkiksi aurinkopaneeleilla ja myydä tuottamansa sähkö energiayhtiölle.

Alueelle on mahdollista luoda asiakkaalle samantyylinen lisävaruste-mahdollisuus kuin autokaupassa. Sähkön tuotannon lisäksi voidaan asiakkaalle tarjota myös lämmöntuotantomahdollisuuksia, kuten esimerkiksi maalämpö, aurinkokeräimet tai jokin muu tontinluovutusehtojenmukainen eli uusiutuvaa energiaa käyttävä menetelmä.

Työssä esitellään kaksisuuntaista kaukolämpöä ja siihen mahdollistavat kytkennät.

2 OY TURKU ENERGIA – ÅBO ENERGI AB

Turku Energia, joka toimii insinööriyön toimeksiantajana, perustettiin vuonna 1898. Se on yksi Suomen suurimmista energiayhtiöistä. Päätoimintaan kuuluu lämpö –, höyry –ja kaukokylmäenergian, sekä sähköenergian hankinta, tuotanto ja jakelu. Jakeluverkostojen rakentaminen, kunnossapito ja muut palvelut. Turku Energia –konserniin kuuluvat seuraavat liike –ja palvelutoiminnat:

- Turku Energia Lämpö
- Turku Energia Sähkömyynti
- Turku Energia Sähköverkot Oy
- Turku Energia Asiakaspalvelu
- Turku Energia Urakointipalvelut

Turku Energia –konsernin emoyhtiö on Oy Turku Energia – Åbo Energi Ab, jonka omistaa Turun kaupunki. Konsernin liikevaihto vuonna 2014 oli 235 miljoonaa euroa ja yhtiö työllistää n. 300 alan ammattilaista.



Kuva 1. Konsernin rakenne (<http://www.turkuenergia.fi/tietoa-meista/yritys/turkuenergia-lyhyesti/>).

3 SKANSSI-HANKE

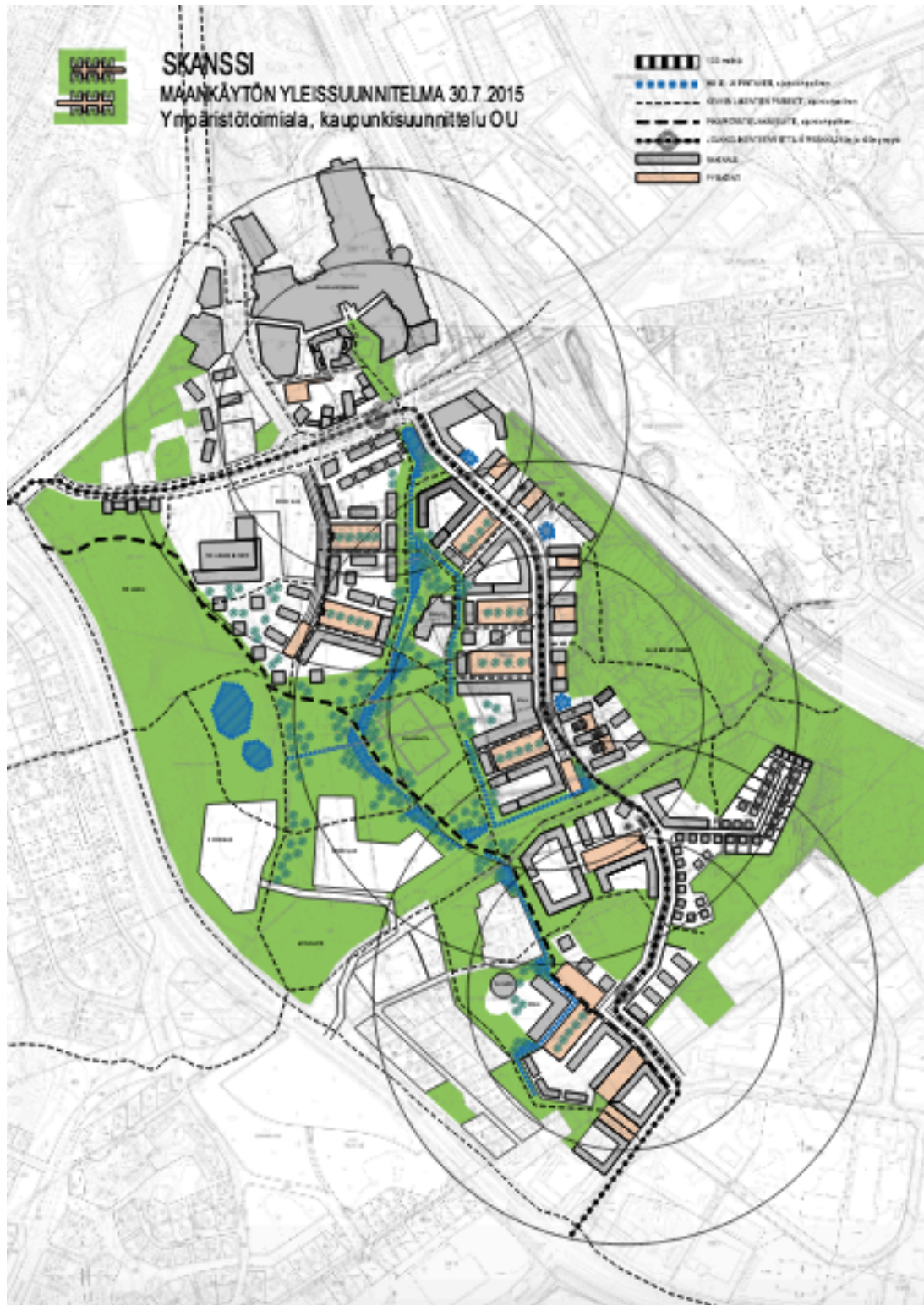
3.1 Tavoitteet

Alueen suunnittelun tavoitteena on ympäristöystävällisyys, jonka tärkeimpinä piirteinä ovat energiakulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen. Ekologisuus otetaan huomioon alueen rakenteen suunnittelussa, rakentamisessa ja rakennusten käytössä. Alueelle on tehty 8000 asukkaan yleissuunnitelma, jonka mukaan aluetta kaavoitetaan.

Hankkeen ideana on luoda malli energiatehokkaasta ja ympäristöystävällisestä asuinalueesta. Alueella on tarkoitus käyttää matalalämpöistä kaukolämpöverkkoa, jonka suuressa osassa on sen mahdollinen kaksisuuntaisuus. Tämä luo asiakkaalle mahdollisuuden tuottaa itse lämpöä ja syöttää sitä myös kaukolämpöverkkoon. Tulevat automaattioratkaisut mahdollistavat asukkaille oman energiakulutuksen seuraamisen ja ohjaamisen entistä tehokkaammin (Kulla, Skanssin alueen energiaratkaisut)

Alueen tavoitteena on myös toimia mallina ja kehitysalustana tuleville ekologisille ratkaisuille niin Turussa kuin missä tahansa muissakin kaupungeissa. Aluetta varten on laadittu erityiset tontinluovutusehdot, joilla on tarkoitus ohjata rakentamista asetettuja tavoitteita kohti. Hankkeella on myös vaikutusta mahdolliseen raitiovaunulinjastoon, jonka yhtenä päätepisteenä olisi Skanssi.

Skanssin alue sijaitsee Turun ja Kaarinan kuntien välisellä rajalla, neljän kilometrin päässä Turun keskustasta. Skanssi on pinta-alaltaan 85 hehtaarin kokoinen alue. Asukasluku vuonna 2012 oli vain 120. Skanssissa sijaitsee vuonna 2009 valmistunut noin 100 liikkeen Skanssi –ostoskeskus. Kuvassa (Kuva 2) Skanssi-hankkeen kaavoitusalue.



Kuva 2. Skanssin maankäytön yleissuunnitelma (https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//skanssin_yleissuunnitelma_30.7.2015.pdf).

3.2 Tontinluovutusehdot

Tontinluovutusehtojen tarkoituksena on sopia tavoista, joilla alueelle tulevat osapuolet edistävät uusiutuvan energian käyttöä, veden- ja energiakäytön tehokkuutta, kaksisuuntaisen kaukolämpökaupankäynnin ja sähköisen liikenteen mahdollisuuksia Skanssin alueella. Ehtoihin sisältyy myös yhteistyön sekä Skanssin alueen energiaratkaisun kehittämisen periaatteet. Alueella toimivien osapuolten on ymmärrettävä Skanssin asuinalueen merkitys Turun uutena asuinalueena, jossa pyritään kehittämään uudenlaisia energian tuotannon, käytön ja seurannan ratkaisuja sekä sitouduttava toimimaan asuinalueen kokonaisuuden kannalta järkevän energiaratkaisun edistämistä edesauttavalla tavalla (Turun Skanssin alueen tontinluovutusehdot – Energialiite).

Tontinluovutusehtojen tavoite on varmistaa, että Skanssin alueella voidaan ottaa käyttöön ratkaisuja, jotka tukevat kestävästä kehitystä. Tavoitteena on myös saavuttaa parempi kokonaisenergiatehokkuus mahdollistamalla reaaliaikainen energiakulutuksen seuranta ja ohjaus. Ihmisten parempi tietämys omasta energian- ja vedenkulutuksesta edistää energiatehokkaampaa asumista (Turun Skanssin alueen tontinluovutusehdot – Energialiite).

Paikallisen uusiutuvan energian tuottamisen mahdollistaminen alueella voi tuoda alueen toimijoille uusia liiketoimintamahdollisuuksia, vähentää riippuvuutta yhdestä energiatoimijasta sekä vähentää energiatuotannosta johtuvia ympäristövaikutuksia. Mahdollisuus kaksisuuntaiseen lämpö- ja sähkökauppaan parantaa paikallisen energijärjestelmän kannattavuutta tuotannon ylittäessä oman kulutuksen (Turun Skanssin alueen tontinluovutusehdot – Energialiite).

Iso osa alueen ilmaan aiheuttamasta ympäristökuormituksesta aiheutuu liikenteestä. Tätä voidaan vähentää parhaiten alueen sijainnilla, päivittäisten palvelujen sijoittamisella sekä toimivalla julkisella liikenteellä. Tontinluovutusehdot pyrkivät vähentämään liikenteen aiheuttamia päästöjä sekä edistää sähköautojen käyttöä alueella (Turun Skanssin alueen tontinluovutusehdot – Energialiite).

