

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

LVI

2017

Juuso Aitio

SANEERATTAVAN KERROSTALON LÄMMITYSVERKOSTON SUUNNITTELU

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma | LVI

2017 | 61 s. + liitteet 3 s.

Ohjaajat

Erkki Tuomaala, Turun AMK

Markku Kenttälä, Insinööri, Insto Sainio Oy

Juuso Aitio

SANEERATTAVAN KERROSTALON LÄMMITYSVERKOSTON SUUNNITTELU

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella vesilämmitysverkosto radiaattoreilla kahteen saneerattavaan kerrostaloon Turussa Lampolankatu 8 talo 1 ja 2. Opinnäytetyön toinen tarkoitus on toimia aloittelevalla suunnittelijalla suunnittelutyön apuna ja auttaa suunnittelijaa ymmärtämään lämmitysverkoston toimintaa. Suunnittelutyö on tilattu Insto Sainio Oy:tä, jossa kirjoittaja toimii LVIA-suunnittelijana, tilaajana on TVT Asumot Oy.

Opinnäytetyössä käsitellään lämmönsiirtymistavat, rakennuksen lämmitystehontarve, lämmitysjärjestelmät, viranomaismääräykset, tärkeimmät järjestelmän osat ja kohteeseen toteutettu vesikiertoinen järjestelmä kuvia ja laskukaavoja apuna käyttäen.

Lämmitysverkoston suunnitteluohjelmana käytettiin Kyndata Oy:n CADS Hepac 16 -suunnitteluohjelmaa.

Opinnäytetyön molemmat tavoitteet saavutettiin, lopputuloksena on aikaisempaa energiatehokkaampi, helposti huollettava ja hiljainen vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä. Järjestelmän energiatehokkuutta ja asuinviihtyvyyttä on mahdollista parantaa muun muassa poistoilmalämpöpumpun ja raitisilmapatterin avulla.

ASIASANAT:

LVI, lämmitys, radiaattori lämmitysverkosto, lämmitystehontarve

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering | HVAC

2017 | 61 pages + appendix 3 pages

Instructors

Erkki Tuomaala, Turku University of Applied Sciences

Markku Kenttälä, Engineer, Insto Sainio Oy

Juuso Aitio

DESIGNING THE HEATING SYSTEM FOR AN APARTMENT BUILDING UNDER RENOVATION

The goal of this thesis was to design a hydronic heating system equipped with radiators for two apartment buildings under renovation in Lampolankatu 8, Turku (buildings 1 and 2). The second goal was to provide a guide for new designers in their design work and help them understand how a heating system works.

The thesis discusses heat conduction, the building heating requirements, different heating systems, regulatory provisions, the most important parts of the heating system and the hydronic heating system installed in the building, with the aid of images and mathematical formulas.

The heating system was designed with the aid of Kymdata Oy CADS Hepac-design application. The design project was commissioned by TVT Asunnot from Insto Sainio Oy, where the writer works as a HVAC designer.

Both goals of the thesis were reached, resulting in a quiet and energy-efficient hydronic heating system that is also easy to maintain. It is possible to make the system even more energy-efficient and enhance the residents' living experience by adding an exhaust air heat pump or a fresh air radiator.

KEYWORDS:

HVAC, heating, radiator heating system, heating power demand

SISÄLTÖ

JOHDANTO	8
SUUNNITTELUKOHDE	9
LÄMMITYSKAUSI JA LÄMMÖNSIIRTYMINEN	10
3.1 Lämmönsäteily	11
3.2 Lämmön johtuminen	12
3.3 Lämmön kulkeutuminen eli konvektio	13
3.3.1 Luonnollinen konvektio	13
3.3.2 Pakotettu konvektio	14
LÄMMITYSTEHONTARVE	15
4.1 Johtumislämpöhäviöt	15
4.2 Vuotoilman lämpöhäviöt	17
4.3 Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve	20
4.4 Kylmäsilat	21
LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TÄRKEIMMÄT OSAT	23
5.1 Lämmitysputket	23
5.1.1 Teräsputket	23
5.1.2 Kupariputket	24
5.1.3 Muoviputket	24
5.1.4 Komposiittiputki	25
5.2 Lämmitysverkoston lämpölaajeneminen	25
5.3 Lämmitysputkiston mitoitus	29
5.4 Venttiilit	31
5.4.1 Palloventtiili	31
5.4.2 Pumppuventtiili	31
5.4.3 Pumpun säätöventtiili, Oras	32
5.4.4 Linjasäätöventtiili, Oras	32
5.4.5 Täyttöventtiili, Oras	33
5.4.6 Varoventtiili	33
5.5 Paisunta-astia	35
5.6 Lämmönluovuttimet	36

5.6.1 Radiaattorit	37
5.6.2 Konvektorit	38
5.6.3 Putki- ja liitepatterit	39
5.7 Patteriventtiili ja termostaatti	39
5.8 Lämmitysverkoston pumppu	42
5.9 Lämmitysverkoston pumpun säätötavat	44
5.10 Lämmönsiirtimet	49

VESIKIERTOINEN PATERILÄMMITYS VERKOSTON PUTKISTOT **51**

6.1 Yksiputkijärjestelmä	51
6.2 Käännetty paluuputkijärjestelmä	52
6.3 Kaksiputkijärjestelmä	53
6.4 Ylä- ja alajakoinen putkitus	54
6.5 Lampolankatu 8 lämmitysverkosto	55
6.6 Pattereiden sijoittelu Lampolankatu 8:ssa	56

7 ARVIOINTI JA PARANNUSEHDOTUKSET **58**

LÄHTEET **60**

LIITTEET

Liite 1. Lämmitysputken mitoitusdiagrammi.	62
Liite 2. Danfoss RA-N -venttiilin esisäädön mitoitusdiagrammi.	63
Liite 3. Teknocalor kalvopaisunta-astian ja varoventtiilin mitoitus.	64

KAAVAT

Kaava 1. Tiheyseroista syntyvä paine-ero (Sandberg, E 2014, osa1).	13
Kaava 2. Rakennuksen vaipan lämpöhäviö (RakMK D3).	16
Kaava 3. Vuotoilmavirranlaskenta (RakMK D3).	18
Kaava 4. Vuotoilman tarvitsema energia (RakMK D5).	19
Kaava 5. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve (RakMK D5).	20
Kaava 6. Rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lämpöhäviöt (RakMK D5).	21
Kaava 7. Putkiston lämpölaajeneminen (LVI 12-10330).	26
Kaava 8. Paisuntakaaren mitoitus (LVI 12-10330).	27
Kaava 9. Paisunnan vastaanottavan varren mitoitus teräsputkella (LVI 12-10330).	27

Kaava 10. Paisunnan vastaanottavan varren mitoitus kupari- ja muoviputkilla (LVI 12-10330).	27
Kaava 11. Vesivirran laskenta.	30
Kaava 12. Mitoitettavan johto-osan painehäviö.	30
Kaava 13. Varoventtiilin ulospuhallusteho (LVI 11-10472).	34
Kaava 14. Paisuntasäiliön nimellistilavuus dm ³ (LVI kalenteri).	35
Kaava 15. Paisuntasäiliön hyötysuhde (LVI kalenteri).	36
Kaava 16. Logaritminen yllämpötila (Purmo).	38
Kaava 17. Lämmönluovutusteho (Purmo).	38
Kaava 18. Pumpun akselitehontarve (Paanu 2014).	43
Kaava 19. Nostokorkeus Paanu 2014).	43

KUVAT

Kuva 1. Lampolankatu 8, talo 1 julkisivu.	9
Kuva 2. Vuosien 1981-2010 keskilämpötilat Suomessa (Ilmatieteenlaitos).	10
Kuva 3. Infralämmitin (Rullma).	12
Kuva 4. Painovoimainen ilmanvaihto (Sandberg, E 2014, osa1).	14
Kuva 5. Suomen säävyöhykkeet (RakMK D3).	15
Kuva 6. Komposiittiputken kerrokset (Opetushallitus).	25
Kuva 7. Metall- ja muoviputkien paisuntakaarien mitoittaminen (LVI 12-10330).	28
Kuva 8. Paljetasain (LVI 12-10330).	28
Kuva 9. Lämpöliikkeen huomioon ottaminen verkostossa paljetasainta käyttäen (Seppänen, O. 2001, 129).	29
Kuva 10. Palloventtiili (Oras).	31
Kuva 11. Pumppuventtiili (Oras).	32
Kuva 12. Pumpun säätöventtiili (Oras).	32
Kuva 13. Täyttöventtiili (Oras).	33
Kuva 14. Varoventtiili (Oras).	34
Kuva 15. Kalvopaisunta-astia.	35
Kuva 16. Radiaattori patteri Purmo Compact (Purmo).	37
Kuva 17. Pattereiden kytkentävaihtoehtojen mahdollisuudet (Opetushallitus).	37
Kuva 18. Purmo konvektori (Purmo).	38
Kuva 19. Jaeradiaattori (Purmo).	39
Kuva 20. Danfoss RA-N esisäädettävä patteriventtiili (Danfoss).	40
Kuva 21. Danfoss RA-N patteriventtiilin rungon osat (Danfoss).	40
Kuva 22. Termostaattianturin rakenne (Danfoss).	41
Kuva 23. Termostaatti liitettynä patteriventtiiliin (Danfoss).	42
Kuva 24. Keskipakopumppu (Axflow).	43
Kuva 25. Pumpunominaiskäyrä (Paanu 2014).	44
Kuva 26. Grundfos Magna 3 pumppu (Grundfos).	45
Kuva 27. Kuristussäädön vaikutus pumpun toimintaan (Harju, P).	45
Kuva 28. Pumpun ohitussäädön periaatepiirros.	46
Kuva 29. Keskipakopumpun tehontarve eri säätötavoilla (Seppänen, O).	46
Kuva 30. Säätö pyörimisnopeutta portaallisesti muuttamalla (Harju, P).	47
Kuva 31. Painesäätö (Grundfos).	48
Kuva 32. Auto adapt (Grundfos).	48
Kuva 33. Vastavirtalevyllämmönsiirrin (Paanu 2014).	50
Kuva 34. Yksiputkijärjestelmä (Lvi 11-10472).	51

Kuva 35. Yksiputkijärjestelmän periaate yhdistettynä kaksiputkijärjestelmällä toteutettuun runkoputkistoon (LVI 12-10343).	52
Kuva 36. Yläjakoinen kaksiputkijärjestelmä käännettyllä paluulla (LVI 12-10343).	53
Kuva 37. Alajakoinen kaksiputkijärjestelmä muoviputkella (LVI 12-10343).	54
Kuva 38. Lampolankatu 8 talo 1 lämmitysverkoston IFC malli.	56
Kuva 39. IFC-malli Lampolankadun patterinsijoittelusta ja kytkennästä.	57
Kuva 40. Patterin sijoittelu lämpöpiirustuksissa.	57

