

ILMA-VESILÄMPÖPUMPUT. KIINTEISTÖJÄRJESTELMÄT

Tässä RT-ohjekortissa käsitellään perustietoja kiinteistöjen ilma-vesilämpöpumppujärjestelmistä. Ohjekortti on osa lämpöpumppuja käsittelevää ohjekorttisarjaa.

Dokumenttia tai sen osia ei saa kopioida, jakaa, välittää, muunnella eikä ladata tekoälysovelluksiin. Dokumentti on tarkoitettu lausunnon antamista varten.

SISÄLLYSLUETTELO

- 1 JOHDANTO
- 2 KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ
- 3 ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU
 - 3.1 Toiminta yleisesti
 - 3.2 Kylmäainepiirin toiminta yleisesti lämmityskäytössä
 - 3.3 Kylmäainepiirin toiminta lämmitys- ja jäähdytyskäytössä
 - 3.4 Kylmäaineen väliruiskutus (EVI)
 - 3.5 Tarpeenmukainen ohjaus
 - 3.6 Ulkoyksikön lämmönsiirtokennon sulatus lämmityskäytössä
- 4 LÄMPÖPUMPPUJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU
 - 4.1 Lainsäädäntö
 - 4.2 Lämpöpumppujärjestelmän mitoitus
- 5 ILMA-VESILÄMPÖPUMPPUJEN KYTKENTÄ MUIHIN JÄRJESTELMIIN
 - 5.1 Lämmitys
 - 5.2 Lämmin käyttövesi
 - 5.3 Jäähdytys ilma-vesilämpöpumppulaitteistolla
 - 5.4 Sähköjärjestelmät, tiedonsiirto ja etäohjaus
 - 5.5 Asennustilat
- 6 KÄYTTÖÖNOTTO
 - 6.1 Urakoitsijan omatarkastukset
 - 6.2 Toimintakokeet
 - 6.3 Sääto
 - 6.4 Käytön opastus
 - 6.5 Luovutus
 - 6.6 Toiminnan seuranta ja järjestelmän viritys
- 7 YLEISIMMÄT ONGELMATILANTEET

1 JOHDANTO

Tässä LVI-ohjekortissa esitetään perustietoja kiinteistöjen lämmitykseen ja jäähdytykseen käytettävistä ilma-vesilämpöpumppujärjestelmistä. Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä koostuu ulos asennettavasta lämpöpumppuyksiköstä (tai useammasta rinnakkain asennetusta yksiköstä) ja sisälle asennettavista varaajista, lämmönsiirtimistä, säätöventtiileistä, kiertopumpuista, paisunta- ja varolaitteista sekä lisä- ja rinnakkaislämmönlähteestä. Lisä- ja rinnakkaislämmönlähteenä käytetään yleensä kattilaa, kaukolämpöä ja sähkövastuksia. Lisälämmönlähteen tehon

pitää vastata rakennuksen lämmityksen huipputehontarvetta, koska ilma-vesilämpöpumpulla ei ole käyntilupaa kylmällä säällä.

Kiinteistöjen ilma-vesilämpöpumppujärjestelmät voidaan jakaa kolmeen ryhmään niiden käyttötarkoituksen ja toiminnallisten ominaisuuksien perusteella:

- Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmät, joita käytetään yleensä kiinteistön lämmitykseen
- Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmät, joita käytetään kiinteistön lämmitykseen tai jäähdytykseen
- Monitoimiset ilma-vesilämpöpumppujärjestelmät, joita voidaan käyttää lämmitykseen ja jäähdytykseen

Pienemmissä kiinteistöissä, esimerkiksi rivitaloissa, päiväkodeissa, kouluissa tai pienissä liikerakennuksissa, käytetään lämmityksessä ja lämpimän käyttöveden tuotannossa yleensä split- tai monoblock-tyyppisiä ilma-vesilämpöpumppuja. Tyypillinen lämpöpumppujärjestelmän lämmitysteho on 16 ... 64 kW ja rinnakkaisten lämpöpumppuyksikköjen määrä on 2...4 kappaletta. Laitteiden jäähdytysmahdollisuutta ei usein ole hyödynnetty. Laitteilla voidaan tuottaa korkeimmillaan 58...70 °C vettä ja alin käyttölämpötila useimmilla laitteilla on -20...-25 °C Laitteiden hyötysuhde (COP) ja lämmitysteho alenee jo aikaisemmin.

Lämmitykseen tai jäähdytykseen käytettävien vaihtuvatoimisten ilma-vesilämpöpumppuyksiköiden lämmitysteho on tyypillisesti 30...350 kW. Lämpöpumppuja käytetään joko lämmitykseen tai jäähdytykseen, samanaikainen lämmitys ja jäähdytys ei ole laitteilla mahdollista. Laitteita käytetään isommissa kiinteistöissä, joissa on myös jäähdytystarvetta, esimerkiksi toimistoissa, liike- ja palvelurakennuksissa, julkisissa rakennuksissa sekä teollisuusrakennuksissa ja erityistiloissa. Laitteilla voidaan tuottaa korkeimmillaan 55...65 °C vettä. Alin käyttölämpötila laitteille on yleensä -15...- 20 °C.

Monitoimilämpöpumpussa on yleensä erilliset putkiparit lämmitys- ja jäähdytysvedelle, tämä mahdollistaa tarpeen mukaan eri tilojen samanaikaisen lämmityksen ja jäähdytyksen. Jäähdytyksessä syntyvä lämpö voidaan lisäksi kierrättää ja hyödyntää kiinteistön lämmityksessä. Markkinoilla on myös laitteistoja, joissa on 6-putkiparia. Yksittäisten laitteiden lämmitysteho on 50 ... 1000 kW. Laitteita voidaan käyttää suurissa kiinteistöissä, joissa on samanaikaista lämmitys- ja jäähdytystarvetta. Laitteilla voidaan tuottaa korkeimmillaan 55...70 °C vettä. Alin käyttölämpötila laitteille on yleensä -15 °C.

Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän toteutettavuuteen vaikuttavat lämpöpumppuyksiköiden sijoitusmahdollisuudet rakennuksen vesikatolla tai pihalla, sijoitusta rajoittavat eniten laitteiden aiheuttama melu ja ilmavirta sekä laitteiden kylmäaineesta mahdollisesti johtuvat rajoitukset laitteen ympäristölle. Myös varaajille, lämmönsiirtimille, lisälämmönlähteelle, huollolle ja muulle tekniikalle on löydettävä riittävän suuri tekninen tila rakennuksesta.

Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän kannattavuuteen vaikuttavat useat eri tekijät, kuten kohteen maantieteellinen sijainti, lämmitys- ja jäähdytysenergian vuotuinen tarve, lämmityksen ja jäähdytyksen huipputeho, lämpimän käyttöveden kulutus, lämmitys- ja

jäähdytysjärjestelmän lämpötilatasot, laitteen kylmäaine, eri energiamuotojen hinta ja hintakehitys.

Ilma-vesilämpöpumpujen kylmäaineet ja turvallisuus

Kylmäainevuotojen haittavaikutuksia ilmastolle vähennetään vaiheittain siirtymällä korkean GWP-arvon HFC-kylmäaineista alhaisen GWP-arvon kylmäaineisiin uuden F-kaasusetuksen ohjaamana. Alhaisen GWP-arvon kylmäaineet hiilidioksidia lukuun ottamatta on luokiteltu syttyviksi kylmäaineiksi (A2L tai A3). Syttyvyyden takia suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota lämpöpumpulaitteiston sijaintipaikkaan ja sijaintipaikan ympäristöön, pääsyluokkaan ja kylmäaineen alemman syttyvyysrajan perusteella asetettuihin täytösrajoituksiin. Ilma-vesilämpöpumput, joissa käytetään syttyviä kylmäaineita, on rakennettava siten, että vuodon sattuessa koneistosta ympäristöön vuotanut tai koneistoon kerääntynyt kylmäaine ei aiheuta tulipalo- tai räjähdysvaaraa. Kylmäainetta voi myös vuotaa lämpöpumpun nestepuolelle. Suunnittelijan on ehdottomasti selvitettävä laitetoimittajalta, miten laitteisto on suojattu mahdollisilta kylmäainevuodoilta ja sen mukaan suunnitella tarvittavat suojaustoimenpiteet koko järjestelmän tasolla.

2 KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ

COP eli lämpökerroin (Coefficient of Performance)

Lämpökerroin lämpöpumpun tuoton suhde kulutukseen tietyllä ulkoilman lämpötilalla ja lauhduttimelta lähtevällä nesteen lämpötilalla.

Energiapeitto

Lämpöpumpun kompressorin tuottaman lämmön suhde rakennuksen lämmitysenergian kulutukseen.

GWP-arvo

GWP-arvolla tarkoitetaan kylmäaineen (kasvihuonekaasun) vaikutusta ilmaston lämpenemiseen suhteessa hiilidioksidin vastaavaan vaikutukseen laskettuna 100 vuoden ajanjakson lämmitysvaikutuksena, joka yhdellä kilogrammalla kylmäainetta on suhteessa yhteen kilogrammaan hiilidioksidia.

Höyrystin

Höyrystin on lämmönvaihdin, jossa nestemäinen kylmäaine höyrystyy ottaen lämpöä lämmönlähteestä.

Kondenssivesi

Ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikön lämmönsiirtimeen kerääntyvän kuuran sulatuksesta syntyvä vesi.

Kompressori

Kompressori imee kaasumaista kylmäainetta höyrystimestä ja puristaa sen korkeampaan paineeseen. Kaasumaisen kylmäaineen lämpötila nousee puristuksessa, myös kompressorin puristuksessa tekemän työn energia siirtyy kylmäaineeseen.

Kylmäaine

Kylmäainetta käytetään lämpöpumpuissa ja jäähdytyslaitteissa lämpöenergian siirtämiseen. Lämpöenergian siirto perustuu kylmäaineen olomuodon muutoksiin.

Lauhdutin

Lauhdutin on lämmönsiirrin, jossa kuuma kaasu nesteytyy (lauhtuu) luovuttaen höyrystimessä sitomansa höyrystymislämmön toisiopiirissä kiertävään aineeseen, yleensä lämmitysverkoston veteen, käyttöveteen tai ilmalämmityksen yhteydessä ilmaan.

