

Selvitys

Energiateollisuus ry
Kaukolämpö

mirja.tiitinen@energia.fi
jari.kostama@energia.fi

Päiväys 28.10.2011

Viite 16ENN0075-E0001
Sivu 1 (33)

KAUKOLÄMMÖN LÄMMÖNJAKOKESKUSTEN KYTKENNÄT JA LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT

Sisältö

1	Yleistä.....	2
2	I välisyöttökytkentä.....	2
2.1	Uudisrakennukset, E-luku.....	6
2.2	Peruskorjauskohteet.....	8
2.3	Välisyötön ohituskytkentä, erilliset päällekkäiset lämmönsiirtimet.....	9
3	II Käyttöveden lämmitys, kiertovesijohto, tasaajasäiliö, käyttövesivaraaja.....	9
3.1	Yleistä.....	9
3.2	Tasaajasäiliö lämpimän käyttöveden kierrossa.....	12
3.3	Tasaajasäiliö ilman käyttöveden kiertoa.....	13
3.4	Käyttövesivaraaja.....	14
3.4.1	Käyttövesivaraajien taloudellisuus, lämpöhäviöt E-luvun laskennassa.....	15
4	III Muut kytkennät.....	18
4.1	Useamman siirtimen kytkennät, peruskorjauskohteissa.....	18
4.1.1	Suosituksia ilmanvaihtolämmityksen kytkemiselle lämmönjakokeskukseen.....	19
4.2	Varaaja ilmanvaihtolämmityksen yhteydessä.....	21
4.2.1	Sulanapitolämmitys.....	23
4.3	Aurinkolämmön hyödyntäminen.....	23
4.4	Hybridilämmitysjärjestelmän kytkentä.....	24
4.4.1	Aurinkolämpö.....	24
4.4.2	Sulanapitojärjestelmät.....	26
4.5	Lämpöpumppu kaukolämmityksen yhteydessä.....	27
4.5.1	Poistoilmalämpöpumpun kytkentä.....	27
4.5.2	Maalämpöpumpun kytkentä.....	29
4.5.3	Paluuvesilämpöpumppu.....	30
5	Yhteenvedo.....	33

Liitteet Virtauskaaviot (A4) esimerkkikytkennöistä 5 s.

Jakelu

E.ark/Energiateollisuus ry,
lämmönkäyttötoimikunta/VPV/EST16(säilytys)

1 YLEISTÄ

Energia-Ekonon ja VTT:n 1998 ja Electrowatt-Ekonon 2001 suorittamissa kaukolämmön lämmönjakokeskusten koerakentamisessa ja tutkimuksissa oli rakennusten pääasiallinen lämmitysmuoto radiaattorilämmitys. Kaukolämpöön liitettyjen rakennusten lämmönjakojärjestelmissä todettiin tuolloin olevan yleisestikin korjattavaa, jotta kaukolämmön kilpailukyvyllä olennaisen tärkeä kaukolämpöveden jäähtymää saataisiin suuremmaksi. Em. tutkimuksissa alleviivattiin matalalämpötilatasoisten lämmönjakotekniikoiden tuomaa jäähtymähyötyä kaukolämmityksessä. Rakennusten lämmityksessä onkin siirrytty käyttämään yhä enemmän matalalämpötilaista lattialämmitystä ja tuloilmalämmitystä, jotka molemmat tarjoavat teknisesti hyvän mahdollisuuden kaukolämmön jäähtymän parantamiseen ja toimintalämpötilojen alentamiseen. Matalalämpöjärjestelmät sopivat näin erittäin hyvin kytkettäviksi kaukolämpöjärjestelmään.

Vanhojen rakennusten osalla ilmanvaihtosaneeraukset sekä julkisivukorjausten yhteydessä tehtävät ikkuna- ja eristysremontit vaikuttavat merkittävästi tehontarpeeseen ja lämmitysjärjestelmien lämpötilatasoihin. Lämmitysverkostojen virtaamasäätö verkoston paine-eron tai paluueden lämpötilan mukaan alentaa lämmitysverkon paluueden lämpötilaa. Lämmitysverkostojen alhainen paluulämpötila leikkaa käyttöveden lämmityksen välisyöttökennällä saatavaa hyötyä kaukolämpöveden jäähtymään, mikä vähentää nykyisen peruskytkentä 1:n mukaiselle välisyöttökennälle soveltuvien kiinteistöjen osuutta.

Uudisrakentamisessa matalalämpötilaiset järjestelmät kasvattavat suosiota mm. lämpöpumppu- ja aurinkoenergiaa hyödyntävien sekä hybridi-lämmitysratkaisujen yleistyessä. Käyttövesipiiriin kytkettyjen lämmitysten poistuminen uudisrakennuksista laskee osaltaan käyttöveden lämmitystehoa ja voimistaa käyttöveden suhteellista kulutusvaihtelua (lkv-huipputeho / lkv- kierron häviö).

Seuraavassa on esitetty kaukolämmön kuluttajapään tekniikoita, joita soveltamalla yhdessä lämmön käyttäjää ja rakennuttajaa(?) houkuttelevan tariffirakenteen kanssa kaukolämmön energiatehokkuutta ja kilpailukykyä on parannettavissa uudistuvien energiamääräysten ja kilpailevien energiamuotojen myötä muuttuvassa markkina-tilanteessa.

2 I VÄLISYÖTTÖKYTKENTÄ

Nykysuosituksen mukaista käyttöveden lämmityksen välisyötöllä varustettua peruskytkentää 1 käytetään kaikissa asuinrakennuksien uudiskohteissa, joissa käyttöveden mitoitusteho on yli 220 kW. Peruskytkentä 1 on käytössä asuin-kiinteistöjen peruskorjauskohteissa, joissa käyttöveden mitoitusteho on vähintään 120 kW ja lämmityssiirtimien kaukolämpöveden paluulämpötila on mitoitustilanteessa yli 45 °C sekä muissa rakennuksissa, joissa lämmitys- tai ilmanvaihtosiirtimien yhteisteho >30 kW ja rakennuksen käyttöveden teho ja kulutuksen pysyvyys ovat sellaisia, että kytkennällä saavutetaan selvästi parempi kaukolämpöveden jäähtyminen.

VALITTAVA KYTKENTÄ	ASUINRAKENNUKSET		MUUT KUIN ASUINRAKENNUKSET	
	Käyttövesiteho tai asuntojen lukumäärä	Lämmitys- tai iv-siirtimeltä palaavan ensiöpuolen veden lämpötila	Rakennuksen lämpöhäviöt	Lämmitys- tai iv-siirtimeltä palaavan ensiöpuolen veden lämpötila
PERUS 1	yli 220 kW		yli 30 kW	hyödynnettävissä käyttövesisiirtimessä jäähdytyksen parantamiseksi
	120...220 kW	yli 45 °C		
PERUS 2	120...220 kW	enintään 45 °C	yli 30 kW	ei hyödynnettävissä käyttövesisiirtimessä jäähdytyksen parantamiseksi
PIENTALO	enintään 120 kW tai 6 asuntoa		enintään 30 kW	

Taulukko 1 Lämmönjakokeskuksen kytkennän valinta K1-suosituksen mukaisesti.

Käytännössä on useissa kohteissa havaittu, että välisyöttökytkennällä saavutettava jäähtymän parannus on vähäinen ja suuren osan käyttöajasta välisyöttökytkentä jopa lämmittää lämmitysverkon siirtimeltä palaavaa virtausta.

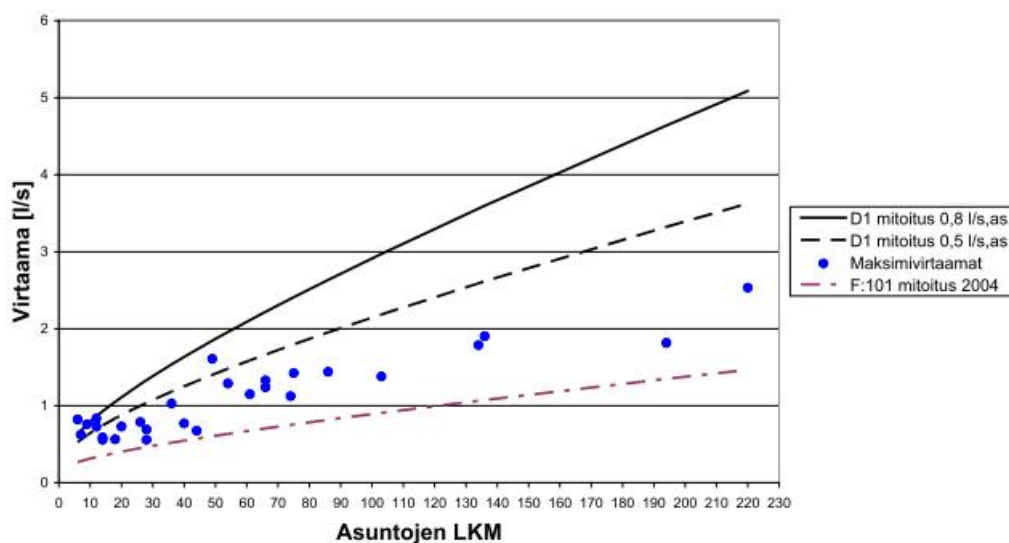
VTT:n 1998 ja Electrowatt-Ekonon 2001 suorittamissa kaukolämmön lämmönjakokeskusten koerakentamisessa ja tutkimuksissa peruskyltensä 1:llä saavutettu kaukolämpöveden jäähtymän keskimääräinen lisäys verrattuna jäähtymään ilman välisyöttökytkentää samoissa radiaattorilämmityksellä varustetuissa kuluttajakohteissa oli em. tutkimuksissa n. 2°C. Hetkellinen jäähtymän lisäys on kuitenkin suurempi, millä on merkitystä erityisesti kuluttajan tilausvesivirran mitoitukselle.

Kaukolämpöverkon kannalta yksittäisten kuluttajien tuntia lyhyemmät tehohiiput tasoittuvat risteilyn ansiosta, jolloin vaikutus kaukolämmön tuotantoon ja jakeluun vaimenee. Käyttövesisiirtimen tulee sen sijaan vastata mahdollisimman hyvin myös lyhyiden tehohiippujen kulutusta. Tehohiiput ovat asuinkerrostaloissa n. 5 kertaisia kaukolämmön mitoittavaan tuntiseen tehoon verrattuna (Nuorkivi et al. 1989, Koivuniemi 2005). Käyttöveden lämmönsiirrin on mitoitettu em. teho-hiippujen takia varsin suureksi ja vaihteleviin toimintaolosuhteisiin. Välisyötöllinen kytkentä edellyttää lämmönsiirtimen ensiöpuolen mitoittamista suuremmalle virtaukselle kuin mitä pelkän käyttöveden lämmitys vaatisi, jotta lämmityssiirtimeltä palaava kaukolämpövesi pääsee kaikissa tehotilanteissa virtaamaan välisyötön kautta riittävän alhaisella painehäviöllä.

Välisyöttökytkennän aiheuttama lisäkustannus lämmönjakokeskuksen kokonais-hintaan on varsin vähäinen, sillä lämmönvaihtimien osuus lämmönjakokeskuksen kokonaishinnasta on vain 10 - 15%. Käytännössä käyttöveden kaksivaiheinen lämmönsiirrin on toteutettu liittämällä kaksi lämmönsiirrintä ”selkäpuoleltaan” yhteen ja yhdistämällä käyttövesipuolen virtauskanavat siten, että muodostuu kahta erillistä lämmönsiirrintä vastaava sarjakytkentä. Lämmitysverkon paluuputken liittamisestä em. kaksivaiheisen käyttövedenlämmönsiirtimen välisyöttöön aiheutuu merkittävin asennustyökustannus. Kokonaiskustannuslisä on kuitenkin hyvin vähäinen, esimerkiksi 250kW/200kW lämmönjakokeskuksen myyntihinnasta n.+ 1%.

Käyttöveden kulutus ja kulutuksen profiili vaikuttavat merkittävimmin välisyötön taloudellisuuteen. Tätä korostaa yhteenliitetyn 2-vaiheisen lämmönsiirtimen lämpövuoto välisyöttöön johdettavaan lämmityspiirin paluuvirtaukseen. Selkäpuoleltaan yhteenliitettyjen lämmönsiirtimien lämpövuodon sekä pienen käyttövesikuorman aikana korkeaksi nousevan käyttövesisiirtimen paluulämpötilan (käyttöveden kierron paluulämpötilataso $55^{\circ}\text{C}+2^{\circ}\text{C}$) takia muuttuu 2-vaiheisen lämmönsiirtimen vaikutus useissa käyttötilanteissa jäähdyttävää heikentäväksi.

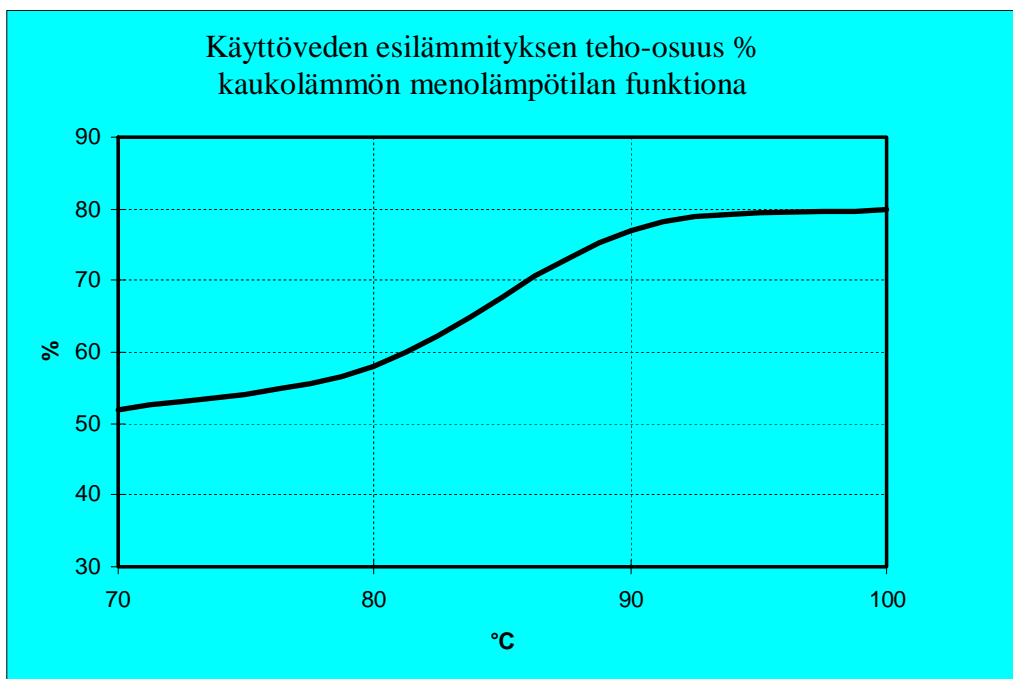
Mitoituksen pohjana käytettävä asuntojen lukumäärän mukaan laskettu lämpimän käyttöveden kulutusarvio on suuri verrattuna useissa tutkimuksissa suoritettuihin mittauksiin. Ruotsissa lämmönsiirtimen mitoitusvirtaamaa on muutettu noin neljän vuoden välein, viimeksi vuonna 2004 (Svensk Fjärrvärme F:101).



Kuva 1 Lämpimän käyttöveden mitoitus ja maksimivirtaamat asuntojen lukumäärän funktiona Janne Koivuniemi; Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama ja lämpötilakriteerit veden mikrobiologisen laadun kannalta kaukolämmitetyssä asuinrakennuksessa. TKK LVI-tekniikan laboratorio 2005.

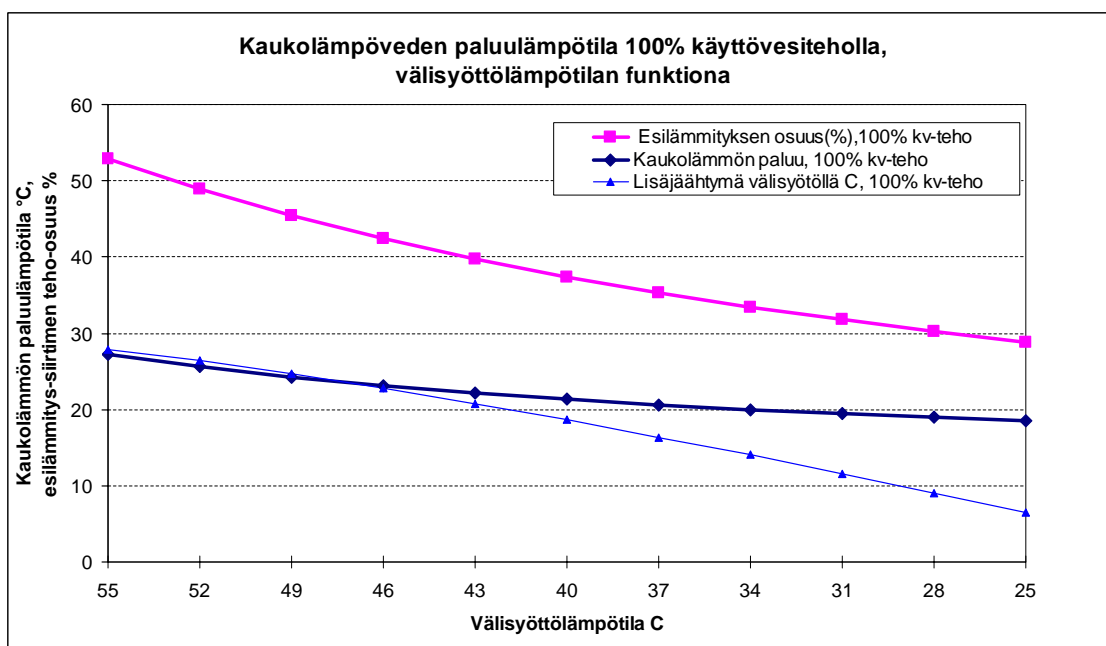
Tämä käyttöveden mitoitusta alempi kulutus näkyy myös osaltaan välisyöttökytkennästä saaduissa mittaustuloksissa, erityisesti suurissa asuinrakennuksissa, joissa välisyötön edullisuus tulisi olla selvimmin havaittavissa.

Oheinen kuvaaja 2 osoittaa käyttöveden esilämmitysasteen osuuden käyttöveden lämmitystehosta kaukolämmön menolämpötilan funktiona.