3.3 Tontinluovutusehtojen vaikutus

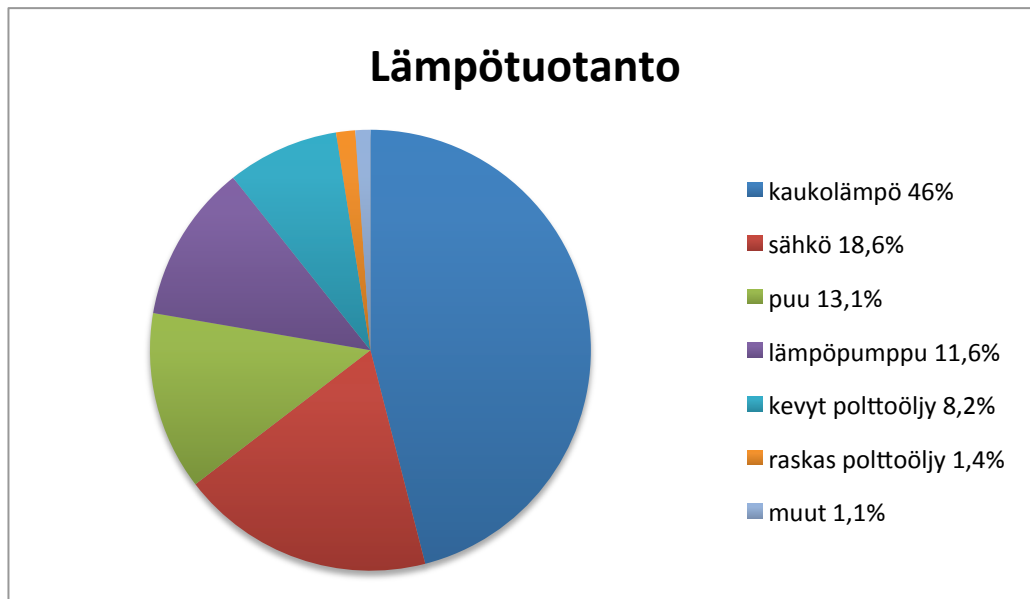
Skanssi- hankkeeseen on päädytty ilmaston lämpenemisen ja siihen liittyvien haasteiden, kuten esimerkiksi saasteiden, johdosta. Päästöttömään aikakauteen siirtymisen kannalta Skanssi- hankkeen tontinluovutusehdot luovat pohjan sille, että rakentaja tulovaisuudessakin sitoutuu käyttämään normaalia enemmän resursseja energiatehokkaisiin ratkaisuihin. Nämä voivat olla taloudellisesti haastavia verrattaessa ennen käytettyihin ratkaisuihin. Tämä luo uudenlaisia haasteita kaikille osapuolille, niin tekniikan kuin taloudenkin puolesta. On kuitenkin ymmärrettävä, että muutoksia tehdessä riskit tulevat aina lisääntymään.

Tontinluovutusehtojen vaikutus tulevaisuuden rakennuksiin muun muassa automaation kannalta on suuri. Rakentajan ja asukkaan oletetaan osallistuvan muutokseen toimimalla uusien ehtojen mukaisesti entistä energiatehokkaammin.

4 KAUKOLÄMPÖ

4.1 Yleistä

Kaukolämmön käyttö aloitettiin Suomessa 1950-luvulla, kuitenkin vasta 1970-luvulla se yleistyi koko maassa. Kaukolämpöä, joka kattaa noin 46 prosenttia lämmitysmarkkinoista, käytetään pääasiassa kaupungeissa ja isoissa taajamissa. Noin 2,7 miljoonaa ihmistä asuu kaukolämpötaloissa. Mitä tiheämpään asutettu alue on ja mitä suuremmat sen rakennukset ovat, sitä taloudellisemmaksi kaukolämpö tulee. Arviolta 95 prosenttia asuinkerrostaloista sekä suuri osa julkisista tiloista ja liikerakennuksista ovat kaukolämmitettyjä. Omakotitaloista vain 7 prosenttia on kaukolämmitettyjä. Kuvassa lämpötuotannon menetelmät energialähteittäin 2014 (<http://energia.fi/kotija-lammitys/kaukolammitys>).



Kaavio 1. Lämmöntuotannon menetelmät (<http://energia.fi/koti-jalammitys/kaukolammitys>).

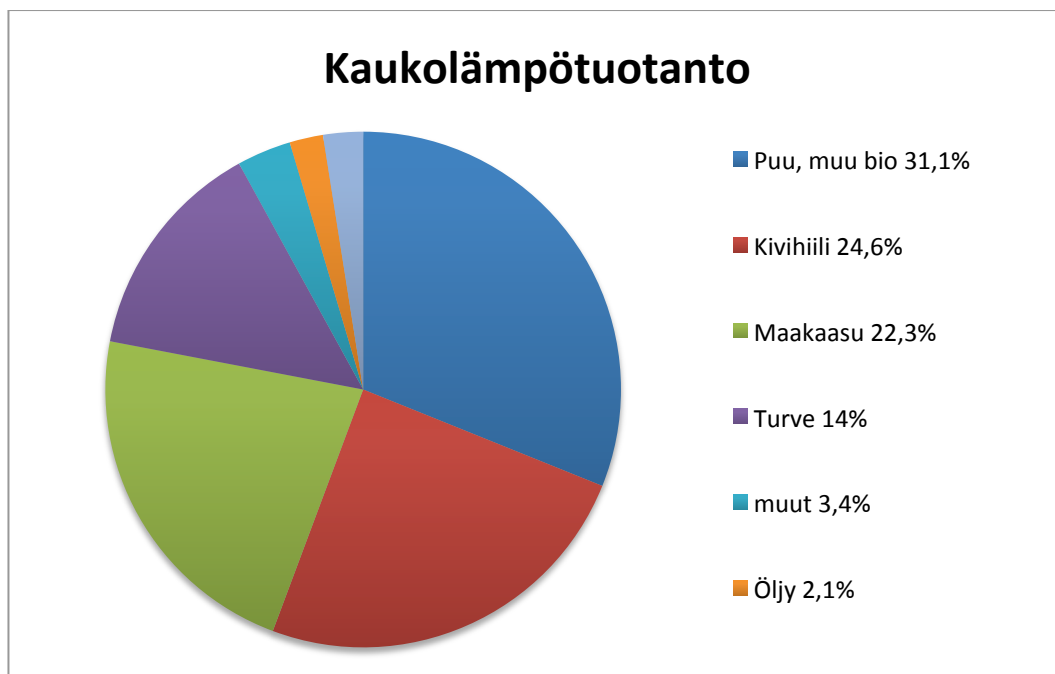
4.2 Toimintaperiaate ja lämmönjakokeskus

Yksinkertaistettuna kaukolämpö siirretään asiakkaalle kuumana vetenä kaksiputkissa kaukolämpöverkossa. Menojohdon kuuma vesi lämmittää lämmönsiirtimen avulla asiakkaan kiinteistön ja käyttöveden. Paluujohdon jäähtynyt vesi palaa lämmön tuottajalle uudelleen lämmitettäväksi. Kaukolämmön vahvuuksiin kuuluu luotettavuus, helppous ja toimintavarmuus. Se onkin vaivaton ratkaisu, eikä vaadi käyttäjältä erityistä teknistä asiantuntemusta.

Lämmönjakokeskus on laitekokonaisuus, joka liitetään kaukolämmönmittauskeskukseen, käyttövesi- ja lämmitysverkostoihin sekä paisuntalaitteisiin. Lämmönjakokeskus sisältää lämmönsiirtimet, meno- ja paluupuolen säätölaitteet, pumput, venttiilit ja putkiston. Asiakas liitetään kaukolämpöverkkoon lämmönjakokeskuksessa olevien lämmönsiirtimien avulla.

4.3 Tuotantomenetelmät

Kaukolämpöä tuotetaan lämpökeskuksissa ja yhteistuotantolaitoksissa. Lämpökeskuksessa tuotetaan ainoastaan lämpöä, kun yhteistuotantolaitoksissa eli CHP-laitoksissa tuotetaan lämmön lisäksi myös sähköä. Vuonna 2014 kaukolämmön tuotanto oli 34,7 TWh, josta CHP-laitoksissa tuotettua oli 25,2 TWh, eli noin $\frac{3}{4}$ kokonaistuotannosta. Kuvassa kaukolämmön tuotantoon käytetyt polttoaineet 2014 (<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/tuotanto-ja-polttoaineet>).



Kaavio2. Kaukolämmöntuotantoon käytetyt polttoaineet (<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/tuotanto-ja-polttoaineet>).

4.4 Asiakkaan ja tuottajan tulevaisuus

Kaukolämmön toiminnallisuus on pysynyt lähes entisellään sen käytön aloituksesta asti. Laitteet ja automaatio ovat kehittyneet merkittävästi, mutta käytännössä tuottaja tuottaa ja asiakas saa maksua vastaan kaukolämpöä kuten alun perin on suunniteltu. Nyt kehittyneen automaation myötä asiakkaalle voidaan tarjota mahdollisuus

säätää ja tarkkailla omaa lämmönkulutusta ja lämmöntuottoa kiinteistöautomaation avulla. Tällä hetkellä Suomessa on noin 140 000 kaukolämpökohdetta, joista noin 90 prosenttia on etäluennassa. Turku Energian jakelualueella kaikki kaukolämmitetyt kiinteistöt ovat tuntikohtaisessa mittauksessa ja etäluennassa. Tämän lisäksi luodaan järjestelmää, jossa asiakas voisi myös myydä tuottamaansa lämpöä kaukolämpöverkkoon (Kaukolämpöön liittyvä liiketoiminta – Energiateollisuus, Kaukolämmön käsikirja).

Kuvittele, että makaat olohuoneen sohvalta kännykkä kädessäsi, selaillet huomisen energiahintoja ja huomaat vuorokauden vaihtuessa lämpöenergian hintojen nousevan. Lasket huomisen sisäilman lämpötilaa asteella tai kahdella ja varaat puhelinsovelluksella paikan huomenna lämpöenergian myyjänä aamukuudesta aamukymmeeneen. Myyt verkkoon joko sillä hetkellä tuottamaasi lämpöä tai mahdollisesti kesällä varastoimaasi.

Mahdollisuudet niin kaukolämmössä kuin muissakin energiamuodoissa ovat kehittyneen automaation ja tietotekniikan myötä rajattomat. Kiristyneiden päästörajoitusten vuoksi tuottajat panostavat uusiutuviin ja vähäpäästöisiin tuotantomuotoihin, hyödyntäen kaikkia automaation mahdollistamia uusia toimintatapoja.

4.5 Älykäs kaukolämpöverkko

Kaukolämmön toimintaympäristössä tulee tapahtumaan tulevaisuudessa isoja muutoksia. Rakennuksiin kohdistuvat erilaiset energiatehokkuustoimet, lämmön talteenottojärjestelmät sekä rakennusten kasvavat sisäiset sähkökuormat muuttavat kaukolämmön kokonaiskulutusta ja kulutusprofiilia. Kaukolämpöjärjestelmän älykkyyttä ja joustavuutta voidaan lisätä kehittyneillä ratkaisuilla. Tällaisia voivat olla esimerkiksi hajautettu tuotanto, lämmön varastointi, vielä reaaliaikaisempi mittaus ja tuotannon optimointi, kulutuksen ohjaus sekä hinnoittelun kehittäminen. Mitatulla datalla tulee olemaan tulevaisuudessa energiayhtiölle suuri strateginen arvo (http://energia.fi/sites/default/files/raportti_kaukoasiakas_20140916.pdf).