TAULUKOT

Taulukko 1. Mitoitettavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä (RakMK D3).	15
Taulukko 2. Lampolankadun uudet U-arvot.	16
Taulukko 3. Lampolankatu 8 alkuperäiset U-arvot.	16
Taulukko 4. Lämmityskauden huonelämpötilan tilakohtaisia ohjearvoja tiloille, joiden huonelämpötilan suunnitteluarvo ei ole 21 °C (RaMK D2).	17
Taulukko 5. Lampolankatu 8 pinta-alatietoja.	17
Taulukko 6. Tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja (n50) ja rakennuksen vaipan ilmanvuotolukuja (q50) (RakMK D5).	19
Taulukko 7. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ulkoseinän ja yläpohjan, ulkoseinän ja välipohjan sekä ulkoseinän ja alapohjan välisissä liitoksissa joillakin runkomateriaaleilla (RakMK D5).	22
Taulukko 8. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ulkoseinien välisissä nurkkaliitoksissa sekä ikkuna- ja oviliitoksissa joillakin runkomateriaaleilla (RakMK D5).	22
Taulukko 9. Ohjearvot viivamaisen kylmäsilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille liitoksissa, joille ei ole annettu erillistä arvoa taulukoissa 7 ja 8 (RakMK D5).	22
Taulukko 10. Teräsputkien mittoja (Opetushallitus).	23
Taulukko 11. Kupariputkien mittoja (Opetushallitus).	24
Taulukko 12. Lämpölaajeneminen (LVI 12-10330).	26
Taulukko 13. Muoviputkien pienin sallittu taivutussäde kylmänä (LVI 12-10330).	28
Taulukko 14. Varoventtiilin mitoitusohje (K1/2013).	34
Taulukko 15. Veden ja vesi-glykoliseoksen laajeneminen % (LVI kalenteri).	36

JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella lämmitysverkosto kahteen kerrostaloon. Opinnäytetyössä tarkastellaan suunnittelun taustalla vaikuttavaa suunnitteluprosessin teoriaa, eikä ota kantaa käytännön piirustusten laatimiseen. Opinnäytetyön toinen tarkoitus on toimia Insto Sainio Oy:n aloitteleville suunnittelijoille suunnittelutyön apuna ja auttaa heitä ymmärtämään lämmitysverkoston toimintaa.

Kohteena on kaksi vuonna 1984 rakennettua 3-kerroksista kerrostaloa Lampolankatu 8 talo 1 ja 2, joiden omistaja on TVT Asunnot Oy. Talot ovat 80-luvun betonielementtitaloja, jolloin oli kova tarve rakentaa nopeasti ja edullisesti asuntoja. Rakennukset suunniteltiin 25-30 vuotta kestäviksi "tilapäisiksi" asuinkerrostaloiksi.

Kohteen alkuperäinen rakentaja on Turkulainen Puolimatka Yhtymä Oy. Kerrostalojen laskennallinen käyttöikä on päättymässä ja talojen omistajilla on tarve korjata rakennukset vastaamaan nykypäivän laatuvaatimuksia ja asumisedellytyksiä.

LVI-Suunnittelu on tilattu Insto Sainio Oy:ltä, jossa toimin LVIA-suunnittelijana ja vastaan Lampolankatu 8 lämmitys- ja käyttövesiverkoston suunnittelusta. Opinnäytetyö on rajattu lämmitysverkoston suunnitteluun. Kohteessa aloitetaan asennustyöt lähitulevaisuudessa.

Lämmitysverkoston suunnitteluohjelmanä käytettiin Kyndata Oy:n CADS Hepac 16 ohjelmaa.

SUUNNITTELUKOHDE

Opinnäytetyön kohteena on kaksi 3-kerroksista Turussa sijaitsevaa kerrostaloa, Lampolankatu 8, talo 1 ja 2.

Talot on rakennettu vuonna 1984 ja edustavat tuon ajan betonielementtirakentamista. Kohteen julkisivut ovat pesubetonipintaisia betonisandwich-elementtejä. Betonisandwich-elementti muodostuu betonisista kuorista ja niiden välissä olevasta lämmöneristeestä. Parvekelaatat ja -pielet ovat pinnoittamattomia betonielementtejä (kuva 1).

Kohteen arkkitehtisuunnittelusta on aikanaan vastannut Olli Vahtera Oy ja rakentaja oli Puolimatka Yhtymä Oy. Kohteen uudesta arkkitehti- ja pääsuunnittelusta vastaa Insto Hirsinummi Oy, mutta peruserinnoituksen urakoitsija selviää vasta kilpailutuksen seurauksena.

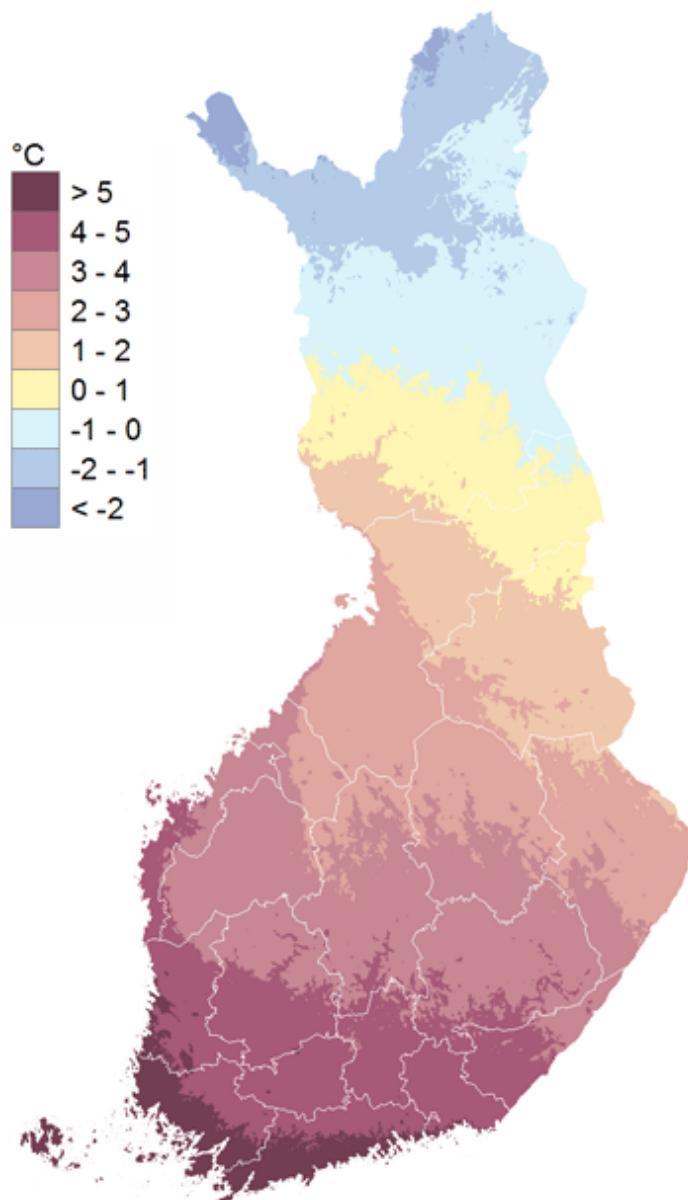
LVI-suunnittelijan kannalta tärkeimmät lähtöarvot lämmitysjärjestelmien suunnittelussa ovat U-arvot, ilmanvaihdon ilmamäärät huoneistoissa, lämpötilat sekä rakennuksen vaiipan tiiveys. Kohteessa on lämmönlähteenä kaukolämpö ja vesikiertoinen radiaattoriverkosto.



Kuva 1. Lampolankatu 8, talo 1 julkisivu.

LÄMMITYSKAUSI JA LÄMMÖNSIIRTYMINEN

Suomessa on lämpötiloittaan toisistaan hyvin poikkeavat vuodenajat, minkä seurauksena kylminä vuodenaikoina tarvitsee rakennusta lämmittää östoenergian turvin (kuva 2). Lämmityskauden pituus Suomessa on noin 9 kuukautta ja lämmityskausi alkaa yleensä syyskuusta ja loppuu useimmiten toukokuussa. Lämmityskaudeksi lasketaan keväällä päivät, joiden keskilämpötila on yli +10 °C ja syksyllä yli +12 °C (Ilmatieteenlaitos.)



Kuva 2. Vuosien 1981-2010 keskilämpötilat Suomessa (Ilmatieteenlaitos).

Luonto pyrkii aina tasapainotilaan, joten rakennuksen sisällä oleva lämpö pyrkii siirtymään ulos kohti kylmää ilmaa ja vastaavasti ulkona oleva kylmäilma siirtyy sisälle kohti lämmintä ilmaa, kunnes lämpötilaeroa ei enää ole. Tätä kutsutaan lämmön siirtymiseksi. Lämmön siirtymisen primääritavat ovat johtuminen, säteily ja kuljetus eli konvektio.

Muut merkittävät huonekohtaista lämmitystarvetta lisäävät tekijät ovat rakennuksen vuotoilma ja ilmastoinnin tuloilman lämpötilaero suhteessa sisäilmaan. (Seppänen, O. 2001, 66–68.)

3.1 Lämmönsäteily

Lämpösäteily on sähkömagneettista säteilyä, jota lähettää jokainen aine, jonka lämpötila on absoluuttista nolapistettä korkeampi eli $-273,15$ celsiusastetta.

Kaikki aine koostuu hiukkasista, joilla on liike-energiaa, jotka ovat vuorovaikutuksissa keskenään. Nämä aineet ovat molekyyliä ja atomeja, atomit puolestaan sisältävät sähköisesti varautuneita hiukkasia, elektroneja ja protoneja. Näiden liikehdintä saa aikaan sähkö- ja magneettikenttiä, joista syntyy fotoneja. Kappaleen pinnalta säteilevä energia koostuu fotoneista. Sähkömagneettinen säteily ei tarvitse väliainetta edetäkseen, vaan se pystyy etenemään avaruudentyhjiössäkin aina niin kauan, kunnes törmää johonkin aineeseen ja absorboituu lämmöksi.

Lämpösäteilyn voimakkuus riippuu monesta lähettävän ja vastaanottavan pinnan ominaisuudesta, kuten lämpötilasta, absorptio-, emissio-, heijastuskyvystä ja säteilyn aallonpituudesta.

Parhaiten lämpösäteilyn voi huomata aurinkoisena päivänä. Ulkoillessa voi tuntea aurinгон lämmön, kun auringon eteen tulee pilvi, tuntuu heti viileämmältä, vaikka ulkona oleva lämpötila pysyy samana. Kun kylmänä pakkasiltana sytyttää ulos nuotion voi sen lähellä tuntea nuotion lämmittävän vaikutuksen.

Suurin osa lämpösäteilystä on ihmiselle näkymätöntä infrapunasäteilyä, jonka voi havaita esimerkiksi infrapunakameralla. Lämpösäteily voi olla ihmiselle näkyvää esimerkiksi silloin, kun lämmittää hellan levyn hehkuvan kuumaksi, voi lämpösäteilyn nähdä punaisena hehkuna.

Käytännön sovelluksia on erilaiset kattosäteilijät ja infralämmittimet (kuva 3), joita voidaan käyttää sisätiloissa ja ulkona. (Seppänen, O. 2001, 66–68.)



Kuva 3. Infralämmitin (Rullma).