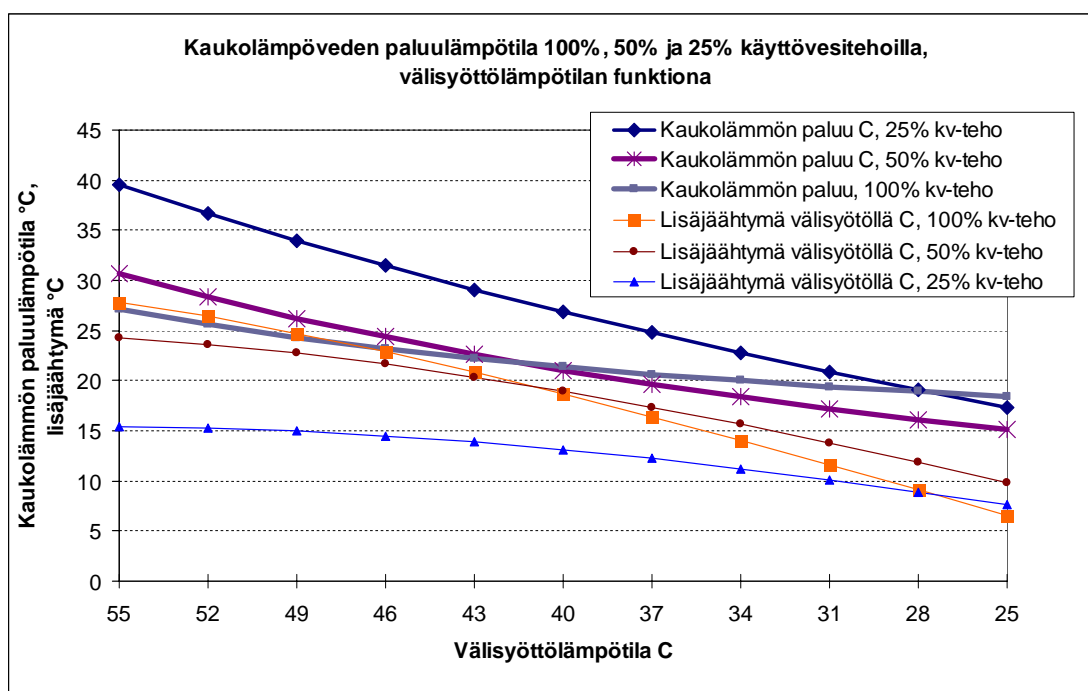
Kuva 2 2- vaiheisen käyttöveden lämmityksen esilämmitysasteen optimointi kaukolämmön menoveden funktiona.

Välisyöttöön johdettavan lämmityspiirin lämmönsiirtimen paluuveden lämpötilataso vaikuttaa välisyötöstä saatavaan tehoon merkittävästi.



Kuva 3 2-vaiheisella käyttöveden lämmityksellä varustetun lämmönjakokeskuksen kaukolämpöveden paluulämpötila 100% käyttövesiteholla.

Käyttövesitehon lasku muuttaa olennaisesti kaukolämmön jäähtymää sekä välisyötön vaikutusta.



Kuva 4 Käyttövesitehon vaikutus välisyöttölämpötilan ja kaukolämmön paluulämpötilaan ja lämmityssiirtimeltä tulevan veden jäähtymään käyttövesisiirtimen esilämmityksessä.

Kuvaajasta voidaan havaita, että lämmityksestä palaavan lämpötilan laskiessa kaventuu myös käyttöveden tehon vaikutus välisyötöllä saavutettavaan lisäjäähtymään.

2.1 Uudisrakennukset, E-luku

Rakennuksen lämmönjakojärjestelmän ollessa matalalämpötilainen lattialämmitys tai ilmanvaihtolämmitys, on lämmityspiiristä palaavan veden lämpötila merkittävästi alempi kuin radiaattori-lämmityksessä, mikä vähentää välisyöttökytkennällä saatavaa hetkellistä ja kokonaisjäähdytymähyötyä.

Kun lämmityspiiristä palaavan kaukolämpöveden keskimääräinen lämpötila on n.30°C (esim. ilmalämmitysjärjestelmä tai lattialämmitys 35/30°C) on siitä nykyisillä välisyöttökytkentäratkaisuilla saatavissa käyttöveden lämmitykseen enintään n. 20% käyttöveden lämmitystehosta ja n. 3 - 15 % vuosienergiasta. Suurissa asuinkiinteistöissä (>100 asuntoa) lämpimän käyttöveden kulutusta on n. 7000 h ajan vuodessa, mutta pienemmissä (<20 asuntoa) alle 1500 h vuodessa, mikä vaikuttaa olennaisesti välisyöttökytkennästä saatavaan vuosienergiiaan).

Lämpimän käyttöveden kulutuksen ollessa suuren osan aikaa pieni (kiertoveden lämmitys) muodostuu käyttöveden esilämmitysasteen kautta lämmitysverkon paluuveteen päin siirtyvästä lämmöstä merkittävä paluuveteen jäähtymistä heikentävä tekijä, minkä takia nykyistä kiinteästi yhteen kytkettyä välisyöttö -ratkaisua ei voi suositella uusien matalalämpötilaisien lämmitysjärjestelmien yhteydessä.

Matalalämpötilaisien lämmönjakojärjestelmien pienemmät lämpöhäviöt on huomioitu RkmMK D5 ehdotuksessa vuodelle 2012. Matala kiertoveden lämpötila nostaa lämmönjaon- ja luovutuksen vuosihyötysuhdetta 2 - 3% -yksikköä (lattialämmitys: +40/30°C, radiaattorilämmitys: +45/35°C). Ilmanvaihtolämmityksen vuosihyötysuhteen laskennassa ei kiertoveden lämpötilatasoja ole katsottu tarpeellisiksi ottaa huomioon.

Taulukko 6.2 Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhteiden ja apulaitteiden ominaissähkökäytön ohjearvoja.

Lämmitysratkaisu	Hyötysuhde η_{tilat} -	Sähkö e_{tilat} kWh/(m ² a)
Vesiradiaattori 45/35 °C		
jakojohtot eristetty	0,90	2
jakojohtot eristämätön	0,85	
Vesiradiaattori 70/40 °C		
jakojohtot eristetty	0,9	2
jakojohtot eristämätön	0,8	
Vesiradiaattori 70/40 °C jakotukilla		
	0,80	2
Vesiradiaattori 45/35 °C jakotukilla		
	0,85	2
Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C		
maata vasten rajoittuvassa rak.	0,8	2,5
ryömintatilaan rajoittuvassa rak.	0,8	
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,75	
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,85	
Kattolämmitys (sähköinen)		
ulkoilmaan rajoittuvassa rak.	0,85	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak.	0,9	0,5
Ikkunalämmitys (sähköinen)		
	0,80	0,5
Ilmanvaihtolämmitys¹⁾		
huonekohtainen säätö	0,90	0,5
Sähköpatterilämmitys		
	0,95	0,5
Sähköinen lattialämmitys		
maata vasten rajoittuva rak.	0,85	0,5
ryömintatilaan tai ulkoilmaan rajoittuvassa rak	0,8	0,5
lämpimään tilaan rajoittuvassa rak	0,85	0,5
Muut lämmityslaitteet		
Ulkotilaa tai maata vasten rajoittuva lämmitys	0,8	0,5
Sisätilaan rajoittuva lämmityslaitte	0,8	0,5

¹⁾ Ilmanvaihtolämmityksen hyötysuhde pätee järjestelmälle, jossa tuloilma lämmitetään huonekohtaisilla päätelaitteilla. Muuttuvaimavirtaisten järjestelmien hyötysuhteet on laskettava tarkemmalla menetelmällä.

Taulukko 2 Lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja luovutuksen vuosihyötysuhde.

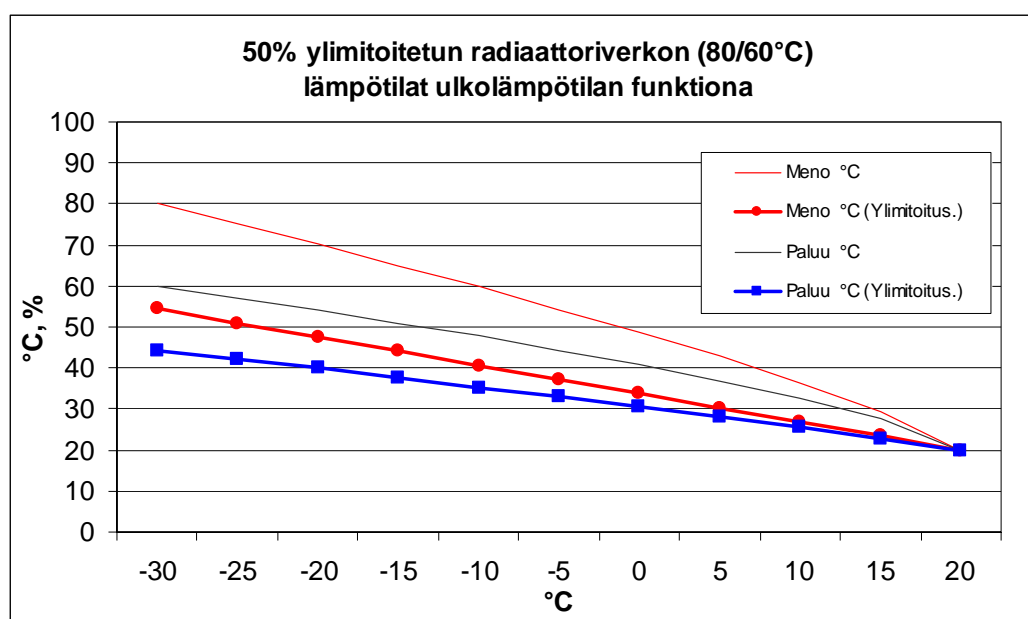
Lähde: R kmMK D5 luonnos 27.10.2011

Muiden lämmönjakojärjestelmien kuin ilmanvaihtolämmityksen mitoituslämpötilalla on usean prosentti-yksikön vaikutus rakennuksen E-luvun laskennalliseen vuotuisen ostoenergiaan. Lämmitysjärjestelmän mitoituslämpötilan vaikutusta vuosihyötysuhteseen voi havainnollistaa esimerkiksi RkmMK D3-tasauslaskimen pientalo-esimerkillä (163 m²), jonka mukaan radiaattori-lämmitysverkoston mitotuslämpötilan muutos 70/40 -> 45/35 vastaa 15% ikkunapinta-alan pienentämistä tai 25% suurempaa

yläpohjan eristekerrosta. Esimerkiksi yläpohjan eristekerroksen kautta laskettuna kustannusvaikutus on em. pientalossa n. 2000 €. Vesikiertoisten lämmitysjärjestelmien lämmönlähteellä ei sinänsä ole merkitystä vuosihyötysuhteen laskennassa. Kaukolämmön lämmönjakokeskuksen rakenteessa ja mitoituksessa tulee huomioida lämmönjako-järjestelmien mitoituslämpötilalla saatava etu E-lukuun sekä kaukolämmön käyttötalouteen, jotta muille matalalämpötilaista lämmönjako-järjestelmää jo taloudellisuuden parantamiseen käytäville lämmitysmuodoille, mm. maalämmölle, ei synny aiheutonta kilpailuetua.

2.2 Peruskorjauskohteet

K1/2003 mainittu lämmitysjärjestelmän paluulämpötilaraja 45°C on sekä lämmönjakojärjestelmien muutoksien että suoritettavien energiakorjausten myötä alittumassa useimmissa saneerauskohteissa. Energiakorjausten yhteydessä lämmitysverkon paluulämpötila alenee lämmitystehontarpeen pienenemisen, radiaattoriverkon saneerauksen ja tasapainotuksen ansiosta sekä joissakin kohteissa kosteiden tilojen lattialämmityksien ansiosta. Lämmönjakojärjestelmät ovat usein valmiiksi ylimitoitettuja (tyypillisesti +20...+30%) ja lisäksi energiakorjausten myötä vanhojen rakennusten lämmöntarve alenee tyypillisesti vähintään 30%. Esimerkiksi vanhoissa 80/60°C radiaattorilämmitykselle mitoitettussa rakennuksessa on em. ylimitoituksen perusteella saavutettavissa alle 45°C lämpötila mitoitusulkolämpötilassa jo ilman mukavuuslattialämmityksen käyttämistä, kts. oheinen kuvaaja.



Kuva 5 Lämmöntarpeeseen nähden 50% ylisuuren radiaattoripinta-alan mahdollistama menoveden lämpötiläkäyrä ja vastaava paluulämpötila.

Kun ylimitoitettussa lämpöverkossa säilytetään alkuperäinen virtausmäärä, on epätasapainoisessakin verkossa päästävissä aiempaa selvästi alempaan paluulämpötilaan koska meno- ja paluueden lämpötilaero on pienempi ja yksittäisistä huonon jäähtymän kohteista läpi tuleva vesi ei nosta paluulämpötilaa merkittävästi. Näin ollen myös huolella energiakorjatuissa kohteissa on käyttöveden lämmityksen välisyytön kannattavuus kyseenalainen.

2.3 Välisyötön ohituskytkentä, erilliset päällekkäiset lämmönsiirtimet

Koerakentamiskohteissa välisyöttö varustettiin manuaalisella ohitusmahdollisuudella, mikä toimi (kesä)sulkuna parantaen kaukolämpöveden jäähtymää. Lämmönsiirripakettiin yhdistetty omavoimainen venttiili mahdollistaisi em. ohituksen automaattisen käytön ja parantaisi aktiivisesti kaukolämpöveden jäähtymää. Vähäisen käyttövesikulutuksen aikana lämmönsiirtimen 1-vaiheen lämpötila nousee ja (vaha)termostaattiventtiili sulkee välisyötön. Välisyötön sulkeuduttua paluuvesi ohittaa lämmönsiirtimen jousikuormitteisen venttiilin kautta. Lämmönsiirtimen ohitusventtiilin avulla on mahdollista optimoida välisyötöllisen lämmönsiirtimen mitoitusta kun vältetään esilämmitysosan mitoittaminen samanaikaista täyttä lämmitysverkon ja käyttöveden ensiövirtaamaa varten.

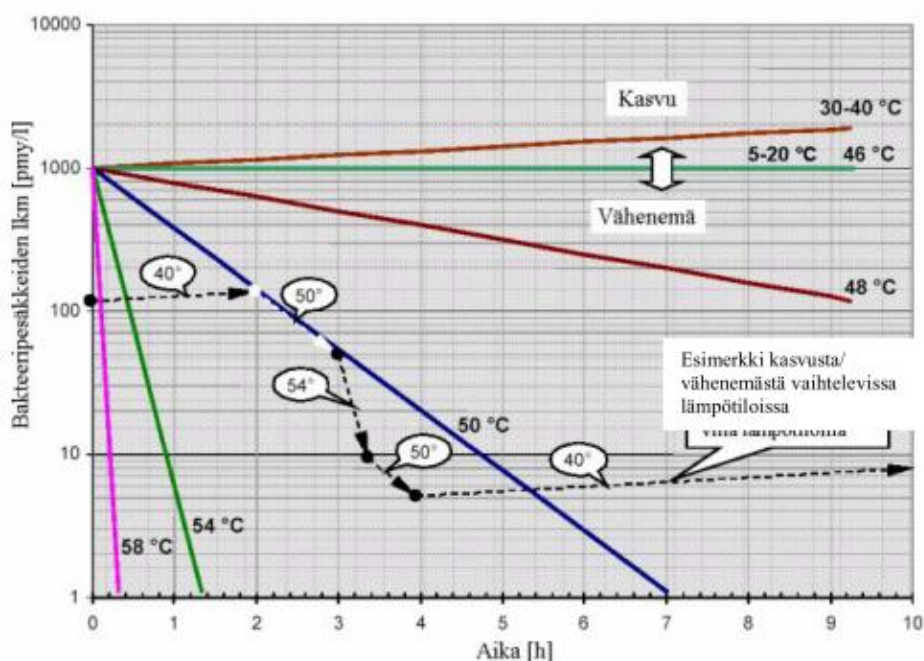
Vastaava jäähtymähyöty kuin edellä kuvatuilla ohituskytkennöillä saavutetaan luotettavammin ja mahdollisesti edullisemmin toteuttamalla 2-vaiheinen käyttöveden lämmitys kahdella erillisellä sarjakytketyllä lämmönsiirtimellä.

Edellä esitettyjen kytkentöjen kustannusvaikutuksia ja vaikutusta kaukolämmön jäähtymään tulisi verrata esimerkkikohteiden koerakentamisella.

3 II KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYS, KIERTOVEDSIJOHTO, TASAAJASÄILIÖ, KÄYTTÖVESIVARA AJA

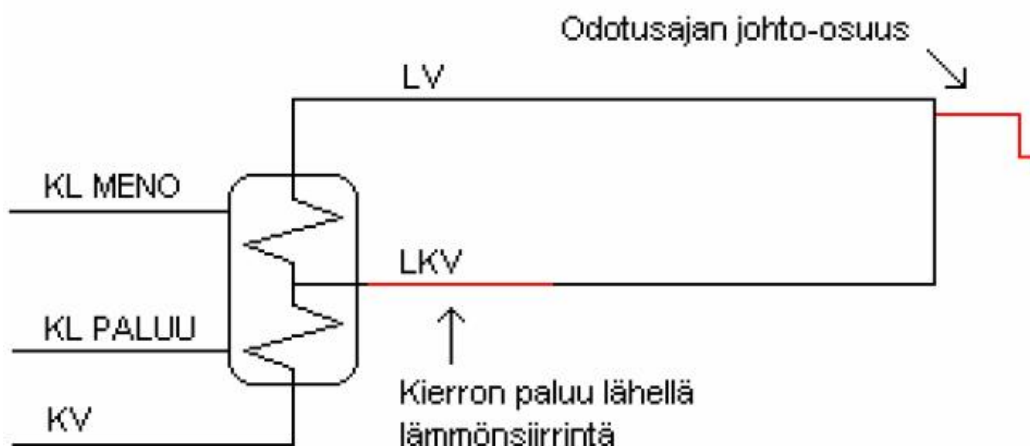
3.1 Yleistä

Käyttövesijärjestelmissä tulee kaikissa tapauksissa huolehtia lämpimän käyttöveden hygienisestä laadusta niin, että mm. legionella pneumophila -bakteerikasvu on estetty ja mahdollinen muodostunut bakteerikannan tuhoutuminen on varmistettu ennen veden johtamista kulutukseen. Oheisessa kuvaajassa 6 on esitetty legionella-bakteerien kasvu ja tuhoutuminen eri lämpötiloissa ajan funktiona.



Kuva 6 Legionella-bakteeripesäkkeiden lukumäärän kehitys eri lämpötiloissa. Lähde: FoU 2002:75

Bakteerikanta ei enää kasva 46°C lämpötilan yläpuolella, mutta jo olemassa olevien bakteerien nopeaan tuhoutumiseen tarvitaan n. 60°C lämpötila. Katkoviivalla on esitetty esimerkki käyttövesivaraajassa vallitsevan vaihtelevan lämpötilatason (max. 54°C, min. 40°C) aiheuttamasta bakteerikannan muutoksista. Kuvaaja osoittaa, että käyttövesi-varaajassa tulee saavuttaa vuorokausikäyttörytmin puitteissa tilanne, jossa varaajan lämpötila on kauttaaltaan varaajan lataus-sykli pois lukien legionella-bakteerit tuhoavalla tasolla. Varaajan lämpötilan tulee olla 58°C (RakMK, D1), jotta yöaikainen hetkittäinen käyttöveden kulutus ei ylläpidä bakteerikasvustoa. Kiertovesiputkistossa kiertävän veden tulee vastaavasti lämmitä käyttöveden lämmönsiirtimellä vähintään 58°C lämpötilaan, jotta veteen mahdollisesti muodostuneet bakteerit tuhoutuvat ennen veden kiertoa kulutuspaikoihin ja kierrosta palaavan veden lämpötilan tulee olla vähintään 55°C. Käyttöveden ylin sallittu lämpötila on 65°C.