Kaikki verkot muuttuvat älykkääseen suuntaan. Näin kuluttaja maksaa vain käyttämästään energiasta ja siirrosta, mutta saa mahdollisuuden valvoa sitä uudella tavalla. Reaaliaikaista kulutusdataa antava järjestelmä kannustaa kuluttajaa säästämään. Älykkäiden energiamittareiden ja seurantajärjestelmän avulla asiakas voi siirtää energiankulutustaan taloudellisempaan ajankohtaan. Kodeissa tulee olemaan energianhallintajärjestelmä, jonka hallintokeskusta voidaan ohjata esimerkiksi mobiililaitteella. Sen avulla voidaan seurata reaaliaikaista kulutusta eri kulutuspisteiden tarkkuudella. Järjestelmää voidaan myös automatisoida tai ohjelmoida helpottamaan käyttäjää (Mäki s. 8-12).

Älykästä kaukolämpöverkkoa edellä ja suunnannäyttäjänä on älykäs sähköverkko, jonka toimintoihin kuuluvat seuraavat:

- älykäs sähkömittaus
- sähkön siirtoon liittyvä palvelujärjestelmä ja
- kaksisuuntainen sähköverkko.

Tuuli –ja aurinkoenergian sekä muun hajautetun tuotannon lisääntymisen myötä joudutaan miettimään uusia ratkaisuja, sillä kulutus muuttuu koko ajan epätasaisemmaksi. Hajautettu tuotanto tuottaa haasteita jokaiselle energiamuodon tuotannolle.

4.6 Matalalämpöinen verkko

Nykypäivän ja tulevaisuuden matala- ja nollaenergiatalot vähentävät asiakaskohtaista kaukolämpöenergian tarvetta. Uudet pientaloalueet saattavat jäädä kokonaan kaukolämpöverkon ulkopuolelle, jos vaihtoehdotiset lämmitysratkaisut osoittautuvat riittävän luotettaviksi. Tästä johtuen kaukolämpöverkkoon tulee lisätä uusia lenkkejä, niin sanottuja matalalämpöverkkoja, jotka eivät ole suoraan yhteydessä tavalliseen korkealämpöisempään verkkoon. Lenkit on yhdistetty pääverkkoon lämmönvaihtimin. Matalalämpöverkon avulla lämpöä tuottava asiakas on helpompi liittää osaksi verkkoa (Kaukolämpöön liittyvä palveluliiketoiminta – Energiateollisuus, energia.fi/julkaisut/70).

Skanssin hankkeessa tullaan toteuttamaan juuri tämän tyyppinen matalalämpöinen kaukolämpöverkko, jossa alueen verkon lämpötila pudotetaan riittävän alas, jotta asiakas on helpompi liittää myös tuottajaksi. Suomessa kaukolämpöverkoissa virtaavaan veden lämpötila vaihtelee 65 – 115 asteen välillä. Mitä enemmän veden korkeaa lämpötilaa saadaan pudotettua alas, sitä vähemmän syntyy lämpötilahäviöitä. Lämpötilan on kuitenkin oltava vähintään 65 astetta (Kaukolämpöön liittyvä palveluliiketoiminta – Energiategollisuus, energia.fi/julkaisut/70).

4.7 Huoneistokohtainen energianmittaus

Huoneistokohtaista energian- ja vedenkulutuksen mittausta on voimakkaasti painotettu energiansäästöjen sekä oikeudenmukaisen laskutusperiaatteen vuoksi, jolloin asiakas maksaa juuri sen verran kuin energiaa tai vettä käyttää. Seurantavastuu siirtyy yhä enemmän asiakkaalle itselle. Asukkaat pystyvät jokapäiväisellä käyttäytymisellään vaikuttamaan huoneistoenergiankulutukseen ja muutokset näkyvät suoraan energian säästönä (Mäki 2013, 8-12).

Huoneistokohtainen sähkön- ja vedenmittaus on ollut helppo toteuttaa, kun taas huoneistokohtainen lämmönmittaus on energianmittauksista haastavin, sillä mittaustulosten käyttäminen laskutuksessa on vaikeaa. Suomessa huoneistokohtaisen mittauksen ja laskutuksen käyttöönotossa ovat puhuttaneet huoneistojen sijainnista johtuva eriarvoisuus ja huoneistojen välisten lämpövirtojen vaikutus energiankulutukseen. Esimerkiksi Sveitsissä sijainnin vaikutus otetaan huomioon laskutuksessa sijaintikerroimella (VTT – Selvitys huoneistokohtaisten lämpömittareiden ja lämmityskustannusten jakolaitteiden edellytyksistä Suomessa).

Kaukolämpöenergian kulutuksen mittaus vaatii vesivirtaaman sekä tulo- ja paluuvien lämpötilojen mittausta. Kaukolämpömittari sisältää virtausanturin, lämpötilaanturit sekä lämpömäärälaskimen. Lämpömääränlaskin laskee energian määrän virtausanturilta saatavan massavirran ja lämpötila-antureilta saatavien lämpötilojen perusteella ottaen huomioon veden ominaislämpökapasiteetin (<http://energia.fi/koti-jalammitys/kaukolammitys/kaukolammon-mittaus>). Kaksisuuntaisen kaukolämmön

toteutuessa vaaditaan myös paluu- tai menoveden putkistorakenteeseen muutos, koska virtausanturien toteutus on näin helpompaa. Putkistorakenteen muutos on esitetty kuvassa virtauksen mittaus (Kuva 9).

4.8 Hajautettu tuotanto

4.8.1 Yleistä

Älykäs kaukolämpöverkko ei pidä vielä sisällään kaksisuuntaisominaisuutta. Tulevaisuudessa kaukolämpöverkon hajautettu tuotanto tulee kuitenkin lisääntymään ja kaksisuuntaisuus tulee yleistymään. Skanssi-hankkeessa kuluttajien todennäköisimmät lämmöntuotantomenetelmät ovat lämpöpumput ja aurinkolämpö. Alueelle tutkitaan myös mahdollisuuksia energian varastointiin.

4.8.2 Lämpöpumput

Maaperään ja vesistöihin varastoituu auringon säteilystä peräisin olevaa lämpöä, jota voidaan pumpata hyötykäyttöön lämpöpumppujen avulla. Lämpöpumpun toiminta perustuu lämpötilaeroon lämmönlähteen ja lämmityskohteen välillä. Maalämpöpumpulla lämmönlähteestä saatu lämpöenergia nostetaan kompressorin avulla lämmönkäyttökohteessa vaadittavalle tasolle. Vaikka lämpöpumppu käyttää käytännössä ilmaista lämpöenergiaa tarvitsee se toimiakseen sähköä, mikä vaikuttaa pumpun kokonaishyötysuhteeseen (<http://energia.fi/koti-ja-lammitys/sahkolammitys/lampopumput>).

4.8.3 Aurinkolämpö

Aurinkoenergian hyödyntämismahdollisuudet aurinkokeräimillä ajoittuvat helmikuun ja marraskuun väliselle jaksolle. Käytössä on kaksi erilaista teknologiaa, taso-

ja tyhjiöputkitekniologia. Aurinkokeräimillä voidaan tuottaa 60-90°C-asteista vettä, mikä on useimmissa asuintaloissa riittävä käyttöveden tarpeisiin. Lähtökohtaisesti aurinkolämpö ei sovellu kohteen ainoaksi lämmitysratkaisuksi johtuen juuri sen rajallisesta saannista talvikuukausien aikana. Lämpöakkua voidaan käyttää tasaamaan lämmöntuotannon vaihteluja, mutta akkujen tekniologia ei vielä ole tarpeeksi kehittyntä taloudellisen ympärivuotisen varastoinnin saavuttamiseksi.

5 LIKETOIMINTA

5.1 Yleisesti

Kaukolämpöliiketoimintaa ei Suomessa ole säännelty erityislainsäädännöllä, vaan liiketoiminta perustuu osapuolten välisiin sopimuksiin. Suomessa kaukolämmön tuottajat päättävät itse kuluttajahinnoista, mutta kilpailu- ja kuluttajavirasto valvoo kaukolämpömarkkinoita kilpailulain (948/2011) perusteella. Kaksisuuntaista kauppaa voikin harjoittaa hyvin monenlaiset tuottajat. Tyypillisiä ostettavan lämmön lähteitä ovat teollisuus, erilaiset prosessit, asiakkaiden kiinteistöissä syntyvä ylijäämä- lämpö sekä tässä projektityössä merkittävin, eli asiakkaan tuottama lämpö.

5.2 Hinnan muodostuminen

Tällä hetkellä Suomessa kaukolämmön hinnoittelu jakautuu seuraavasti: liittymismaksu, tehomaksu sekä energiamaksu. Asiakas maksaa verkkoon liittyessään liittymismaksun, jonka suuruus riippuu energiayhtiön järjestelmän investointikustannuksista ja kiinteistön varaamasta liittymistehosta. Käyttömaksut muodostuvat energiamaksusta ja tehomaksusta. Tehomaksu määräytyy kiinteistön tilaaman liittymistehon mukaisesti, kun taas energiamaksun suuruuteen vaikuttavat käytetyt polttoaineet ja lämmönhankinnan muut muuttuvat kustannukset.

Kaksisuuntaisen lämpökaupan energiakomponentin hinta määriteltäisiin käytettävissä olevien tuotantomuotojen kustannusten, ulkolämpötilan ja sitä vastaavan lämmöntarpeen mukaan.

5.3 Kysyntäjousto

Kysyntäjoustolla tarkoitetaan energiankäytön siirtämistä korkean kulutuksen ja hinnan tunneilta edullisempaan ajankohtaan tai käytön hetkellistä muuttamista tehotasapainon hallinnan tarpeisiin. Kysyntäjoustolla pyritään vaikuttamaan kaukolämpöasiakkaiden ajalliseen käyttäytymiseen siten, että koko energiajärjestelmän tasolla saavutettaisiin säästöjä tai muita hyötyjä. Sitä ei kuitenkaan pidä sekoittaa perinteisiin energiatehokkuustoimiin, energian säästöön tai energian kysynnän rajoituksiin. Kysyntäjoustossa itse lämpöenergiaa ei välttämättä säästy, vaan tavoitteena on lämmöntulituksen ajallinen siirto koko kaukolämpöjärjestelmän kannalta optimaalisemmaksi (Energiateollisuus – kaukolämmön kysyntäjousto; <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/Kysyntajousto/Sivut/default.aspx>).