3.2 Lämmön johtuminen

Lämmönjohtuminen tapahtuu aineen molekyylien liike-energian siirtymisenä molekyylita toiseen. Aineen lämmönjohtamiskyky riippuu aineen ominaisuuksista. Esimerkiksi metallit, kuten kupari on hyvä johtamaan lämpöä. Vastaavasti polystyreeni johtaa huonosti lämpöä ja siksi sitä kutsutaan eristeeksi. Johtuminen edellyttää aina kiinteää ainetta. Lämmönjohtuminen voidaan havaita esimerkiksi lämmittäessä vettä hellalla. Hellan levy lämpenee, lämpö siirtyy metalliseen kattilaan ja siitä kattilassa olevaan veteen.

Eri aineiden lämmönjohtavuuden voi havaita helposti käytännön testillä laittamalla toisen käden puiseen keittiönpöytään ja toisen keittiönpöydän metalliseen jalkaan. Metallinen jalka tuntuu kylmemmältä kuin puinen kansi, vaikka molempien lämpötila on sama. Tämä perustuu lämpöenergian nopeampaan johtumiseen metalliin kuin puuhun. (Seppänen, O. 2001, 57.)

3.3 Lämmön kulkeutuminen eli konvektio

Konvektiolla tarkoitetaan lämmön siirtymistä virtaavan aineen mukana. Virtaavasta aineesta käytetään nimitystä fluidi, joka tarkoittaa väliainetta. Fluideja ovat nesteet, kaasut ja plasma. Lämmitysjärjestelmissä virtaava-aine on tyypillisesti vesi sen hyvän lämmönsitomiskyvyn eli ominaislämpökapasiteetin takia.

Vesi-glykoliliuosta käytetään lähinnä silloin, kun vesi voisi lämmityksen pysähtyessä jäätyä, esimerkiksi asuntokeskuslämmityksissä, pihojen ja jalkakäytävien lumensulatuksessa sekä ulkoilmaan yhteydessä olevissa ilmalämmityspattereiden kanssa. Glykolilla on veteen verrattuna pienempi ominaislämpökapasiteetti, glykolijärjestelmässä on mas-savirtaa kasvatettava saman lämpöenergian siirtämiseksi.

Konvektio jakaantuu kahteen eri muotoon, luonnolliseen konvektioon ja pakotettuun konvektioon. (Seppänen 2001, 61.)

3.3.1 Luonnollinen konvektio

Luonnollinen konvektio aiheutuu aineiden tiheyseroista, jossa painavampi kylmä aine laskeutuu alaspäin ja lämmin kevyempi aine nousee ylös. Liikkeellepaneva voima on noste. Luonnollisen konvektion voimakkuuden määrittää aineiden välinen lämpötilaero. Esimerkiksi painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilma vaihtuu talvella paljon tehokkaammin kuin kesällä (kuva 4). Mitä enemmän talvella on pakkasta, sitä suurempi on lämpötilaero ja paine-ero. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa vaikuttaviin tekijöihin kuuluu lisäksi korkeusero. Luonnollisen konvektion voi ihminen tuntea esimerkiksi ikkunan vieressä taloa takalla lämmitettäessä. (Seppänen, O. 2001, 57; Sandberg, E 2014, osa1, 114.)

Tiheyseroista syntyvä paine-ero ilmassa voidaan laskea kaavalla (1).

$$\Delta p(h) = (\rho_{iulko} - \rho_{isisä})gh = \left(\frac{T_{sisä} - T_{ulko}}{T_{ulko}} \right) \rho_{isisä} gh \quad (1)$$

Kaava 1. Tiheyseroista syntyvä paine-ero (Sandberg, E 2014, osa1).

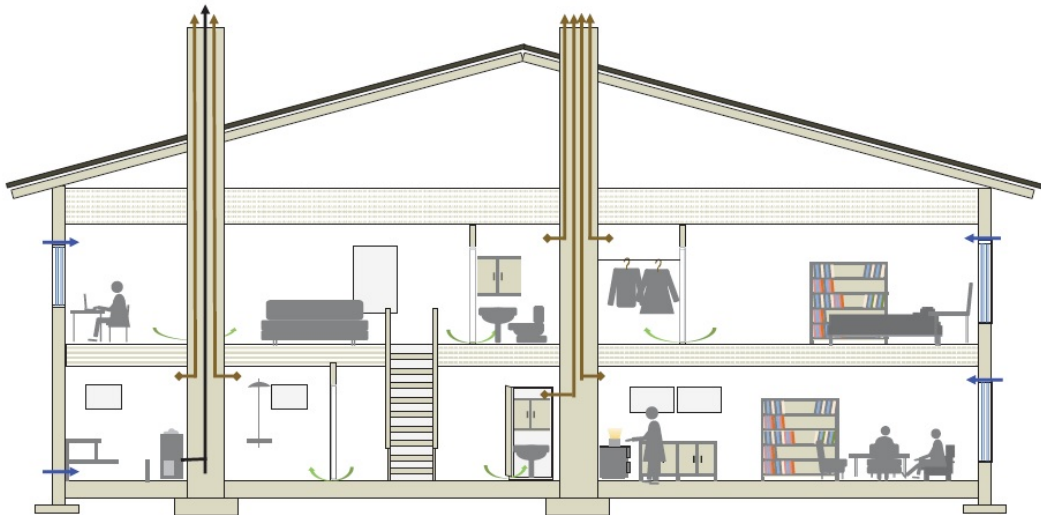
$\Delta p =$ tiheyseroista syntyvä paine-ero [Pa]

$\rho =$ ilman tiheys [kg/m^3]

$g =$ maan vetovoimakiihtyvyys $9,81 \text{ m}/\text{s}^2$

$h =$ tarkasteltava korkeusero [m]

$T =$ ilman absoluuttinen lämpötila [K], voidaan käyttää, kun ilmassa on hyvin vähän kosteutta



Kuva 4. Painovoimainen ilmanvaihto (Sandberg, E 2014, osa1).

3.3.2 Pakotettu konvektio

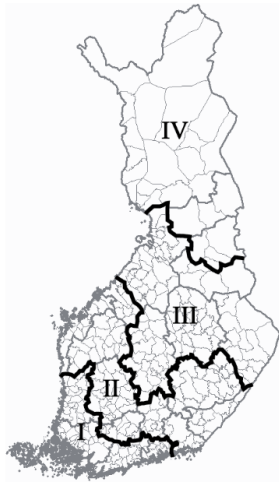
Konvektio on pakotettu, kun ulkoiset tekijät saavat aikaan virtauksen. Ulkoisia tekijöitä voivat olla esimerkiksi pumppu, puhallin, ajoviima tai nesteosasten korkeusero. Lämpö siirtyy pakotetussa konvektiossa tehokkaammin, mikäli virtaus on turbulentsista, jolloin lämpö siirtyy pääosin nesteosasten mukana. Heikommin lämpö siirtyy laminaarisessa virtauksessa, jolloin virtaavan aineen ja seinän väliin muodostuu lämpötilarajakkerros, josta lämpö siirtyy johtamalla virtaavan aineen ja seinän välillä. Käytännön esimerkkinä pakotetusta konvektiosta turbulentsisella virtauksella on pyykinkuivaus puhaltimen avustamana. (Paanu, T.)

LÄMMITYSTEHONTARVE

Tässä luvussa tarkastellaan tärkeimmät lämmitystehontarpeeseen vaikuttavat tekijät, joita ovat tilojen lämmitysenergian nettotarpeet. Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D5 mukaan tilojen lämmitysenergian nettotarpeet määritellään seuraavasti: ”lämmitysenergian tarvetta, joka muodostuu johtumislämpöhäviöistä, vuotoilman lämpöhäviöistä, korvausilman ja tuloilman lämpenemisestä tilassa huonelämpötilaan ja josta on vähennetty auringon ja sisäisten lämpökuormien vaikutus”. (RakMK D5.)

4.1 Johtumislämpöhäviöt

Johtumislämpöhäviöitä laskettaessa pitää ensiksi määritellä mitoitusolosuhteet. Suomi jaetaan neljään eri säävyöhykkeeseen (kuva 5) ja niissä vallitseviin mitoituslämpötiloihin (taulukko 1).



Kuva 5. Suomen säävyöhykkeet (RakMK D3).

Taulukko 1. Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä (RakMK D3).

Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
I	-26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö lasketaan kaavalla (2).

$$\Sigma H_{\text{joht}} = \Sigma(U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \Sigma(U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \Sigma(U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \Sigma(U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \Sigma(U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}) \quad (2)$$

Kaava 2. Rakennuksen vaipan lämpöhäviö (RakMK D3).

$$\Sigma H_{\text{joht}} = \text{rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K}$$

$$U = \text{rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m}^2\text{K)}$$

$$A = \text{rakennusosan pinta-ala, m}^2$$

Lampolankatu 8 talojen vaipat remontoidaan vastaamaan tämän päivän lämmönläpäisykertoimia eli RakMK D3 2012 arvoja. Lampolankadulla uudet U-arvot ovat seuraavat (taulukko 2).

Taulukko 2. Lampolankadun uudet U-arvot.

Vaipan osa	U-arvo (m ² K)
Seinä	0,17
Yläpohja	0,09
Alapohja	0,16
Ikkuna	1,0
Ovi	1,0

Lampolankadun talot on rakennettu vuonna 1984, jolloin oli voimassa RakMK C3 1978 määräykset, sen aikaiset U-arvot ovat seuraavat (taulukko 3).

Taulukko 3. Lampolankatu 8 alkuperäiset U-arvot.

Vaipan osa	U-arvo (m ² K)
Seinä	0,35
Yläpohja	0,29
Alapohja	0,4
Ikkuna	2,1
Ovi	1,4

Lämpöhäviöitä laskettaessa voidaan asuntojen sisälämpötilana pitää 21 °C ja muille tiloille RakMK D2 antaa taulukon 4 mukaisia lämpötila-arvoja.

Taulukko 4. Lämmityskauden huonelämpötilan tilakohtaisia ohjearvoja tiloille, joiden huonelämpötilan suunnitteluarvo ei ole 21 °C (RaMK D2).

Tila	Huonelämpötila °C
Porrashuone	17
Kylpyhuone, pesuhuone	22
Kuivaushuone	24
Myymä	18
myymälän kiinteä työpiste	21
Liikuntahalli	18
Kirkkosali	18
Tehdashalli, keskiraskas työ	17
Autokorjaamo, katsastustilat	17
Hissikuilu	17

Lampolankatu 8 sijaitsee Turussa ja kuuluu säävyöhyke numero yhteen, jonka ulkoilman mitoitustilämpötila on -26 °C ja vuoden ulkoilman keskimääräinen lämpötila on 5,3 °C.