Lämmityksen säätökäyrä (lämpökäyrä)

Lämpökäyrän avulla ohjataan lämmitykseen menevän veden lämpötilaa ulko- ja/tai sisälämpötilan perusteella. Lämpökäyrän avulla lämpöpumpun ohjaus laskee lämmitykseen menevän veden lämpötilan pyyntiarvon. Lämpökäyrän säätäminen vaikuttaa sisälämpötilaan.

Käyttövesikierukka

Käyttövesikierukka on lämmönsiirrin, jolla lämmitysveden varaajan tai lämpimän käyttöveden varaajaan ladattua lämpöenergiaa siirretään kierukan läpi virtaavaan käyttöveteen. Kierukat valmistetaan yleensä kampakuparista hyvien lämmönsiirto-ominaisuuksien takia.

Lämpimän käyttöveden varaaja

Lämpimän käyttöveden varaajassa on puskuroituna (varastoituna) lämmintä käyttövettä huippukulutusta varten tai lämminkäyttövesi tuotetaan lämpimän käyttöveden varaajaan asennetuilla käyttövesikierukoilla.

Lämmitysveden varaaja (puskurivaraaja)

Lämmitysveden varaajalla erotetaan lämpöpumpun lauhduttimen ja lämmitysverkoston virtaamat toisistaan. Varaajassa voidaan myös esilämmittää lämmintä käyttövettä lämminvesikierukoilla ja sitä tarvitaan ulkoyksikön sulatusjakson aikana estämään lämmitysveden liiallinen jäähtyminen. Varaajalla turvataan myös lämpöpumpun kompressorin riittävän pitkä käyntijakso.

Lämmönsiirtimen asteisuus

Lämmönsiirtimen asteisuudella tarkoitetaan siirtimeltä lähtevän nesteen ja kylmäaineen lauhtumis- tai höyrystymislämpötilan välistä lämpötilaeroa tai siirtimessä jäähtyvän ja lämpenevän nesteen välistä minimilämpötilaeroa.

Monoblock-tyyppinen ilma-vesilämpöpumppu

Monoblock-tyyppisissä ilma-vesilämpöpumpuissa lämmitysverkoston vesi kiertää ulkoyksikössä. Laitteiston asennuksessa ei tehdä kylmäasennustöitä.

Monitoimilämpöpumppu (4-putkijärjestelmä)

Monikäyttölämpöpumpussa on erilliset putkiparit lämmitys- ja jäähdytysvedelle, tämä mahdollistaa tarpeen mukaan eri tilojen samanaikaisen lämmityksen ja jäähdytyksen. Jäähdytyksessä syntyvä lämpö voidaan kierrättää ja hyödyntää kiinteistön lämmityksessä

On-off -kompressori

On-off -kompressori on joko päällä tai pois päältä. Kompressorilla tuotettavan energian määrää säädellään kompressorin käyntiajan avulla.

Paisuntaventtiili

Paisuntaventtiili on venttiili, jolla säädetään kylmäaineen syöttöä höyrystimeen.

SCOP (vuosilämpökerroin, Seasonal Coefficient of Performance)

SCOP on tuotetun ja kulutetun energian keskimääräinen suhde vuoden aikana. SCOP määritetään SFS-EN 14825 -standardin mukaisesti.

Sulatustoiminto

Sulatustoiminnolla ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikön lämmönsiirtimestä sulatetaan siihen syntynyt kuura pois. Sulatustoimintoon lämpöenergiaa otetaan rakennuksen lämmitysjärjestelmästä.

Split-tyyppinen ilma-vesilämpöpumppu

Split-tyyppisessä ilma-vesilämpöpumpussa ulko- ja sisäyksiköiden välillä kiertää kylmäaine. Kylmäainepiirin asennustyöt edellyttävät kylmäasentajan pätevyyttä

Taajuusmuuttajaohjattu kompressori

Taajuusmuuttajaohjatun kompressorin tuottamaa tehoa säädetään muuttamalla kompressorin käyntinopeutta siten, että se vastaa tarvittavaa lämmitystehoa.

Tasapainolämpötila

Tasapainolämpötila on se ulkoilman lämpötila, jossa ilma-vesilämpöpumpun kompressorien tuottama lämpöteho on vielä yhtä suuri kuin kiinteistön lämmitystehon tarve. Tasapainolämpötilaa kylmemmällä säällä tarvitaan apuna kompressorien tuottaman lämpötehon lisäksi rinnakkaislämmönlähteen lämmitystehoa.

Tehopeitto

Lämpöpumpun kompressorin lämmitystehon suhde rakennuksen lämpöhäviöihin mitoittavassa ulkolämpötilassa.

Vaihtuventtiili

Vaihtuventtiilillä ohjataan lauhduttimelta tuleva lämmin vesi käyttöveden tai tilojen lämmitykseen.

Vaihtuvatoiminen lämpöpumppu (2-putkijärjestelmä)

Vaihtuvatoimisessa ilma-vesilämpöpumpussa on yksi putkipari, jota käytetään joko lämmitykseen tai jäähdytykseen, samanaikainen lämmitys ja jäähdytys ei ole laitteella mahdollista.

4-tiesuunnanvaihtuventtiili

4-tiesuunnanvaihtuventtiilillä muutetaan kylmäaineen virtaussuuntaa osassa kylmäainekiertoa, jolloin lämpöpumpun toiminta voidaan vaihtaa kesällä jäähdytykselle ja talvella lämmitykselle.

3 ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU

3.1 Toiminta yleisesti

Ilma-vesilämpöpumppu, kuten muutkin lämpöpumput, keräävät lämpöä matalalta lämpötilatasolta ja siirtävät sen kompressorin avulla korkeammalle lämpötilatasolle. Lämpöenergia kerätään ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikön höyrystimellä. Höyrystin on alumiinilamelleista ja kupariputkista valmistettu lämmönsiirrin, jossa ulkoilman lämpö siirtyy lamellien ja putkien seinämien kautta lämpöpumpun kylmäaineeseen, jolloin kylmäaine höyrystyy ja hieman lämpenee eli tulistuu. Lämmönsiirtyminen ulkoilmasta kylmäaineeseen edellyttää, että lämpöpumpun kylmäaine höyrystimessä on kylmempää kuin ulkoilma. Ulkoilman lämpötilan laskiessa lähelle nollaa tai sen alle ulkoilman kosteus alkaa huurtumaan ja jäätymään höyrystimen lamelleihin höyrystymislämpötilan ollessa pakkasella, tämän takia lämpöpumpun höyrystintä on sulatettava ajoittain lämmitysjärjestelmästä saatavalla lämpöenergialla. Höyrystimen sulatus heikentää lämpöpumpun lämpökerrointa eli hyötysuhdetta.

Höyrystimessä lämpöpumpun kylmäaineeseen siirretty lämpöenergia on matalassa lämpötilassa ja paineessa. Lämpöpumpun kompressorin imee höyrystimeltä matalapaineista kylmäainehöyryä ja puristaa sen korkeampaan paineeseen lämpöpumpun lauhduttimeen. Puristustyöhön tarvitaan ulkoista sähköenergiaa. Lämpöpumpun lämpökerroin eli hyötysuhde on korkea, koska kompressorin kylmäaineeseen tekemä puristustyö muuttuu lämmöksi ja se voidaan lähes kokonaan hyödyntää lämmitysveden tai lämpimän käyttöveden lämmityksessä lämpöpumpun lauhduttimelta. Lämpöpumpun kompressorin paineenkorotus riippuu siitä, tehdäänkö lämpöpumpun lauhduttimella lämmintä käyttövettä vai lämmitetäänkö lämmitysjärjestelmän vettä. Lämmintä käyttövettä tuotettaessa lauhduttimen paine on korkeammalla ja tästä syystä lämpöpumpun lämpökerroin heikkenee verrattuna lämmitystilanteeseen. Lämpöpumpun toimintaolosuhteilla eli ulkoilman lämpötilalla ja veden tuottolämpötilalla on siten suuri vaikutus lämpöpumpun lämpökertoimeen, samoin lämpimän käyttöveden vuotuisella kulutuksella.

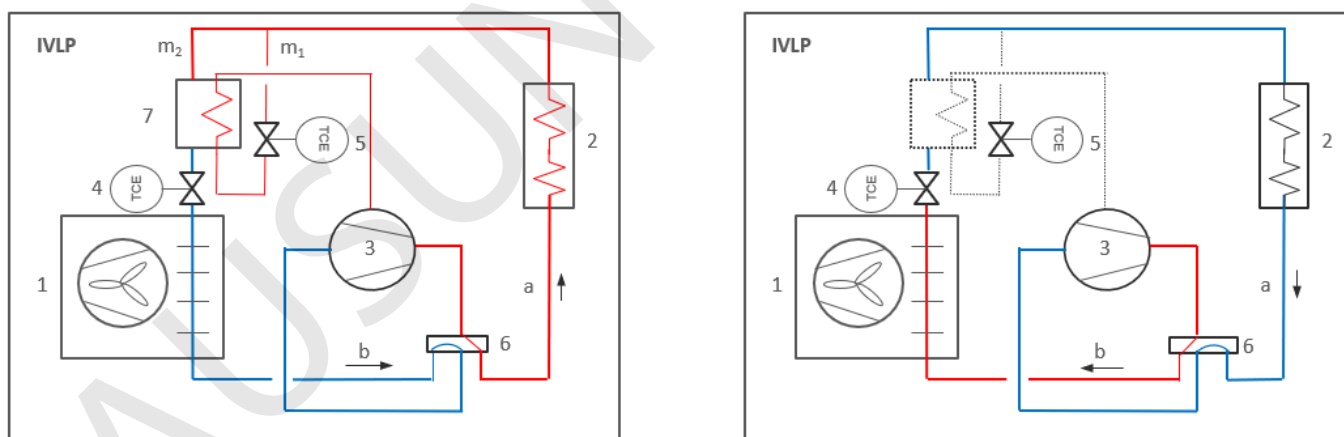
Ilma-vesilämpöpumppujen valmistajat ilmoittavat lämpöpumpun lämpökertoimen eli COP-arvon useammalla eri ulkoilman lämpötilalla. Ilma-vesilämpöpumppujen valmistajat ilmoittavat myös lämpöpumpun vuosilämpökertoimen eli SCOP-arvon. Todelliseen vuosilämpökertoimeen vaikuttavat merkittävästi lämpimän käyttöveden kulutus, lämmitysjärjestelmän mitoituslämpötilat, sääolosuhteet sekä ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän säädöt.