Päivätasolla lämmöntarpeessa havaitaan yleensä kaksi huippua, aamulla ja iltapäivällä, jotka aiheutuvat lämpimän käyttöveden tarpeesta sekä ilmanvaihtokoneiden käynnistymisestä. Ulkolämpötilan suuret vuorokausivaihtelut kevät- ja syysaikana näkyvät lämmönkysynnässä pudotuksena keskipäivällä kun lämpötilan kohoaminen ja mahdollinen auringonpaiste lämmittävät rakennuksia. Kulutuksen vaihtelut aiheuttavat lisäkustannuksia kaukolämpöjärjestelmälle ja heikentävät sen tehokkuutta. Esimerkiksi toimistorakennusten osalta kaukolämpöasiakkaita voidaan automatiikan avulla ohjata käyttämään lämpöenergiaa yöaikana, jolloin lämpöenergiaa varastoituu rakennukseen, mikä vähentää lämpöenergian kysyntää aamuhuipun aikana. Kun hetkellisen kaukolämpötehon kysyntää saadaan ohjailtua tarpeeksi suuren rakennus- tai asiakasmassan osalta, mahdollistaa se kaukolämmön tuottamiseen käytetyn energiantuotannon optimoinnin.

Kaukolämpötoiminnan kannattavuus perustuu pääosin edullisen peruslämmön toimittamiseen, kun taas kuormitushuippujen tuottaminen on vähemmän kannattavaa.

Kaukolämmön toimittaja vastaa kuitenkin aina tarvittavasta tehosta kylmimpinäkin aikoina (Energiateollisuus – kaukolämmön kysyntäjousto; <http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/Kysyntajousto/Sivut/default.aspx>).

6 KYTKENNÄT

6.1 Vaihtoehtoista

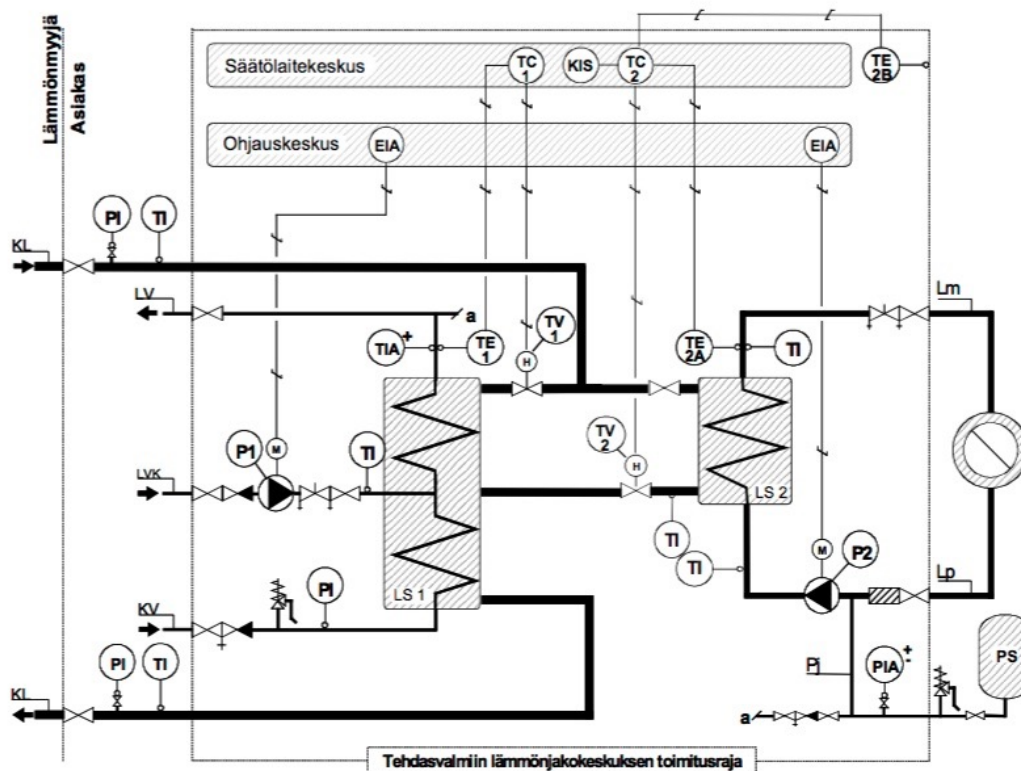
Suomessa on laadittu kaukolämmön liitännävaihtoehtoja riippuen rakennuksen tyy-
pistä. Kuitenkaan yksikään olemassa oleva liitännävaihtoehto ei ota huomioon asia-
kasta lämmöntuottajana. Liitännävaihtoehdot voidaan siis jakaa suoraan kahteen
ryhmään: olemassa olevat ja tulevat. Seuraavassa esitellään muutama esimerkki ole-
massa olevista liitännävaihtoehtoista (peruskytkenät 1 ja 2 sekä pientalokytkenä) ja
mahdollisesti toteutettavissa oleva kytkentä, jossa otetaan asiakkaan asema myös
tuottajana huomioon.

6.2 Kaukolämmön kytkenät

6.2.1 Kaukolämmön peruskytkenät

Peruskytkenä 1 (Suomen Kaukolämpö Ry)

Peruskytkenää käytetään uusissa asuinrakennuksissa, joissa käyttöveden mitoitus-
teho on yli 220 kW. Mitoitusteho voi olla minimissään 120kW ja paluulämpötila mi-
toitusvaiheessa yli 45 astetta.



Kuva 3. Peruskytkentä 1 (Energiateollisuus ry – Kaukolämmön käsikirja).

Kytkenäkaavion selitys

Lämpimän käyttöveden lämpötilan säätö:

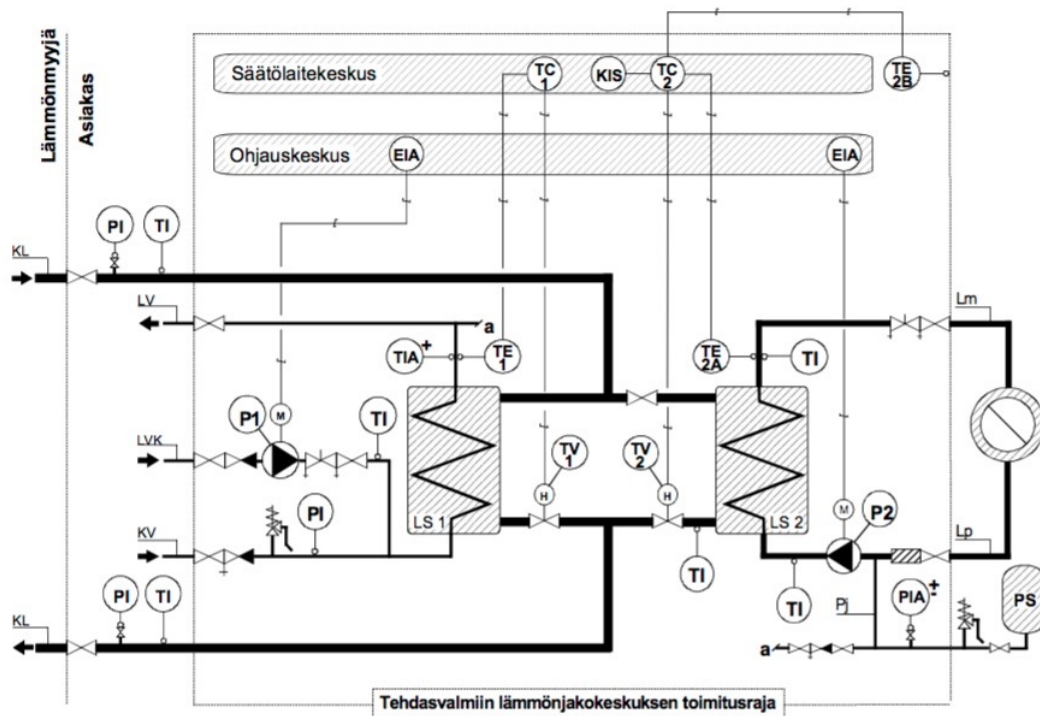
Säätökeskus TC1 ohjaa säätöventtiiliä TV1 käyttöveden lämpötilan tuntoelimen TE1 mittausarvon perusteella pitäen käyttöveden lämpötilan säätökeskuksen asetusarvon mukaisen. Ohjearvo 55 astetta.

Lämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätö:

Säätökeskus TC2 ohjaa säätöventtiiliä TV2 menoveden lämpötilan tuntoelimen TE2A ja ulkoilman lämpötilan tuntoelimen TE2B mittausarvojen perusteella pitäen lämmitysverkostoon lähtevät menoveden lämpötilan säätökeskuksen asetusarvojen mukaisena.

Peruskytkentä 2 (Suomen Kaukolämpö Ry)

Käyttöveden mitoitustehon tulee olla välillä 120-220 kW ja paluulämpötila mitoitusvaiheessa alle 45 astetta.



Kuva 4. Peruskytkentä 2 (Energiateollisuus ry – Kaukolämmön käsikirja).

Kytentäkaavion selitys

Lämpimän käyttöveden lämpötilan säätö:

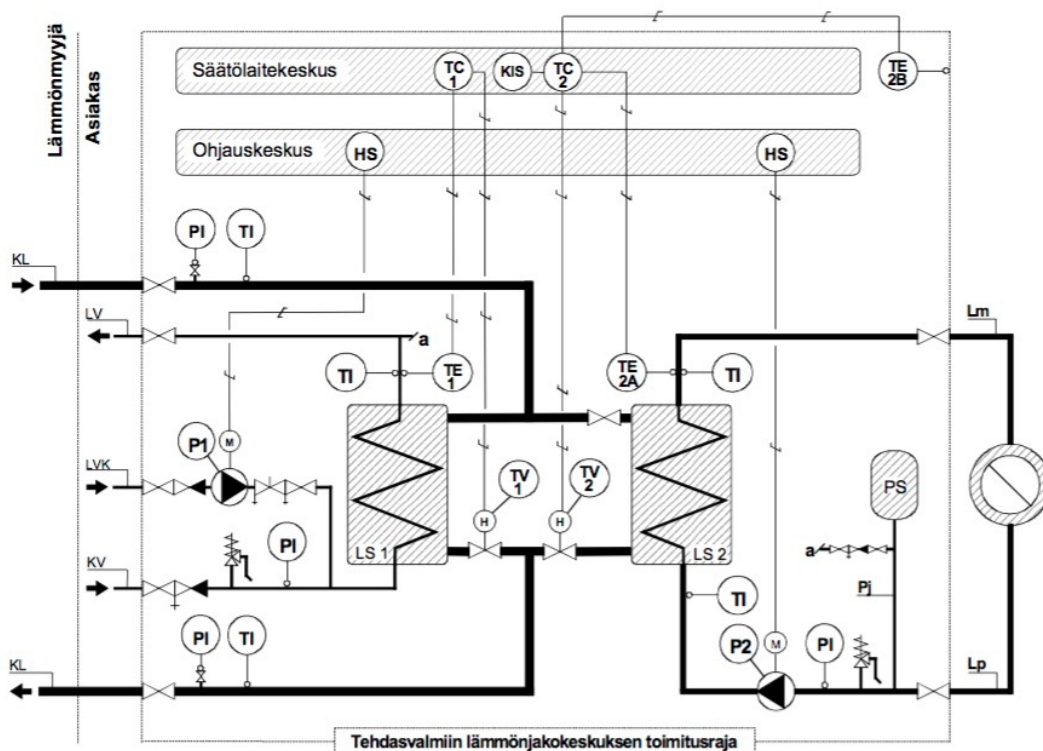
Säätökeskus TC1 ohjaa säätöventtiiliä TV1 käyttöveden lämpötilan tuntoelimen TE1 mittausarvon perusteella pitäen käyttöveden lämpötilan säätökeskuksen asetusarvon mukaisena. Ohjearvo 55 astetta.

Lämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätö:

Säätökeskus TC2 ohjaa säätöventtiiliä TV2 menoveden lämpötilan tuntoelimen TE2A ja ulkoilman lämpötilan tuntoelimen TE2B mittausarvojen perusteella pitäen lämmitysverkostoon lähtevät menoveden lämpötilan säätökeskuksen asetusarvojen mukaisena.

Pientalokytentä (Suomen Kaukolämpö Ry)

Pientalokytentää käytetään asuinrakennuksissa, joissa käyttöveden mitoitusteho on enintään 120kW tai mitoituslaajuus enintään kuusi (6) asuntoa.



Kuva 5. Pientalokytentä (Energiateollisuus ry – Kaukolämmön käsikirja).

Kytentäkaavion selitys

Lämpimän käyttöveden lämpötilan säätö:

Säätökeskuksesta TC1 ohjataan säätöventtiiliä TV1 käyttöveden lämpötilan tuntoelimen TE1 mittausravon perusteella pitäen käyttöveden lämpötilan säätökeskukseen asetusarvon mukaisena. Ohjearvo 55 astetta.

Lämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätö:

Säätökeskuksesta TC2 ohjataan säätöventtiiliä TV2 menoveden lämpötilan tuntoelimen TE2A ja ulkoilman lämpötilan tuntoelimen TE2B mittausravojen perusteella pitäen lämmitysverkostoon lähtevän menoveden lämpötilan säätökeskukseen asetusarvojen mukaisena.

Symbolitaulukko

(Suomen Kaukolämpö Ry)

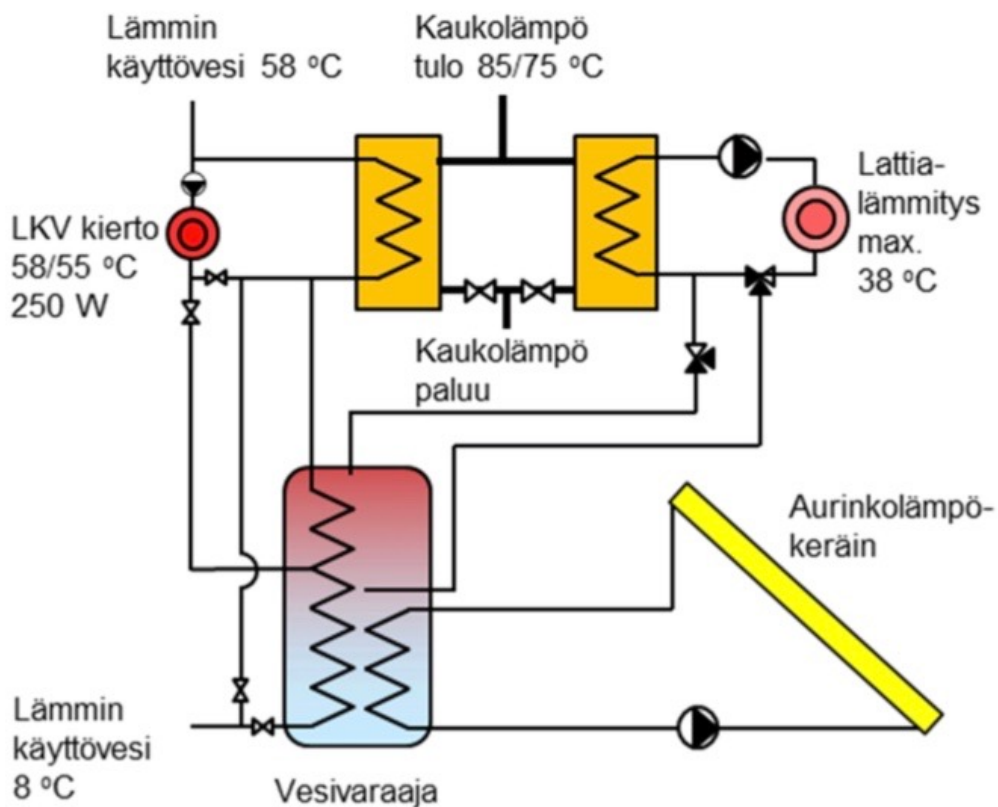
Symboli	Mer- kintä	Nimitys	Symboli	Mer- kintä	Nimitys	
	LS	Lämmönsiirrin		L	Lämmönluvutin (lämmitysverkosto)	
	TV	Säätöventtiili (2-tie), automaatti- ja käsiohjaus		Pa	Lämmityspatteri	
	TV	Säätöventtiili (3-tie), automaatti- ja käsiohjaus		SP	Sulku-/säätöpelti	
	TV	Magneettiventtiili		F	Puhallin (ja moottori)	
		Pumppu (ja moottori)				
	PS	Paisuntasäiliö		VV	Varoventtiili	
		Sulkuventtiili		TI	Lämpömittari	
		Yksisuuntaventtiili		TIA	Lämpömittari häilytyksellä	
		Kertasäätöventtiili paineenmittaus- yhtein		PI	Painemittari	
		Ryhmäventtiili (sulku + koestus- yhde + yksisuunta)		PIA	Painemittari häilytyksellä	
		Ryhmäventtiili (sulku + koestus- yhde + yksisuunta + sulku)		TE	Lämpötilan tuntoelin	
		Lianerotin		TE ⁺	Lämpötilan tuntoelin (rajoitus)	
		Sähköinen viestijohto		TC	Säätökeskus	
		Hydraulinen viestijohto		KIS	Aikakytkin	
		Kaukolämpöjohto		HS	Kytkin	
		Lämpöjohto meno		EIA	Relekytkin (näyttö + hälytys)	
		Lämpöjohto paluu		EY	Ohjausrele	
		Lämminvesiputki		FG	Peltimoottori	
		Lämminvesikiertoputki		TAH	Jäätymissuojatermostaatti	
		Kylmävesiputki		Ryhmä- nume- rointi	1	Käyttövesi
		Paisuntaputki			2	Lämmitys
		Ilmakanava			3	Ilmanvaihto

Taulukko 1. Symbolitaulukko (Kaukolämmön käsikirja – Kaukolämmön käsikirja).

Aurinkolämpökytkentä

Aurinkolämpöä käytettäessä todennäköisimmät käyttövaihtoehdot on kytkeä se joko pelkästään käyttöveden lämmitykseen tai myös tilojen lämmitykseen. Aurinkolämpökeräimet kytketään joko kaukolämmön primääri- tai sekundääripuolelle, suoraan tai lämpövaraajan välityksellä.

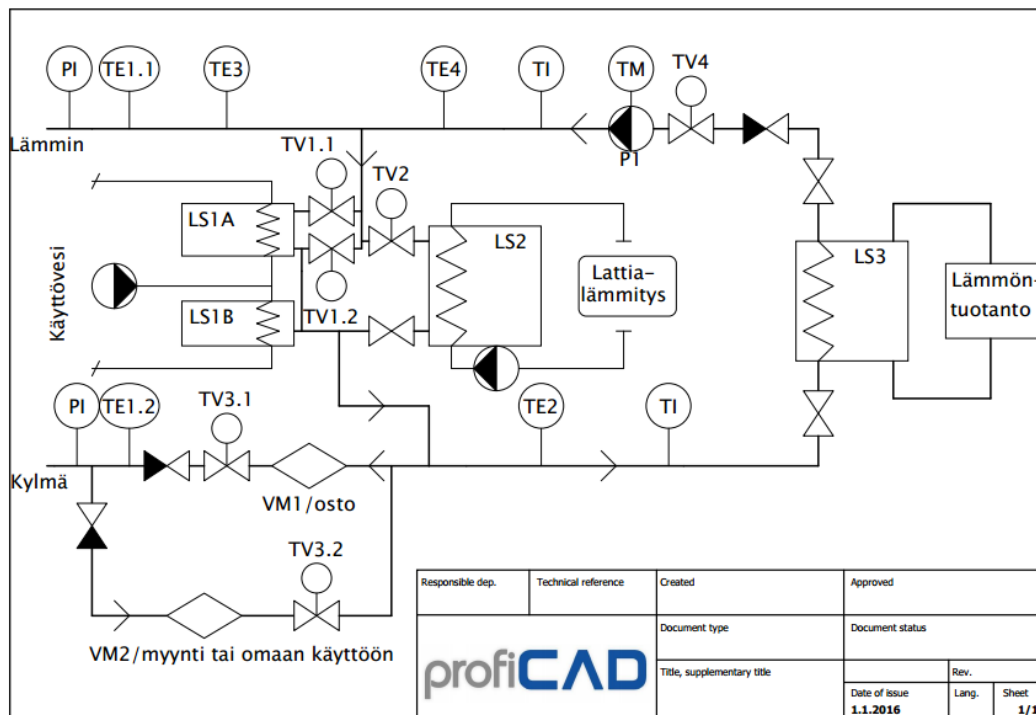
Alla olevassa kuvassa on pientaloille suositeltu varaajakytkentä, jossa aurinkolämpö toimii lämminvesivaraajan lämmittäjänä. Aurinkolämpöjärjestelmän pumppua ohjataan aurinkokeräimien ja lämpövaraajan lämpötilaeron perusteella.



Kuva 6. Aurinkolämpökytkentä (VTT – Loppuseminaari 16.10.2014, Tulevaisuuden kaukolämpöasuinalueen energiaratkaisut, Jorma Heikkinen).