Kuva 7 Legionellalle suotuisien elinympäristöjen tyypillinen sijainti lämpimän käyttöveden verkostossa. Lähde: Janne Koivuniemi; Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama ja lämpötilakriteerit veden mikrobiologisen laadun kannalta kaukolämmitetyssä asuinrakennuksessa. TKK LVI-tekniikan laboratorio 2005.

Kierrosta palaavan veden lämpötilaan vaikuttaa putkiston eristyksen ja lämpimän käyttöveden kulutuksen lisäksi myös kiertoon kytketyt kuivainpatterit. Ympäristöministeriö 1987 ja prEN 806-2 2002 ("Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption") ohjeiden mukaan lämpimän käyttöveden kiertoa voi käyttää vain em. pyyhekuivainten lämmönlähteenä.

Käyttöveden säätötuloksen ja kierron paluulämpötilan >55°C varmistamiseksi on nykyiselle rakennuskannalle mitoitettu käyttövesisiirtimen lämpimänäpitokierto 30% käyttöveden mitoitusvirtaamasta. Lämpimän veden kierto heikentää rakennuksen kokonaisenergiataloutta lämmityskauden ulkopuolella. Ympäristöministeriön ehdotuksessa uusiksi energiamääräyksiksi (D5) vuodelle 2012 käyttöveden lämpöhäviöistä (kiertovesi, varastointi) aiheutuva lämpökuorma on 50% seuraavassa taulukossa esitetyillä hyötysuhteilla määritellyistä häviöistä.

Taulukko 6.3. Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde.

Rakennustyyppi	η_{kv}				
	Kierto		Ei kiertoa		
	eristämätön	suojaputkessa	eristetty, perustaso ²⁾	eristetty parempi	
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalot	0,96	0,75	0,85	0,89	0,92
Asuinkerrostalo	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Asuinkerrostalo, mittaus ¹⁾	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Toimistorakennus	0,88	0,69	0,78	0,82	0,85
Liikerakennus	0,87	0,68	0,77	0,81	0,84
Majoitusliikerakennus	0,97	0,76	0,86	0,90	0,94
Opetusrakennus ja päiväkot	0,89	0,70	0,79	0,83	0,86
Liikuntahalli	0,98	0,77	0,87	0,91	0,95
Sairaala	0,94	0,74	0,84	0,88	0,91

¹⁾ huoneistokohtainen vedenmittaus sekä kylmälle että lämpimälle vedelle

²⁾ eristyksen perustaso tarkoittaa vähintään eristyspaksuutta 0,5D, missä D on putken halkaisija

³⁾ eristyksen parempi taso tarkoittaa vähintään eristyspaksuutta 1,5D, missä D on putken halkaisija

Taulukko 3 Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhde R kmMK D5 luonnos 27.10.2011

Uusien määräysten myötä koko kierron korkeana pysyvä lämpötila varmistaa lämpimän käyttöveden hygienisyyden jo nykyistä alemmalla menolämpötilalla mutta myös lisää vaatimuksia käyttöveden lämpötilasäädölle, jotta 65°C rajaa ei ylitetä kulutusasteessa suhteellisten kulutusmuutoksien merkittävästi kasvaessa ja verkoston lämpötilamuutosta tasaavan vaikutuksen vähetessä.

Taulukko 6.4. Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviön ominaisteho ja lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho.

Eristystaso	Kiertojohtoon lämpöhäviön ominaisteho $\phi_{kv,kierto,omin}$
ei tietoa	40 W/m
0,5 D	10 W/m
1,5 D	6 W/m
suojaputki	15 W/m
suojaputki + 0,5 D	8 W/m
suojaputki + 1,5 D	5 W/m
Lämmityslaitteiden lukumäärä	Kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho
lukumäärää ei tiedossa	lisäys kiertojohtoon lämpöhäviön ominaistehoon $\phi_{kv,kierto,omin} + 40$ W/m
lukumäärä tiedossa	lämpimän käyttöveden kiertojohtoon kytkettyjen lämmityslaitteiden ominaisteho $\phi_{kv,lämmitys,omin}$ 200 W/kpl

Merkintä 0,5 D tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on puolet eristettävän putken ulkohalkaisijasta. Merkintä 1,5 tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on 1,5-kertainen eristettävän putken ulkohalkaisijaan nähden.

Taulukko 4 Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviöt.

Lähde: R kmMK D5 luonnos 27.10. 2011

Taulukko 6.5. Kiertojohdon pituus.

Rakennustyyppi	Kiertojohdon ominaispituus, m/m ²
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutilat	0,043
Asuinkerrostalo	0,043
Toimistorakennus	0,020
Liikerakennus	0,020
Majoitusliikerakennus	0,043
Opetusrakennus ja päiväkot	0,020
Liikuntahalli	0,020
Sairaala	0,043

Taulukko 5 Lämpimän käyttöveden kiertojohdon ominaispituus.

R kmMK D5 luonnos 27.10.2011

Etenkin 1-tasoisissa pientaloissa kiertojohdon kokonaispituus voi useinkin ylittää taulukossa esitetyn huoneiston pinta-alan mukaisen pituuden kun esim. useamman WC:n keskinäinen etäisyys johtaa pitkiin lämminvesikiertoihin.

Käyttöveden säädön varmistamiseksi varattu n. 30% kierto turvaa kuitenkin 58-55°C lämpötilatason huomattavan pitkällä kiertoetäisyydelläkin. Minimimitoituksella $0,3 \text{ l/s} \times 30\% = 0,1 \text{ l/s}$ ja 3-asteen jäähtymällä saadaan lämpimän käyttöveden kierron lämpötehoksi runsaat 1100 W, mikä riittää esim. kahden WC:n ja yhden kodinhoitotilan pyyhekuivainpattereiden lisäksi runsaan 200 m² huoneiston kiertoputkipituuden (8,6 m) häviöihin (40W/m). Useampikerroksisissa rakennuksissa kiertoputkipituus laskee RkmMK D1 taulukossa 6.5 esitetyllä tasolla 0,043 m/m².

Käyttövesiputket on pientalojen rakenteissa asennettu suojaputkitukseen ja eristyksen sisälle, mikä laskee kiertoputken lämpöhäviötehon tasolle 8... 5 W/m, eli lämpimän käyttöveden kierron minimiteho on huomattavasti yli häviöiden ja verkostossa kiertävän veden määrää olisi usein mahdollista laskea. Kiertomäärän alentaminen heikentää käyttöveden lämpötilan säädön toimintaedellytyksiä, mikäli lämmönjakokeskuksessa ei ole käyttöveden varaaaja/tasaajasäiliötä.

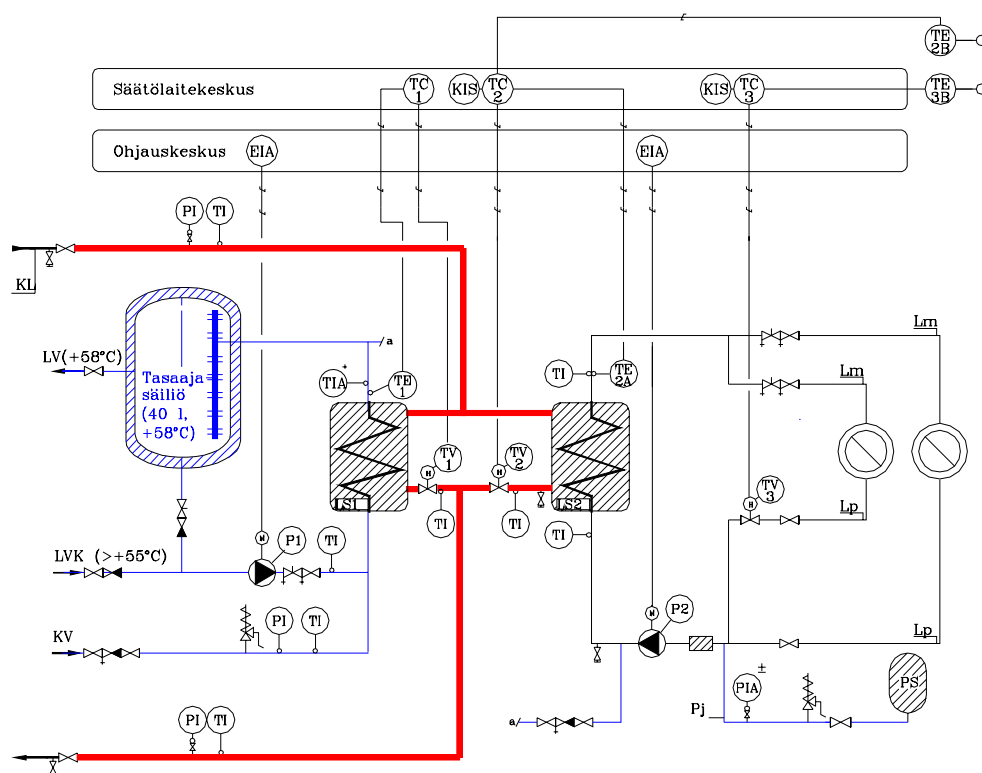
3.2 Tasaajasäiliö lämpimän käyttöveden kierrossa

Lämpöhäviön vähentämiseksi on hyvin eristetyn lämminvesiputkiston lämminvesikierrosta mahdollista ohjata osa ohituksena jo lämmönjakokeskuksessa sijaitsevan tasaajasäiliön ohitusputken kautta. Hyvin lämpöeristetty tasaajasäiliö tulee liittää käyttöveden kiertoon siten, että käyttöveden lämmönsiirtimeltä tuleva hetkellinen kylmä/kuuma pulssi varastoidaan tasaajasäiliöön ja tasaajasäiliön keskivaiheilta käyttöveden kiertoon lähtevä lämpötila säilyy lähes vakiona. Tasaajaan varastoitunutta vettä palautetaan ohitusputken kertosäätöventtiilillä säädettävällä virtaamalla takaisin käyttövesikierron paluupuolelle, jolloin tasaajan lämpötila palautuu kulutuspiikkejä edeltäneelle tasolle (+58°C). Tasaajasäiliön tilaavuus tulee mitoittaa käyttöveden huippukulutuksen mukaisesti siten, että käyttöveden säätimen säätöpoikkeaman ajan (2 minuuttia) käyttöveden kulutus tulee käytännössä kokonaan tasaajasäiliöstä. Säätöpoikkeaman aikana tasaajasäiliöön syötetty vesi

varastoidaan sekä säiliön yläosaan, jonne tasataan yli $+58^{\circ}\text{C}$ vesi ja alaosaan alle $+58^{\circ}\text{C}$ vesi. Tasaajan lämpötilojen taseus tapahtuu kierrättämällä vettä tasaajan alaosaan takaisin käyttövesikierron paluupuolelle.

Laskettuna $0,3 \text{ l/s}$ pientalomitoituksella 2 minuutiksi antaa tasaajan minimimitoitukseksi n. 20 l , 15 asunnon rivitalomitoitus on n. 90 l ja 80 asunnon kerrostalomitoitus vastaavasti 230 l kun asunnon normivirtaamien summa $0,5 \text{ l/s}$.

Etenkin suuremmissa kiinteistöissä lämpimän käyttöveden kiertopumpuna on edullista käyttää paluulämpötilan mukaan kierrosnopeussäädettyä pumpppua, jolloin käyttöveden kierron paluulämpötilaksi voidaan säätää $+55^{\circ}\text{C}$ ja vältetään tarpeettoman suuri pumppaus hyvin lämpöeristetyissä putkistoissa. Kiertopumpun säätö tulee asettaa hitaaksi, jotta vältetään lisähäiriö käyttöveden menolämpötilasäädölle.



Kuva 8 Tasaajasäiliön kytkentä lämpimän käyttöveden kiertoon

3.3 Tasaajasäiliö ilman käyttöveden kiertoa

Edellä kuvattua tasaajasäiliökytkentää voidaan soveltaa myös ilman käyttöveden kiertoa olevissa järjestelmissä, joihin se tuo merkittävää parannusta käyttöveden lämpötilasäätöön. Ilman kiertoputkea toteutetut käyttövesijärjestelmät ovat tyypillisesti pienissä asuinkiinteistöissä ja muissa kiinteistöissä, joissa käyttöveden kulutus on vähäistä ja jaksottaista. Näissä kiinteistöissä riittää varsin pienitilavuuksinen tasaajasäiliö. Kytkentä on muuten samanlainen kuin kuvassa 8 esitetty, vain lämpimän käyttöveden kierron paluu jätetään kytkemättä.

Huoneistokohtaisen ilmanvaihtolämmityksen ja huoneistokohtaisen käyttöveden lämmityksen toteutus ilman lämpimän käyttöveden kiertoa on esitetty hybridilämmitysjärjestelmien yhteydessä kohdassa 4.4.

3.4 Käyttövesivaraaja

Erityisesti pientaloissa käyttöveden säätöön osallistuvan tasaajasäiliön toiminta on mahdollista yhdistää käyttövesivaraajaan, jolla vaikutetaan käyttöveden säätötulokseen vaihtelevissa kulutus-, kaukolämmön menolämpötila- ja paine-ero olosuhteissa sekä samalla mahdollistetaan myös kesäaikana jatkuva lämpimänäpito kierto kaukolämmön talohaaroissa. Sekä käyttöveden että kaukolämpöalohaarojen lämpimänäpito kierrot heikentävät energiatehokkuutta erityisesti lämmityskauden ulkopuolella. Käyttöveden kiertopumpun ja mahdollisen varaajan älykkäällä muuhun taloautomaatioon yhdistetyllä automaatiolla on mahdollista vaikuttaa tähän erityisesti pientaloissa.

Käyttöveden lämpötilasäädön lisäksi varaajatarkasteluun liittyy kiinteästi käyttöveden hygieenisyyden asettamat vaatimukset. Tasaaja/varaajasäiliön toteutuksessa tulee kaikissa tapauksissa varmistaa käyttöveden riittävä lämpötila kaikissa käyttötilanteissa. Varaajan lämpötilan tulee säännöllisesti nousta kauttaaltaan bakteerikasvun tuhoavaan hygienisointi-lämpötilaan riittävän pitkäksi ajaksi (hygienisointi esim. yölatauksella).

Varaajasäiliön lataus tulee kytkeytyä päälle vain silloin kun kaukolämmön menolämpötila on riittävä – liian alhainen menolämpötila erottaa tyhjentyneen varaajan käyttövesipiiristä ja estää bakteerikasvulle alttiin veden käytön.

Varaajasäiliön tilavuuden tulee olla kulutukseen nähden oikein mitoitettu, jotta investointi ei kasvaisi tarpeettomasti eikä suurikapasiteettisen ja vain osin jäähtyneen varaajan lataus ei nostaisi tarpeettomasti kaukolämmön paluulämpötilaa. Käyttövesivaraajan minimimitoitus on 300 l/asunto, mikäli varaajan lataus on suunniteltu kytkettäväksi 1 krt vuorokaudessa. Sekä tasaaja- että suuremman varaajatyypin säiliön latausmahdollisuus useita kertoja vuorokaudessa (kaukolämmön huippujaksojen ulkopuolella) pienentää säiliön kokoa merkittävästi verrattuna yösähkölämmitteisiin vesivaraajiin.

Tehonmääritysjakso, minuuttia	Teho/tuntiteho	Teho, kW	Varaajan tilavuus, litraa
1	4,3	73,9	20
4	2,9	49,7	46
5	2,6	45,8	51
15	1,9	32,4	81
60	1,0	17,3	0

Taulukko 6 Tuntia lyhyemmän jakson huipputehoon tarvittava varaaja (l), kun käyttöveden siirtimen tuntinen mitoitusteho on 17,3 kW (dt 40°C)

Lähde: VTT, Ekono 1989

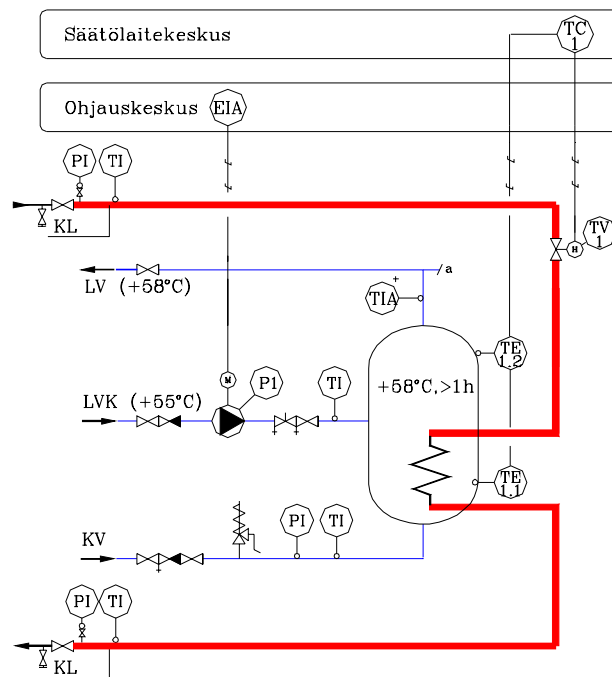
Kaukolämpökäytössä varaajan täysi lataussykli on käytännössä mahdollista vähintään 2 kertaa vuorokaudessa (yöllä ja iltapäivällä), minkä lisäksi voidaan ladata lyhyitä latausjaksoja, tämä pudottaa tarvittavan tilavuuden muro-osaan (30%:iin) vuorokausivaraajan tilavuudesta.

Käyttövesivaraajaa käyttäen on mahdollista käyttää alhaisempaa kaukolämmön liittymätehoa sekä hyödyntää tehokkaammin lämmitysverkoston paluuvettä, mikä myös alentaa kaukolämmön tilausvesivirtaa.

Varaaja tarjoaa mahdollisuuden sopimustehon alentamiseen, kun varaajakapasiteetti on riittävän suuri kaukolämpötehon huipun leikkaamiseen tuntitasolla. Varaajan latauksen älykkäällä, kaukolämmön paine-eroa tarkkailevalla, säädöllä on mahdollista toteuttaa kuormaa ohjaavia DSM -toimintoja ilman suoraa viestiyhteyttä kuluttajille (tehokkaimmillaan kaukolämpöverkon ahtaiden latvaosien paine-eron tasaamisessa). Varaajien lataustehon kytkeytyminen pois joko em. kaukolämpöverkon paine-eron tai menolämpötilatason ohjaamana mahdollistaa käytettävissä olevan kapasiteetin käyttämisen välitöntä tehoa tarvitseviin lämmitys-kohteisiin myös kaukolämmön vaurio- tai poikkeustilanteissa.

3.4.1 Käyttövesivaraajien taloudellisuus, lämpöhäviöt E-luvun laskennassa

Pientaloihin yleisimmin suunnitellut käyttöveden varaajaratkaisut ovat oheisen kaltaisia varaajan sisäiseen latauskierukan perustuvia. Latauskierukalla varustetun varaajan latausteho on etenkin latauksen loppuvaiheessa pieni verrattuna kalliimpaan erillisellä latauslämmönsiirtimellä varustettuun varaajaan.