Alkuperäisillä U-arvoilla (taulukko 3) ja kaavalla 2 laskettuna saadaan talolle 1 rakennuksen vaipan läpi lämpöhäviön tehoksi 72,3 kW. Uusilla U-arvoilla (taulukko 2) saadaan rakennuksen vaipan läpi lämpöhäviön tehoksi 34,6 kW eli johtumislämpöhäviöt pienenevät talon 1 osalta 48 %. Vastaavat lukemat talolle 2 alkuperäisillä U-arvoilla (taulukko 3) 111,8 kW ja uusilla U-arvoilla (taulukko 2) 53,7 kW eli johtumislämpöhäviöt pienenevät saman 48 %. Alkujaan talojen vaipan lävitse johtuvan lämpöhäviön teho on ollut yhteensä 184,1 kW ja perusparannuksen jälkeen 88,3 kW eroa syntyi 95,8 kW, tätä voidaan pitää huomattavana laskennallisena energian säästönä mitoitustilanteessa.

Taulukko 5. Lampolankatu 8 pinta-alatietoja.

Lampolankatu 8	Talo 1	Talo 2	Yht.
Kokonaiskerrosala	1260	1882	3142
Asuntokerrosala	1120	1566	2686
Huoneistoala	884	1240	2124
Huoneistoja	16	22	38
Keskipinta-ala	55,3	56,4	55,9
Tilavuus	3700	5500	9200

4.2 Vuotoilman lämpöhäviöt

Vuotoilman lämpöhäviöiden muodostumiseen vaikuttavat pääasialliset tekijät ovat lämpötilaerojen ja tuulen aiheuttamat paine-erot suhteessa rakennuksen sisällä vallitsevaan

paineeseen. Muita vuotoilmoihin vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen ulkovaipan kunto, sijainti ja korkeus, poistoilman aiheuttama alipaine, sekä mahdollinen ilmanvaihtojärjestelmän puutteellinen toiminta.

Rakennus tulisi suunnitella ja rakentaa siten, että vuotoilman osuus olisi mahdollisimman pieni, koska liiallinen vuotoilma rakennuksen vaipan läpi vaikuttaa huomattavasti rakennuksen energiatehokkuuteen. Muita haittoja ovat kosteuden tiivistyminen rakenteisiin, josta seuraa rakenneaurioita, viihtyvyyden huonontuminen sekä suodattamattoman ilman epäpuhtaudet ja näistä johtuvien sairauksien synty. Rakennuksen ilmanpitävyyden ollessa erinomaisella tasolla kulutetaan energiaa 6-20 % vähemmän, kuin huonon ilmanpitävyyden rakennuksessa. (RT 80-10974; Kauppinen, T; Seppänen 2001, 82.)

Vuotoilman lämpöhäviöiden laskentaan käytetään hyväksi ilmanvuotolukua q_{50} , joka tarkoittaa kuinka monta kuutiota ilmaa tunnissa vuotaa vuotoreittien kautta rakennukseen vaipan pinta-alan neliötä kohden, kun rakennukseen aiheutetaan 50 Pa ali- tai ylipaine. (RT 80-10974.)

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{vaippa} \quad (3)$$

Kaava 3. Vuotoilmavirranlaskenta (RakMK D3).

$q_{50} = \text{rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku } m^3 / (h \cdot m^2)$

$A_{vaippa} = \text{rakennusvaipan pinta-ala } m^2$

$x = \text{kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille korkeimmille rakennuksille 15}$

$3600 = \text{kerroin, joka muuttaa ilmavirran } m^3 / h \text{ yksiköstä } m^3 / s \text{ yksikköön}$

Laskettaessa rakennuksen lämpöhäviöitä käytetään ilmanvuotoluvun suunnitteluarvoa. Mikäli ilmanpitävyyttä ei ole osoitettu mittaamalla, taikka muulla menettelyllä käytetään rakennusvaipan ilmanvuotolukua $q_{50} = 4 (m^3 / (h \cdot m^2))$. Taulukossa 6 esitetään tyyppisiä rakennusvaipan ilmanvuotolukuja. (RakMK D3.)

Taulukko 6. Tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja (n_{50}) ja rakennuksen vaipan ilmanvuotolukuja (q_{50}) (RakMK D5).

Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50} -luvut, 1/h	Tyypilliset q_{50} -luvut, $m^3/(h \cdot m^2)$
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1,0 – 3,0	Pientalot 1,0 – 3,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 – 1,5	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,0 – 4,0
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3,0 – 5,0	Pientalot 3,0 – 5,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 – 3,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 4,0 – 8,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5,0 – 10,0	Pientalot 5,0 – 10
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3,0 – 7,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 8,0 – 20,0

Tiedettäessä rakennuksen vuotoilmanmäärä, voidaan laskea sen lämmittämiseen tarvittava energian määrä kaavalla 4.

$$Q_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (4)$$

Kaava 4. Vuotoilman tarvitsema energia (RakMK D5).

$Q_{vuotoilma}$ = Vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh

ρ_i = Ilman tiheys, $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, $1000 \text{ J}/(\text{kg K})$

$q_{v,vuotoilma}$ = vuotoilmavirta, m^3/s

T_s = sisäilman lämpötila, °C

T_u = ulkoilman lämpötila, °C

Δt = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Kaavoja 3 ja 4 hyväksikäyttäen saadaan Lampolankatu 8 talo 1:den rakennuksen vaipan läpi syntyvien vuotoilmojen lämmittämiseen tarvittavaksi tehoksi 4,3 kW ja talo 2:den 4,8 kW eli yhteensä 9,1kW mitoitustilanteessa, kun perusparannus on suoritettu q_{50} arvolla 4 ($\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$). Lampolankatu 8:ssa ilmanvuotolukua ei ole mittaamalla osoitettu, eikä muuta tietoa ole, joten suunnittelussa voidaan käyttää q_{50} arvoa 4 ($\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$).

4.3 Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve

Lampolankatu 8:ssa rakennusten ilmanvaihto on toteutettu pelkällä koneellisella poistoilmanvaihdolla eli korvausilma otetaan ”raakana” ulkoa korvausilmaventtiin kautta. Koneellinen poistoilmanvaihto ilman minkäänlaista lämmöntalteenottolaitteistoa on taloudellisesti kaikkein huonoin vaihtoehto. Koneellinen poistoilmanvaihto hankaloittaa lämmitysjärjestelmien suunnittelua, sillä tyypillisesti korvausilmaventtiilien kautta otettavaa ilmaa ei esilämmitetä mitenkään ja vedontunteelta ei voida välttyä.

Tilannetta voidaan helpottaa käyttämällä termostaattista korvausilmaventtiiliä, mikä vähentää ilmamäärää kylminä vuodenaikoina. Termostaattista korvausilmaventtiiliä käytettäessä, huoneeseen kohdistuva alipaine ja rakenteiden läpi tuleva vuotoilma kasvaa, täten osa toimijoista on kieltänyt termostaattiset korvausilmaventtiilit.

Toinen vaihtoehto vedontunteen helpottamiseksi on käyttää sähköisesti lämmitettävää korvausilmaventtiiliä, mutta tällöin energiatehokkuus kärsii, sillä sähkö on yleensä kalliimpaa, kuin kaukolämpö.

Muita vaihtoehtoja ovat tuloilmaikkunat, joissa ilma lämpenee ennen sisälle tuloa. Osa radiaattori valmistajista on kehittäneet lämmityspatterin, jossa korvausilma kiertää patterin lävitse, ilma suodatetaan ja lämmitetään ennen sisälle tuloa. Lampolankatu 8:ssa on kuitenkin kustannussyistä päädytty tyypilliseen seinään asennettavaan korvausilmaventtiin eikä järjestelmässä ole lämmöntalteenottoa.

Lampolankatu 8:ssa ilmanvaihto on suunniteltu vähintään RakMK D2 ilmamäärät täytäväksi. Tuloilman lämpenemisen tehontarve lasketaan kaavalla 5.

$$\dot{Q}_{tuloilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \quad (5)$$

Kaava 5. Tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve (RakMK D5).

$\dot{Q}_{tuloilma}$ = tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpötehon tarve, W

ρ_i = Ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J / (kg K)

$q_{v,tulo}$ = tuloilmavirta, m³ / s

T_s = sisäilman lämpötila, °C

T_{sp} = sisäänpuhalluslämpötila, °C

Kaavalla 5 laskettaessa Lampolankatu 8 talo 1:den tuloilman lämpenemisen tehontarpeeksi saadaan 25,4 kW ja talo 2:ssa 52,4 kW, yhteensä 77,8 kW mitoitustilanteessa. Nämä lukemat on saatu täysillä ilmamäärillä, todellisuudessa ulkolämpötilan laskiessa -11 °C ilmamäärät rakennuksessa puolitetaan taloautomaation avulla, jolloin tuloilman lämmityksen energiantarve pienenee huomattavasti. Ilmamäärät tehon laskentaan on otettu kohteen ilmanvaihdon suunnittelijalta. Lampolankadun mitoitustehoa laskettaessa puolitus huomioitiin, jolloin välttyttiin ylimitoidetuista lämmönsiirtimistä.

4.4 Kylmäsillat

Kylmäsillat ovat yksittäisiä kohtia rakenteessa, jossa lämpöeristys heikkenee paikallisesti. kylmäsillat voidaan jakaa pistemäisiin-, viivamaisiin ja kolmiulotteisiin kylmäsiltoihin. Viivamaisia kylmäsiltoja esiintyy ulkoseinien liitoksissa ylä- ja alapohjaan, ikkunanpielissä sekä rakennuksen nurkissa. Pistemäisiä kylmäsiltoja ovat kiinnityselementit, kuten vaarnatangot ja eristekerroksen läpäisevät ankkurit. Kolmiulotteisia kylmäsiltoja ovat rakennuksen nurkat. Suunniteltaessa rakennusta on kylmäsiltojen muodostumista vältettävä, sillä ne aiheuttavat homeiden kasvua, kondenssiveden kertymistä ja rakenteille vaurioita. Kylmäsiltojen aiheuttama lämpöhäviö voidaan laskea kaavalla 6. Arvot lisäkonduktanssille saadaan taulukoista 7,8 ja 9 (Seppänen, O. 2001, 85-86.)

$$Q_{\text{kylmäsilto}} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (6)$$

Kaava 6. Rakennusosien välisten liitosten aiheuttamien kylmäsiltojen lämpöhäviöt (RakMK D5).

$Q_{\text{kylmäsilto}} = \text{johtumislämpöhäviö kylmäsiltojen läpi, kWh}$

$l_k = \text{viivamaisen kylmäsiltojen pituus, m}$

$\Psi_k = \text{viivamaisen kylmäsiltojen lisäkonduktanssi, W/(m K)}$

$T_s = \text{sisäilman lämpötila, °C}$

$T_u = \text{ulkoilman lämpötila, °C}$

$\Delta t = \text{ajanjakson pituus, h}$

$1000 = \text{kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi}$

Taulukko 7. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsiilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ulkoseinän ja yläpohjan, ulkoseinän ja välipohjan sekä ulkoseinän ja alapohjan välisissä liitoksissa joillakin runkomateriaaleilla (RakMK D5).