Valmistajat ilmoittavat myös usein lämpöpumpun lämpötehon ja tuottolämpötilan eri ulkoilman lämpötiloissa (kuva 3). Ilma-vesilämpöpumput pystyvät tuottamaan korkeimmillaan +65...+70 °C vettä tai liuosta. Ulkoilman lämpötilan laskiessa alle -10... -15 °C:een useilla malleilla tuottolämpötila alkaa laskemaan, lämpöpumpun lämmitysteho voi laskea jo aikaisemmin. Markkinoilla on lämpöpumppuja, jotka kykenevät tuottamaan lauhduttimelta +70 °C vettä vielä -25 °C ulkoilman lämpötilassa. Vaikka tuottolämpötila pysyy korkeana niin lämpöpumpun lämpöteho ja lämpökerroin ovat näin alhaisessa ulkoilman lämpötilassa alhaisia. Ulkoilman lämpötilan laskiessa alle -15...-25 °C, pysähtyy ilma-

vesilämpöpumppu kokonaan ja rakennuksen lämmitys tapahtuu kokonaan rinnakkaisella lämmönlähteellä.

3.2 Kylmäainepiirin toiminta yleisesti lämmityskäytössä

Lämmityskäytössä (kuva 1) ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikön puhallin imee höyrystimen (1) läpi ulkoilmaa. Ulkoilman lämpö siirtyy höyrystimen lamellien ja kupariputkien seinämien kautta kylmäaineeseen ja kylmäaine höyrystyy ja lämpenee eli tulistuu. Höyrystynyt ja tulistunut kylmäaine imetään kompressorilla (3) höyrystimeltä kompressorin sisälle, jossa kompressor puristaa kaasumaisen kylmäaineen korkeampaan paineeseen. Paineen noustessa myös kaasumaisen kylmäaineen lämpötila nousee voimakkaasti kompressorin puristustyön muuttuessa lämmöksi. Kylmäaineen lämpötilaa puristuksen aikana nostaa myös kompressorin sähkömoottorin jäähdytys ja puristuksen kitka- ja vuotohäviöt. Kompressorilta kuuma kylmäainekaasu johdetaan 4-tiesuunnanvaihtventtiiliin (6) kautta lauhduttimelle (2), jossa kylmäaineesta poistetaan höyrystimessä ja kompressorissa sitoutunut lämpö. Lämpö siirretään lauhduttimella kierrätettävään veteen, jota kierrätetään lämmitysverkoston varaajassa tai lämpimän käyttöveden varaajassa (kuva 2). Teholtaan suuremmissa lämpöpumpuissa lauhduttimen lämpö siirretään yleensä liuokseen ja levylämmönsiirtimien kautta lämmitysverkostoon. Lauhduttimessa lämmön poiston aikana kylmäaine ensin jäähtyy eli tulistus poistuu ja sen jälkeen kylmäaine muuttuu takaisin nesteeksi eli lauhtuu. Neste vielä jäähtyy muutamia asteita lauhduttimen lopussa ennen kuin se virtaa paisuntaventtiilille (4). Paisuntaventtiili annostelee kylmäainetta höyrystimeen ja ylläpitää paineroa höyrystimen ja lauhduttimen välillä.



Kuva 1. Ilma-vesilämpöpumpun kylmäainepiiri lämmitys- ja jäähdytyskäytössä.

3.3 Kylmäainepiirin toiminta lämmitys- ja jäähdytyskäytössä

Lämmityskäytössä (kuva vasemmalla) kuuma kylmäainekaasu ohjataan kompressorilta (3) 4-tiesuunnanvaihtventtiilillä (6) lauhduttimeen (2), josta se virtaa paisuntaventtiiliin (4) kautta höyrystimelle (1). Jäähdytyskäytössä 4-tiesuunnanvaihtventtiili (6) muuttaa asentoa siten, virtaussuunta kaasuputkissa a ja b muuttuu. Jäähdytys- ja lämmityskäytössä lauhduttimen ja höyrystymisen toiminta siis vaihdetaan päinvastaiseksi.

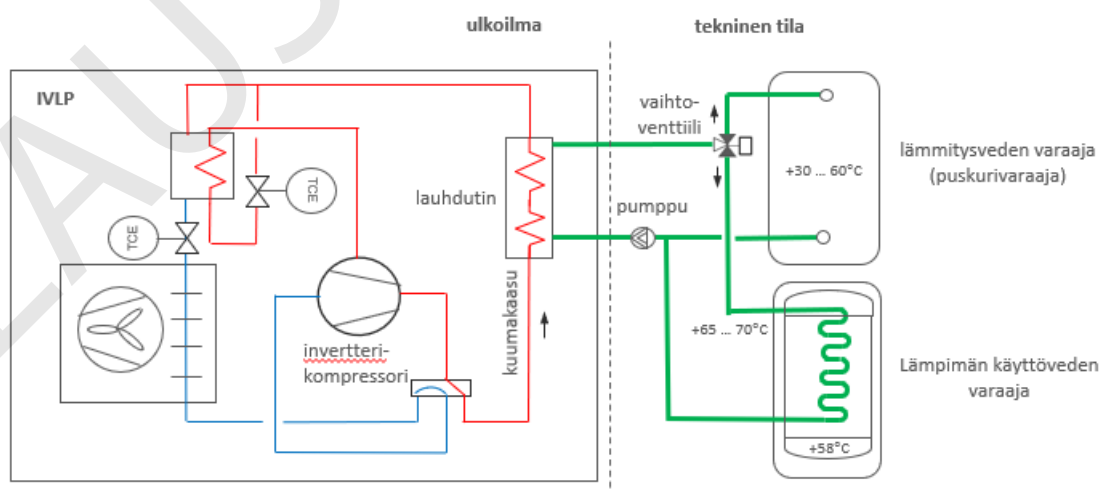
3.4 Kylmäaineen väliruiskutus (EVI)

Ilma-vesilämpöpumpujen kylmäainepiirissä käytetään kylmäaineen väliruiskutusta kompressorin (kuva 1). Väliruiskutusta käytettäessä osa lauhduttimen jälkeisestä nestemäisessä olomuodossa olevasta kylmäaineesta (m_1) johdetaan paisuntaventtiilille (5), jossa kylmäaineen painetta alennetaan. Paineen laskun seurauksena kylmäaineen lämpötila laskee ja osa kylmäaineesta höyrystyy. Osittain höyrystynyt kylmäaine johdetaan lämmönsiirtimeen (7), jossa kylmäaine höyrystetään ja tulistetaan lauhduttimelta tulevalla kylmäainenesteellä (m_2). Tulistunut kaasumaisessa olomuodossa oleva kylmäaine ruiskutetaan kompressorin väliporttiin. Kylmäaineen (m_1) tulistuessa kylmäaineneste (m_2) jäähtyy eli lämmönsiirrin toimii nestemäisen kylmäaineen alijäähdyttimenä. Kylmäainenesteen alijäähdytys kasvattaa höyrystimen tehoa laskemalla paisuntaventtiilille (4) virtaavan kylmäaineen lämpötilaa, jolloin höyrystimelle virtaavan kylmäaineen entalpia (energiasisältö) on pienempi. Puristuksen puolella välissä tapahtuva kylmäaineen ruiskutus kompressorin kasvattaa myös lämpöpumpun lämmitystehoa. Väliruiskutuksesta käytetään myös termiä EVI-tekniikka, ja sen hyöty on suurin, kun ulkoilma on kylmää.

3.5 Tarpeenmukainen ohjaus

Invertterikompressorin pyörimisnopeutta säätämällä säädetään ilma-vesilämpöpumpun tuottamaa lämpötehoa ja kiertopumpun nopeutta muuttamalla voidaan säätää lämpöpumpun lauhduttimelta lähtevän veden lämpötilaa.

Vaihtovernttiilillä ohjataan lauhduttimelta tuleva lämmitetty vesi joko lämmitysveden puskurivaraajaan tai käyttöveden varaajaan (kuva 2). Lämmintä käyttövettä tuottaessa lauhdutinpaine pidetään korkealla, jotta kompressorilta tulevalla kuumakaasulla saadaan lauhduttimelta riittävän lämmintä vettä (60...70 °C). Lämmitystilanteessa lauhdutinpaine on alhaisempi ja lauhduttimelta lähtevän veden lämpötilaa ohjataan yleensä ulkoilman lämpötilan mukaan. Lauhdutinpaineen nostaminen heikentää lämpöpumpun lämpökerrointa.



Kuva 2. Ilma-vesilämpöpumpun tarpeenmukainen ohjaus vaihtovernttiilillä.

3.6 Ulkoyksikön lämmönsiirtokennon sulatus lämmityskäytössä

Lämmityskäytössä ilma-vesilämpöpumppu sulattaa höyrystintä lämmitysjärjestelmän veden sisältämällä lämpöenergialla. Lämmitysjärjestelmän vesimäärä pitää olla riittävä, jotta höyrystimen sulatusjakson aikana veden lämpötila ei muutu liikaa.

Tarvittava minimivesitilavuus voidaan laskea kaavalla

$$V_{min,s} = \frac{\phi \cdot \tau}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta t}, \text{ jossa}$$

$V_{min,s}$	on lämmitysverkoston minimi vesitilavuus sulatuksen mahdollistamiseksi, l
ϕ	on sulatusteho, kW
τ	on sulatusjakson pituus, s
ρ	on veden tiheys (1 kg/l)
c_p	on veden ominaislämpökapasiteetti (kJ/kgK)
Δt	on veden maksimi lämpötilamuutos, K.

Jos sulatusteho on 15 kW, sulatusjakso 6 minuuttia ja veden lämpötilamuutos 5 K, niin tarvittava vesitilavuus on 258 litraa eli 17 litraa kilowattia kohden. Sulatuksen minimivesitilavuus on varmistettava aina laitetoimittajalta.

4 LÄMPÖPUMPPUJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän suunnitelmissa esitetään

- kiinteistön lämmityksen huipputehontarve
- lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama ja lämpöpumppujärjestelmän käyttöveden lämmitysteho (kompressoriteho ja kokonaisteho)
- lämpötilatasot järjestelmän eri osissa
- kiinteistön vuosittainen lämmitysenergian kulutus
- ilma-vesilämpöpumppujen sekä varaajien ja muiden laitteiden asennustilan vaatimukset
- ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän kytkentäkaavio, josta käy ilmi liitynnät lämmitysjärjestelmään ja käyttövesilaitteistoon sekä lisä- ja rinnakkaislämmönlähteeseen
- toimintaselostus lämpöpumppujärjestelmän toiminnasta lämmityskäytössä ja tuotettaessa lämmintä käyttövettä
- suunnitelma sulatus- ja kondenssivesien viemäroinnistä
- ohjeet laitteiston turvallisesta käytöstä ja huollosta (jos laitteessa syttyvä matalan GWP-arvon kylmäaine)
- kiinteistön lämmitysteho pysyvyyssäyrämuodossa, josta käy ilmi lämpöpumpun kompressoreilla ja rinnakkaislämmönlähteellä tuotetun lämmitystehon ja energian suhde kiinteistön lämmitystehoon ja energiankulutukseen (lämpöpumppujen teho- ja energiapito)

Kun ilma-vesilämpöpumpulla tuotetaan myös jäähdytys, suunnitelmissa esitetään edellä listattujen asioiden lisäksi

- jäähdytyksen huipputehontarve
- kiinteistön vuosittainen jäähdytysenergian kulutus

- liitynnät jäähdytysjärjestelmään ja toimintaselostus jäähdytyskäytössä
- kiinteistön jäähdytysteho pysyvyyskäyrämuodossa, josta käy ilmi lämpöpumpulla tuotetun jäähdytystehon ja jäähdytysenergian suhde kiinteistön jäähdytystehoon ja jäähdytysenergiankulutuksen

4.1 Lainsäädäntö

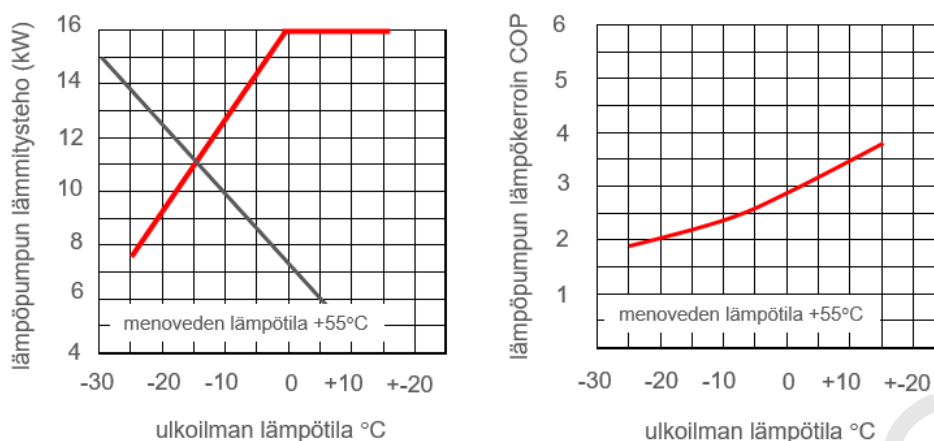
Lainsäädäntöä, joilla voi olla vaikutusta ilma-vesilämpöpumpputekniikan toteutukseen:

- Rakentamislaki 751/2023
- Ympäristönsuojelulaki 527/2014
- Kiinteistönmuodostamislaki 554/1995
- Kemikaalilaki 599/2013
- Terveysturvallisuuslaki 763/1994
- Muinaismuistolaki 295/1963
- Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 1047/2017
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017
- Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017
- Ympäristöministeriön asetukset rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017
- Kuntien ympäristönsuojelumääräykset ja rakennusjärjestys
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2024/573 (F-kaasuasetus)

4.2 Lämpöpumpputekniikan mitoitus

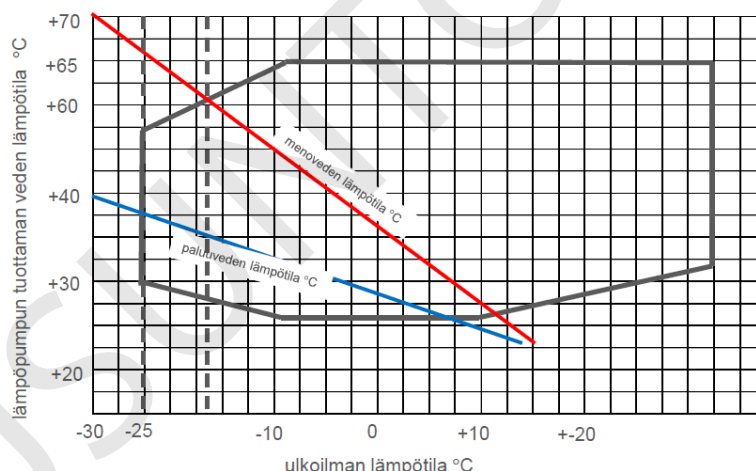
Ilma-vesilämpöpumpputekniikan mitoitus tehdään kohteen energia- ja tehontarpeen mukaan. Uudisrakennuksessa lähtötietoina käytetään tavoite-energiatietoa, jossa on huomioitu sääolosuhteet, kiinteistön rakenteelliset ja talotekniset ominaisuudet sekä rakennuksen tuleva käyttö. Energiasimulointiohjelmistojen energiatiedot on hyvä tarkastaa vertailemalla niitä tunnuslukuihin tai kuukausitasolaskelmiin. Jos kohteessa tarvitaan jäähdytystä, energiatiedot tulee tehdä tuntitaso- laskentana. Perusparannuskohteissa lähtötietoina hyödynnetään kohteen energian- ja veden kulutustietoja.

Ilma-vesilämpöpumpputekniikan mitoituksessa on huomioitava lämpöpumpun suorituskykyä rajoittavat tekijät. Ilma-vesilämpöpumpun suorituskyky (lämmitysteho ja lämpökerroin) riippuu voimakkaasti ulkoilman lämpötilasta (kuva 3).



Kuva 3. Ilma-vesilämpöpumpun lämmitysteho ja rakennuksen lämmitystehontarve sekä lämpöpumpun lämpökerroin (COP) eri ulkoilman lämpötiloissa.

Ilma-vesilämpöpumppujen kompressoreilla on sallittu käyttöalue, joka rajoittaa lämpöpumpun toiminta-alueetta (kuva 4), tämä on otettava huomioon järjestelmän suunnittelussa, laitevalinnoissa ja ulkoyksiköiden käyttöönotossa. Kompressoreiden käyttö on estetty yleensä alle -15...-20 °C ulkoilman lämpötilassa, tämän takia tarvitaan aina kiinteistön huipputehontarvetta vastaava rinnakkainen lämmitysjärjestelmä. Lämpöpumpun käyttö kompressoreiden sallitun käyttöalueen äärirajoilla rasittaa kompressoreita ja lyhentää niiden käyttöikää ja vaikuttaa järjestelmän kannattavuuteen pidemmällä tarkastelujaksolla.



Kuva 4. Ilma-vesilämpöpumpun toiminta-alue ja lämmitysverkoston lämpötilat.

Liian kylmälle ulkoilman lämpötilalle mitoitettu lämpöpumppulaitteisto on teholtaan ylisuuri lämpimämmillä ulkoilman lämpötiloilla ja lämpöpumpun kompressorin käy patkukäyntiä suuren osan lämmityskaudesta.

Pätkäkäynti rasittaa kompressoria ja johtaa huonoon käyttötalouteen.

Laitemitoituksessa ja -valinnassa käytettävä tasapainolämpötila on valittava huolellisesti ja sen tulee perustua kohteen lämmitystarvelaskelmiin ja tehontarvekäyrään.

Uudisrakennus

Uuden rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon lämmitystehontarve,
lämpimän käyttöveden ja käyttöveden kierron lämmitystehontarve,
järjestelmähäviöt sekä ilmanvaihdon ja tilojen jäähtymisen tehontarve
saadaan LVI-suunnitelmista ja LVI- ja energiasuunnittelijoilta.
Lämpöpumppujärjestelmän mitoituksen lähtötietoina tarvitaan:

- ulkoilman lämpötilan pysyvyydetiedot sijaintipakkakunnan säävyöhykkeellä
- lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien teho- ja energiantarpeet ja niiden riippuvuus ulkoilman lämpötilasta
- lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien meno- ja paluulämpötilat mitoitusolosuhteissa
- lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama
- ilmastointikoneiden lämmityspatterien mitoituslämpötilat (limitys lämmöntalteenoton kanssa)

Perusparannus

Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän lähtötiedoiksi tarvitaan tiedot lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutuksesta, käyttöveden kulutuksesta sekä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien lämpötilatasoista. Energian ja veden kulutus vaihtelee vuosittain, joten niiden kulutustietoja tulisi olla käytettävissä useammalta vuodelta. Veden kulutustietojen lisäksi tulee selvittää lämpimän käyttöveden kulutushuippu ja sen kesto, kun kiinteistössä käytetään paljon lämmintä käyttövettä. Nykyisen lämmitysjärjestelmän tehon riittävyys ja lämmönjakojärjestelmän toimivuus on hyvä selvittää heti alkuvaiheessa. Myös ilmanvaihtolaitoksen toiminta on tarkastettava (puhaltimet ja lämmöntalteenottolaitteet). Vanhoissa kohteissa ilmavirtoja on voitu myös pienentää säästösyistä. Puutteet ja viat ovat voineet vaikuttaa merkittävästi energiankulutukseen.

Lämpimän käyttöveden lämpötila

Talousveden ja lämpimän käyttöveden lämpötilat on määritelty lainsäädännössä terveys- ja turvallisuusperusteisesti ja ne ovat velvoittavia. Ympäristöministeriön asetuksen mukaan vuoden 2007 jälkeen rakennetuissa vesijärjestelmissä lämpimän veden lämpötilan tulee olla vähintään +55 °C kaikkialla järjestelmässä ja sitä on saatava lämminvesikalusteesta 20 sekunnin kuluessa. Ennen vuotta 2007 rakennetuissa vesilaitteistoissa suositusten mukaan lämpimän käyttöveden minilämpötilaksi riittää 50 °C, vaikka lämpötilataso ei ole riittävä legionellan kasvun estämiseksi. Järjestelmää uusittaessa lämpimän käyttöveden lämpötila pitää olla +55 °C.

Lämpimän käyttöveden lämpötilavaatimukset tarkoittavat käytännössä sitä, että kiinteistöissä lämminvesiputkisto on varustettava lämpimän käyttöveden kiertojohdolla. Lämpimän veden kierrättäminen jatkuvasti aiheuttaa jatkuvan lämpöhäviön ja sen osuus vuotuisesta lämpimän käyttöveden lämmöntarpeesta voi olla merkittävä, siksi sen toteutustapaan on kiinnitettävä lämpöpumppujärjestelmän suunnittelussa erityistä huomiota.