Kuva 9 Lämpimän käyttöveden varaajan kytkentä pientalossa

Tanskassa suoritetuissa tutkimuksissa (Danfoss/ J.E. Thorsen, H. Kristiansson: Cost considerations on storage tank versus heat exchanger for HTW preparation, 10th International Symposium on District Heating and Cooling 2006) ei käyttöveden varaajan edullisuutta kaukolämpöön kytketyissä pientaloissa pystytty osoittamaan, ja päädyttiin kokonaiskustannusten osalta samalle tasolle eikä hyötyä myöskään kaukolämmön toimittajalle voitu osoittaa.

Kaukolämmitteisellä käyttöveden varaajalla voidaan saavuttaa sähkölämmitteiseen tai muuten ainoastaan kerran vuorokaudessa ladattavaan varaajaan verrattuna n. 50% pienemmät lämpöhäviöt useammin toistuvan ja tehokkaan latauksen mahdollistaman pienemmän tilavuuden ansiosta. Suomen rakentamismääräysten 2012 ehdotuksen mukaisella eristystasolla pientalon vuorokausivaraajaksi mitoitettun 300 l

käyttövesivaraajan lämpöhäviö on 650 kWh/a. Vastaavan kaukolämpökäyttöön mitoitettun varajaan tilavuus on n. 100 l, jolloin lämpöhäviö on 320 kWh/a.

Lämpöhäviö tulee osin hyödynnetyksi rakennuksen lämmityksessä varaajan sijoituspaikasta riippuen (esim. rakennuksen teknisen tilan ja välittömästi sen yhteydessä olevien tilojen lämmitykseen), vain lämmityskauden ulkopuolisen jakson häviö on nettohäviötä kaukolämmitteisessä rakennuksessa. Tanskassa on varaajan lämpöhäviöstä suurempi osa (85%) on pois tuuletettavaa häviötä. RkmMK D5 2012 ehdotuksen mukaan 50% oheisessa taulukossa esitetyistä lämpöhäviöistä lasketaan pois tuuletettavaksi lämpökuormaksi.

Taulukko 6.3b. Lämpimän käyttöveden varastoinnin häviö.

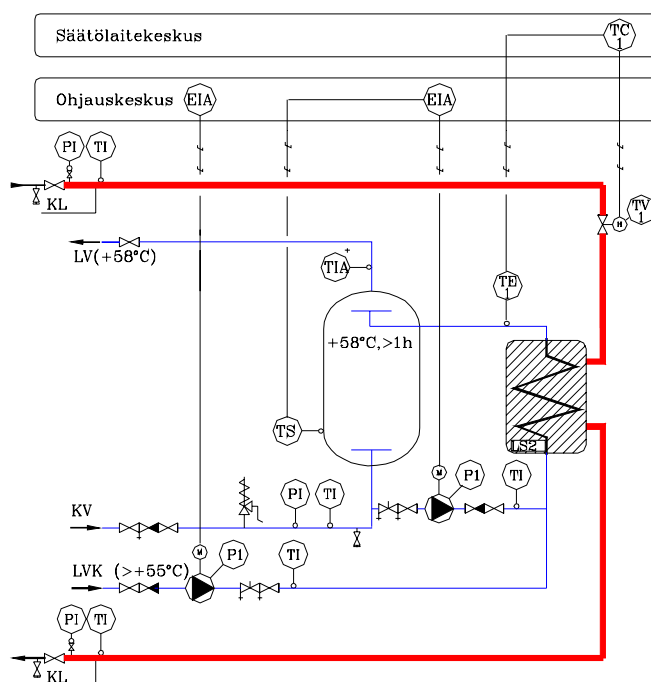
Varajaan tilavuus, l	Varaajan lämpöhäviö, kWh/a	
	40 mm eriste	100 mm eriste
50	440	220
100	640	320
150	830	420
200	1000	500
300	1300	650
500	1700	850
1000	2100	1100
2000	3000	1500
3000	4000	2000

Taulukko 7 Käyttövesivaraajan varaajan lämpöhäviöt. RkmMK D5 luonnos 27.10.2011

Pientaloissa kaukolämpöön kytketyn tasaajan sekä pienitilavuuksisen (30%) varaajan lämpöhäviöt ovat suuremmat kuin RkmMK D5 ehdotuksessa esitetyt laskennalliset lämpimän käyttöveden kiertoputken aiheuttamat vuotuiset lämpöhäviöt hyvin eristetyillä (1,5D) putkilla. Suurempien kiinteistöjen kohdalla tasaajan ja varaajan häviöt ovat suhteessa pienemmät, mutta lämpimän käyttöveden 10 s. odotusaika ylittyy ilman kiertoa.

r-m3	netto lämpöhäviö kWh/a			
	Kierto	Tasaaja ei kiertoa	Varaaja 100% ei kiertoa	Varaaja 30% ei kiertoa
Pientalo 600	115	158	383	218
Rivi/ Kerrostalo 5000	1080	860	2790	1290

Taulukko 8 Lämpimän käyttöveden vuotuiset nettohäviöt (50% vuotuisista kokonaislämpöhäviöistä) eri järjestelmillä.

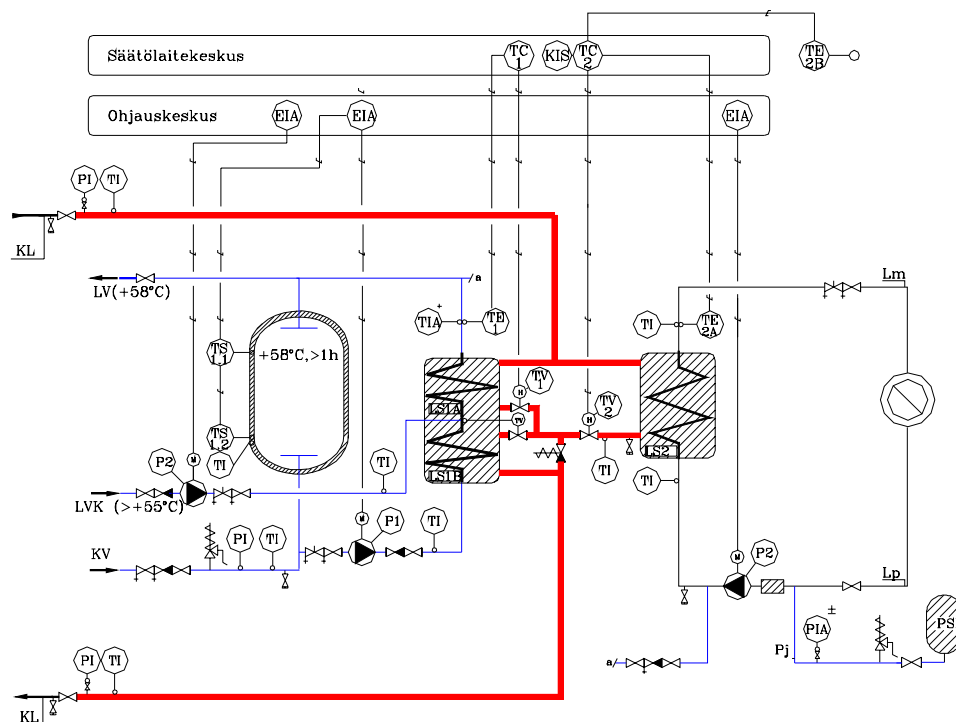


Kuva 10 Ulkoisella lämmönsiirtimellä varustettu käyttövesivaraajakytkentä.

Oheisen kuvan 10 mukaisella kaukolämmön menoveteen kytketyllä käyttövesivaraajan lämmönsiirrinkytkenällä on heikompi jäähdytys lämpimän käyttöveden kierron vaikutuksesta kuin edellä kuvatulla pientalokytkenällä, jossa hyödynnetään tehokkaasti varaajan lämpötilakerrostuneisuutta.

Varaajan kerrostuneisuuden, kylmän käyttöveden sekä lämmitysverkon paluulämmön hyödyntäminen ovat ratkaisevassa roolissa käyttövesivaraajan talouden kannalta. Jotta paluulämpöä voidaan hyödyntää tehokkaimmin, tulee puretun varaajan pohjalämpötilan olla kylmän käyttöveden tasolla ja varaajan latauksen yhteydessä tämä kylmä vesi johdetaan käyttövesilämmönsiirtimen 1-vaiheeseen esim. varaajan varolaiteryhmän rinnalle asennettavan kello- / tai kaukokäyttöohjatun (DSM) termostaattiventtiilin kautta tai erillistä latauspumppua käyttäen. Erillinen latauspumppu on käyttövesivaraajan lataamisessa säätöteknisesti helppo ratkaisu, sillä sen käynnistyminen on mahdollista toteuttaa varaajan lämpötilaa seuraavien tuntoelimien avulla. Latauksen tehoportaita voidaan myös määritellä esim., että yhden vesipisteen käyttöön riittävä latausteho tulee käyttöön aina kun lämpimän veden määrä varaajassa laskee tasolle ja täysi latausteho käynnistyy kaukolämpöverkon kuormituksen mukaan (DSM).

Varaajaan latauksen loppuvaiheessa ei varaajasta ole hyötyä lämmitysverkon paluueden lisäjäähdetyksessä, vaan päinvastoin lämmitysverkon paluueden lämpenee käyttövesisiirtimen läpi menessään. Pysäyttämällä lämmitysverkon kiertopumppu latauksen loppuvaiheen aikana on mahdollista estää em. paluueden lämmittäminen käyttövesisiirtimellä. Kuvassa 11 esitetyssä kytkennässä välisyöttö on varustettu termostaatti-venttiilillä, joka sulkee välisyötön latausjakson päättyttyä.



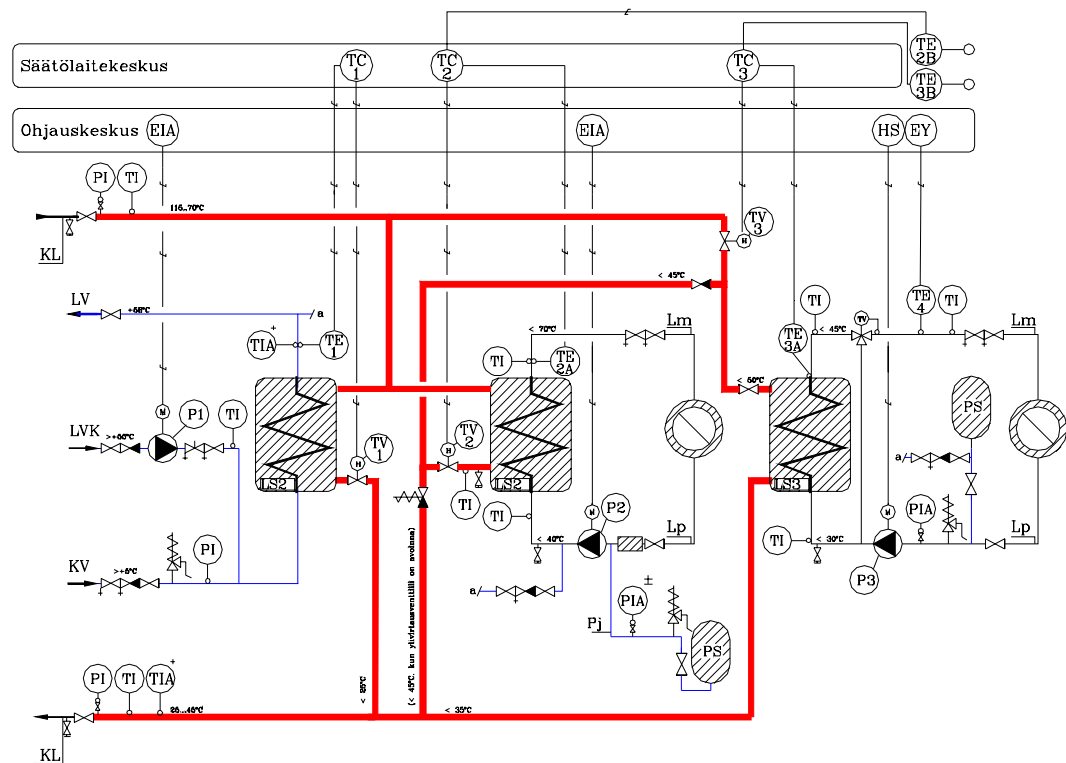
Kuva 11 Käyttövesivaraajan liittäminen välisyöttölliseen käyttövesilämmönsiirtimeen.

4 III MUUT KYTKENNÄT

4.1 Useamman siirtimen kytkennät, peruskorjauskohteissa

Suurien ja mahdollisesti eri-ikäisistä rakennusosista koostuvien kiinteistöjen lämmitystä varten räätälöityvästä lämmönjakokeskuksesta on mahdollista tehdä kaukolämpöveden jäähtymisen kannalta optimoitu ratkaisu, kun lämmönjakokeskuksen hankkii ko. kiinteistön omistaja/käyttäjä, jonka intressinä on kaukolämmön kokonaiskustannusten minimointi. Kuvassa 12 on esitetty kaukolämmön jäähtymisen sekä ja toisiopiirien käyttötalouden kannalta (pumppaus, häviöt) suositeltava kytkentä, jossa kaukolämmön paluuv veden lämpötilaa hyödynnetään mukavuuslattialämmityksessä tai muussa matalalämpötilaisessa järjestelmässä.

Kytkenä perustuu matalalämpötilaisessa lämmitysjärjestelmässä sijaitsevaan lämpötilasäätöön (kolmitieventtiili, TV), jolla korjataan LS3:n ensiöpuolelle LS2:lta palaavan kaukolämpöveden mahdollisesti liian korkealle nostama lämpötila. Matalalämpötilaisen piirin riittävän lämpötilan varmistamiseksi säädetään LS3:lta lähtevä lämpötila säätöventtiilillä TV3 tuntoelimen TE3A ja ulkoilman tuntoelimen TE3 mittausarvojen mukaan. LS2:lta palaava kaukolämpövesi voi ohittaa LS3:n mikäli LS3:n painehäviö ylittää ohivirtausventtiilin avautumis paineen. Yksisuuntaventtiili ennen liityntää kaukolämmön menopuolen säätöventtiilille estää virtauksen LS2:lle ja ohitusventtiilille.



Kuva 12 Matalalämpötilaisen lämmitysjärjestelmän sarjakytkenä.

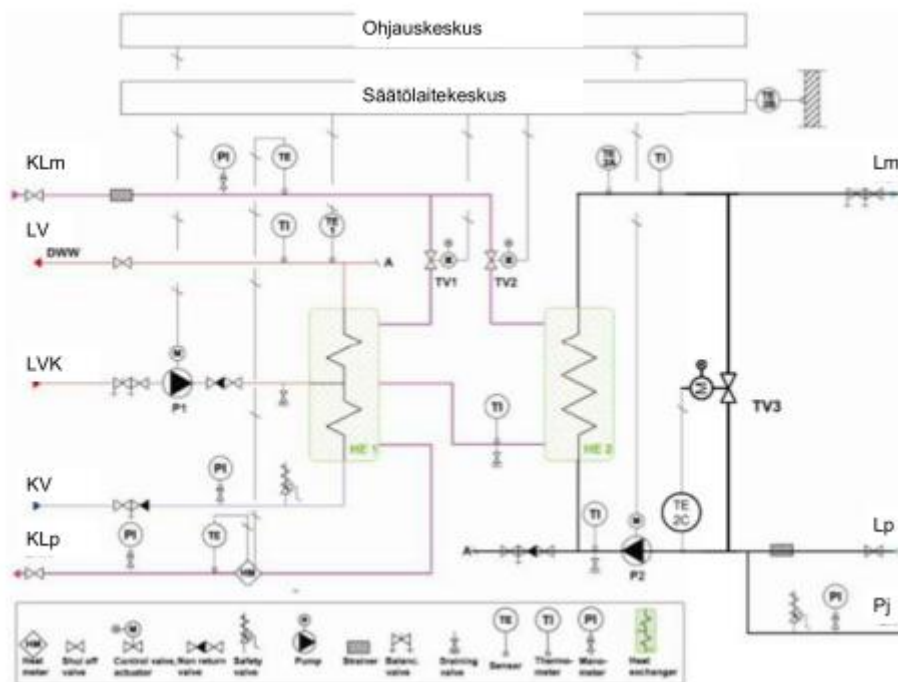
4.1.1 Suosituksia ilmanvaihtolämmityksen kytkemiselle lämmönjakokeskukseen

Ilmanvaihtolämmitykseen liitetty poistoilman lämmöntalteenotto on taloudellista kytkeä tuloilman esilämmitykseen, kun rakennuksessa on keskitetty tuloilmajärjestelmä. Ilmanvaihtolämmityksessä voidaan hyödyntää matalalämpötilaista LTO-lämpöä sellaisenaan lämmönvaihtimella tai glykoli-piirin välittämänä.

Ilmanvaihtolämmityksessä on varmistettava, että ulkoilman lämpötilan lasku, mahdollinen järjestelmän toimintahäiriö tai sähkökatkos ei johda lämmityspiirien jäätymiseen. Ilmanvaihtolämmityksen (sekä sulanapitolämmitysten) lämpö on syytä johtaa kaikissa tapauksissa lämmönjakokeskuksesta jäätymättömällä (-38°C) etyleeniglykoli- tai propyleeniglykoli-liuoksella tai vastaavat ominaisuudet omaavalla alkoholiliuoksella. Suolaliuosten aiheuttama korrosio rajoittaa niiden käyttöä. Jatkossa glykolilla tarkoitetaan tässä kaikkia lämmönjakokeskuskäyttöön soveltuvia jäänesto-liuoksia. Jäätymätön glykoli-piiri edellyttää puolestaan lämmönjakokeskuksella varmistuksia, joilla kaukolämpöveden liiallinen jäähtyminen ja jopa jäätyminen lämmönsiirtimessä estetään. Glykoli-liuoksen ominaisuuksien säilyminen tulee olla varmistettu esim. liuoksen viskositeetin tarkastavalla paine-eromittauksella (glykolipiirissä vallitsee alempi paine kuin kaukolämpövedessä, joten vuodot kaukolämpöpiiriin vältetään – mahdollinen kaukolämpöveden vuoto glykoli-piiriin alentaa liuoksen viskositeettia ja nostaa jäätymispistettä).

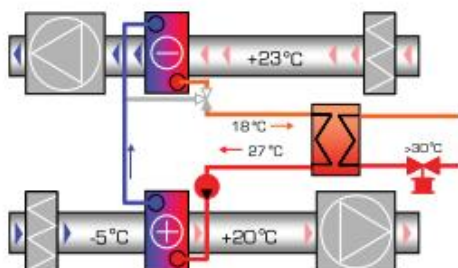
Kuvan 13 kytkennässä glykoli-piirin pumppu on varustettu termostaatilla (TE2C), joka pysäyttää jäätymishälytyksen jälkeen glykoli-piirin kierron. Normaalisti säätöpiirin toimiessa pumppu toimii joko paine-ero tai paluulämpötila-säädettynä ja glykoli-piirin menolämpötilaa säädetään kaukolämpöpuolella olevalla säätöventtiilillä.

Esimerkiksi mahdollisen sähkökatkon jälkeen lämmönjakokeskuksen jäätymsuojauks toimii siten, että kaukolämpöpuolen säätöventtiili lämmittää lämmönsiirtimen HE2 normaaliin toimintalämpötilaan minkä jälkeen glykoli-piirin kiertopumppu P2 käynnistyy minimikierroksille ja ajaa glykoli-piirin paluulämpötilan normaaliin asetusarvoon. Glykolipiirin saavutettua normaalilämpötilan saa ilmanvaihdon puhallin käyntiluvan.