6.2.2 Kaksisuuntaisen kaukolämmön kytkennät

Kytkentäkokonaisuus

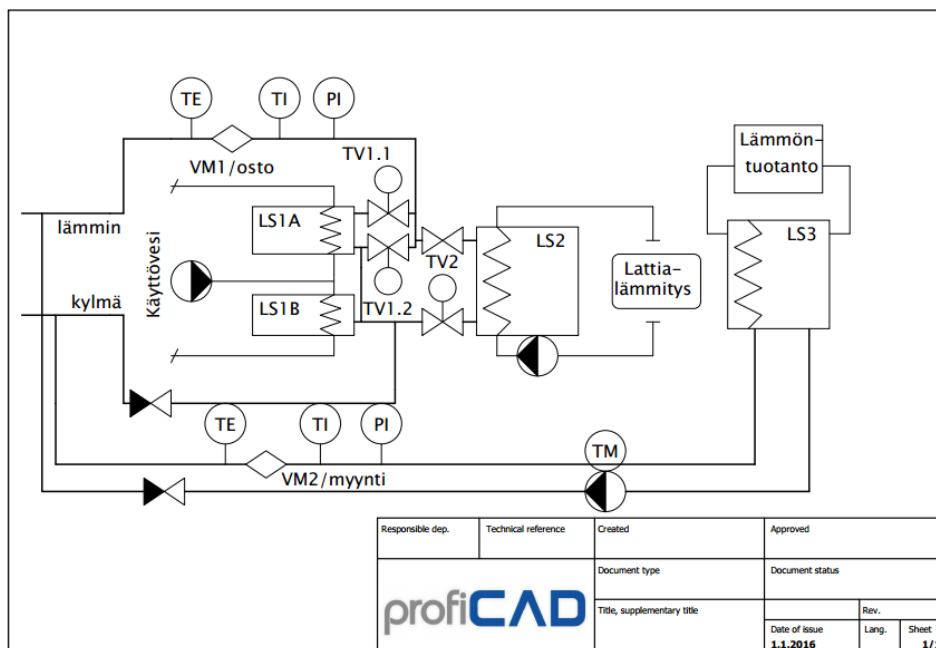


Kuva 7. Kaksisuuntainen kytkentäkokonaisuus tapa 1.

Säätökeskuksesta ohjataan säätöventtiilejä TV1.1 ja TV1.2 käyttöveden lämpötilan tarpeen mukaan.

Säätökeskuksesta ohjataan säätöventtiiliä TV2 lämmitysverkoston tarpeen mukaan. Ostotilanteessa käyttöveden ja lämmitysverkoston lämmitykseen käytetään ostettua lämpöä kaukolämpöverkosta (Kuva 12).

Myyntitilanteessa, jolloin LS3:lta saatava lämpötila on riittävän korkea, taajuusmuuttaja nostaa pumpun P1 painetta riittävän ylös, jotta se voittaa kaukolämpöverkossa olevan paineen. Paine-eron voitettuaan kääntyy verkoston virtaussuunta (Kuva 13).



Kuva 8. Kaksisuuntainen kytkentäkokonaisuus tapa 2.

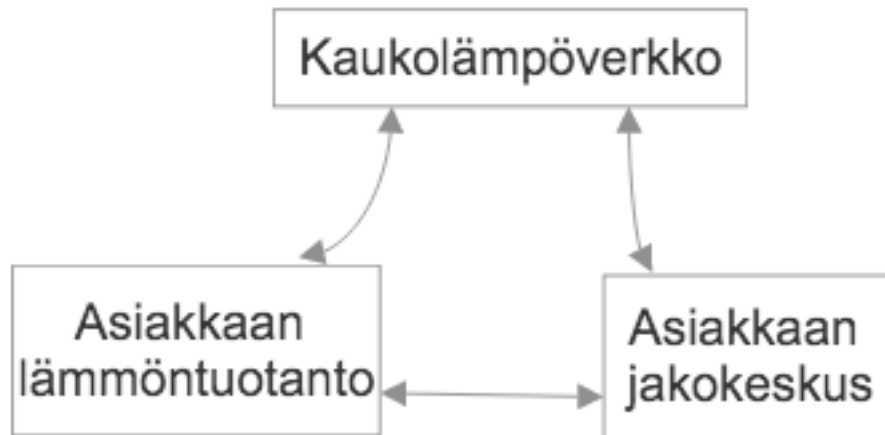
Säätökeskuksesta ohjataan säätöventtiilejä TV1.1 ja TV1.2 käyttöveden lämpötilan tarpeen mukaan.

Säätökeskuksesta ohjataan säätöventtiiliä TV2 lämmitysverkoston tarpeen mukaan. Ostotilanteessa käyttöveden ja lämmitysverkoston lämmitykseen käytetään ostettua lämpöä kaukolämpöverkosta (Kuva 14).

Myyntitilanteessa, jolloin LS3:lta saatava lämpötila on riittävän korkea, taajuusmuuttaja nostaa pumpun P1 painetta riittävän ylös, jotta se voittaa kaukolämpöverkossa olevan paineen. Paine-eron voitettuaan kääntyy verkoston virtaussuunta (Kuva 15).

Kaksisuuntaisuuden toteuttamiseksi vaaditaan kolme ohjausjärjestelmää, jotka keskustelevat reaaliaikaisesti keskenään. Ohjausjärjestelmien välisen tiedonsiirron avulla tiedetään aina kuka tarvitsee lämpöenergiaa ja kuka sitä pystyy milläkin hetkellä tuottamaan. Tiedonsiirron tarpeen vuoksi Turku Energialta tulee valokuitukaapeli jokaiseen kiinteistöön Skanssin alueella. Kaapelin kautta valvotaan asiakkaiden energiankäyttöä. Valvontajärjestelmän logiikka sijaitsee Skanssissa, järjestelmää ohjataan etäyhteyden avulla. Alueelle tulevien ohjausjärjestelmien avulla ohjataan kau-

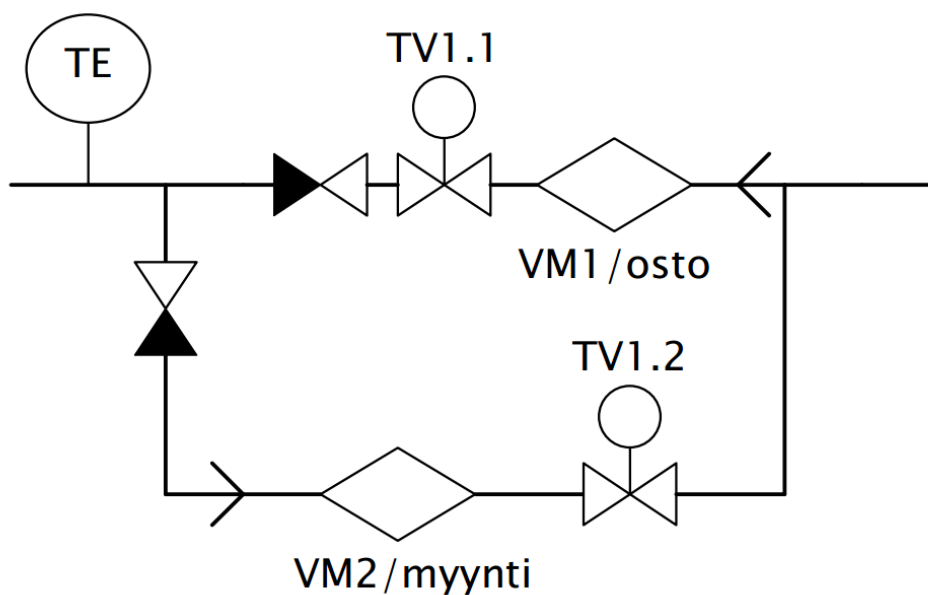
kolämmön myyntiä ja ostoa. Sekä ohjataan sitä kuka milloinkin saa syöttää lämpöä verkkoon ja mihin hintaan. Lämmön hintaan vaikuttavat monet eri tekijät, hetkellisesti suurin muuttuja on lämpötila.



Kaavio 3. Ohjausjärjestelmät

Kaksisuuntainen energianmittaus

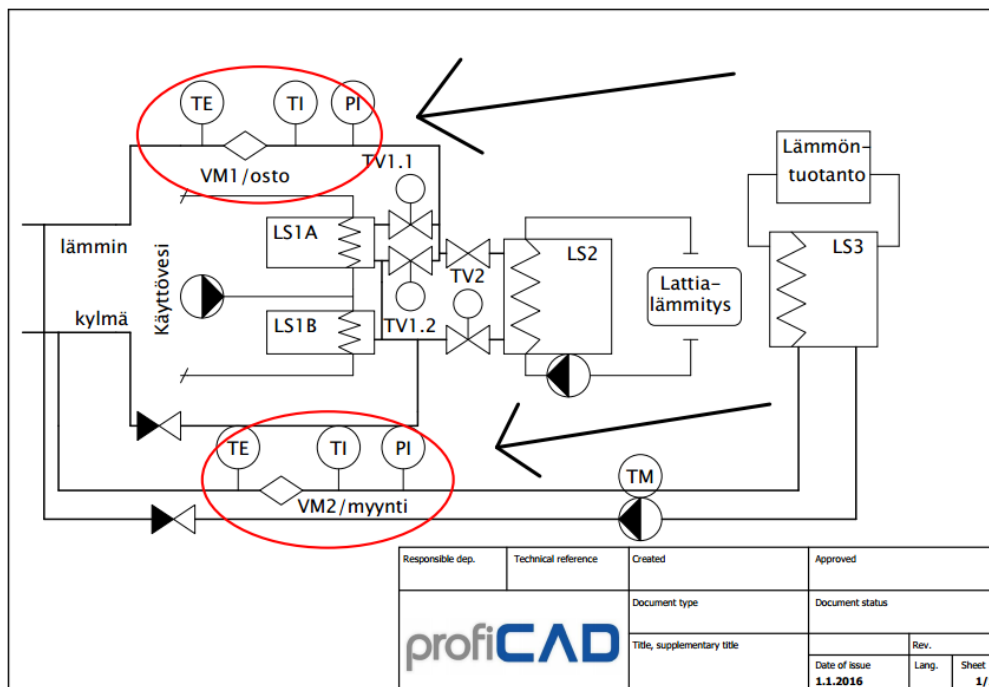
Kuvassa (Kuva 19) yksi tapa kaksisuuntaisen kaukolämpöverkon energianmittaus. Virtausmittaus voidaan toteuttaa meno- tai paluupuolelle, mutta vasta kokemusten perusteella voidaan sanoa kumpi puoli on suositeltava. Kuvassa kytkentä toteutettu paluupuolelle. Putkistoon on tehtävä kuvatus mukainen muutos saatavilla olevien virtausmittarien vuoksi, koska ne pystyvät mittaamaan vain yhteen suuntaan. Energiayhtiö vastaa kaukolämpöön liittyvistä mittauksista. Nuolet kuvaavat virtaussuuntaa osto- ja myyntitilanteessa. Jos halutaan välttää ylimääräisten suuntaventtiilien käyttöä, voidaan energianmittaukset toteuttaa meno- ja paluuputkissa (Kuva 10).