Jos lämmintä vettä valmistetaan lämpöpumpulla lämminvesivaraajaan, niin, lämpötilavaatimuksista johtuen lämpöpumpulla tuotetun veden lämpötila pitää olla vähintään 58 °C tuotantopaikalla. Jos lämmintä vettä tehdään varaajaan asennetuilla lämminvesikierukoilla, pitää lämpimän käyttöveden varaajan vesimassan lämpötila olla yli 60 °C käyttövesikierukoiden asteisuuden takia. Lämpimän käyttöveden lämpötilan nostaminen ajoittain hetkelliseksi kuumaksi (yli 60 °C) ei täytä lainsäädännön lämpötilavaatimusta.

Lämpimän käyttöveden kulutus

Lämpimän käyttöveden kulutuksella ja kulutushuipulla on ratkaiseva vaikutus siihen, miten ilma-vesilämpöpumpputalouden lämpimän käyttöveden tuotanto kannattaa toteuttaa. Asuinkiinteistöissä lämpimän veden kulutus kohdistuu aamuun ja iltaan. Yöllä kulutus on hyvin pientä, mutta lämmitystehoa tarvitaan lämpimän käyttöveden kiertojohtoon vesivirran lämmittämiseen. Kerros- ja rivitaloissa veden kulutus henkilöä kohden on selvitysten mukaan keskimäärin 120 litraa vuorokaudessa. Peseytymiseen vedestä kuluu noin puolet. Lämpimän veden osuus käytetystä vedestä on 35...40 %.

Esimerkki 1. Suihkusekoittajan tavoitevirtaama on 12 l/min (0,2 l/s). Jos suihkusekoittajalla lämpimän käyttöveden lämpötila on +55 °C ja kylmän veden +8 °C niin laske lämpimän käyttöveden kulutus litroina ja energiana, kun suihkuveden lämpötila on +37 °C ja suihkussa ollaan 5 minuuttia.

Suihkun aikana kulutetaan lämmintä vettä

$$q_{lv} = \frac{q_v \cdot (t_s - t_{kv})}{(t_{lv} - t_{kv})} \cdot \tau = \frac{12 \cdot (37 - 8)}{(55 - 8)} \cdot 5 = 37 \text{ l } (0,123 \frac{\text{l}}{\text{s}})$$

Kulutettu vesimäärä on energiana

$$Q_{lv} = \rho_v \cdot c_{pv} \cdot V_{lv} \cdot \frac{(t_{lv} - t_{kv})}{3600} = 1 \cdot 4,18 \cdot 37 \cdot \frac{(55 - 8)}{3600} = 2 \text{ kWh}$$

Valmistettaessa lämmintä käyttövettä lämminvesikierukoilla lämminvesivaraajan vesimassan lämpötila ei voi vaihdella kovin paljoa, koska varaajasta on saatava vähintään +55 °C vettä. Lämminvesivaraajaa ei voida lämmittää lämpöpumpun kompressoreilla yli 60...70 °C lämpötilaan ja lämminvesikierukoiden asteisuuden takia vesimassan lämpötila ei voi laskea alle 60 °C:een, jos käyttöveden lämpötilaa ei varmisteta viimeisessä lämmitysportaassa sähkövastuksilla varustetulla varaajalla.

Esimerkki 2. Laske kuinka monta 5 minuutin suihkua saadaan 1000 litran varaajasta, jos varaaja voi jäähtyä 10 K.

Varaajasta saadaan lämpöenergia

$$Q_{var} = \rho_v \cdot V_{var} \cdot c_{pv} \cdot \Delta t_{var} = 1 \cdot 1000 \cdot 4,18 \cdot 10 = 41\,800 \text{ kJ} = 11,6 \text{ kWh} \approx 12 \text{ kWh}$$

Varaajan lämpöenergian muutos vastaa kuutta viiden minuutin suihkua.

Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen tarvittava lämmitysteho ilman lämpimän käyttöveden puskurointia riippuu kiinteistön lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaamasta, jossa on huomioitu vesikalusteiden määrä, tyyppi ja virtaamien todennäköisyys. Ilma-vesilämpöpumpputaloutta mitoittaessa on syytä ottaa huomioon lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaaman lisäksi lämpimän käyttöveden huippukulutus ja huippukulutuksen kesto aika.

Lämmintä käyttövettä voidaan tuottaa ilma-vesilämpöpumpputeilla usealla eri tavalla ja eri laiteoimittajilla on omat suosituskäytönsä. Lämpimän käyttöveden kulutushuipun lämmitystehontarve ja sen kesto riippuu usein suihkujen samanaikaisesta käytöstä.

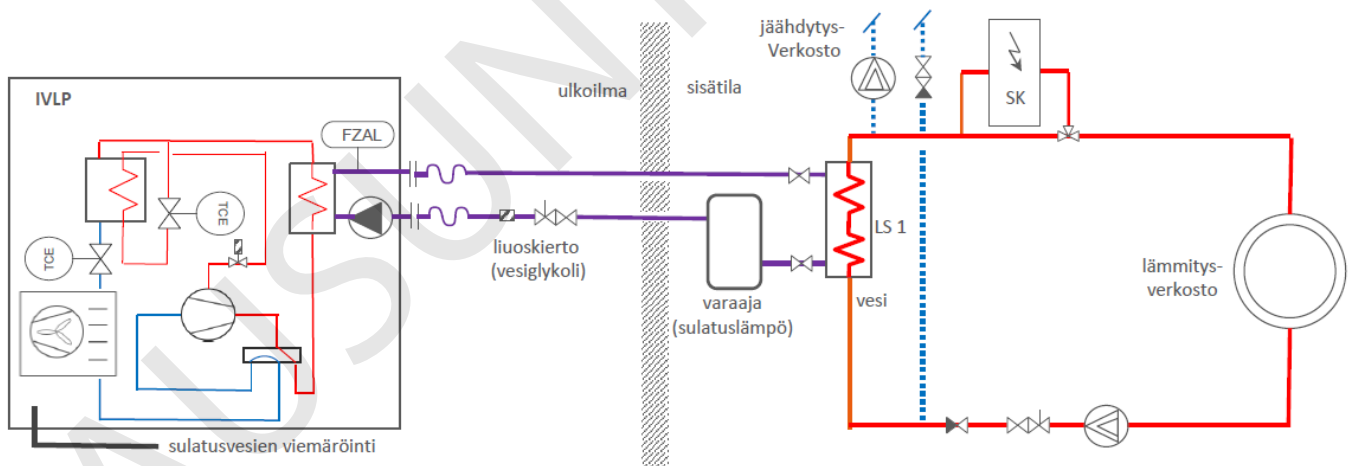
Esimerkki 3. Laske lämmitysteho, joka tarvitaan, kun käytetään yhtä suihkua. Kylmän veden lämpötila tuotantopaikalla on +6 °C ja lämpimän +58 °C.

$$\phi_{lv} = q_{v,lv} \cdot \rho_v \cdot c_{pv} \cdot (t_{lv} - t_{kv}) = 0,123 \cdot 1 \cdot 4,18 \cdot (58 - 6) = 26,7 \text{ kW}$$

Jos kiinteistössä on samanaikaisesti 10 henkilöä suihkussa, tarvitaan lämpimän käyttöveden lämmittämiseen lämmitystehoa noin 270 kW ilman lämpimän käyttöveden varastointia.

5 ILMA-VESILÄMPÖPUMPPUJEN KYTKENTÄ MUIHIN JÄRJESTELMIIN

Kappaleissa 5.1. ja 5.2 on käsitelty teholtaan pienempien (16... 64 kW) lämpöpumpputyksiköiden kytkentää kiinteistön lämmitysverkoston ja käyttövesilaitteistoon. Teholtaan suuremmat ilma-vesilämpöpumput kytketään yleensä lämmönsiirtimien kautta kiinteistön lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin. Kuvassa 5 on esitetty periaatekuva yhdestä kytkentätavasta. Liuospiiristä voidaan ottaa myös toinen putkihaara ja lisätä jäähdytykselle oma lämmönsiirrin. Kytkentä on mahdollista tehdä myös suorana ilman lämmönsiirtimiä.



Kuva 5. Vaihtuvatoimisen ilma-vesilämpöpumpun (2-putkijärjestelmä) yksinkertaistettu kytkentäperiaate kiinteistön lämmitys- ja jäähdytysverkostoihin lämmönsiirtimen kautta. Lämmitys- ja jäähdytysverkostoissa kierrätetään vettä.

Kuvassa (5) liuospiirin virtaama on yleensä vakio, mutta muuttuva virtaama on myös mahdollinen. Lämmityskäytössä lämpöpumpua ohjataan ulkolämpötilan mukaan, jäähdytyskäytössä tuotetaan usein vakiolämpötilaista vettä (+7 ... +15 °C). Jos ulkona sijaitsevassa putkistossa kierrätetään vettä, vaatii tämä erityisjärjestelyitä kovien pakkasten ja sähkökatkojen varalta. Pienemmät alle 200 kW lämpöpumput on usein varustettu invertterikompressoreilla, teholtaan suuremmissa lämpöpumpuissa käytetään vakio kierroslukukompressoreita. Monitoimilämpöpumpuissa (4-putkijärjestelmä) on omat lämmönsiirtimet lämmitykselle ja jäähdytykselle, joten niiden kytkentä eroaa kuvan 5 kytkentäperiaatteesta.

5.1 Lämmitys

Kiinteistöissä ilma-vesilämpöpumppu kytketään lämmitysjärjestelmään varaajan kautta (kuva 6). Lämmitysveden varaajasta käytetään myös nimitystä puskurivaraaja. Varaajalla erotetaan lämpöpumpun latauspiirin virtaama lämmitysverkoston vaihtelevasta virtaamasta, jolloin lämpöpumpun toiminta on vakaampaa ja tehonsäätö helpottuu. Latauspiirin virtaama on yleensä suurempi kuin lämmitysverkoston virtaama, koska lämpötilaero lämpöpumpun lauhduttimen meno- ja paluuveden välillä pidetään kompressorin ja latauspumpun kierrosnopeuksia säättämällä pienenä (yleensä 5 ... 10 K). Jos lämmitysverkoston virtaama on suurempi kuin latauspiirin virtaama, varaajan lämpötilakerrostuma voi häiriintyä. Lisälämmönlähde (esimerkiksi sähkökattila) kytketään varaajalta lähtevään menoputkeen sarjaan lämpöpumpun kanssa.