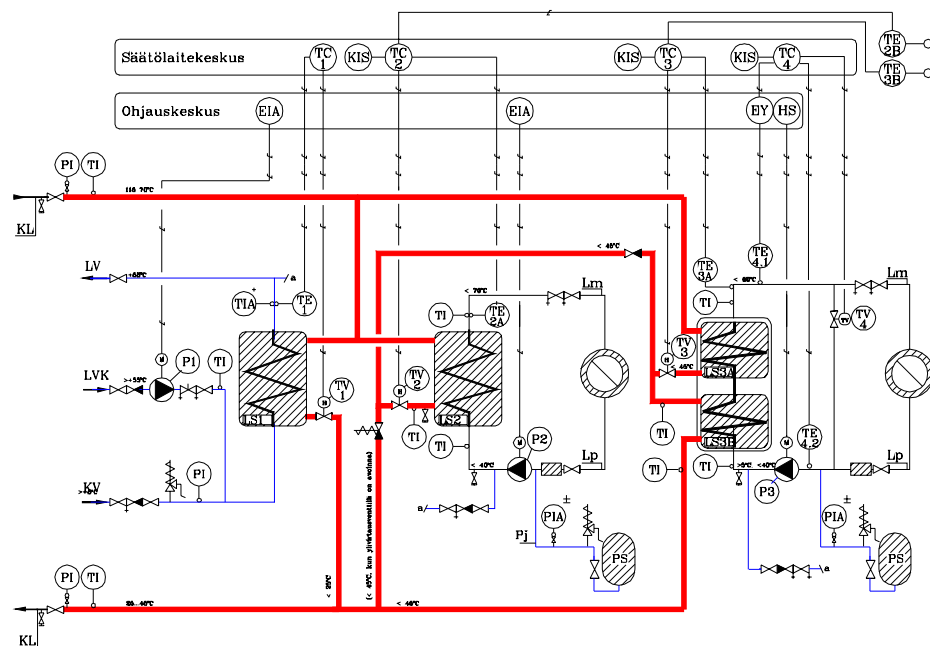
Kuva 13 Sekoituskytkennällä varustettu matalalämpötilaisen lämmönjakojärjestelmän (glykoli-piirin) kytkentä. TV3 avautuu kun TE2C alittaa säädetyn minimilämpötilan (+5C).
Lähde: Guidelines for District Heating Substations, 2008

Etenkin vanhojen kiinteistöjen saneerauksen yhteydessä tulo- ja poistoilmakanavien sijaitessa kaukana toisistaan, on ilmanvaihdon lämmöntalteenotto mahdollista toteuttaa glykoli-piirillä. Matalalämpötilaisen glykolipiirin tehokas hyödyntäminen edellyttää hyvää virtaussäätöä glykolipiirissä, jotta iv-lämmöntalteenotolta palaava lämmönsiirtoliuos on mahdollisimman korkea-lämpötilaisena hyödynnettävissä ilmanvaihdon esilämmitykseen tai käyttöveden esilämmitykseen kun rakennuksessa ei ole keskitettyä tuloilmajärjestelmää.



Kuva 14 Erillisellä glykoli-piirillä toteutettu poistoilman lämmöntalteenotto ja tuloilman lämmitys. Lähde: Fläkt Econet

Kuvassa 15 esitetyllä ilmanvaihtopiiriin 2-osaisella kaukolämpösiirtimellä hyödynnetään tehokkaasti lämmityspiiriin siirtimeltä tulevaa lämpöä ja mikäli siirtimen 1-osalla ei saavuteta riittävää lämpötilaa ilmanvaihdon tarpeisiin, priimataan ilmanvaihtokojelle menevä vesi iv-siirtimen 2-osassa. Ilmanvaihto-siirtimen mekaaninen rakenne on samanlainen kuten 2-osaisissa käyttövesisiirtimissä. KytKentä tulee kuitenkin kyseeseen vain huomattavan suuren ilmanvaihdon lämmitystehon yhteydessä, jotta 1-vaiheen lämmönsiirtimen mitoitus ei kasva kohtuuttomasti välisyöttöön lämmityksen lämmönsiirtimeltä tulevan paluuviesivirran takia. Painehäviöiden rajoittamiseksi on kytKentä varustettu ohivirtausventtiilillä, joka päästää tarvittaessa lämmityssiirtimeltä palaavaa vettä suoraan kaukolämmön paluuseen.



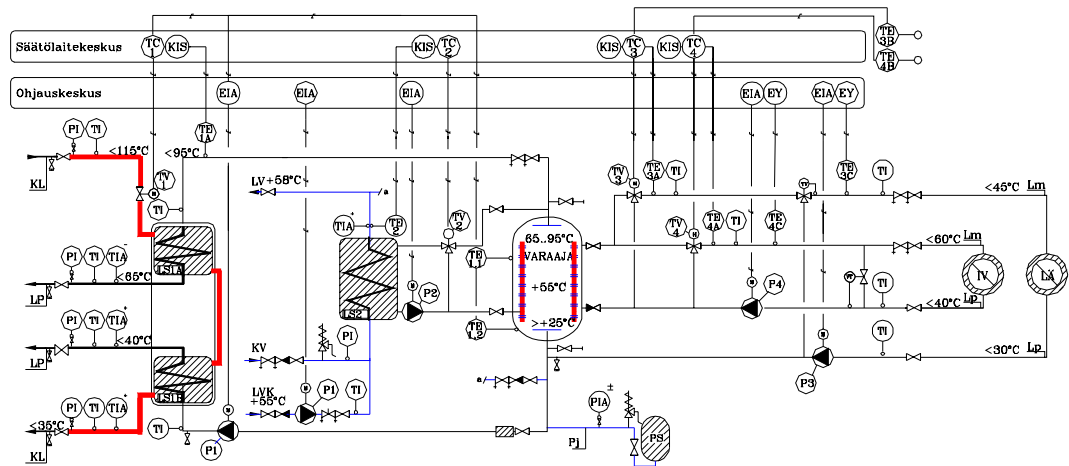
Kuva 15 Ilmastoinnin 2-vaiheinen lämmönsiirrin kytkentä

Glykoli-piiriin on myös kytkettävissä ilmanvaihdon jäädytys. Mikäli ilmanvaihdon jäädytys toteutetaan kaukojäädytyksellä, on kaukojäädytysveden jäätymissuojaus ehdottomasti varmistettava. Lämpötilamarginaali jäätymiseen on kaukokylmäveden puolella huomattavan vähäinen mahdollisen toimintahäiriön sattuessa. Mahdollisuus poistoilman hyödyntämiseen jäädytyskierron esijäädytysasteena kesäaikana parantaa tämän suurehkon investoinnin taloudellisuutta.

4.2 Varaaja ilmanvaihtolämmityksen yhteydessä

Ilmanvaihtolämmityksen ominaispiirteenä on tuloilmavirran ja ulkoilman lämpötilan mukaan nopeastikin vaihteleva tehontarve, mikä johtaa helposti kaukolämmön liityntätehon ylimitoitukseen rakennuksen energiantarpeeseen nähden. Ilmanvaihtolämmitykseen liitettävä lämpövaraaja on tehokas keino leikata ilmanvaihdon lyhytkestoisia tehopiikkejä. Varaajan toteuttaminen epäsuorana mahdollistaa varaajakapasiteetin kasvattamisen aina lähes kulloisenkin kaukolämpöveden maksimilämpötilan tasalle, joko liittämällä enintään 600 litran 16 bar varaajasäiliö suoraan kaukolämpöveteen, jonka suurin lämpötila tulee tällöin olla

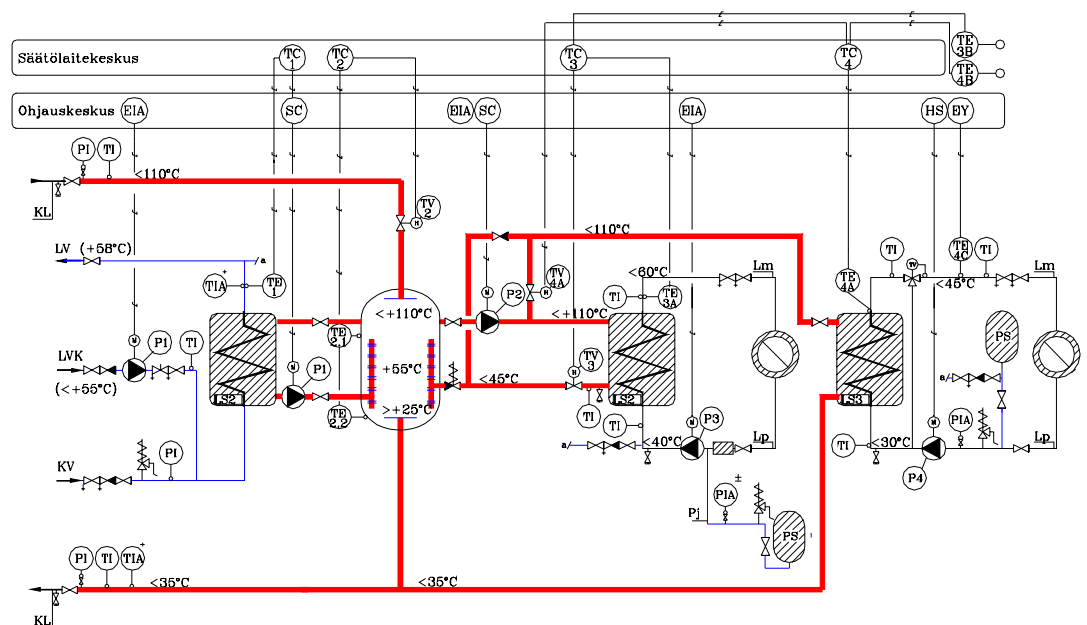
rajoitettu 110°C :een tai suuremmissa varaajakohteissa kytkemällä varaaja erillisen latauslämmönsiirtimen kautta kaukolämpöverkkoon (120°C). Erillisen lataussiirtimen kytkentä mahdollistaa myös erilaiset hybridi-kytkennät, esimerkiksi poistoilmalämpöpumpun (LP) liittämisen varaajaan ja sen tuottaman lämmön hyödyntämisen sekä lämmitykseen että lämpimään käyttöveteen.



Kuva 16 Lämpöpumpun varaajakytkentä varustettuna kaukolämpöä käytävällä esi- ja jälkilämmityksellä. (FoU, Fjärvärmecentralen kopplingsprinciper Rapport | 2009:3)

Suurikokoinen erillinen varaaja on kytkettävissä järjestelmään kohdassa 4.4 esitetyllä tavalla, jolloin lämmönjakokeskukseen liitetty varaaja toimii järjestelmän yhteen liittäväenä yhdysastiana.

Varaajakytkennässä voidaan hyödyntää kaikkien lämmityspiirien jäädytykset kerrostamalla varaajan vesisisältö niin, että jäähtynein kaukolämpövesi poistuu varaajan pohjalta. Mahdollinen lattialämmityspiiri on kytkettävissä sarjaan esimerkiksi kuvassa 17 esitetyllä tavalla.



Kuva 17 Kaukolämpöverkkoon kytketty varaaja

Glykoli-piirit on tässä erotettu kahdella lämmönsiirrinseinällä käyttövesipiiristä, mikä varmistaa kytkennän turvallisuuden.

Varaajan toimiessa käyttöveden sijaan suljetussa vesipiirissä voidaan rakennemateriaalina käyttää tavanomaisia paineastiateräksiä korroosionkestävien materiaalien sijasta, mikä johtaa materiaalikustannuksissa merkittävään säästöön. Esimerkiksi 600 litran 16 bar akkusäiliön hinta ei nouse 10 bar varaajan hintaa korkeammaksi, mutta korkeammalla latauslämpötilalla saavutettavalla suuremmalla dt:llä saavutettava kapasiteettilisä on 5 - 12%. Yleisimmissä 300 litran ja sitä pienemmissä käyttövesivaraajissa on massavalmistuksella saavutettu kustannushyöty niin suuri, että 300 litran 16 bar akkusäiliön hinta on n. 60% kalliimpi kuin 10 bar käyttövesivaraajan (Kaukora). Akkuvaraajan hyöty tulee suurimmaksi osaksi käyttöominaisuuksien kautta: siirtimen välityksellä tuotettava lämmin käyttövesi ja em. mahdollisuus tilausvesivirran leikkaamiseen. 600 litran varaajaan on varattavissa enimmillään yli 50 kWh, mikä riittää 15 asunnon rivitalossa (5000 m³, 30 kWh/m³) n. 3 tunnin kulutukseen keskimääräisellä teholla. Varaajan käyttö tyypillisessä käyttöveden huippukulutustilanteessa lyhentää varaajan purkuajan alle tuntiin.

Varaajakytkennän tehokas hyödyntäminen edellyttää älykkästä varaajan latauksen säätöä, jotta varausjakson kaukolämmön paluuv veden lämpötila saadaan alhaiseksi ja että varaaja toimii tehokkaasti kaukolämmön kulutusta tasaavana (DSM-toiminnot: esim. lataustehon säätö kaukolämpöverkon paine-eron ja paluulämpötilan mukaan).

4.2.1 Sulanapitolämmitys

Ilmanvaihdon LTO-piirin kytkeminen yhteen sulanapidon matalalämpötilaisien glykoli-piirien kanssa on luontevaa, jolloin LTO-lämpöä voidaan hyödyntää kaukolämmön paluulämpötilatasoa selvästi alemmalla lämpötila-alueella. LTO-lämmöllä esilämmitetty sulanapitokierto tulee lämmönjakokeskukselle tarvittaessa edelleen lämmitettäväksi erillisellä vesi-glykoli lämmön-siirtimellä.

4.3 Aurinkolämmön hyödyntäminen

Aurinkolämpöjärjestelmissä on keräinpanelien ohella lämmön varaajasäiliö merkittävässä roolissa. Yleisimpiä ovat varaajasäiliön sisäisillä kierukoilla toteutetut aurinkolämmitysjärjestelmät. Vaihtoehtoisesti varaajavettä lämmitetään varaajan ulkopuolisella glykoli-vesi lämmönsiirtimellä. Aurinkolämmityksessä on erityisesti tasokeräimille tyypillistä varsin matala lämpötilataso.

Varaajavetenä on pienimmissä käyttöveden lämmitykseen tarkoitetuissa järjestelmissä usein lämmin käyttövesi jolloin käyttöveden laatu on vaarassa sekä hygienian (matala varaajalämpötila) että kemian (jäänestoliuosta sisältävä putkikierukka varajan sisällä) osalta. Käyttöveden laadun kannalta erillisellä käyttövesilämmönsiirtimellä varustettu aurinkovaraaja on turvallisempi ratkaisu. Lämmönsiirrinportaat alentavat auringosta hyödyksi saatavaa lämpötilaa ja energiaa. Usean peräkkäisen lämmönsiirtimen käyttäminen ei ole myöskään paluulämpötilan optimoinnin kannalta paras ratkaisu

Aurinkolämmitysjärjestelmissä varaajien varauskykyyn on tyypillisesti kiinnitetty runsaasti huomiota (mm. aurinkokeräimiltä tulevan latausvirtauksen palautus lämpötilakerrostuneen varaajan oikealämpötilaiseen tasoon). Kaukolämmön kanssa hybridi-käytössä aurinkolämpö tulee toteuttaa niin, että aurinkolämpöjärjestelmiin

olennaisesti kuuluvaa suurta lämpövaraajaa voidaan hyödyntää tehokkaasti myös kaukolämpökäytössä ja kaukolämmön liityntäteho voidaan mitoittaa rakennuksen keskimääräisen (vuorokausi)tehotarpeen mukaan. Kaukolämpö hybridi-käytössä aurinkolämpö-varaajaa ladataan tarvittaessa (varaajan yläosasta) kaukolämmöllä vähintään lämpimän käyttöveden valmistuksen vaatimaan lämpötilaan. Käyttöveden ja ilmavaihtolämmityksen kulutuspiikit tuotetaan varaajaa hyödyntäen (käyttöveden esilämmitys tapahtuu varaajan pohjalämpötilassa ja priimaus/kierron lämmitys varaajan yläosassa).

Aurinkolämmityksen ja varaajan lämpöenergian tehokas hyödyntäminen edellyttää rakennukselta matalalämpötilaista lämmönjakojärjestelmää. Tämän matalalämpötilaisen lämmönjakojärjestelmän ansiosta on myös kaukolämmön paluueden lämpötila varaajan lataustilanteessa alhainen. Lataustarvetta kaukolämmöllä ei ole lämpimänä vuodenaikana lainkaan. Kesällä voimakkaan ja pitkäkestoisen auringonpaisteen aikana aurinkolämpöä tulee helposti enemmän kuin tarvitaan ja vaarana on nestepiirin kiehuminen. Ylimäärälämmön takia järjestelmää tulee olla mahdollista apujäähdyttää (esim. yöaikana tasokeräimien häviötä ja sulanapitolämmityksiä käyttäen).

4.4 Hybridilämmitysjärjestelmän kytkentä

Eri lämmitysmuotojen yhdistäminen johtaa helposti säätötekniisesti varsin monimutkaiseen tai ainakin runsaasti komponentteja sisältävään ratkaisuun, mikä nostaa hintaa ja on ollut merkittävänä esteenä hybridilämmitysten laajamittaiselle käytölle myös uudisrakentamisessa. Monimutkaiset säätölaitteet ovat suuri kustannuserä sekä hankintavaiheessa että myöhemmin kasvavan huollontarpeen myötä.