Ulkoseinä- materiaali	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/(m K)									
	Yläpohjan (ulkonurkka) runkomateriaali			Välipohjan runkomateriaali			Alapohjan runkomateriaali			
	betoni	kevyt- betoni	puu	betoni	kevyt- betoni	puu	betoni, maan- vast.	betoni, ryöm. tila	kevyt- betoni, ryöm. tila	puu, ryöm. tila
betoni	0,08		0,04	0,00			0,24	0,28		
kevytbetoni	0,18	0,06	0,04	0,10	0,00		0,09	0,08	0,03	
kevytsorabetoni	0,13		0,04	0,07			0,15	0,11		
tiili	0,08		0,04	0,00			0,17	0,06		
puu			0,05			0,05	0,10			0,06
hirsi			0,04			0,00	0,11			0,09

Taulukko 8. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsiilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ulkoseinien välisissä nurkkaliitoksissa sekä ikkuna- ja oviliitoksissa joillakin runkomateriaaleilla (RakMK D5).

Liitos	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/(m K)					
	Ulkoseinän runkomateriaali					
	betoni	kevyt- betoni	kevyt- sora- betoni	tiili	puu	hirsi
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04	-0,05
ikkuna- ja oviliitos, lämmöneristeen kohdalla ³⁾	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
ikkuna- ja oviliitos muussa tapauksessa	0,15	0,07	0,10	0,10	0,07	0,07

³⁾ Karmi peittää vähintään 40 % lämmöneristeen kokonaispaksuudesta.

Taulukko 9. Ohjearvot viivamaisen kylmäsiilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille liitoksissa, joille ei ole annettu erillistä arvoa taulukoissa 7 ja 8 (RakMK D5).

Liitos	Lisäkonduktanssi Ψ_k , W/(m K)
ulkoseinän ja yläpohjan liitos	0,3
ulkoseinän ja alapohjan liitos	0,5
ulkoseinän ja välipohjan liitos	0,2
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,1
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,1
ikkuna- ja oviliitos	0,2

Kylmäsiilojen vaikutus lämmitystehontarpeessa on pieni, eikä niitä yleensä huomioida lämmitystehontarvetta suunniteltaessa. Lämmitystehontarpeeseen lasketaan varmuuskertomia, jotka kattavat kylmäsiiloista aiheutuvat lämpöhäviöt. Lampolankatu 8:ssa varmuuskertoimenä on 15 % laskennallisen lämmitystehontarpeen lisäksi.

LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TÄRKEIMMÄT OSAT

Tässä luvussa käsitellään patterilämmitysjärjestelmän tärkeimmät osat, niiden toiminta ja mitoitus. Tärkeimmät osat ovat putkisto, erilaiset venttiilit, patterit, pumput, paisunta-astia ja varolaitteet, sekä lämmönlähde.

5.1 Lämmityspotket

Lämmitysverkostossa voidaan käyttää, teräs-, kupari-, muovi-, ja komposiittiputkea (Seppänen, O. 2001, 124-126).

5.1.1 Teräsputket

Teräs on yleisin materiaali lämmityspotkeksi. Terästä voidaan käyttää, koska lämmitysverkoston vettä ei vaihdeta ja korroosioreaktio kuluttaa ajan kuluessa verkostoon veden mukana tulleen hapen. Teräsputket ovat standardisoituja ja niissä käytetään nimellismittoja eli DN- mittoja. DN- mitat kuvaavat putken sisähalkaisijaa, mutta eivät tätä kuitenkaan tarkasti ole, tämä ilmenee taulukosta 10. Haarat tehdään tehdasvalmisteisilla osilla, pienten putkien suunnanmuutokset taivuttamalla, isojenputkien suunnanmuutokset tehdasvalmisteisilla osilla ja liitokset hitsaamalla sekä kierrettävillä osilla. Kierrettäviä osia käytetään DN 40 kokoon asti, tästä suuremmat liitokset tehdään hitaus- tai laippaliitoksilla. Asennusmenetelmien karkeuden ja lujuusvaatimusten vuoksi DN 10 kokoa pienempiä putkia ei lämmitysverkostossa käytetä. Perinteistä kierrettävää keskiraskasta teräspotkea käytetään nykyään harvemmin saneerauskohteissa. Usein tulitöitä tehdään perinteisten teräsputkien kanssa, siksi yhä useammin käytetään puristettavia mapress-teräsputkia. Lampolankatu 8:ssa on käytetty keskiraskasta kierrettävää teräsputkea lämmitysverkostossa. (Seppänen, O. 2001, 124.)

Taulukko 10. Teräsputkien mittoja (Opetushallitus).

DN	R	ulkohalkaisija	seinämän paksuus
8	1/4	13,5	2,35
10	3/8	17,2	2,35
15	1/2	21,3	2,65
20	3/4	26,9	2,65
25	1	33,7	3,25
32	1 1/4	42,4	3,25
40	1 1/2	48,3	3,25

5.1.2 Kupariputket

Kupariputket ovat käytössä lämmitysverkostoissa, etenkin kohteissa joissa vesi on happipitoista, kupari kestää hapen aiheuttamaa korroosiota huomattavasti paremmin kuin teräs. Happi pääsee lämmitysjärjestelmään lämpimän käyttöveden verkoston osaksi suoraan liitetyissä lämmitysjärjestelmissä. Käyttövesi- ja lämmitysverkoston yhdistäminen on nykyisten rakennusmääräysten mukaan kielletty, mutta aiemmin yleinen tapa. Kupariputken liitostapoja ovat kovajuottaminen, pehmeäjuottaminen, puserrusliittimet, puristusliitokset ja pistoliitokset. Kupariputkea on saatavilla kovaksi vedettynä, hehkutettuna, muovitettuna ja pinta-asennuksiin polttoaalattuna ja kromattuna. Lämmitysjärjestelmissä ei suositella käytettäväksi alle 12mm putkea. (Seppänen, O. 2001, 125.)

Taulukko 11. Kupariputkien mittoja (Opetushallitus).

Ulkohalkaisija, mm	Sisähalkaisija, mm	Seinäämä, mm	Paino, kg/m	Tilavuus, dm ³ /m	LVI-Koodi	Suurin sallittu käyttöpaino (*
6	4,4	0,8	0,117	0,015	1581102	176
8	6,4	0,8	0,162	0,032	1581105	127
10	8,4	0,8	0,207	0,055	1581108	99
12	10,0	1,0	0,309	0,079	1581111	104
15	13,0	1,0	0,393	0,13	1581114	82
18	16,0	1,0	0,477	0,20	1581117	67
22	20,0	1,0	0,590	0,31	1581120	54
28	25,6	1,2	0,903	0,49	1581123	51

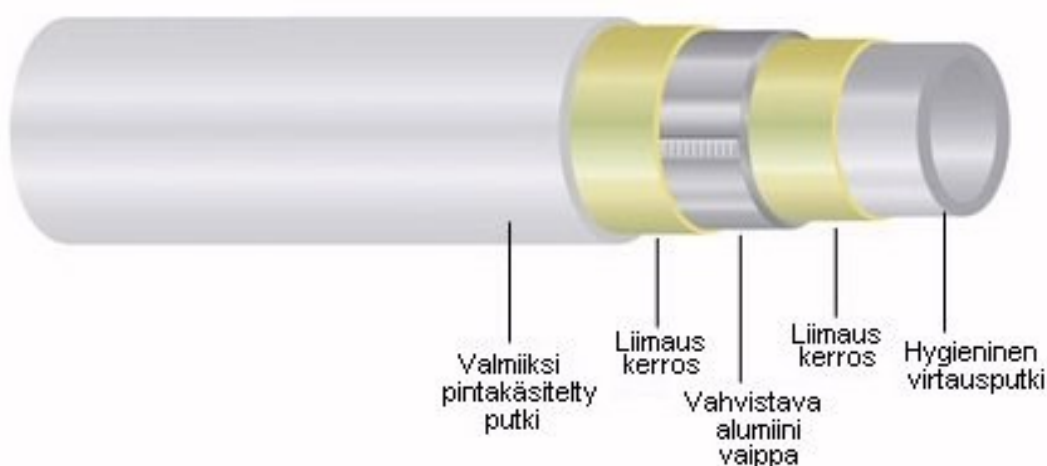
5.1.3 Muoviputket

Muovilaatujen kehittyminen on mahdollistanut muoviputkien käytön lämmitysverkostossa. Lämmitysverkostossa käytettävä muoviputki on ristosilloitettua PE-muovia, joka on diffuusiosuojattua. Muoviputket liitetään toisiinsa liima-, kartio- ja kiristysliitoksien, joillakin valmistajilla on omia järjestelmiä liitosten suorittamiseen. Muoviset lämmitysputket kestävät 70 °C jatkuvan lämpötilan ja hetkellisesti 95 °C, veden paineen putkityypistä riippuen ollessa 0,6-1 MPa. Rakenteiden sisään jäädessä muoviputket asennetaan suoja-putkeen, poikkeuksena lattialämmitysputket. Suomessa tunnetuin valmistaja lienee

Uponor. Lampolankatu 8:ssa eristettyä lämpöputkea Ecoflex Thermo Twin pex-putkea käytetään lämmönsiirtoon talojen välillä maan alla. (Seppänen, O. 2001, 126.)

5.1.4 Komposiittiputki

Komposiittiputki on useasta eri materiaalista valmistettu putki (kuva 6). Komposiittiputken jatkuva lämpötilankesto on valmistajasta riippuen 70 °C tai yli ja hetkellisesti 110 °C, painetta komposiittiputki kestää 10 bar. Komposiittiputkessa on alumiiniputkella toteutettu putkea jäykistävä ja happitiivisrakenne, joka takaa pitkän käyttöiän. Kokoja komposiittiputkesta on saatavilla 110 mm asti. (Seppänen, O. 2001, 126.)



Kuva 6. Komposiittiputken kerrokset (Opetushallitus).

5.2 Lämmitysverkoston lämpölaajeneminen

Kaikki materiaalit ja aineet laajenevat ja supistuvat lämmön vaikutuksesta. Yleensä materiaali laajenee, mutta on olemassa materiaaleja, jotka kutistuvat. Kutistuvat materiaalit ovat harvinaisempia, näihin lukeutuvat mm. kutistesukat. Lämpölaajeneminen ei aina ole lineaarista, materiaalin kiderakenteet ja olotilamuutokset vaikuttavat lämpölaajenemiskertoimeen.

Lämmitysverkostoa suunnitellessa ja asennettaessa on otettava huomioon käytettävän putkimateriaalin lämpölaajeneminen ja suunnitella sekä asentaa verkosto siten, että

putki pääsee laajenemaan ja kutistumaan hallitusti. Täten vältytään putkiston enneaikaiselta rikkoontumiselta ja mahdollisilta ääniongelmilta. Putkiston lämpölaajeneminen voidaan laskea kaavalla 7. Taulukossa 12 on esitetty eri putkimateriaalien lämpöpiteneimis-kertoimia. (LVI 12-10330.)

$$\Delta L = \alpha * L * \Delta t \quad (7)$$

Kaava 7. Putkiston lämpölaajeneminen (LVI 12-10330).

ΔL = lämpölaajeneminen, mm

α = lämpöpiteneimiskerroin, mm/m °C

L = putkiosuuden pituus, m

Δt = putken ylimmän ja alimman lämpötilan ero, °C

Taulukko 12. Lämpölaajeneminen (LVI 12-10330).