Varaajaan lämpöä tarvitaan myös lämpöpumpun sulatusjakson aikana ja varaaja mahdollistaa lämpöpumpun kompressoreille kaikissa käyttötilanteissa riittävän pitkän käyntiajan. Riittävän pitkällä käyntiajalla vähennetään kompressorin käynnistyskäyntejä ja pidennetään kompressorin käyttöikää. Kompressorin jatkuvat käynnistykset heikentävät myös lämpöpumpun lämpökerrointa.

Esimerkki 4. Lämpöpumpun kompressorin sallittu minimikäyntiaika on 12 minuuttia ja varaajan lämpötilan muutos käyntijakson aikana on 5 K. Kompressorin minimiteho on 10 kW. Laske tarvittava puskurivaraajan tilavuus.

$$V = \frac{\tau}{\rho_v \cdot c_{pv} \cdot \Delta t} \cdot \dot{Q}_{min} = \frac{12 \cdot 60}{1 \cdot 4,18 \cdot 5} \cdot 10 = 345 \text{ l}$$

Varaajatilavuutta tarvitaan noin 40 litraa kompressorin alimman tehoportaan tuottamaa kilowattia kohden. Puskurivaraajan koko on aina varmistettava laitetoimittajalta.

5.2 Lämmin käyttövesi

Lämmitysveden varaajaa voidaan käyttää lämpimän käyttöveden esilämmitykseen sijoittamalla käyttöveden esilämmityskierukat varaajaan. Varaajan tilavuus on yleensä 500 ... 1500 litraa riippuen lämpöpumppujen lämmitystehosta ja kompressorien tehoalueista. Käyttöveden lämmitys kannattaa porrastaa tarpeen mukaan vähintään kahteen portaaseen. Käyttöveden lämmitystä suunniteltaessa on huomioitava, että

- -putkiston kokonaispainehäviö ei kasva liian suureksi sarjaan kytketyissä lämminvesikierukoissa
- lämpimän käyttöveden kiertoa ei saa johtaa lämmitysvaraajaan, koska kierrosta palaavan veden lämpötila on korkeampi kuin varaajan alaosan lämpötila
- lämmintä käyttövettä on pystyttävä tuottamaan myös kulutushuipuissa kovilla pakkasilla eli kun lämpöpumpuilla ei ole käyntilupaa.

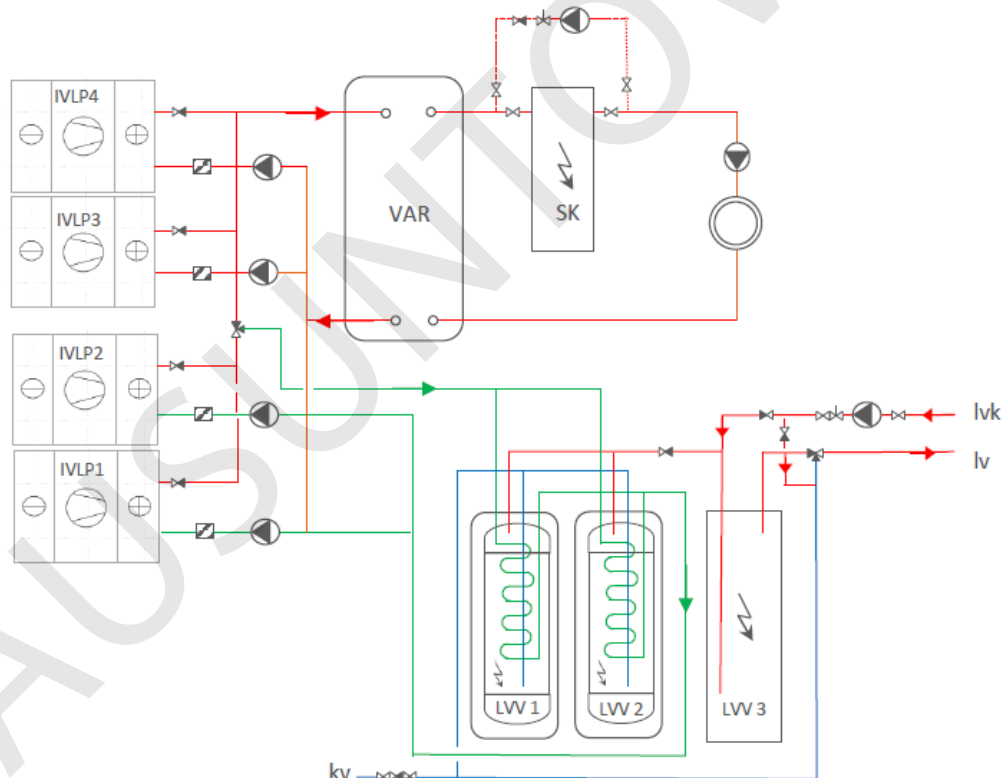
Käyttövesi voi olla varaajan lämminvesikierukoissa tai varaajassa (varastossa eli puskuroituna). Lämminvesi-kierukoita käytettäessä

vesilaitteistoon ei voi syntyä seisovia puolilämpimiä vesimassoja ja niiden paineenkesto on korkea. Haittana on mahdollisesti lämpötilan tilapäinen aleneminen kulutushuippujen aikana. Lämpötilan tilapäinen aleneminen on ehkäistävissä, jos niin halutaan. Lämminvesikierukoita käytettäessä on huolehdittava myös käyttöveden tuotanto tilanteessa, jossa lämpöpumput ovat pois toiminnasta.

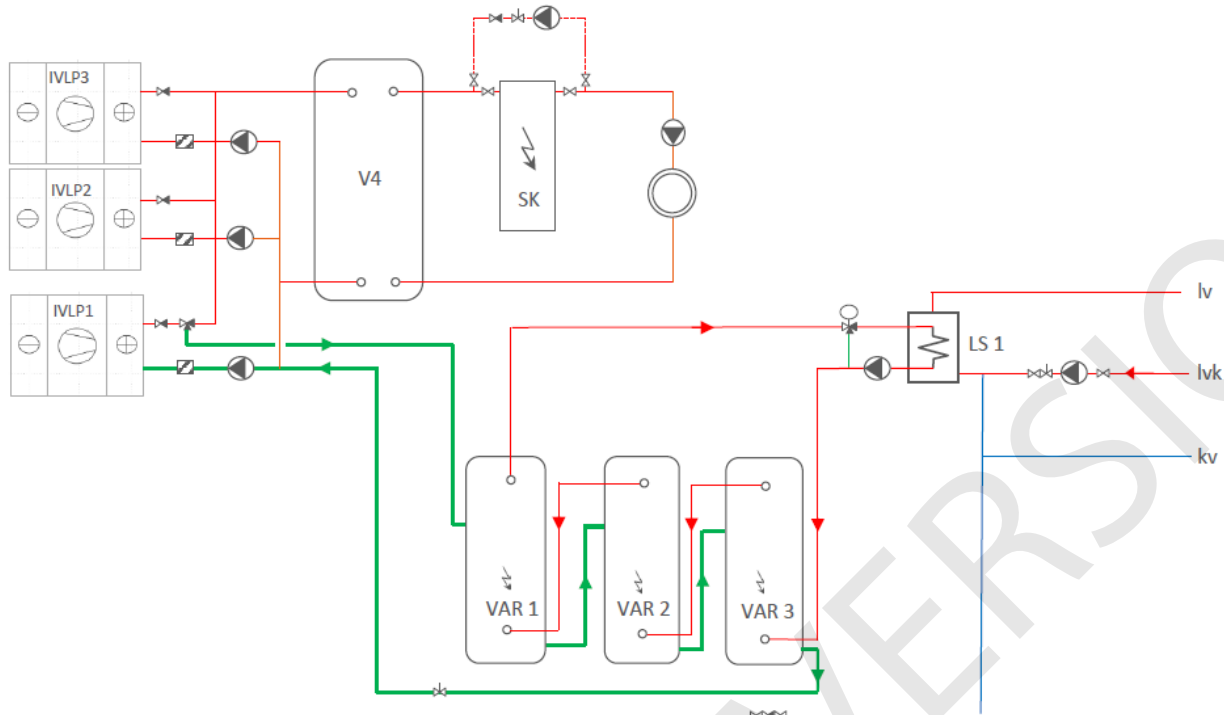
Jos käytetään lämpimän käyttöveden puskurointia, saadaan lämmintä käyttövettä varastoitua ennakkoon kulutushuippua varten. Varaajia käytettäessä vesilaitteistossa on suuri määrä lämmintä vettä ja säiliöissä seisovan vesimassan lämpötila on pidettävä koko varaajassa jatkuvasti vähintään +55 °C lämpötilassa.

Lämpimän käyttöveden tuotantotavat voidaan jaotella seuraaviin pääperiaatteisiin:

- lämmin käyttövesi tuotetaan lämpimän käyttöveden varaajiin latauskierukoilla, jolloin lämmintä käyttövettä on puskuroituna kulutushuippua varten (kuva 6)
- lämmin käyttövesi tuotetaan lämmönsiirtimellä (kuva 7)
- lämmin käyttövesi tuotetaan varaajiin sijoitetuilla lämminvesikierukoilla ja sähkövastuksilla puskurivaraajassa
- lämmin käyttövesi tuotetaan kaukolämmöllä tai kattilalla.



Kuva 6. Lämpimän käyttöveden valmistus kahdella ilma-vesilämpöpumpppuyksiköllä latauskierukoilla kahdessa lämminvesivaraajassa (LVV1 ja LVV 2). Lämpimän käyttövesikierron paluuvesi ja tarvittaessa lämminvesi lämmitetään sähkövastuksilla kolmannessa lämminvesivaraajassa (LVV 3).



Kuva 7. Lämpimän käyttöveden valmistus lämmönsiirtimellä (käyttövedettä ei varastoida). Varaajien vesimassaa kierrätetään lämmönsiirtimellä LS1 ja lämmitetään latauskierukoilla, joissa kierrätetään ilma-vesilämpöpumpun lauhduttimelta tuleva vesi.