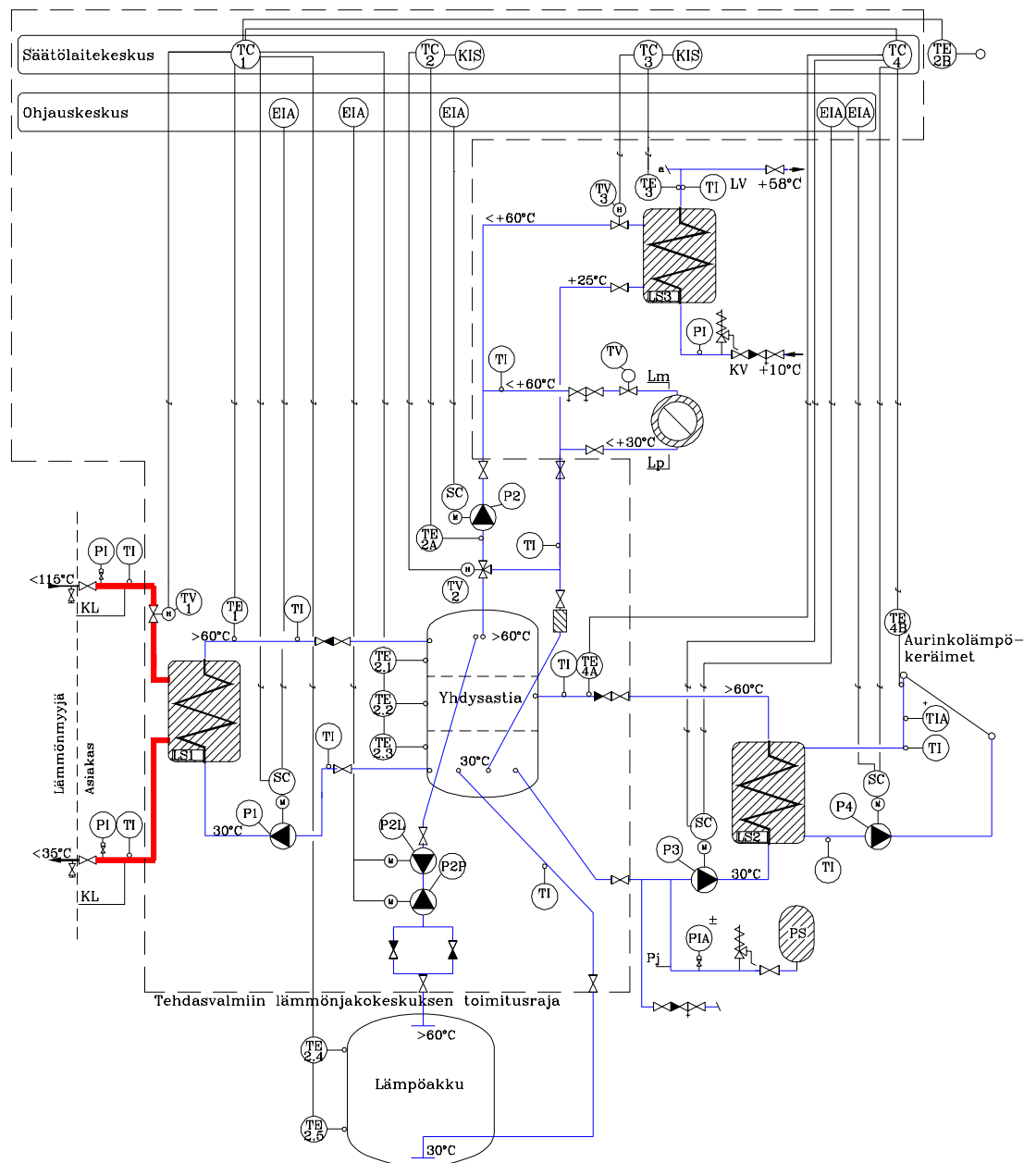
4.4.1 Aurinkolämpö

Varaajakapasiteetin lisääminen ja useiden lämmitysmuotojen lisääminen hybridijärjestelmään on säädettävyyden kannalta yksinkertaisinta toteuttaa kuvan 18 mukaisesti hydraulisen ”nollapisteen” muodostavan yhdysastian ympärille rakennetussa järjestelmässä. Ratkaisussa on hyödynnetty lämpövaraajissa sovellettua veden lämpötilarajakerrostumista.

Virtausten tasaajana toimii suhteellisen pienitilavuuksinen (30 l) ”nollapiste” –säiliö, jonka rajakerroksien korkeustasoa säädetään erillisen varaajasäiliön lataus/purkauspumpuilla. Eri lämpötilatasoilla toimivat osat on erotettu toisistaan sekoittumista estävillä tasoilla (reikälevyt). Kahden vastakkain asennetun pumpun avulla vältetään useiden erillisten säätöventtiilien ja säätöpiirien hankkiminen.

Lämpimän käyttöveden valmistus on tässä ratkaisussa viety huoneistokohtaisiin yksiköihin, jotka toimivat toisiopuolen lämmitysverkkoon kytkettynä ilman lämpimän käyttöveden kiertoa. Tällä torjutaan käyttöveden legionellavaaraa vaikka toimitaan varsin matalalla käyttöveden lämpötilatasolla (55°C).

KytKentä mahdollistaa huoneistokohtaisen energiamittauksen kattaen samalla toisiopuolen mittarilla sekä lämmityksen että käyttöveden lämmityksen.



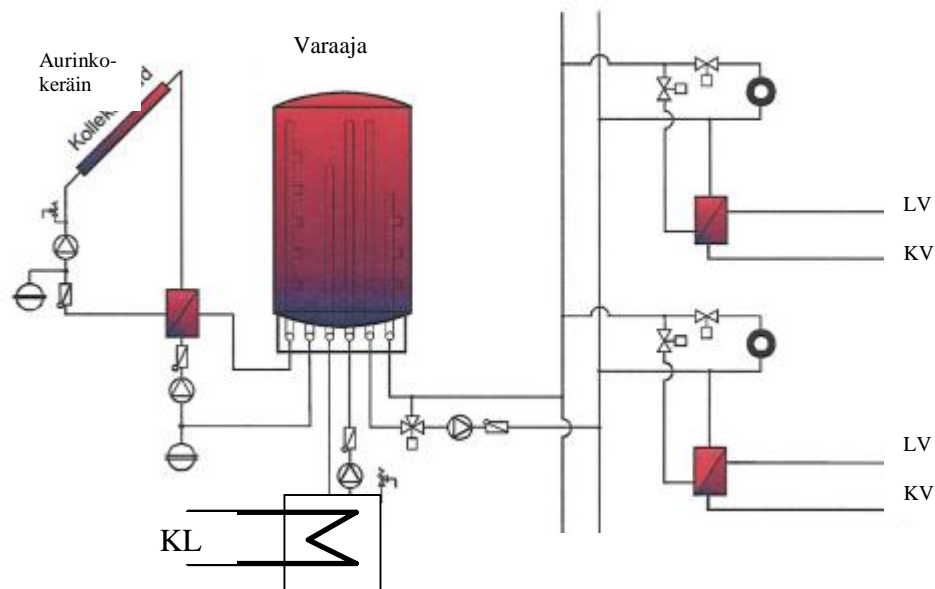
Kuva 18 Aurinko- kaukolämmön hybridilämmityskytkenä.

Lähde: Rembert Zortea, Zortea Gebäudetechnik GmbH. 1990 (EP 0387633)

Kaukolämmön paluulämpötila asettuu tässä kytkennässä korkeintaan samalle tasolle kuin aurinkolämmön ja kaukolämmön rinnankytkennässä ja aurinkolämmön tehon ja varaajakapasiteetin laskiessa kaukolämmön paluulämpötila asettuu mahdollisimman alhaiselle tasolle (= lämmitys- ja käyttövesiverkon paluulämpötila). Kaukolämpöliittymän toteutus yhden lämmönsiirtimen kautta on mahdollisimman pelkistetty. Toisipuolen tehosäätö on toteutettu kierroslukuohjatulla pumpulla, jota säädetään nollapistesäiliön rajakerroslämpötilan ohjaamana. Järjestelmään kaukolämmöstä ladattava lämpötila pidetään ensi puolen säätöventtiilillä vakiona, vähintään lämmitys ja käyttöveden lämmityksen vaatimalla tasolla.

Kuvassa 19 on esitetty vastaava ratkaisu kuin edellä toteutettuna tavanomaisella kerrostavalla aurinkolämmön varaajalla, jolla saavutetaan matala (35°C)

paluulämpötila varaajan sisäisten diffuusori-putkien ansiosta. Matala paluulämpötila on hyödynnettävissä myös kaukolämpökäytössä kun aurinkolämpö ei riitä varaajan lataamiseen.

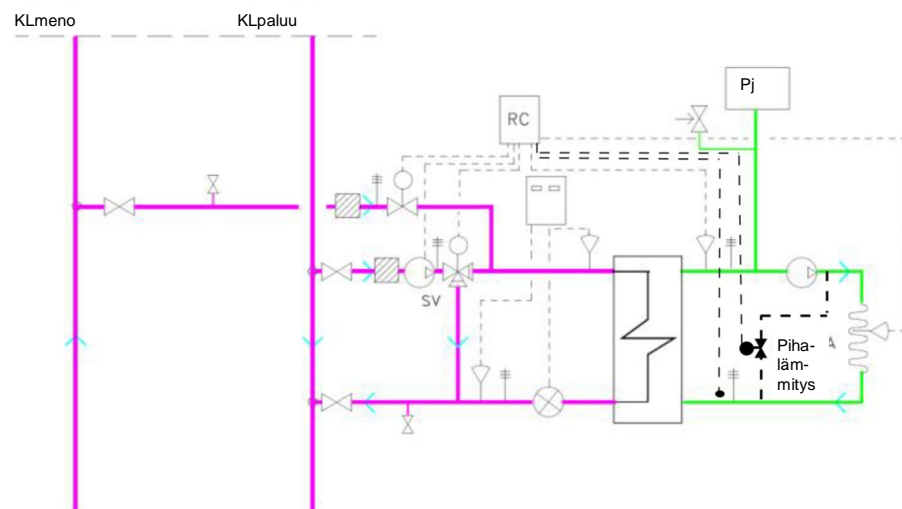


Kuva 19 Aurinko- kaukolämmön hybridilämmityskytentä. Lähde: Gundula Tschernigg, Arsenal Research

Aurinkolämmön hyväksikäyttöä tehostamaan ja ylituotantotilanteen apujäähdytystä varten voidaan aurinkokeräimien glykoli-piiriin kytkeä piha-alueiden sulanapito-
lämmitys.

4.4.2 Sulanapitojärjestelmät

Sulanapitojärjestelmissä järjestelmäkierrosta palaava liuos voi olla huomattavasti
nollan alapuolella etenkin silloin kun järjestelmää käynnistetään käyttökeskeytyksen
jälkeen



**Kuva 20 Sulanapitolämmityksen kytentä, joka hyödyntää ensisijassa paluveden
lämpöä, minkä lisäksi varmistus menolämpötilaisella lämmöllä.**
(FoU, Fjärvärmecentralen kopplingsprinciper Rapport | 2009:3)

Glykolipiiri on välttämätöntä varustaa sekoituskytkennällä, jolla sulanapidosta palaavan liuoksen lämpötilaa tarvittaessa nostetaan ennen johtamista lämmönjakokeskuksen glykoli-/vesi-lämmönsiirtimelle.

Sulanapitojärjestelmän paluulämpötila-suojaus tulee varmistaa kiertopumpun pysäyttävällä alhaisen paluulämpötilan lämpötilarajakytkimellä.

4.5 Lämpöpumppu kaukolämmityksen yhteydessä

Lämpöpumppuja mitoitetaan usein vain osateholle, jotta saavutetaan edullinen investointikustannus. Yhdessä lisälämmönlähteenä toimivan kaukolämmön kanssa on mahdollisuus päästä etenkin suurehkoissa kohteissa lämpöpumppuinvestoinnin kannalta edulliseen lopputulokseen. Kokonaisedullisuus investoinnin, käyttö-kustannusten ja CO₂-päästöjen kannalta tarkasteltuna on useinkin kyseenalaisempi.

Kaukolämmön kannalta toimiva ja kokonaistaloudellinen ratkaisu tulee kuitenkin olla kaikissa tapauksissa suunnittelun päämääränä.

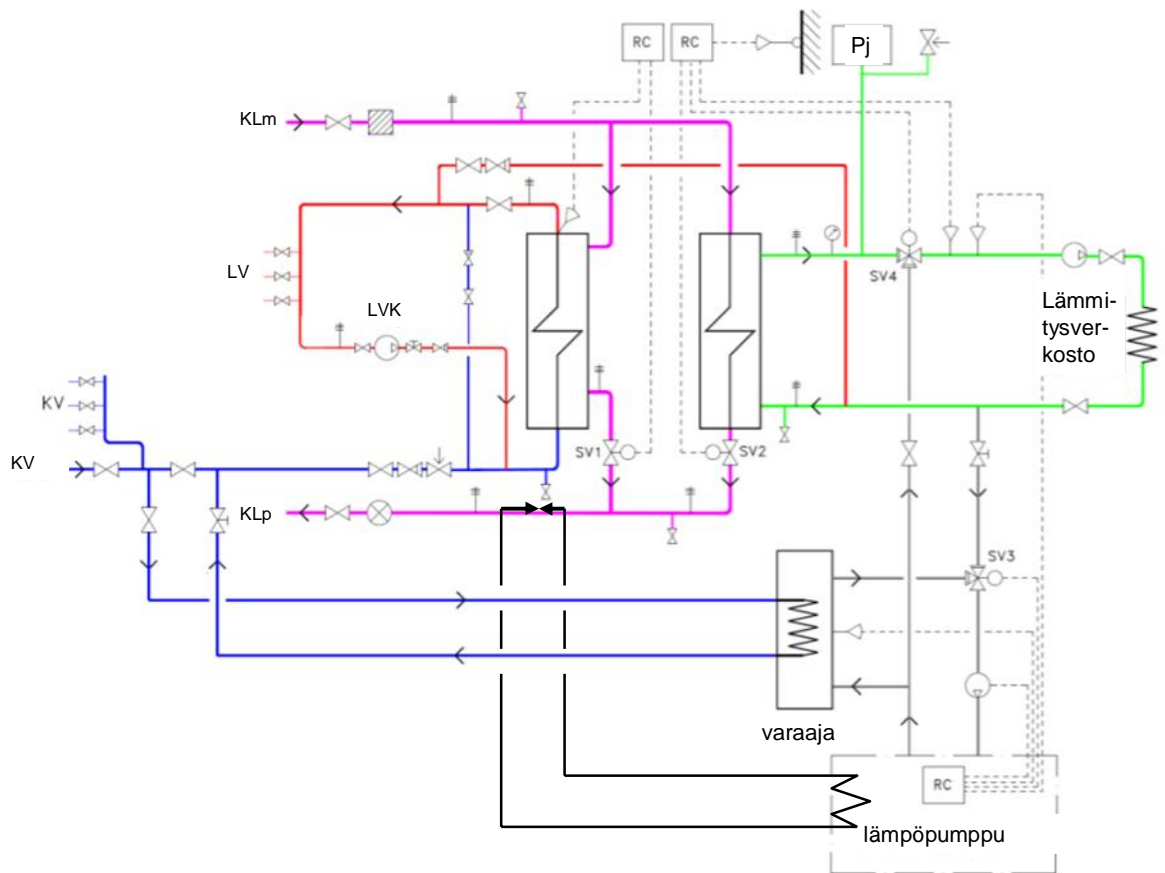
Kaukolämpöverkon käytön ja kaukolämmön tuotannon huomioon ottavan lämpöpumppulämmityksen ja kaukolämmön yhdistelmän tulisi toimia siten, että se parantaa kaukolämpöveden jäähtymää ja käyttää kaukolämpöä mahdollisimman tasaisesti.

4.5.1 Poistoilmalämpöpumpun kytkentä

Poistoilman lämpötila on niin alhainen, että sillä ei sellaisenaan voida tehokkaasti lämmittää muuta kuin sisään tulevaa ilmaa.

Lämpöpumppua käyttäen poistoilmasta saatavaa lämpöä voidaan käyttää lämmitykseen ja käyttöveden (esi)lämmitykseen. Lämpöpumppukytkennän lämpökertoimen tulee olla korkea (COP > 3), jotta lisääntyvä sähkönkulutus on CO₂ – taseen kannalta perusteltavissa. Korkeaan COP:iin päästään edullisimmin kun minimoidaan lämpöpumpulla tehtävä lämpötilannosto. Tämä puolestaan johtaa yhdessä kaukolämmön kanssa käytettynä kaukolämmön heikkoon jäähtymään, mikäli lämpöpumpun kytkentää ei toteuteta kaukolämpöjärjestelmä huomioon ottavalla tavalla vaan kytketään kaukolämpö lämpöpumpun lauhduttimen jälkeen sarjaan. Kaukolämmön ollessa jatkuvasti käytettävissä on sillä mahdollista priimata myös lämpöpumpun höyrystimelle menevän LTO-lämmön lämpötilatasoa ja/tai tulistaa höyrystinpiiriä ja näin mahdollistaa lämpöpumpun lauhdutinpuolen lämpötilan nosto korkeammalle lämpötilatasolle. Kun kaukolämmöllä varmistetaan, että lämpöpumpun operointitila säilyy kaikissa olosuhteissa edullisena, lämpöpumpulla saadaan luotettavasti ja edullisemmin tuotettua vähintään +58C käyttöveden lisäksi +70...80C menovettä lämmitysjärjestelmään. Höyrystinpuolen priimaus-kytkennällä kaukolämmön jäähtymä paranee ja kaukolämpöverkkoon nähden edullisessa paikassa sijaitseva kiinteistö voidaan myös kytkeä kaukolämmön paluuveteen.

Kuvan 21 kytkentä on FoU:n tutkimuksessa esitetty lämpöpumpun ja kaukolämmön rinnankytkentä kiinteistöihin, joissa oleva lämpöpumppu on mitoitettu yli 25% osuudelle mitoitustehosta. FoU:n kytkentään on tässä lisätty lämpöpumpun lämpökerrointa parantava lauhdutinpiirin sarjalämmitys / tulistus kaukolämmön paluuvdestä

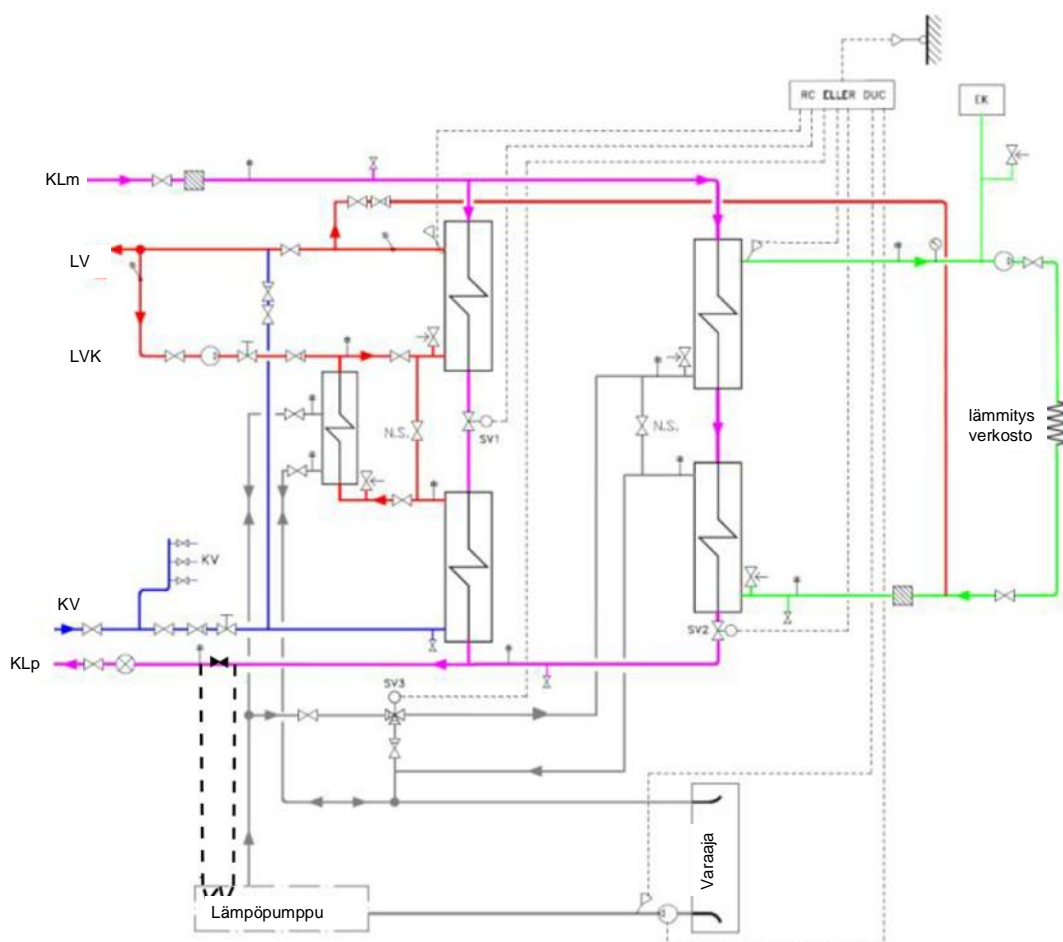


Kuva 21 Lämpöpumpun kytkentä ilman varaajaa (FoU, Fjärvärmecentralen kopplingsprinciper Rapport | 2009:3) , jota on tehostettu lämpöpumpun höyrystimelle johdetulla kaukolämmön paluuesikierrolla

Suomessa kuvattua kaukolämpöpaluvedellä priimaamista on käytetty elintarvikekaupan kylmävesikoneikoissa höyrystimen jälkeiseen kylmäaineen tulistamiseen. Näin lauhdutinpuolelta saatava lämpötila on saatu nostettua riittäväksi ilmanvaihdon tuloilmapatterille (SOK).