Putkimateriaali	Lämpöpiteneimiskerroin α mm/m °C	Lämpöpiteneminen Δl mm/m									
		Lämpötilaero Δt									
		10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C	100 °C
Teräs	0,012	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72	0,84	0,96	1,08	1,20
Ruostumaton teräs	0,016	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28	1,44	1,60
Haponkestävä teräs	0,016	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28	1,44	1,60
Kupari	0,018	0,17	0,34	0,50	0,67	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68
PVC	0,08	0,80	1,60	2,40	3,20	4,00	4,80	5,60	6,40	7,20	8,00
PB	0,12	1,20	2,40	3,60	4,80	6,00	7,20	8,40	9,60	10,80	12,00
PP	0,15	1,50	3,00	4,50	6,00	7,50	9,00	10,50	12,00	13,50	15,00
PEM, PEH	0,17	1,70	3,40	5,10	6,80	8,50	10,20	11,90	13,60	15,30	17,00
PEL	0,18	1,80	3,60	5,40	7,20	9,00	10,80	12,60	14,40	16,20	18,00
PEX	0,19	1,90	3,80	5,70	7,60	9,50	11,40	13,30	15,20	17,10	19,00
Monikerrosmuovi (PEX-AI-PEX)	0,025	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50

Putkisto tulisi suunnitella siten, että putkien lämpölaajeneminen tasataan ns. luonnollisella kompensoinnilla, joka tarkoittaa putkien suunnan muutoksia esimerkiksi mutkilla. Jos luonnollinen kompensointi ei ole mahdollista, käytetään paisuntakaaria (kuva 7) tai paljetasaimia (kuva 8), jotka ottavat vastaan putkiston lämpölaajenemisen ja täten hallitusti ehkäisevät mahdolliset putkivauriot. Eri putkimateriaalien paisuntakaaret (a) ja paisunnan vastaanottavan varren pituus (b) mitoitetaan kaavojen 8,9 ja 10 avulla. Paisuntakaaria mitoitettaessa on otettava huomioon putkien pienin sallittu taivutussäde (r), joka on kupari- ja teräsputkille 4* putken halkaisija. Muoviputkille pienin sallittu taivutussäde esitetty taulukossa 13. (LVI 12-10330.)

Putkiston suoran osuuden ollessa yli 20 metriä on hyvä kiinnittää huomiota lämpölaajenemiseen ja asettaa kiintopiste. Kiintopistettä käytettäessä pitää huolehtia, että putki pääsee laajenemaan toiseen suuntaan vapaasti, esimerkiksi mutkan avulla. Paisuntakaarta käytetään suoran putkiosuuden ollessa 35-45 metriä, silloin putkiosuus jäykistetään kummastakin päästä kiintopisteillä, keskelle asennetaan paisuntakaari ja putkiohjaimet. Kiintopisteet on hyvä laittaa lähelle seinien läpivientejä, jotta lämpöliike on mahdollisimman vähäistä läpimenokohdissa.

$$a = r \cdot \sqrt{D \cdot \Delta L} \quad (8)$$

Kaava 8. Paisuntakaaren mitoitus (LVI 12-10330).

$$b = 4 \cdot a \quad (9)$$

Kaava 9. Paisunnan vastaanottavan varren mitoitus teräsputkella (LVI 12-10330).

$$b = 2 \cdot a \quad (10)$$

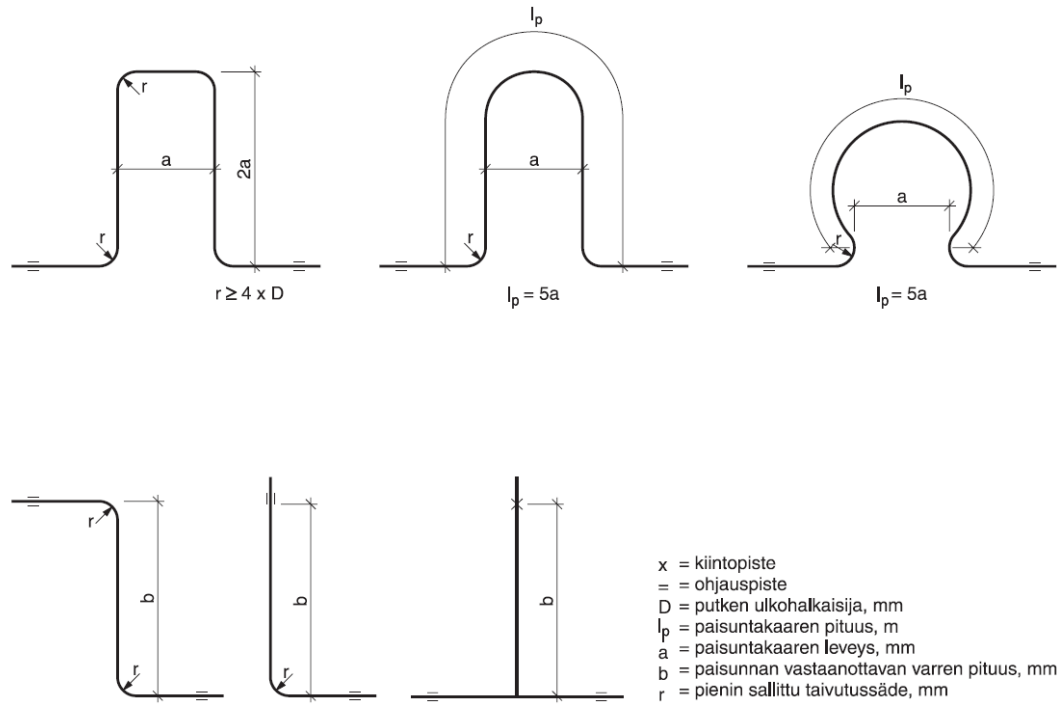
Kaava 10. Paisunnan vastaanottavan varren mitoitus kupari- ja muoviputkilla (LVI 12-10330).

a = paisuntakaari, mm

b = paisunnan vastaanottavan varren pituus, mm

D = putken ulkohalkaisija, mm

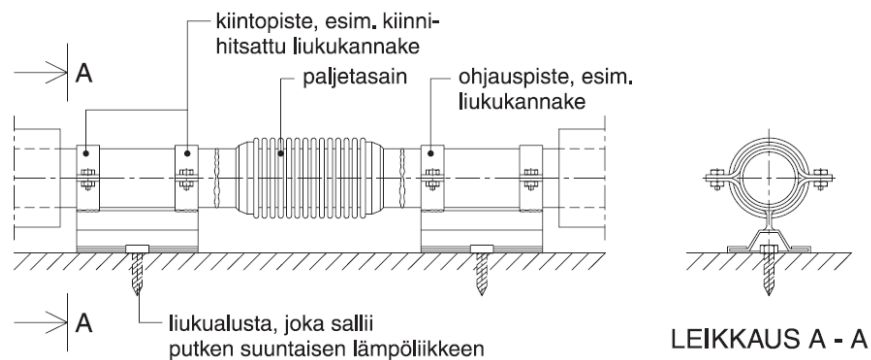
ΔL = putkiosuuden lämpölaajeneminen, mm



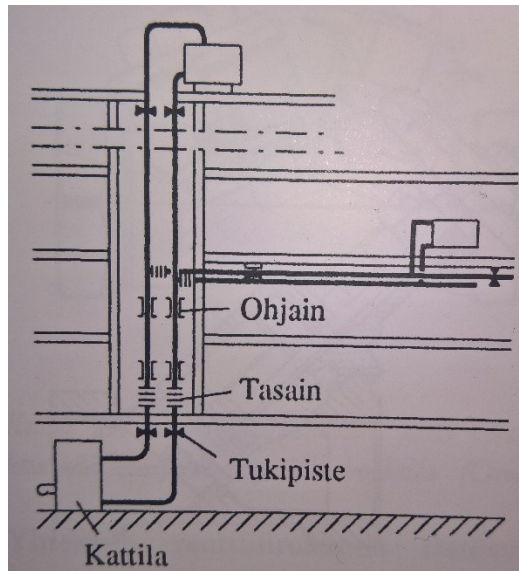
Kuva 7. Metall- ja muoviputkien paisuntakaarien mitoittaminen (LVI 12-10330).

Taulukko 13. Muoviputkien pienin sallittu taivutussäde kylmänä (LVI 12-10330).

PVC-putket	300 x D*)
PP-putket	120 x D
PEH-putket	50 x D
PEM-putket	40 x D
PEL-putket	30 x D
PEX-putket	10 x D (8 x D ei vaihdettava)
PB-putket	10 x D (8 x D ei vaihdettava)
Monikerrosmuovi (PEX-Al-PEX)	5 x D



Kuva 8. Paljetasain (LVI 12-10330).



Kuva 9. Lämpöliikkeen huomioon ottaminen verkostossa paljetasainta käyttäen (Seppänen, O. 2001, 129).

Paljetasainta (kuva 8) voidaan käyttää vastaanottamaan lämpölaajeneminen. Paljetasainta käytetään yleensä sellaisissa paikoissa, jossa ei pystytä tekemään mutkia tai paisuntalenkkejä, kuten erittäin pitkät pystynousut (kuva 9).

paljetasain toimitetaan yleensä esijännitettynä täyteen rakennepituuteensa ja säädetään sitten laskettuun esijännitysarvoon laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti.

Maan tai lattian alla suojaputkessa kulkevia muovijohtoja ei tarvitse varustaa lämpölaajenemisen vastaanottavilla osilla, kunhan ne asennetaan aaltomaisesti mutkille. (LVI 12-10330.)

Lampolankatu 8:ssa lämpölaajeneminen huomioitiin luonnollisella kompensoinnilla ja piirtämällä putkiston pitkään suoraan osuuteen paisuntakaari ohjaus- ja kiintopisteillä.

5.3 Lämmitysputkiston mitoitus

Lämmitysverkoston putkisto mitoitetaan yleensä 0,8 – 1 m/s virtausnopeudelle ja 50 Pa/m painehäviölle, jolloin saadaan energiatehokas putkisto, johon voi myöhemmin vielä lisätä pattereita, ilman että putkiston virtausominaisuudet merkittävästi huononevat. Mitoitusnopeudet ja painehäviö putkimetriltä vaihtelevat putkimateriaalin ja laadun mukaan. Esimerkiksi Sanipex MT putken virtausnopeus voidaan mitoittaa kupariputkea korkeammaksi, ilman putkistolle suunnitellun käyttöiän alentumaa. Kulloisellakin raaka-aineiden

ja energian hinnalla on merkityksensä. Putkimateriaalin ollessa kalista ja sähköenergia halpaa voidaan putkisto mitoittaa suuremmalle painehäviölle. Tärkeintä on putkistolle asetettu käyttöiän saavuttaminen. Lämmitysverkon käyttöikä voi olla 50-vuotta.

Putken sisähalkaisijan mitoitus voidaan tehdä esimerkiksi laskemalla kaavoilla 11 ja 12.

$$q = \frac{\emptyset}{\rho * C_p * \Delta T} \quad (11)$$

Kaava 11. Vesivirran laskenta.