Riippumatta siitä, tuotetaanko lämmintä käyttövettä varaajiin vai lämminvesikierukoilla, niin tuotantotapa on periaatteeltaan sama. Lämmin käyttövesi tuotetaan vuorottaislatauksella yhdellä tai useammalla lämpöpumpulla ja käyttövesivaraajan lämpötila pidetään korkeammalla lämpötilatasolla. Kytchentätavasta, käyttöveden tuottotavasta ja tarvittavasta tehosta riippuen lämmintä käyttövettä voi tuottaa yksi tai useampi lämpöpumppuyksikkö.

Esimerkki 5. Hotellissa on 60 asukasta, jotka kuluttavat suihkussa käydessään 80 litraa vettä. Oletetaan, että kaikki asukkaat käyvät aamulla suihkussa 1 tunnin aikana. Lämpimän käyttöveden lämpötila on suihkusekoittajalla +55 °C, kylmän veden +8 °C ja suihkuveden +37 °C. Lämmin käyttö vesi tuotetaan ilma-vesilämpöpumpuilla (4 x 20 kW).

Laske tarvittava lämpimän käyttöveden varaajatilavuus.

Lasketaan ensin kuinka paljon +55 °C vettä tarvitaan ja vähennetään siitä vesimäärä, jonka lämpöpumppu ehtii valmistamaan kulutushuipun aikana.

$$V = \frac{v_{kv} \cdot n \cdot t_s}{t_{in}} - \frac{\phi_{lp} \cdot \tau \cdot 3600}{(t_{in} - t_{kv}) \cdot c_{nv}} = \frac{80 \cdot 60 \cdot 37}{55} - \frac{80 \cdot 1 \cdot 3600}{(58 - 8) \cdot 4,18} = 3229 \text{ l} - 1378 \text{ l} = 1851 \text{ l} = 2000 \text{ l}$$

Jos kylmä vesi olisi lämmitetty ensin lämmitysveden puskurivaraajassa, niin samalla varaajatilavuudella riittäisi lämpöpumpputehoksi 40 kW:

$$V = \frac{V_{kv} \cdot n \cdot t_{suihku}}{t_{lv}} - \frac{\phi_{lp} \cdot \tau \cdot 3600}{(t_{lv} - t_{kv}) \cdot c_{nv}} = \frac{80 \cdot 60 \cdot 37}{55} - \frac{40 \cdot 1 \cdot 3600}{(58 - 30) \cdot 4,18} = 3229 \text{ l} - 1280 \text{ l} = 1999 \text{ l} = 2000 \text{ l}$$

Jos kulutushuipun kestoksi arvioidaan 2 tuntia, varaaja tilavuus pienenee, koska lämpöpumppu ehtii valmistamaan enemmän lämmintä vettä. Käyttöveden esilämmitys on huomioitava koko järjestelmän kytkennässä ja lämpöpumppujen tehoissa.

Ilma-vesilämpöpumpputäijestelmää suunniteltaessa on muistettava, että

- lämpimän käyttöveden lämmittäminen vaatii paljon lämpöpumpputehoa, jos lämmintä vettä ei ole valmistettu varaajiin kulutushuippua varten
- kun lämmintä vettä valmistetaan lämminvesikierukoilla, varaajasta saatavissa oleva lämpöenergia käyttöveden lämmitykseen on pieni, koska varaajan vesimassan lämpötila ei voi vaihdella kovin paljoa
- lämpimän käyttöveden puskuroiminen varaajiin huippukulutusta varten pienentää merkittävästi lämpöpumpputehoa ja yksiköiden määrää, mutta säiliöiden vesi on vaihdettava riittävän tiheästi ja haaleita vesimassoja ei saa syntyä säiliöihin, veden lämpötila on pidettävä käytännössä tasolla +58...+60 °C
- lämmönsiirtimellä voidaan valmistaa tehokkaasti lämmintä käyttövettä ja tällöin välttää lämpimän veden varastoimiselta

5.3 Jäähdytys

Pienemmät ilma-vesilämpöpumput voidaan kytkeä kiinteistön jäähdytysvesiverkostoon lisäämällä lämmityskytkentään yksi 3-tieventtiili, jolla ulkoyksiköllä jäähdytetty vesi ohjataan lämmitysverkoston sijaan jäähdytysvesiverkostoon. Jäähdytysvesiverkoston tilavuutta voidaan kasvattaa puskurivaraajalla, Varaaja vähentää myös lämpimän käyttöveden valmistuksen vaikutusta jäähdytyspuolella. Käyttövesi voidaan tehdä myös omalla lämpöpumppuyksiköllä, jolloin se ei vaikuta jäähdytysverkon lämpötiloihin.

Suuremmissa kiinteistöissä jäähdytyksen kytkentä voidaan tehdä lämmönsiirtimen kautta tai suoraan tai näiden yhdistelmällä. Liuosta ei yleensä kierrätetä huonejäähdytyslaitteilla, joten ne erotetaan lämpöpumpun liuospiiristä lämmönsiirtimellä. Ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspattereita palveleva verkosto voidaan kytkeä lämmönsiirtimen kautta tai suoraan lämpöpumpulta tulevaan liuosputkistoon. Suosituskytkenät vaihtelevat laitetoimittajien välillä. Kytchentäpa riippuu lämpöpumpun putkiparien määrästä (2-vai 4-putkijärjestelmä).

5.4 Sähköjärjestelmät, tiedonsiirto ja etäohjaus

Uudisrakennuksen sähkösuunnittelussa on huomioitava:

- ilma-vesilämpöpumppujen sähkötehon tarve
- sähkökattilan ja vastusten sekä lisävarusteiden sähkötehon tarve
- ilma-vesilämpöpumpun ja lisävarusteiden tiedonsiirtokaapeloinnin tarve
- ilma-vesilämpöpumpun liittäminen kiinteistöautomaatioon tai laitevalmistajan etäohjaukseen tai valvontajärjestelmään
- sähkönsyötön turvalaitteet, kuten turvakytkimet ja vikavirtasuojaus.

Perusparannuskohteissa sähkösuunnittelussa on huomioitava edellä listattujen asioiden lisäksi

- sähköliittymän riittävyys sulakkeiden ja syöttökaapelin osalta
- ilma-vesilämpöpumpun ja lisävarusteiden vaatimat sulakkeet
- olemassa olevien johtimien ja sähkökeskuksen kunto
- ylijännitesuojaus, jos sitä ei ole.

Suurten kiinteistöjen ilma-vesilämpöpumppujärjestelmän energiatehokas toiminta varmistetaan jatkuvalla etävalvonnalla ja -ohjauksella. Etävalvonta mahdollistaa nopea puuttumisen järjestelmässä ilmeneviin häiriöihin.

Toimiva etävalvonta edellyttää vähintään seuraavien parametrien seurantaa:

- ilma-vesilämpöpumppujen tuottaman energian mittaus
- ilma-vesilämpöpumppujen kuluttaman energian mittaus
- lisälämmityksen kuluttaman energian mittaus
- ulkoilman lämpötila
- lämpöpumpulle tulevan ja lähtevän nesteen (vesi, liuos) lämpötilat
- lämpöpumpun kompressorin tehotieto
- lämpimän käyttöveden lämpötila.

5.5 Asennustilat

Uudisrakentamisessa varaajat ja muut laitteet (lämmönsiirtimet, paisunta-astiat, pumput) sijoitetaan niille varattuun lattiakaivolla varustettuun tekniseen tilaan. Perusparannuskohteissa asennustilojen sopivuus ja kuljetusreittien toimivuus varmistetaan etukäteen. Ulkoyksikön äänen siirtymistä putkistojen kautta sisälle voidaan vähentää joustavilla liittimillä ja ääntä vaimentavilla kannakkeilla.

Ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikkö asennetaan yleensä pihalle tai vesikatolle. Ulkoyksikön sijoituspaikan valinnassa on huomioitava seuraavat asiat:

- kuntien ja kaupunkien ohjeet liittyen sijoituspaikkaan
- syttyvistä kylmäaineista seuraavat vaatimukset sijoituspaikalle
- ulkoyksikön melun ja ilmavirtauksen aiheuttamat haitat ympäristölle
- ulkoyksikön sulatus- ja kondenssiveden viemärointi ja viemäroinnin toimivuus talvella
- lumen syvyys ja kinostuminen sekä ulkoyksikö päälle mahdollisesti katolta putoava lumi
- paikalliset tuuliolosuhteet (höyrystimen sulatuksen toimivuuden turvaaminen)
- vapaa tila ulkoyksikön ympärillä (riittävä ulkoilmavirta, ulkoilman pyörteilyn ehkäiseminen).

Ääniteknisesti vaativissa ja haasteellisissa kohteissa kannattaa käyttää akustiikkaan erikoistunutta suunnittelijaa.

Sulatus- ja kondenssivesiviemäri suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se pysyy sulana talvellakin. Sulana pysyminen varmistetaan asentamalla saattolämmitys jäätymisvaarassa olevalle viemäriin osalle. Viemäriin on laskettava koko matkan ulkoyksiköltä viemäriin. Ilmakierron estämiseksi viemäriin asennetaan vesilukko.

Kun ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksiköllä kierrätetään lämmitysjärjestelmän vettä, on putket eristettävä ulkona jäätyksen estämiseksi. Putkieristeet on myös pinnoitettava, jotta eläimet eivät tuhoa eristeitä. Sähkökatkojen varalta putkistoon voidaan asentaa tyhjennysventtiilit, jotka avautuvat, kun putkessa olevan nesteen lämpötila laskee riittävän alas. Normaaliolosuhteissa ilma-vesilämpöpumppujen

kiertopumpun käyntiä ohjataan ulkolämpötilan mukaan päälle myös silloin kun kompressor ei ole käynnissä ja ulkoilman lämpötila on alhainen.

6 KÄYTTÖÖNOTTO

Hyvin suunniteltu, toteutettu ja käyttöönotettu ilma-vesilämpöpumpputjärjestelmä vaatii vähän käyttötoimenpiteitä. Käyttöönotto kannattaa suunnitella ja toteuttaa huolellisesti, jotta lämpöpumpputjärjestelmän taloudellinen hyöty saadaan maksimoitua. Käyttöönotto on lämpöpumpputjärjestelmän toimittajan/urakoitsijan päävastuulla. Toimintakokeiden valmistelussa ja suorittamisessa olisi hyvä olla mukana myös lämpöpumpputjärjestelmän suunnittelija, jolla pitäisi olla paras tieto järjestelmän toiminnasta eri käyttötilanteissa.