Koska poistoilmalämpöpumpun mitoitus ei riitä rakennuksen koko lämmöntarpeeseen, on lämpöpumpun lauhduttimelta saatavan lämmön (poistoilman LTO + tulistus kl-paluuedellä + valtaosa lämpöpumpun kompressorihäviöstä) lisäksi tarvitaan rinnalle merkittävä lisäteho.

Varaajalla varustetussa lämpöpumppujärjestelmässä lisäenergian osuus on tyypillisesti vähäinen ja kaukolämmöllä jää katettavaksi osa kaikkein kylmimmän jakson lämmitys. Kuvassa 22 esitetyllä välisyöttö-kytkennällä saadaan kaukolämmön jäähtymää parannettua em. rinnankytkentään verrattuna, silloin kun lämmitys ylipäättään tarvitsee priimauslämpöä. Myös tässä on mahdollisuus parantaa olemassa olevan järjestelmän COP -arvoa kytkemällä kaukolämmön paluuesi lämpöpumpun lauhduttimelle menevän lämmön priimaukseen.



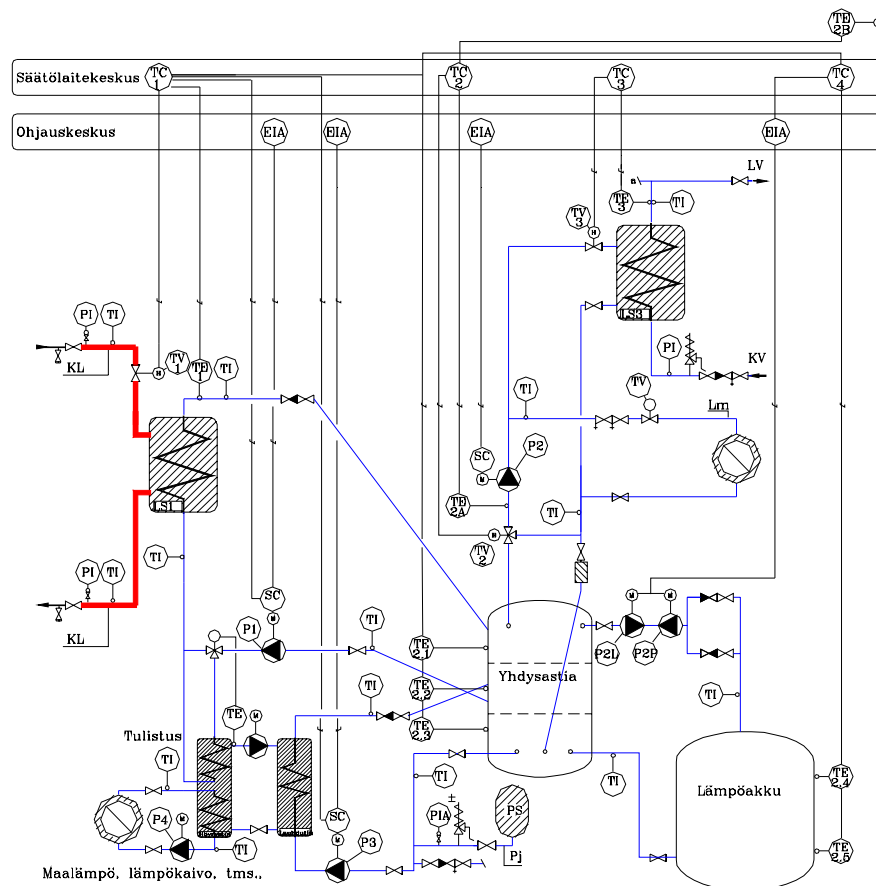
Kuva 22 Lämpökalla varustettu lämpöpumpun kytkentä (FoU, Fjärvärme-centralen kopplingsprinciper Rapport | 2009:3) , jota on tehostettu lämpöpumpun höyrystimelle johdetulla kaukolämmön paluuesikierrolla.

Mikäli olemassa olevaan varaajalla varustettuun lämpöpumppujärjestelmään tehdään suurehkoja muutoksia, tulisi tässä yhteydessä harkita seuraavassa kuvassa 23 esitetyn hydraulisen nolapistesäiliö-kytkennän käyttöä.

4.5.2 Maalämpöpumpun kytkentä

Maalämpöpumpun mitoitus tehdään yleensä pitäen silmällä suurempaa vuotuista energiaa ja lämpöpumpun tehomitoitus on suurempi kuin poistoilmalämpöpumpun. Tällöin vuotuisen lisäenergian osuus on merkittävästi vähäisempi ja lisäenergiana on syytä käyttää muuta kuin kaukolämpöä etenkin pienien kuluttajien kohdalla. Kaukolämmön paluveden kytkeminen maalämpöpumpun yhteyteen on sen sijaan suositeltava ratkaisu suurempien lämpöpumppukohteiden yhteydessä, jos paluukytkentä on mahdollinen kl-järjestelmän näkökulmasta (paluuvesi virtaaman riittävyys).

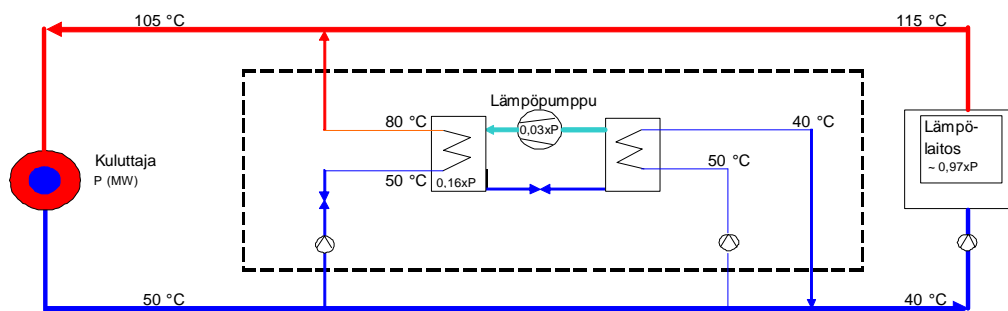
Lämpökaivon ja maalämpöpiirin tarjoama höyrystinlämpötila on suhteellisen alhainen etenkin keväisin, jolloin maaperä on jo luovuttanut runsaasti lämpöä lämmitykseen. Lämpöpumpun mitoitusta on mahdollista säätää kaukolämmön avulla siten, että höyrystinpiirin menevän lämmönkeruuliuoksen loppulämpötilaa nostetaan kaukolämmön paluvedellä siten, että päästään lämpöpumpun kannalta taloudelliselle toiminta-alueelle ($COP \gg 3$). Maalämpöpumpun kylmäainetta voidaan myös tulistaa paluveden lämmöllä samalla tavoin kuin poistoilmalämpöpumpun ja kylmävesikoneikon yhteydessä.



Kuva 23 Lämpöpumpun ja kaukolämmön hybridi-kytkentä nollapiste-yhdysastialla toteuttuna.

4.5.3 Paluuesilämpöpumppu

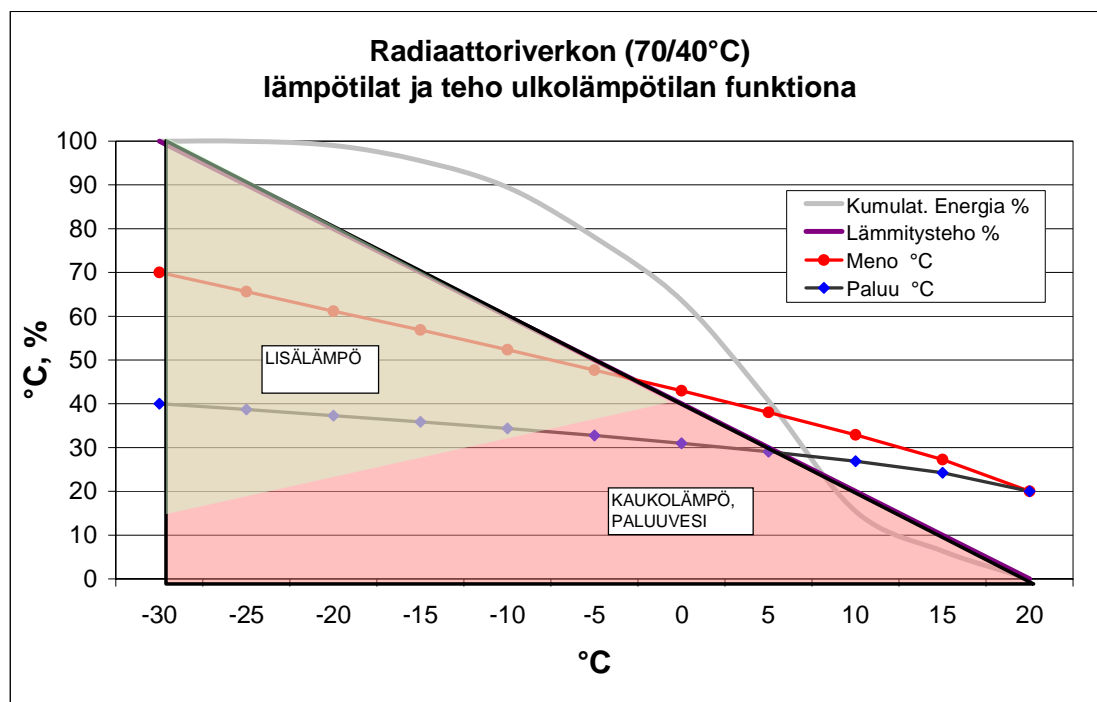
Edellä esitetyistä ensisijassa kiinteistökohtaisia lämmönlähteitä hyödyntävästä lämpöpumpun ja kaukolämmön yhteiskäytöstä on mahdollista siirtyä yksinomaan kaukolämmön paluuvettä hyödyntävään ratkaisuun. Tutkimuksessa ”Kaukolämpöjärjestelmän paluveden hyväksikäyttö kiinteistöjen lämmityksessä” kehitetty esimerkkikytkentä on erityisesti vanhojen ja suurien kiinteistöjen, kiinteistöryhmien lämmitystä sekä teollisuuden prosessilämmityksiä varten.



Kuva 24 Kaukolämmön paluveden lämpöä hyödyntävä lämpöpumppukytkentä.

Em. tutkimuksessa todettiin kaukolämmön paluvedellä toteutetun matalalämpötilaisen lämmityksen yhdistettynä käyttöveden lämpöpumppuun olevan sekä kilpailevaa maalämpöä että perinteistä kaukolämpöä edullisemman lämmitysratkaisu kaukolämpöä edulliseen hintaan tarjoavilla alueilla.

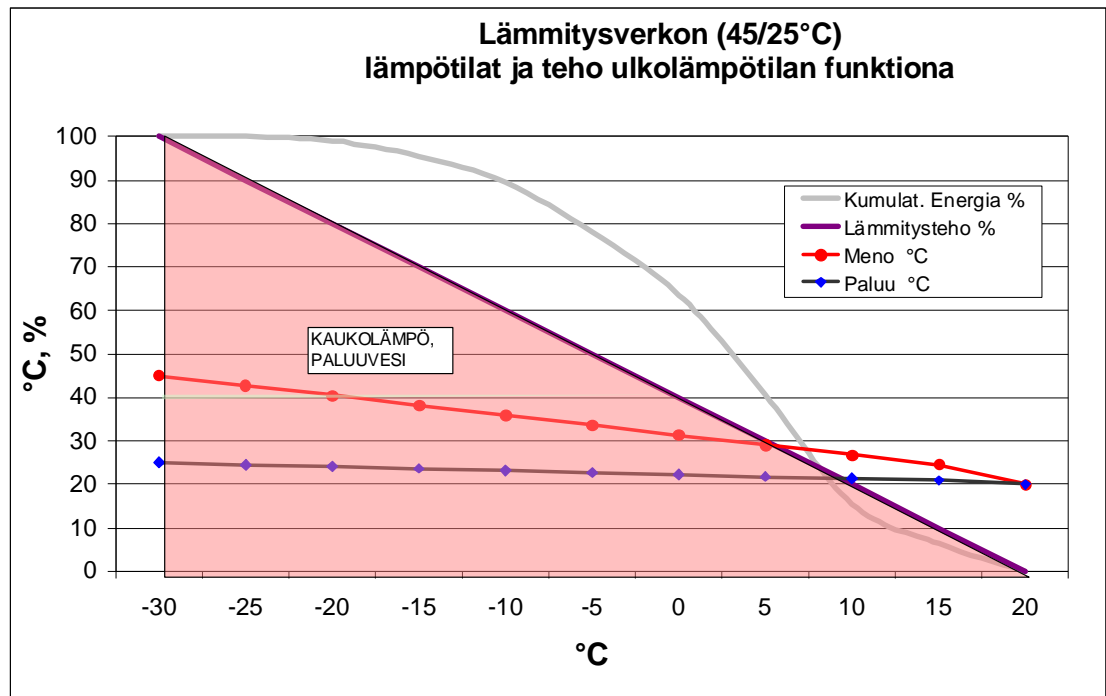
Kuten oheisista kuvaajista voidaan nähdä, on paluvedenlämpötila riittävä tuottamaan 70/40 -mitoitetulla lämmitysjärjestelmällä varustetun rakennuksen vuosilämmitysenergiasta n. 65%, ja lämmönjakojärjestelmän ylimitoituksen ansiosta tämä osuus on usein vielä selvästi suurempi.



Kuva 25. Lämmitysenergian jakautuminen ulkolämpötilan funktiona, radiaattorilämmitys 70°C/40°C kiertoveden mitoituslämpötilalla (kl-verkon paluulämpötila on 0°C ulkolämpötilassa 50°C).

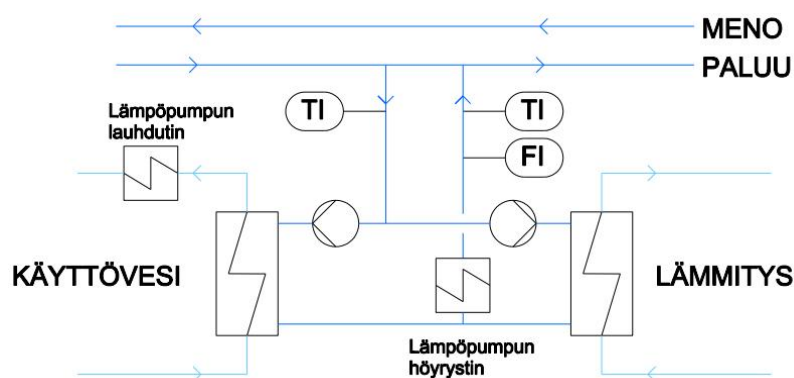
Mikäli lisälämpö tuotetaan paluuvesi-lämpöpumpulla nousee paluulämmön kokonaisuus vuosienenergiasta yli 90%:iin. Myös käyttöveden lämmitysenergia on n. 50% osuudella kaukolämmön paluulämpöä.

Lattia- ja/tai ilmanvaihtolämmityksellä varustetuissa kiinteistöissä paluveden lämpötilataso on sellaisenaan riittävä koko lämmitysenergian hankkimiseen ja em. paluuesilämpöpumpulla jäisi tehtäväksi pelkästään käyttöveden priimaus. Käyttöveden priimaus-lämmitys lämpöpumpulla edellyttää suurehkoa kiinteistöä, jossa on pitkä käyttöveden käyttöaika sekä varaajaa, jolla voidaan alentaa lämpöpumpun mitoitus-tehoa.



Kuva 26. Lämmitysenergian jakautuminen ulkolämpötilan (Helsinki) funktiona, Lattia/ilmanvaihtolämmitys 45°C/25°C kiertoveden mitoituslämpötilalla.

Paluveden hyödyntäminen kiinteistökohtaiseen lämmitykseen tulee tarkastella kohteittain. Silmukat ja haarojen latvaosat eivät sovellu ilman tarkempaa tarkastelua ko. käyttötarkoitukseen, koska tietyissä ajotilanteissa paluueden virtaus voi olla hyvin pieni (esim. huippukattilan käyttöönottilanteessa).



Kuva 27. Kiinteistökohtainen paluuesilämpöpumpppukytkentä

5 YHTEENVETO

Kauko- ja hybridilämmitettyjen rakennusten nyky-mitoitusta matalalämpötilaisempi lämmityspiirin paluuvesi pienentää välisyötöllä saatavaa jäähtymän lisäystä ja yhteen liitettyillä lämmönsiirtimillä toteutettua välisyöttöratkaisua ei ole syytä käyttää suurissakaan asuinrakennuksissa, mikäli lämmityksen paluulämpötilan laskee alle 35°C:n. Alhaisella lämmityksen paluueden lämpötilalla välisyöttö on syytä toteuttaa joko erillisillä ”päällekkäin” asennetuilla ja toisistaan eristetyillä lämmönsiirtimillä tai varustamalla yhteen liitetty välisyöttörakenne esilämmitysasteen tarvittaessa sulkevalla termostaattiventtiilillä. Näin välisyöttö hyödyttää aina kun käyttöveden kulutusta esiintyy, mutta välttää muun ajan lämpövuodolta paluuveteen päin. Taloudellisimman ratkaisun selvittäminen eri kuluttajatyypeille vaatii vielä lisätyötä.

Käyttöveden kiertoputkiston jopa 80%... 90% pienempien lämpöhäviöiden takia käyttöveden lämpötilan säätö muuttuu haastavammaksi, kun lämpimän käyttöveden kierron osuus laskee 30%:sta n. 5%:iin ja eristetyn putkiston lämpötilavaihtelua passiivisesti tasaava häviökapasiteetti laskee. Energiategokas käyttöveden menolämpötilansäätö tulee olla mahdollisimman tarkka, jolloin saavutetaan samalla sekä hyvä käyttömukavuus että pienemmät häviöt lämpimän käyttöveden kiertoputkistossa. Pienitilavuuksinen, hyvin eristetty ja kauttaaltaan asetettuun käyttöveden menolämpötilaan ilman aktiivisia säätötoimenpiteitä latautuva tasaajasäiliö tasapainottaa käyttöveden menolämpötilaa sekä pidentää viipymää korkeassa lämpötilassa ja varmistaa näin veden hygienisen laadun.