$q = \text{vesivirta } dm^3/s$

$\emptyset = \text{lämmitysteho } kW$

$C_p = \text{veden ominaislämpökapasiteetti } 4,2 \text{ kJ/kg } ^\circ C$

$\rho = \text{veden tiheys } 1,0 \text{ kg/dm}^3$

$\Delta T = \text{verkoston meno- ja paluuveden lämpötilaero } ^\circ C$

$$\Delta p = R * L + \sum \zeta * \frac{\rho v^2}{2} + \Delta p_{\text{muu}} \quad (12)$$

Kaava 12. Mitoitettavan johto-osan painehäviö.

$\Delta p = \text{mitoitettavan johto-osan painehäviö}$

$R = \text{virtauskitkasta aiheutuva painehäviö yhtä putkimetriä kohti}$

$L = \text{mitoitettavan putkiosuuden pituus}$

$\sum \zeta = \text{kertavastusten summa}$

$\rho = \text{veden tiheys}$

$v = \text{veden nopeus putkessa}$

$\Delta p_{\text{muu}} = \text{yksittäisen laitteen aiheuttama painehäviö, esim. lämmönsiirrin}$

Toinen ja helpompi tapa on mitoittaa käyttämällä putkivalmistajan antamia mitoitusdiagrammeja (liite 1). Nykyaikaiset tietokonepohjaiset suunnitteluohjelmat mitoittavat putkiston automaattisesti halutuilla virtausnopeuksilla ja painehäviöillä. LVI-suunnittelija kohtaa tilanteita, joissa vanhaan rakennukseen tehdään muutoksia ja saatavilla on ainoastaan vanhat paperiset piirustukset, tällöin on hyvä osata mitoittaa perinteisellä tavalla käyttämällä taulukoita tai lvi-kalenteria. Lampolankatu 8 talojen lämmitysverkosto mitoitettiin niin, että kumpikaan raja arvo ei ylity: virtausnopeus 1 m/s painehäviö 50 Pa/m, verkoston lämpötilalle 70/40 °C.

5.4 Venttiilit

Venttiileitä on olemassa montaa erilaista ja lisäksi on venttiiliyhdistelmiä, joissa useampi erillinen venttiili on koottu yhdeksi kokonaisuudeksi. Tässä käsitellään lämmitysverkon kannalta tärkeimmät venttiilityypit. Kaukolämpöjärjestelmässä tärkeimmät ovat palloventtiili, pumppuventtiili, pumpun säätöventtiili, linjasäätöventtiili täyttöventtiili ja varoventtiili.

5.4.1 Palloventtiili

Palloventtiilin (kuva 10) tehtävä on yksinkertainen, sillä suljetaan tai avataan virtaus. Palloventtiilin sisällä on nimensä mukaisesti pallo, jonka keskellä on venttiilin aukon kokoinen reikä. Kahvaa vääntämällä 90 astetta saadaan virtaus suljettua. Palloventtiilit soveltuvat kohteisiin, missä täytyy saada nopeasti linjan veden virtaus suljettua, eikä pelkoa paineiskusta ole. Haluttaessa minimoida paineiskun vaara, on suositeltavaa käyttää istukkaventtiiliä, jonka sulkumekanismi on huomattavasti hitaampi. Palloventtiilin koko määräytyy tyypillisesti putkiston mukaan. (Oras.)



Kuva 10. Palloventtiili (Oras).

5.4.2 Pumppuventtiili

Pumppuventtiili (kuva 11) on tarkoitettu käytettäväksi kiertopumpun kanssa tai paikoissa, joissa vaaditaan sulku- ja yksisuuntaventtiiliä yhdessä. Venttiili asennetaan pumpun imu- puolelle. Sulkuventtiilin tehtävää pumppuventtiilissä hoitaa palloventtiili. Pumppuventtiili on siis yksisuuntaventtiilin ja palloventtiilin yhdistelmä. (Oras.)



Kuva 11. Pumppuventtiili (Oras).

5.4.3 Pumpun säätöventtiili, Oras

Pumpun säätöventtiili (kuva 12) on tarkoitettu lämmitysverkon kiertopumpun yhteyteen säätö ja sulkuventtiiliksi. Pumpun säätöventtiilissä on säätökarana muotoiltu holkki, jonka avulla määrätään säätöarvot osoittimen ja asteikkolevyn avulla. Asteikkolevy luki-taan kiristysruuvilla. Nykyaikaisia pumppuja ei enää tarvitse kuristaa säätökaran avulla, vaan niitä voidaan ohjata taajuusmuuttajan avulla ja pumpun säätöventtiilistä käytetään ainoastaan mittausyhteitä. Mittausyhteihin liitetään virtausmittari, jolla voidaan varmistua oikeasta virtauksesta linjastossa. Osalla valmistajista on malleja, joissa ei ole sulkua. Lampolankatu 8:saan valtiin yhdistelmä. (Oras.)



Kuva 12. Pumpun säätöventtiili (Oras).

5.4.4 Linjasäätöventtiili, Oras

Oraksen linjasäätöventtiili on ominaisuuksiltaan ulkonäöltään lähes identtinen pumpun säätöventtiilin kanssa, erona lähinnä liitântätapa putkeen. Linjasäätöventtiiliä käytetään

vesivirtojen tasapainottamiseksi. Linjasäätöventtiilin koko valitaan putkiston koon mukaan, jos putkisto on kovin suuri, voidaan linjasäätöventtiili valita usein yhtä kokoa pienemmäksi. Lampolankatu 8:ssa valittiin Oraksen 4100 linjasäätöventtiili DN koon vaihdella 10 ja 25 välillä, mitoituspaine-eron ollessa minimissään 1,5 kPa. (Oras.)

5.4.5 Täyttöventtiili, Oras

Oraksen täyttöventtiili (kuva13) on tarkoitettu lämmitysverkoston täyttämiseen. Täyttöventtiili koostuu seuraavista osista: 2 kpl palloventtiilejä, yksisuuntaventtiili ja koesturuuvi. Yksisuuntaventtiili estää lämmitysverkoston veden kulkeutumisen vesijohtoverkoston puolelle. Yksisuuntaventtiilinä on jousikuormitteinen lautasventtiili. Koesturuuvilla voidaan tarkistaa sulkuventtiilien pitävyys. (Oras.)



Kuva 13. Täyttöventtiili (Oras).

5.4.6 Varoventtiili

Varoventtiili (kuva 14) on pakollinen osa lämmitysjärjestelmää. Varoventtiili suojaa verkostoa vikatilanteissa. Varoventtiilin tehtävänä on päästää liika paine verkostosta pois, ennen kuin verkoston rakenteellinen kestävyys ylittyy. (Oras).

Energiateollisuus on määritellyt kaukolämpöverkostolle ohjeissaan K1/2013 taulukon 14 mukaiset mitoitus ohjeet. (Energiateollisuus).

Lampolankatu 8:saan valittiin 2 kpl DN15 varoventtiilejä, koska siirtimen teho ei ylitä 160 kW.

Taulukko 14. Varoventtiilin mitoitusohje (K1/2013).

Lämmönsiirtimen teho kW	Varoventtiili DN
...200	15
200...800	20
800...	25



Kuva 14. Varoventtiili (Oras).

Varoventtiili mitoitetaan avautumispaineen ja tarvittavan ulospuhallustehon mukaan. Avautumispaineeksi valitaan rakennuksen staattinen korkeus (kPa) + 150 kPa. Esimerkiksi rakennuksen korkeus on 10 metriä eli staattinen paine on 100 kPa, lisätään siihen 150 kPa saadaan avautumispaineeksi 250 kPa. Toiminnan varmistamiseksi on suositeltavaa käyttää aina vähintään kahta varoventtiiliä, joiden kummankin ulospuhallusteho yksinään vastaa tarvittavaa ulospuhallusteho. Ulospuhallusteho voidaan laskea kaavan 13 avulla. (LVI 11-10472.)

$$G = 3600 * K * \phi / h \quad (13)$$

Kaava 13. Varoventtiilin ulospuhallusteho (LVI 11-10472).

$G = \text{ulospuhallusteho kg/h (höyryä)}$

$\phi = \text{kattilateho kW}$

$K = \text{varmuuskerroin 1,5...2,0}$

$h = \text{veden höyrystymislämpö (+120 °C) = 2202 kJ/kg}$

Lampolankatu 8:ssa vaadittava varoventtiilin ulospuhallusteho:

$$(3600 + 1,5 * 160 \text{ kW}) / 2202 \text{ kJ/kg} = 392 \text{ kJ/kg höyryä}$$

5.5 Paisunta-astia

Paisunta-astian tehtävänä on ottaa vastaan verkostossa kiertävän nesteen lämpenemisestä johtuva tiheyden muutos eli lämpölaajeneminen. Jos verkostossa ei olisi paisunta-astiaa, paineen noustessa varoventtiilin avautumispaineeseen, päästäisi varoventtiili verkostosta nestettä ulos ja täten jouduttaisiin verkostoon jatkuvasti lisäämään nestettä, joka johtaisi verkoston käyttöiän pienenemiseen ja jatkuvaan huollon tarpeeseen sekä verkoston epävakaaseen toimintaan. Paisunta-astian tehtäviin kuuluu myös paineiskujen vastaanottaminen, joita verkostossa saattaa esiintyä esimerkiksi palloventtiilin nopean sulkemisen seurauksena.

Paisunta-astioita on monenlaisia, kuten avoin-, kompressoriohjattu-, pumppuohjattu-, kaasutäytteinen ja kalvopaisunta-astia. Ylivoimaisesti eniten käytetään kalvopaisunta-astiaa (kuva 15), joka on jaettu kalvolla kahteen osaan. Kalvopaisunta-astian ala- tai yläosa täytetään valmistajan hyväksymällä kaasulla, useimmiten tyypellä ja kalvon toiselle puolelle tulee verkostosta vettä. Kun lämmityskausi alkaa ja verkoston lämpötila nousee, laajenee siinä kiertävä neste joka työntää kalvopaisunta-astian kalvoa ja kalvon toisella puolella oleva kaasu puristuu kokoon. (Seppänen, O. 2001, 201-204.)



Kuva 15. Kalvopaisunta-astia.

Lampolankatu 8:ssa käytetään kalvopaisunta-astiaa. Kalvopaisunta-astian voidaan mitoitaa usealla eri tavalla, voidaan käyttää erilaisia nyrkkisääntöjä, valmistajan taulukoita, taikka tarkasti laskemalla. Kaavoilla 14 ja 15 voidaan laskea kalvopaisunta-astian tilavuus.

$$V = \frac{V_L \cdot \%}{H} \quad (14)$$

Kaava 14. Paisuntasäiliön nimellistilavuus dm³ (LVI kalenteri).

$$H = \frac{P_v - P_s}{P_v + 1} \quad (15)$$

Kaava 15. Paisuntasäiliön hyötysuhde (LVI kalenteri).