Kuva 9. Kaksisuuntainen energianmittaus tapa 1.

VM1 mittaa kulutettua virtaamaa, lämpötila-anturit lämpötilaeroa paluu- ja menoputkien välillä. Ensisijaisesti tuotettu energia käytetään itse. Säätoventtiili TV1.1 ohjaa ostoenergiaa. Yksisuuntaventtiili estää virtauksen väärään suuntaan.

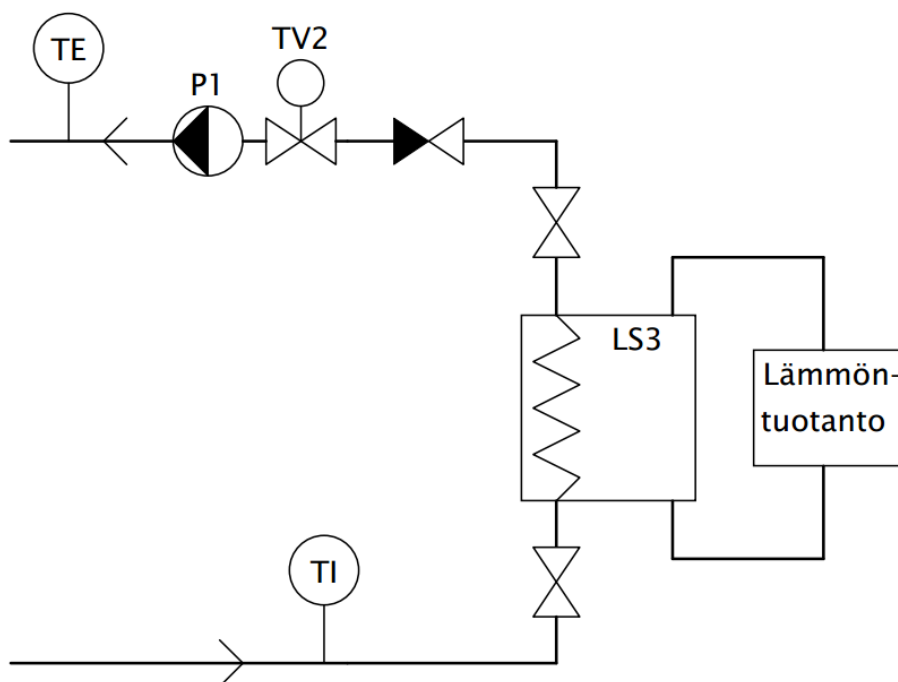
VM2 mittaa verkostoon tuotettua energiaa, lämpötila-anturit lämpötilaeroa paluu- ja menoputkien välillä. Säätoventtiili TV1.2 toimii tehon rajoittimena ja kuristaa virtausta jos verkoston energiantuottoa on rajoitettava. Syitä rajoittamiseen voivat olla lämpötila tai paine. Yksisuuntaventtiili estää virtauksen väärään suuntaan.



Kuva 10. Kaksisuuntainen energiamittaus tapa 2.

Ulkoisen lämmöntuotannon kytkentä

Ulkoisen lämmönlähde voidaan kytkeä talon kaukolämpöverkoston kuvan(kuva10) mukaisesti.

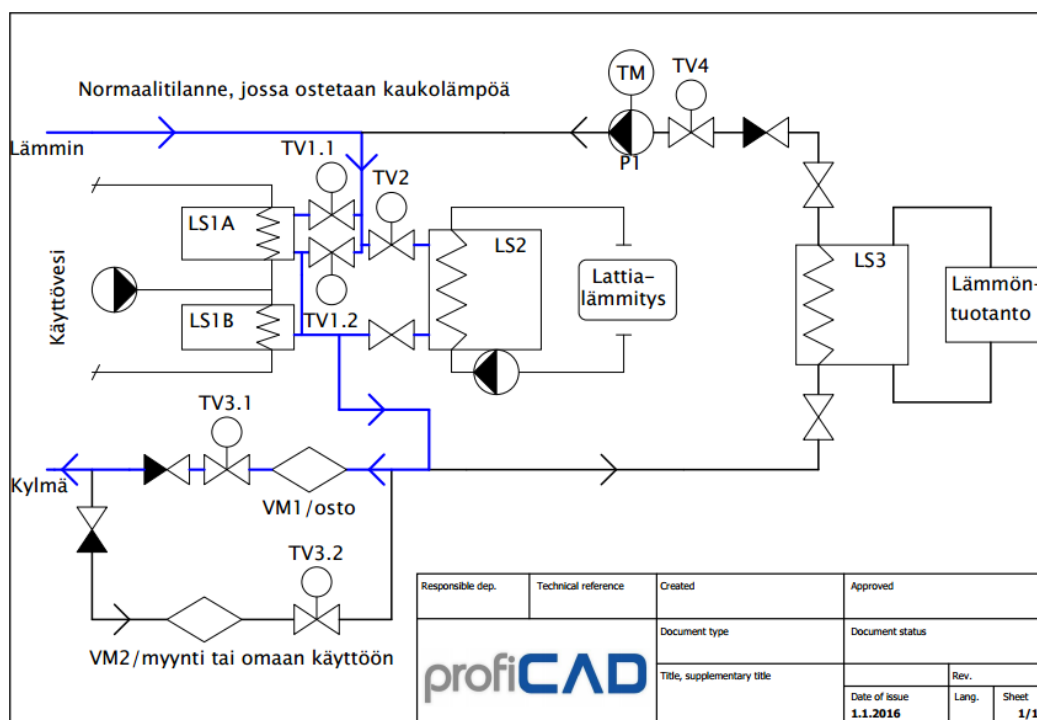


Kuva 11. Ulkoisen lämmöntuotannon kytkentä lämmönsiirtimen avulla.

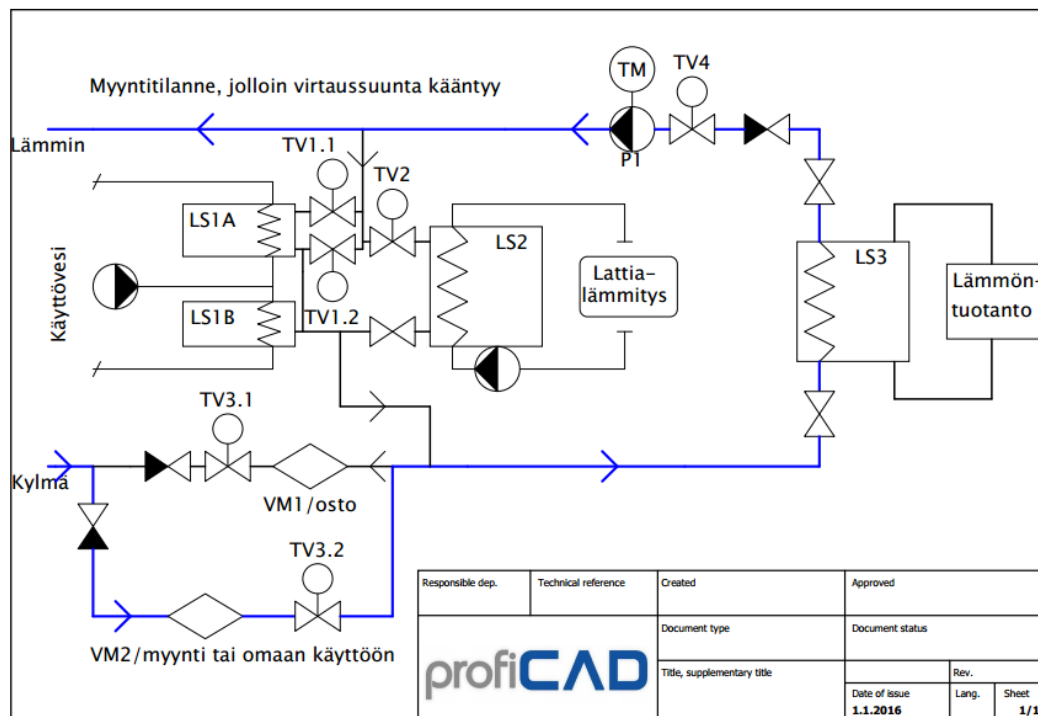
Lämpöä tuottaessa taajuusmuuttaja säätää pumpun P1 painetta ja säätöventtiilin TV2 avulla voidaan säätää virtausta. Tuotettu lämpö ajetaan ensisijaisesti omaan käyttöön, energiantuotannon ollessa tarpeeksi suurta pystytään pumpulla ajamaan myös kaukolämpöverkkoon. Silloin pumpun P1 on voitettava kaukolämpöverkon paine ja lämpötilan oltava korkeampi kuin kaukolämpöverkossa vallitseva lämpötila.

Virtaukset myynti- ja ostotilanteissa

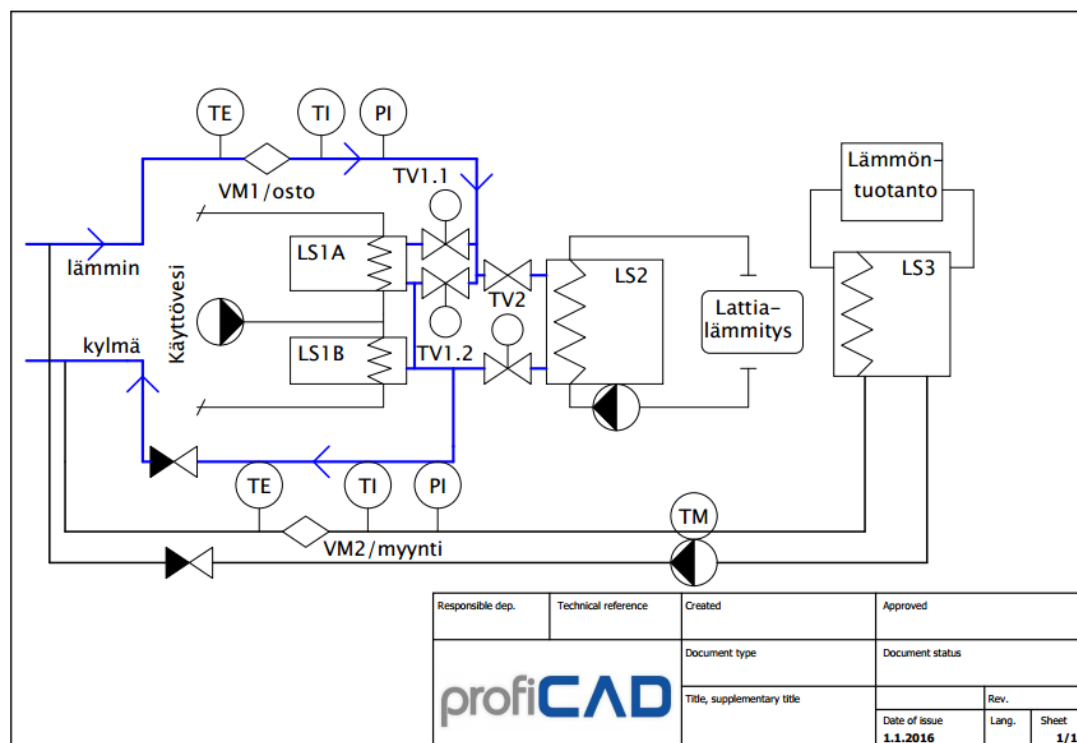
Alla olevissa kuvissa (Kuva 12, Kuva 13, Kuva 14, Kuva 15) on kuvattuna virtausten suunnat tavallisissa kaukolämmön osto- ja myyntitilanteissa. Sininen väri ja nuolet kuvaavat reittiä.