Käyttöönoton edellytykset ennen lämpöpumpun ensimmäistä käynnistystä:

- putkikytkennät ovat suunnitelmien mukaiset
- lämmitys- ja jäähdytysverkot on huuhdeltu
- putkiston painekokeet on tehty
- putkistot on kannakoitu asianmukaisesti
- putkistot on ilmattu hyvin ja verkostoissa on sopivat paineet
- kaikissa kiertopiireissä on suunnitelmien mukaiset virtaamat
- sähköistys ja automaatio on riittävässä valmiudessa

6.1 Urakoitsijan omatarkastukset

Lämpöpumput on koekäytetty ja testattu jo tehtaalla. Urakoitsijan omatarkastukset sisältävät vähintään seuraavat toimenpiteet:

- laitteistojen oman automaation toiminta
 - ohjaukset (kompressorien käynnistyminen ja pysäytys, virtausvahdin toiminta, korkeapainekytken toiminta)
 - säädöt (tehon säädön toiminta lämmitys- ja jäähdytyskäytössä)
 - hälytykset.

Urakoitsija laatii kaikista tekemistään tarkastuksista pöytäkirjat.

6.2 Toimintakokeet

Ennen varsinaista käyttöönottoa lämpöpumpputjärjestelmälle tehdään toimintakokeet. Toimintakokeiden avulla varmistetaan, että järjestelmä toimii suunnitellusti. Ilma-vesilämpöpumpputjärjestelmän toimintakokeissa tarkistetaan seuraavat osa-alueet:

- lämmityksen toiminta
- lämpimän käyttöveden lämmitys
- jäähdytyksen toiminta
- rinnakkaislämmön kytkeytyminen päälle ja pois
- hälytykset
- ohjauksien toiminta kiinteistöautomaation kautta
- kompressorien käynnistysviiveiden tarkastus
- lämpöpumpun asetusten tarkastus
- lämpöpumpputjärjestelmän toiminta häiriötilanteessa.

Toimintakokeista laaditaan pöytäkirjat, jotka luovutetaan tilaajalle.

6.3 Säätö

Toimintakokeiden jälkeen säädetään lämpöpumppujärjestelmä perusasetusten osalta. Ilma-vesilämpöpumpun perusasetukset pitävät sisällään kohteeseen soveltuvan lämpökäyrän valinnan, käyttöveden asetukset, jäähdytyksen ja lämmityksen virtaamien todentamisen. Perusasetusten säätämisen jälkeen voidaan viimeistellä asennus- ja käyttöönottopöytäkirjat. Laitevalmistajilla on omille tuotteilleen valmiita tarkastuslomakkeita, joiden täyttäminen on takuun voimassaolon edellytys.

Tilaaajalle luovutetaan mittaus- ja säätöpöytäkirjat:

- lämmityksen ja jäähdytyksen virtaamista
- käyttöveden lämmityksen virtaamista.

Tilaaajalle luovutettavien pöytäkirjojen tulee sisältää vähintään seuraavat tiedot lämpöpumpun asetuksista:

- lämmityksen asetukset
- käyttöveden asetukset
- jäähdytyksen asetukset
- lisälämmön asetukset.

6.4 Käytön opastus

Käyttöönoton jälkeen tilaaajalle annetaan käytönopastus, joka sisältää vähintään seuraavat kohdat:

- miten toimitaan, jos sisälämpötila on liian matala tai korkea
- miten käyttöveden riittävyys varmistetaan
- miten toimitaan erilaisissa häiriötilanteissa
- aikaohjelmat, etäohjaukset ja muut mahdolliset lisätoiminnot
- järjestelmän toiminnan säännöllisen seurannan kohteet.

6.5 Luovutus

Ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä on valmis, kun se luovutetaan tilaaajalle ja kun tilaaja hyväksyy luovutuksen.

Luovutuksessa tilaaajalle toimitetaan:

- ajantasaiset suunnitelmat
- pöytäkirjat painekokeista
- pöytäkirjat toimintakokeista
- mittaus- ja säätöpöytäkirjat
- sähköurakoitsijan käyttöönottotarkastuksen pöytäkirja
- sähköasennusten varmennustarkastuksen pöytäkirja
- asennettujen laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeet.

6.6 Toiminnan seuranta ja järjestelmän viritys

Järjestelmän toimintaa on seurattava vähintään ensimmäisen käyttövuoden ajan eri käyttötilanteiden toimivuuden varmistamiseksi. Seurantajakson aikana viritetään järjestelmä toimimaan oikein kaikissa käyttötilanteissa ja ulkolämpötiloissa. Käytön seurannalla varmistetaan, että kulutukset vastaavat suunnitelmia ja järjestelmä toimii suunnitellusti.

7 YLEISIMMÄT ONGELMATILANTEET

Ilma-vesilämpöpumppujen yleisimmät ongelmatilanteet liittyvät putkistojen kytkeisiin, ilmauksiin, virtaamiin, pumppujen säätöihin ja automaatioon.

Yleisimmät korkeapainehälytyksen aiheuttajat ovat

- heikko virtaus lauhduttimen läpi johtuen huonosti ilmatuista putkistoista, väärin säädetyistä kiertopumpuista tai puhdistumattomista mutataskuista
- liian korkeaksi asetettu menoveden lämpötila
- liian korkea käyttöveden lämpötila
- kiinteistön putkiverkoston virtaamat eivät vastaa suunniteltuja virtaamia.

Sähköhäiriöistä johtuvat ongelmatilanteet

- -väärä vaihejärjestys voi estää yleensä kompressorin käynnin, tämä voi johtua esim. sähköverkon huoltotöissä muuttuneesta vaihejärjestyksestä
- alijännite tai kokonaan puuttuva vaihe estää yleensä kompressorin käynnin
- sähkökatkot, lyhyet yli- tai alijännitteet voivat saada aikaan erilaisia ennakoimattomia häiriötilanteita
- kompressorin moottorisuoja laukeaa, jos kompressorin ottaa liikaa virtaa verkosta. Moottorisuoja voi myös laukea sähkönsyötön häiriötilanteessa.

Automaatiosta johtuvat ongelmatilanteet

- virheelliset ohjaukset
- kiinteistöautomaation ja maalämpöpumpun ohjauksen yhteensovittamisen ongelmat.

KIRJALLISUUTTA

Viranomaismääräykset ja ohjeet

- Rakentamislaki 751/2023
- Ympäristönsuojelulaki 527/2014
- Kiinteistönmuodostamislaki 554/1995
- Kemikaalilaki 599/2013
- Terveystensuojelulaki 763/1994
- Muinaismuistolaki 295/1963
- Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 1047/2017
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta 1009/2017
- Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017
- Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 4/13
- Kuntien ympäristönsuojelumääräykset ja rakennusjärjestys
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2024/573 (F-kaasuasetus)

LVI-ohjekortteja, Rakennustietosäätiö RTS sr

- RT 10-11301 Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely. Prosessikuvaus. 2018.
- RT 10-11302 Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely. Tehtävät ja dokumentointi. 2018.
- RT 103800 Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. K1/2021. 2024.
- RT 10-11290 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. 2017.
- RT 103315 Poistoilmalämpöpumput. Pientalot. 2021.
- RT 103316 Poistoilmalämpöpumput. Kiinteistöjärjestelmät. 2021.
- LVI 11-10623 Maalämpöpumput. Pientalot. 2018.
- LVI 11-10624 Maalämpöpumput. Kiinteistöjärjestelmät. 2018.
- LVI 12-10330 Putkistojen lämpölaajeneminen. 2001.
- LVI 12-10343 Vesikiertoinen patterilämmitys. 2002.
- RT 103447 Putkistojen ja kanavien kannatus. 2022.
- RT 103692. Lämmitystarveluku. Rakennuksen energiankulutuksen seuranta. 2023.
- LVI 13-10261 Vesikiertoinen lattialämmitys. 1996.
- RT103174 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2018.
- RT103452 Nestekiertoiset lämmitys- ja jäähdytysverkot. Virtauksien säätö. 2022.

Muita ohjeita

- Kiinteistöjen lämmitys – opas kunnille. Motiva Oy. 2017.
- Rakennusten energiatekniikka. Talotekniikka-Julkaisut Oy 2024.

SFS-standardeja (www.sfs.fi)

- SFS-EN 14511:en Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps for space heating and cooling and process chillers, with electrically driven compressors.
- SFS-EN 14825 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling, commercial and process cooling. Testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance
- EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EU) 2024/573, fluoratuista kasvihuonekaasuista, direktiivin (EU) 2019/1937 muuttamisesta ja asetuksen (EU) N:o 517/2014 kumoamisesta.
- SFS-EN 378-1:2016 + A1:2020. Kylmäkoneistot ja lämpöpumput. Turvallisuus- ja ympäristövaatimukset. Osa 1: Perusvaatimukset, määritelmät, luokitus ja valintakriteerit. Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS-EN 378-2:2016. Kylmäkoneistot ja lämpöpumput. Turvallisuus- ja ympäristövaatimukset. Osa 2: Suunnittelu, rakenne, testaus, merkintä ja dokumentointi. Suomen Standardisoimisliitto.
- SFS-EN 378-3:2016 + A1:2020. Kylmäkoneistot ja lämpöpumput. Turvallisuus- ja ympäristövaatimukset. Osa 3: Asennuspaikka ja henkilökohtainen suojaus. Suomen Standardisoimisliitto.

Linkkejä

- Johdanto kylmälaitestandardiin EN 378 (<https://kylmaverkkokauppa.fi>)
- VTT. Uusiutuvat energialähteet asuntoyhtiöissä 2024. (https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/107453623/Uusiutuvat_energiälähteet_asuntoyhtiöissä.pdf)
- Ympäristöministeriö (<https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>)
- Motiva Oy (https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/ilmalampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu)
- Suomen lämpöpumppuyhdistys SULPU ry (<https://www.sulpu.fi/lampopumput/ilma-vesilampopumput/>)

Tämän ohjekortin on laatinut Rakennustietosäätiö RTS sr:n asettama toimikunta TK 373 Lämpöpumput. Käsikirjoituksen on laatinut Aki Valkeapää, Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Toimikunta TK 373:

- Juhana Mikkola, Kuisko Partners Oy, puheenjohtaja
- Jussi Hirvonen, Suomen Lämpöpumppuyhdistys SULPU ry
- Juha Likonen, Helsingin kaupunki
- Jouni Koivula, Pistoke RES Oy
- Petri Kuisma, Lapin AMK
- Kosti Kuronen, Rakennustieto Oy, projektipäällikkö ja sihteeri