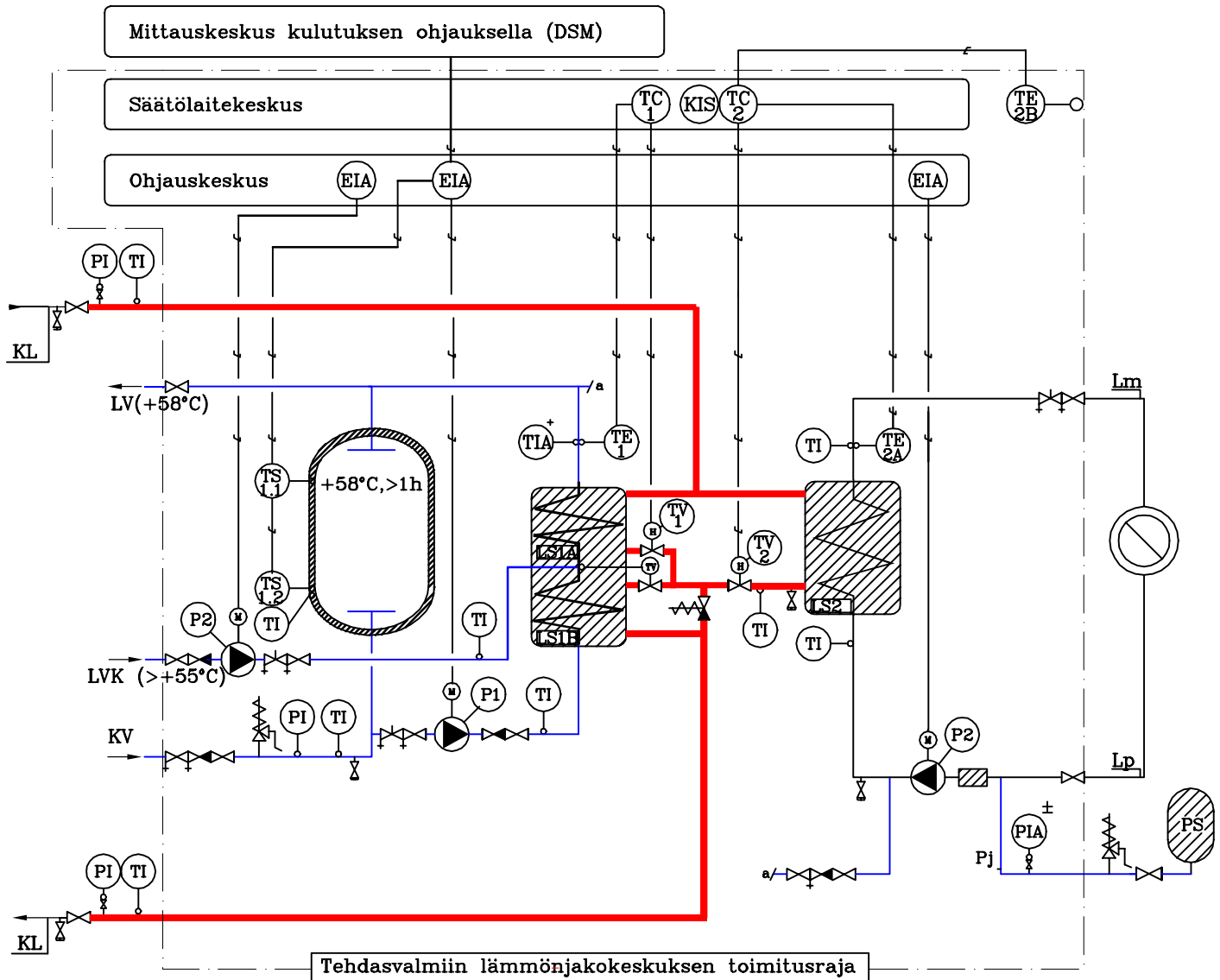
Tilavuudeltaan suuret käyttövesivaraajat eivät ole veden hygienisen laadun kannalta suositeltavia. Varaajan kapasiteetin tulee mahdollistaa kulutukseen johdettavalle vedelle vähintään tunnin viipymä 58°C lämpötilassa. E-luvun laskennassa esitetty käyttövesivaraajan lämpöhäviö on tyypillisessä pientalossa suurempi kuin hyvin eristetyn lämpimän käyttöveden kiertojohton.

Kaukolämmön yhteydessä on syytä hyödyntää matalalämpötilaisia lämmönjakojärjestelmiä, jotta muut matalalämpötilaiset järjestelmät eivät saa tarpeetonta etua rakennuksen E-luvun laskennassa. Matalalämpötilaisien järjestelmien kytkentä tulee toteuttaa kaukolämmön jäähtymän kannalta tehokkaasti, mikä mahdollistaa kilpailukykyisemmän kaukolämmön tarjoamisen matalalämpötilakohteille.

Ilmanvaihtolämmitys nykyistä alemmalla lämmönsiirtoliuoksen lämpötilatasolla samoin kuin katu- ja piha-alueiden sulanapitolämmitys edellyttää lämmönjakokeskuksen varustamista varmennetuilla jäähtymisen estävillä ohjauksilla (liuospiirin sekoituskytkentä varmistettuna kiertopumpun pysäyttävällä alilämpötermostaatilla).

Hybridi-lämmityskytkennät yhdessä kaukolämmön kanssa tulee toteuttaa toimimaan mahdollisimman tehokkaasti rinnakkain, jotta kaukolämmölle ei jää vain primaalämmön lämpötilan varmistaminen. Kaukolämmön ja muiden hybridilämmitysjärjestelmän komponenttien kytkeminen yhdyssäliiöön, tarjoaa suhteellisen yksinkertaisen säätöratkaisun ja varmistaa kaukolämmön jäähtymän sekä tehokkaan rinnakkaislämmönlähteiden käytön yhdessä varaajan kanssa.

Kaukolämmön paluueden käyttö lämpöpumppulämmitykseen on suositeltava keino tehostaa kaukolämmön jäähtymää ja tarjota lämpöpumppulämmitystä harkitseville kaukolämpöasiakkaille investoinneiltaan edullisempi ja lämmön riittävyuden turvaava lämmitysratkaisu. Paluueden riittävyys tulee aina tarkastaa tapauskohtaisesti.



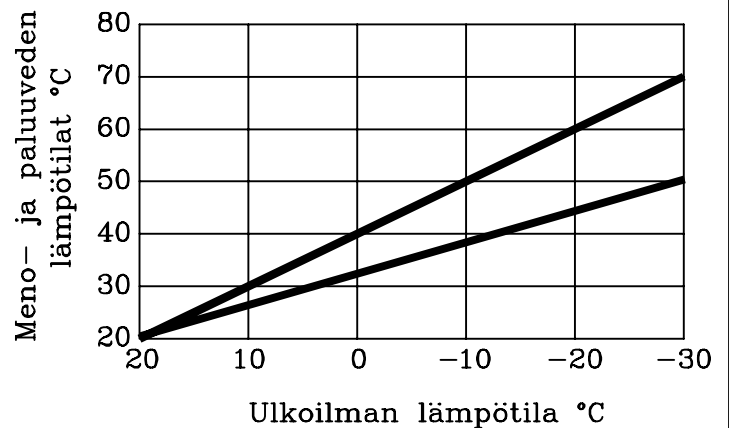
LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ

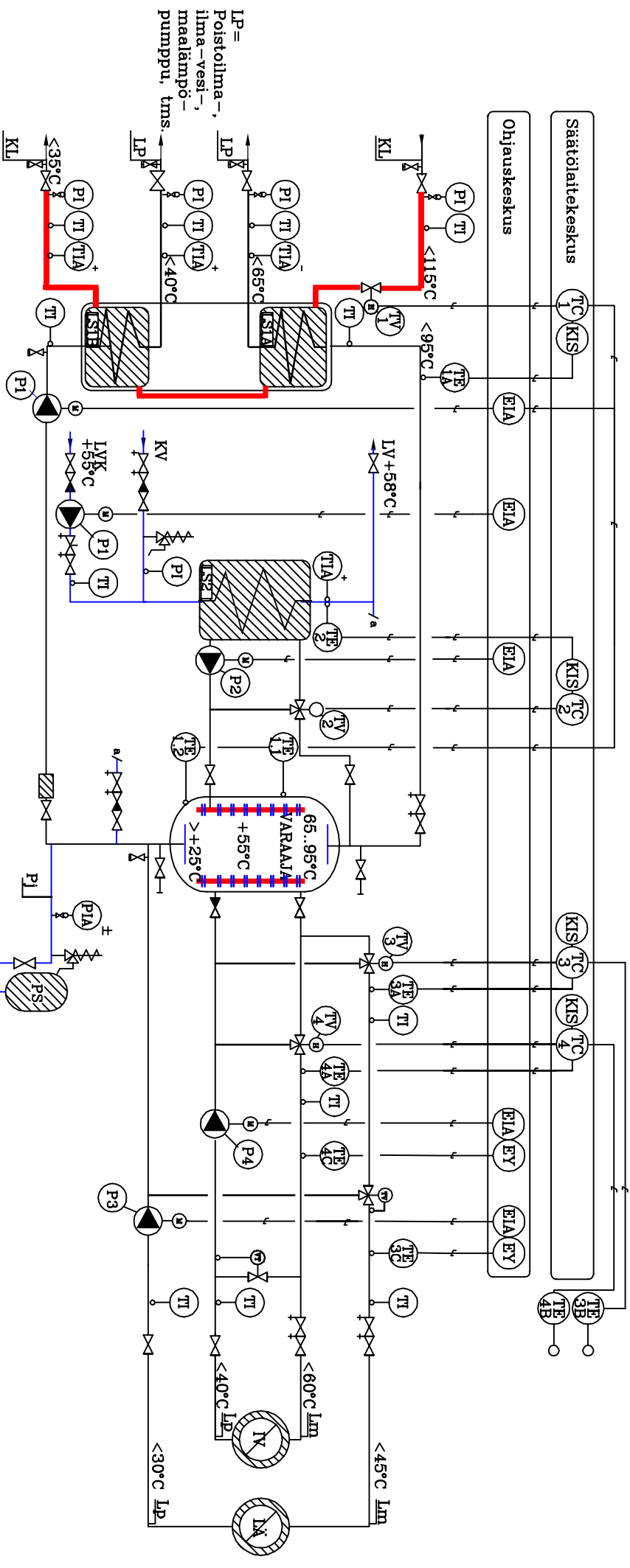
Säätökeskus TC1 ohjaa säätöventtiiliä TV1 käyttöveden lämpötilan tuntoelimen TE1 mittausarvon perusteella pitäen käyttöveden lämpötilan säätimen asetusarvon mukaisena. Ohjearvo 58°C. DSM-mittauskeskuksen antaman latausluvan olessa voimassa termostaatti TS1.1 käynnistää latauspumpun P1 lämpötilan laskiessa alle asetusarvon ja termostaatti TS1.2 pysäyttää latauspumpun lämpötilan noustessa yli asetusarvon. Ohjearvo 58°C (<65°C)

LÄMMITYSVERKOSTON MENOVEDEN LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ

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

LÄMMITYSVERKOSTON TOIMINTALÄMPÖTILAT





LP =
Poistoilma-,
ilma-vesi-,
maalämpö-
pumppu, tms.

VARAAJAN LATAUS JA LÄMPÖTILIAN SÄÄTÖ

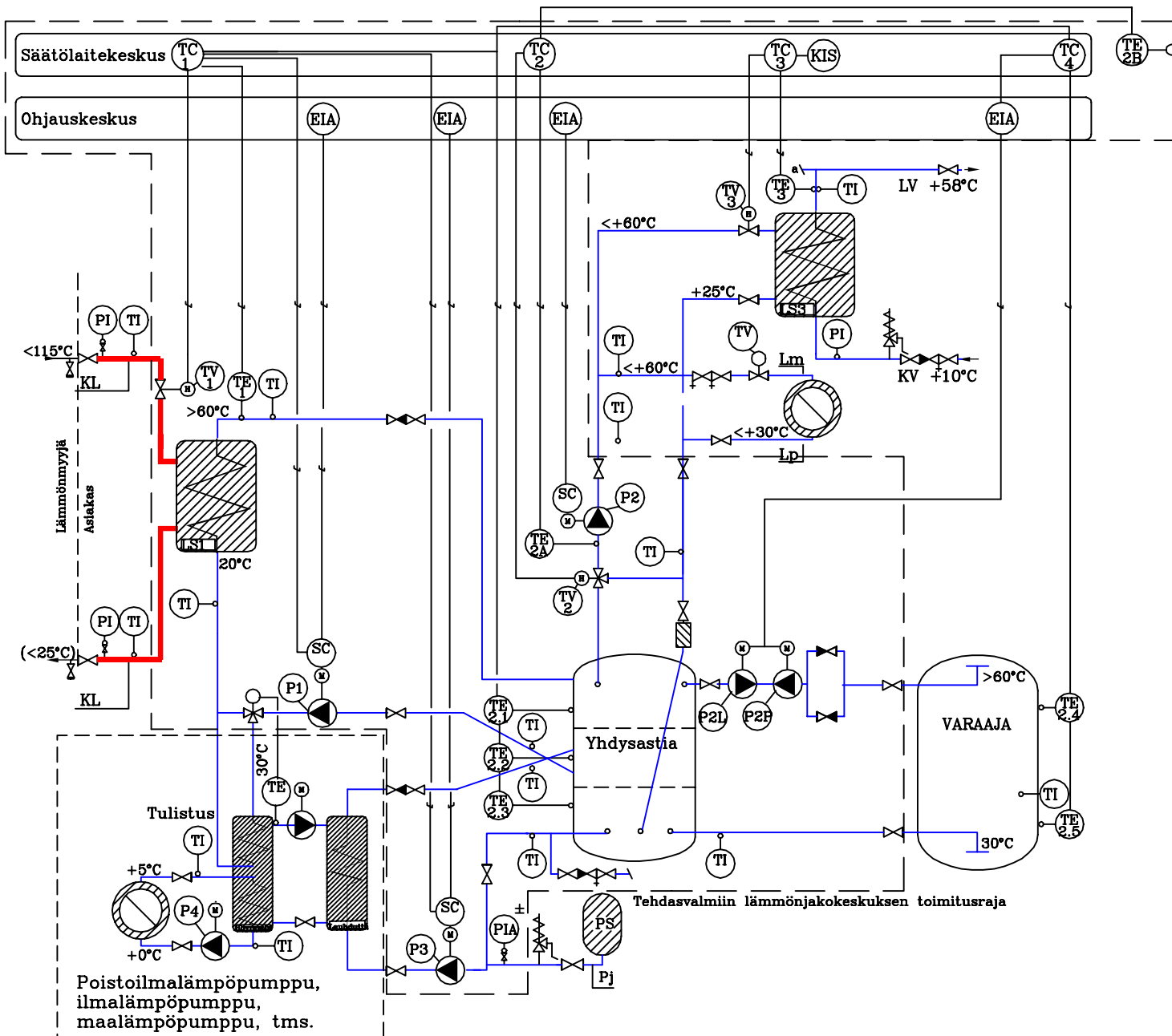
Säätökeskus TC1 käynnistää latauspumpun P1 lämpötilan tuntoelimen TE1.1 mittausarvon alittaessa asetussarvon ja pysäyttää pumpun P1 lämpötilan tuntoelimen TE1.1 mittausarvon ylittäessä asetussarvon. TC1 ohjaa säätöventtiiliä TV1 latausveden lämpötilan tuntoelimen TE1A ja ulkolämpötilan tuntoelimen TE3B mittausarvojen perusteella pitäen latausveden lämpötilan säätökeskuksen asetussarvon mukaisena.

LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖTILIAN SÄÄTÖ

Säätökeskus TC2 ohjaa säätöventtiiliä TV2 käyttöveden lämpötilan tuntoelimen TE2 mittausarvon perusteella pitäen käyttöveden lämpötilan säätimen asetussarvon mukaisena. Ohjearvo 58°C. LVK virtaus asetetaan kerta-äätonä siten, että lämpimän käyttöveden kierron paluulämpötila on vähintään 55°C.

LÄMMITYSVERKOSTON MENOVEDEN LÄMPÖTILIAN SÄÄTÖ

Säätökeskus TC3/TC4 ohjaa säätöventtiiliä TV3/TV4 menoveden lämpötilan tuntoelimen TE3A/TE4A ja ulkoilman lämpötilan tuntoelimen TE3B/TE4B mittausarvojen perusteella pitäen ilmanvaihto / lämmitysverkoston lähtevän menoveden lämpötilan säätökeskuksen asetussarvojen mukaisena. Ohjauskeskus pysäyttää pumpput P3/P4 jos TE3C/TE4C ylittää tai alittaa asetussarvot.



HYBRIDI-VARAAJAN JA LÄMMITYSVERKOSTON SÄÄTÖ

Varaajan latauspumppu P2L käynnistyy lämpötilan tuntoelimen TE2.3 mittausarvon ollessa yli asetusarvon ja tuntoelinten TE4A ja TE4B mittausarvojen ylittäessä latauslämpötilarajan. Lataus pysähtyy lämpötilan tuntoelimen TE2.2 mittausarvon alittaessa asetusarvon tai varaajan alälämpötilan tuntoelimen TE2.5 mittausarvon ylittäessä asetusarvon.

Varaajaan purkupumppu P2P käynnistyy lämpötilan tuntoelimen TE2.2 mittausarvon laskiessa alle asetusarvon ja varaajan ylälämpötilan tuntoelimen TE2.4 mittausarvon ylittäessä asetusarvon. Asetusarvo $> +60^{\circ}\text{C}$.

Lämpötilan tuntoelimen TE2.1 mittausarvon laskiessa alle kaukolämpökäytön asetusarvon käynnistyy taajuusmuuttajaohjattu pumppu P1 asetellulle teholle. Säätökeskus TC1 ohjaa säätöventtiiliä TV1 menoveden lämpötilan tuntoelimen TE1A ja ulkoilman lämpötilan tuntoelimen TE1B mittausarvojen perusteella pitäen tasaajaan lähtevän menoveden lämpötilan säätökeskuksen asetusarvojen mukaisena. ($+60^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$). P1 pysähtyy lämpötilan tuntoelimen TE2.2 mittausarvon ylittäessä asetusarvon. Säätökeskus TC2 ohjaa säätöventtiiliä TV2 menoveden lämpötilan tuntoelimen TE2A ja ulkoilman lämpötilan tuntoelimen TE2B/TE3B mittausarvojen perusteella pitäen lämmitysverkoston lähtevän menoveden lämpötilan säätökeskuksen asetusarvojen mukaisena.

LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ

Säätökeskus TC1 ohjaa säätöventtiiliä TV1 käyttöveden lämpötilan tuntoelimen TE1 mittausarvon perusteella pitäen käyttöveden lämpötilan säätimen asetusarvon mukaisena. Ohjearvo 58°C .

LÄMMITYSVERKOSTON TOIMINTALÄMPÖTILAT