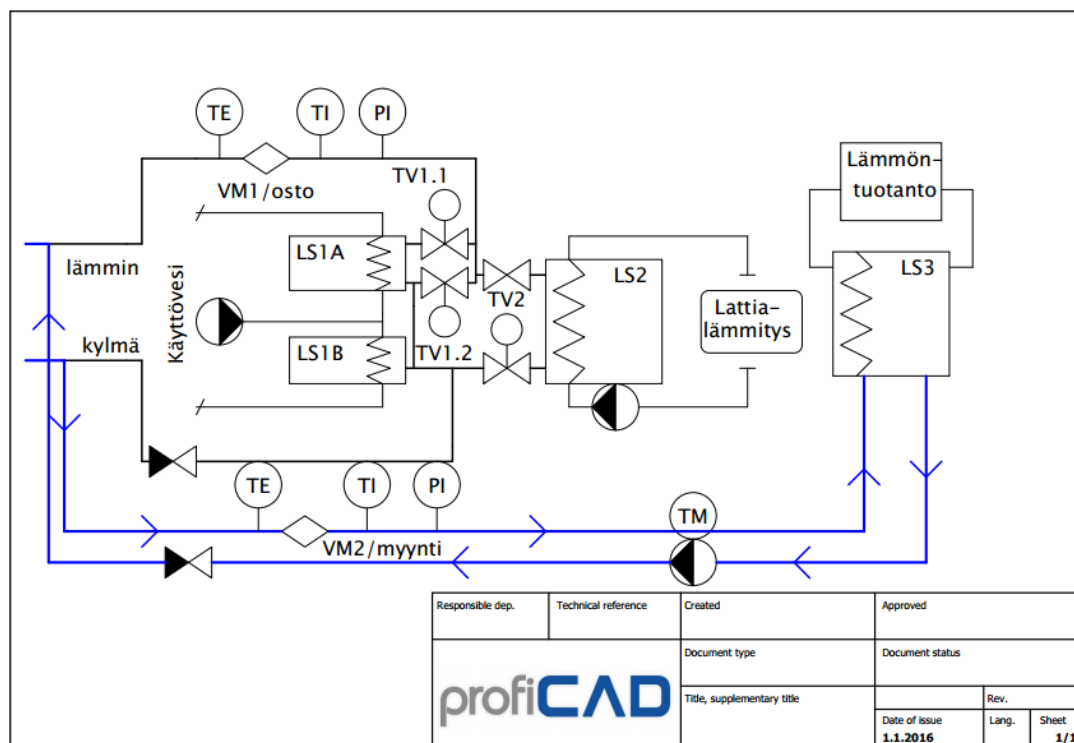
Kuva 12. Virtaussuunta kaukolämmön ostotilanteessa, kytkentätapa 1.



Kuva 13. Virtaussuunta kaukolämmön myyntitilanteessa, kytkentätapa 1.



Kuva 14. Virtaussuunta kaukolämmön ostotilanteessa, kytkentätapa 2.



Kuva 15. Virtaussuunta kaukolämmön myyntitilanteessa, kytkentätapa 2.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Turku Energia on Turun Skanssiin valmistuvan uuden asuinalueen ympärille luodun Skanssi –hankkeen yksi toimijoista. Opinnäytetyön aiheena oli selvittää kaksisuuntaisen kaukolämmön, ja siihen liittyvien kytkentöjen, mahdollisuutta alueella. Muutamia kokeiluluontoista projektia lukuun ottamatta kaksisuuntaista kaukolämpöä ei ole käytössä sovellettu vielä kovinkaan laajassa mittakaavassa, joten valmiita kytkentöjä kaksisuuntaisuuteen ei ole ollut saatavilla.

Tulevaisuudessa kaukolämpöliiketoiminta voi toimia kuten sähköliiketoiminta tällä hetkellä. Asiakkaalle luodaan kehittyneen teknologian myötä mahdollisuus osallistua kaukolämmön tuottamiseen ja tätä kautta myös osallistumaan lämpökauppaan. Kehittynyt teknologia luo myös asiakkaalle entistä tehokkaamman tavan seurata energiankulutustaan reaaliaikaisesti, minkä johdosta energiankulutusta pystyy pudottamaan ja vaikutukset ovat nähtävissä lähes heti.

Työssä esiteltävät kytkennät on luotu yhdessä Turku Energian ja Skanssi- hankkeessa automaatiokonsultoinnista vastaavan Insinööritoimisto Sainion kanssa. Haastetta kytkentöjen toteuttamiselle luo rakennuttajien ja energiayhtiöiden suppea kokemus vastaavista toimenpiteistä. Edellytys kytkentöjen toiminnalle on työssä esitelty matalalämpöinen kaukolämpöverkko, joka pienentää lämpöhäviöitä ja helpottaa pientuottajan liittämistä verkkoon. Teoriassa kytkennät on helppo toteuttaa, mutta todellinen toiminnallisuus ja hyöty selviää vasta kun kytkennät on käytännössä toteutettu.

Edes pienen hyödyn saaminen kaksisuuntaisuudesta vaatii vielä nykyistäkin älykästä kaukolämpöverkkoa älykkäämmän verkon, joka viestii reaaliaikaisesti energiayhtiön ja asiakkaan välillä.

Kaksisuuntaisuuden toiminnalle merkitystä ja arvoa loisi mahdollisuus varastoida lämpöä ympäri vuoden. Tällöin edullisena aikana tuotettu energia voitaisiin toimittaa jakeluun kun kysyntä on suurempaa.

8 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö tehtiin energiayhtiö Oy Turku Energia – Åbo Energi Ab:lle. Työn tavoitteena oli selvittää kaksisuuntaisen kaukolämmön tekniset kytkentävaihtoehdot. Opinnäytetyön edeltäjänä toimi VTT:n Turku Energialle tekemä asiakasraportti, Lämpökaupan konseptointi – Case Skanssi sekä Lotta Lyytikäisen diplomityö, Uuden asuinalueen kaksisuuntaisen kaukolämpöratkaisun asiakastarveselvitys.

Työssä selvitettiin myös kaksisuuntaisen kaukolämmön mittausta. Työn aikana selvisi, että putkistoon pitää tehdä muutoksia saatavilla olevan teknologian vuoksi. Alustava piirros kaksisuuntaisesta kytkennästä ja mittauksesta saatiin tehtyä. Valmistuneita kuvia hyödynnetään Skanssi-hankkeen verkostosuunnittelussa ja rakentamisessa. Vasta käytännössä selviää kytkentöjen todellinen hyöty ja toimivuus.

LÄHTEET

Energiateollisuus, 2015

<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/tuotanto-ja-polttoaineet>. kaavio2

Energiateollisuus, 2015

<http://energia.fi/energia-ja-ymparisto/kaukolampo-ja-kaukojaahdytys/tuotanto-ja-polttoaineet>

Energiateollisuus, syksy 2015

<http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/kaukolammon-mittaus>

Fingrid, 2015 syksy

<http://www.fingrid.fi/fi/sahkomarkkinat/Kysyntajousto/Sivut/default.aspx>

Heikkinen, J. 16.10.2014, VTT – Loppuseminaari, Tulevaisuuden kaukolämpöasuinalueen energiaratkaisut,

https://www.google.fi/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi6vJLXs47KAhXCWhQKHc42ARMQ5TUICQ&url=http%3A%2F%2Fwww.vtt.fi%2FDocuments%2F5_Tukalen_kytkennat.pdf&psig=AFQjCNHRLbCveZjwT4dlhDAGJaB7NUmbIQ&ust=1451913241231373

Koskelainen, L.; Saarela, R. & Sipilä, K. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus Ry.

Kulla A., 21.08.2015, Energiaseminaari, Skanssin alueen energiaratkaisut

<http://www.slideshare.net/FIGBC/antto-kulla-skanssin-asukkaat-tuottavat-energiaa-kaupungille>

Mäki, J. 2013. Asuinkerrostalon energiankulutuksen hallinta älykkään asukasportaalilla avulla. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.

Oy Turku Energia – Åbo Energi AB, 2015

<http://www.turkuenergia.fi/tietoa-meista/yritys/turku-energia-lyhyesti/>

Turun kaupunki, 30.7.2015, Skanssin maankäytön yleissuunnitelma

https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//skanssin_yleissuunnitelma_30.7.2015.pdf

Turun kaupunki, Turun Skanssin alueen tontinluovutusehtojen Energialiite

http://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//ohjelma-asiakirja_12_tontinluovutusehdot_-_energialiite.pdf

Valor Partners Oy, 28.08.2015, Kaukolämpöön liittyvä palveluliiketoiminta, loppuraportti

http://energia.fi/sites/default/files/kaukolampoon_liittyva_palveluliiketoiminta_loppuraportti_2015-08-28.pdf

Valor Partners Oy, 31.08.2015, Kaukolämmön kysyntäjousto loppuraportti

http://energia.fi/sites/default/files/kaukolammon_kysyntajousto_loppuraportti_valor.pdf

VTT, 19.11.2013, Selvitys huoneistokohtaisen lämpömittareiden ja lämmityskustannusten jakolaitteiden edellytyksistä

https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwixovjxsl7KAhWI7BQKHew7BwIQFgghMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.tem.fi%2Ffiles%2F38260%2FEED_lammonkulutuksen_mittaus_19_11_2013_netiversio.pdf&usg=AFQjCNEY0aHBnLWS_gwv3e1MslyirzybKQ

WSP Finland Oy, 16.09.2014, Asiakkaiden huomioon ottaminen kaukolämmön hinnoittelussa

http://energia.fi/sites/default/files/raportti_kaukoasiakas_20140916.pdf