$V =$ paisuntasäiliön nimellistilavuus dm^3

$V_L =$ laitoksen nestetilavuus dm^3

$\%$ = nesteen laajeneminen sadasosina $1\% = 0,01$

$H =$ paisuntasäiliön hyötysuhde

$P_v =$ varoventtiilin avautumispaine bar

$P_s =$ paisuntasäiliön esipaine

Taulukko 15. Veden ja vesi-glykoliseoksen laajeneminen % (LVI kalenteri).

lämpötilan muutos °C	vesi	Vesi-glykoliseos			
		10 %	20 %	30 %	40 %
10	0,04	0,4	0,7	0,9	1,3
30	0,4	0,8	1	1,3	1,7
50	1,2	1,5	1,9	2,1	2,5
70	2,3	2,6	2,9	3,1	3,6
90	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9

Säiliön esipaineen tulee olla 30-50 kPa suurempi kuin järjestelmän staattinen paine eli laitoksen ylimmän vesipinnan ja paisunta-astian välinen pystysuora korkeus. Suomen Kaukolämpö ry:n ohjeiden mukaan on kaukolämpöön liityttäessä paisunnan laskennallisen tilavuuden oltava 2-2,5 % mitoituslämpötiloista riippuen. Standardin SFS-EN 12828 mukaan astian tilavuuteen tulee varata 0,5 % verkoston vesitilavuudesta varsinaisen paisunnan lisäksi. Yleensä voidaan käyttää arvoa 2,5 % vesitilavuudesta normaalilaitoksissa. Paisunta-astian mitoittaminen liian suureksi ei ole vaarallista, sanonta mieluiten iso, kuin liian pieni pätee hyvin paisunta-astiaan. Lampolankatu 8:n mitoitettiin Teknocalorin mitoitusohjelmalla (Liite 3). (LVI kalenteri.)

5.6 Lämmönluovuttimet

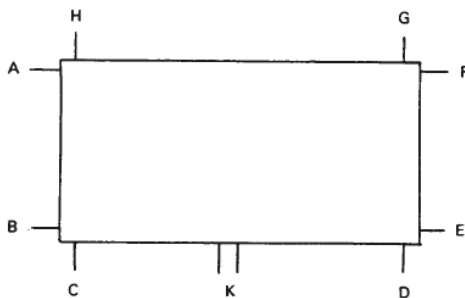
Vesikiertoiset lämmönluovuttimet voidaan jakaa karkeasti levy-, putki-, ja liitepattereihin sekä konvektoreihin.

5.6.1 Radiaattorit

Levy patterit eli radiaattorit (kuva 16) ovat yleisemmin käytettyjä patterityyppejä, lämmönluovutus tapahtuu konvektion 20-60 % ja säteilyn 40-80 % avulla. Radiaattoreita valmistetaan yksi-, kaksi-, tai kolmitlevyisinä, mitä enemmän radiaattori sisältää levyjä sitä enemmän siitä saadaan lämmitystehoa. Lämmönsiirron tehostamiseksi voidaan levyjen väliin hitsata konvektiopeltejä eli ripoja. Levyradiaattorit voidaan asentaa pysty- tai vaaka-asentoon, ripoja sisältävät patterit voidaan kytkeä ainoastaan vaaka-asentoon. Radiaattoreita voidaan kytkeä sarjaan. Enemmän kuin kahden radiaattorin sarjaan kytkentöjä ei suositella. Radiaattori voidaan merkitä piirustuksiin esimerkiksi C21-450-1800 ja alapuolelle TV10/3.5 1020W, jossa C tarkoittaa patterin mallia (Purmo Compact), 21 tarkoittaa 2 levyä, 1 tarkoittaa ripojen määrää, 450 tarkoittaa korkeutta millimetreinä, 1800 tarkoittaa pituutta millimetreinä, TV tarkoittaa termostaattiventtiiliä, 10 tarkoittaa venttiilin DN kokoa, 3.5 tarkoittaa patteriventtiilin esisäätöarvoa ja 1020W tarkoittaa lämmönluovutustehoa. Lampolankatu 8:ssa valittiin tilaajan päätöksellä Purmo Compact levyradiaattorit, joiden kytkentä on AB. (Seppänen, O. 2001, 160-161.)



Kuva 16. Radiaattori patteri Purmo Compact (Purmo).



Kuva 17. Pattereiden kytkentävaihtoehtojen mahdollisuudet (Opetushallitus).

5.6.2 Konvektorit

Konvektoreilla (kuva 18) tarkoitetaan lämmönluovuttimia, joissa pääasiallinen lämmön- siirtymismuoto on konvektio. Konvektio saadaan aikaan tiheällä, ohuesta levystä tehdyllä rivoituksella. Konvektoreita tarvitaan erityisesti paikoissa, joissa on iso ikkunapinta, mihin tarvitaan paljon lämmitystehoa, ilman näkymää pilaavaa korkeaa patteria.



Kuva 18. Purmo konvektori (Purmo).

Pattereiden lämmönluovutustehon laskenta

Vesikiertoisten pattereiden lämmönluovutusteho voidaan laskea kaavoilla 16 ja 17.

$$\Delta T = \frac{t_m - t_p}{\ln((t_m - t_h) / (t_p - t_h))} \quad (16)$$

Kaava 16. Logaritminen yläämpötila (Purmo).

$t_m = \text{menovesi, } ^\circ\text{C}$

$t_p = \text{paluuvesi, } ^\circ\text{C}$

$t_h = \text{huoneen lämpötila, } ^\circ\text{C}$

$$\Phi = \Phi_n * (\Delta T / \Delta T_n)^n \quad (17)$$

Kaava 17. Lämmönluovutusteho (Purmo).

$\Phi = \text{teho, W/m}$

$\Phi_n = \text{normiteho, W/m} - \text{EN 442 kun logaritminen yllämpötila } \Delta T_n = 49,83 \text{ K}$

$\Delta T = \text{logaritminen yllämpötila, K}$

$\Delta T_n = \text{normiylilämpötila} = 49,83 \text{ K}$

$n = \text{lämpötilaexponentti}$

5.6.3 Putki- ja liitepatterit

Putki- ja liitepattereita on etenkin vanhoissa rakennuksissa. Liitepatterin lämmitysteho voidaan valita liitteiden lukumäärän mukaan. Putki- ja liitepatterit ovat erillisistä putkimaisista elementeistä tai valurautaisista moduuleista kasattu radiaattori. Putki- ja liitepattereissa käytetään runsaasti materiaalia ja tästä syystä niitä ei ole pitkään aikaan valmistettu Suomessa valuraudasta. Putki- ja liitepattereita voidaan käyttää sisustuselementteinä, koska niille ominainen muotoilu vetoaa osaan ihmisistä. Putki- ja liitepattereista käytetään myös nimitystä jaeradiaattori (kuva 19). Lämmönluovutus perustuu putki- ja liitepattereissa säteilyyn ja konvektioon. (Seppänen, O. 2001, 161.)



Kuva 19. Jaeradiaattori (Purmo).

5.7 Patteriventtiili ja termostaatti

Patteriventtiilejä on useita erilaisia, kuten käsikäyttöiset, käsikäyttöiset esisäädettävät, termostaattiset, pienen virtaaman ja vakioaine patteriventtiilit. Erona venttiileillä on vesivirran säätötavat, kuten käsin tai termostaatin avulla. Pienen virtaaman venttiilit on tarkoitettu ensisijaisesti lämmitysjärjestelmiin, joissa virtausnopeudet lämmityspattereille

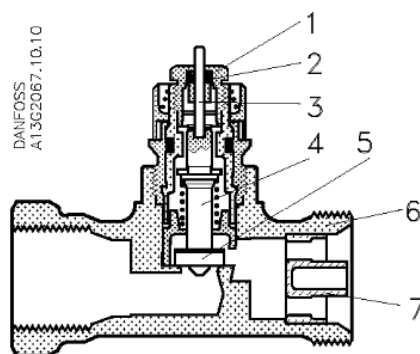
ovat pieniä. Lämmitystehontarpeen ollessa tilassa pieni, johtaa se mitoituksessa pieniin kvs arvoihin, jolloin perinteisellä patteriventtiilillä ei saada hyvää säätöä aikaiseksi. Danfossilla pienen virtaaman venttiili on RA-U.

Patteriventtiin tehtävä on tasapainottaa lämmitysverkostoa ja antaa mitoituslanteessa patterin tarvitsema vesivirta. Yleisimmät käytössä olevat patteriventtiilit ovat Danfoss RA-N (kuva 20 ja 21) ja Oras Stabila.

Patteriventtiin esisäätö tapahtuu useimmiten venttiilirungon päällä olevasta esisäätöosasta, jonka oikea arvo katsotaan valmistajan ilmoittamasta venttiilin ominaiskäyrästä (liite 2), josta saadaan oikea virtaama käytettävissä olevalla paine-erolla.



Kuva 20. Danfoss RA-N esisäädettävä patteriventtiili (Danfoss).



1. Tiivistepesä
2. O-rengastiiviste
3. Kara
4. Palautusjousi
5. Venttiililautanen
6. Venttiilirunko
7. Vaimennin

RA-N

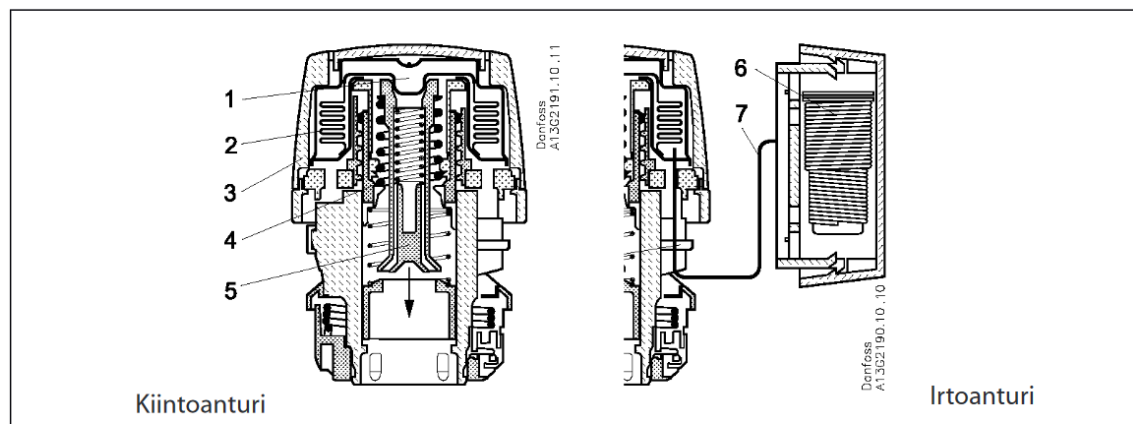
Kuva 21. Danfoss RA-N patteriventtiin rungon osat (Danfoss).

Termostaatin tehtävä on rajoittaa huonekohtaista yllämpötilaa. Patteritermostaateissa on paljejärjestelmä (kuva 22 ja 23), jonka sisällä on kaasua tai vahaa, joka on hyvin herkkä reagoimaan lämpötilan muutoksiin. Kun huoneen lämpötila nousee, kaasu laajenee ja palje painaa venttiin karaa, joka on yhdistetty lämpöpatterin putkessa olevaan

venttiiliin runkoon. Tämä sulkee lämpimän veden virtauksen pattereihin. Jos huone jäähtyy, kaasu kutistuu, jolloin myös palje lyhenee ja venttiili aukeaa, näin pattereihin virtaa jälleen lämmintä vettä ja huone lämpenee.

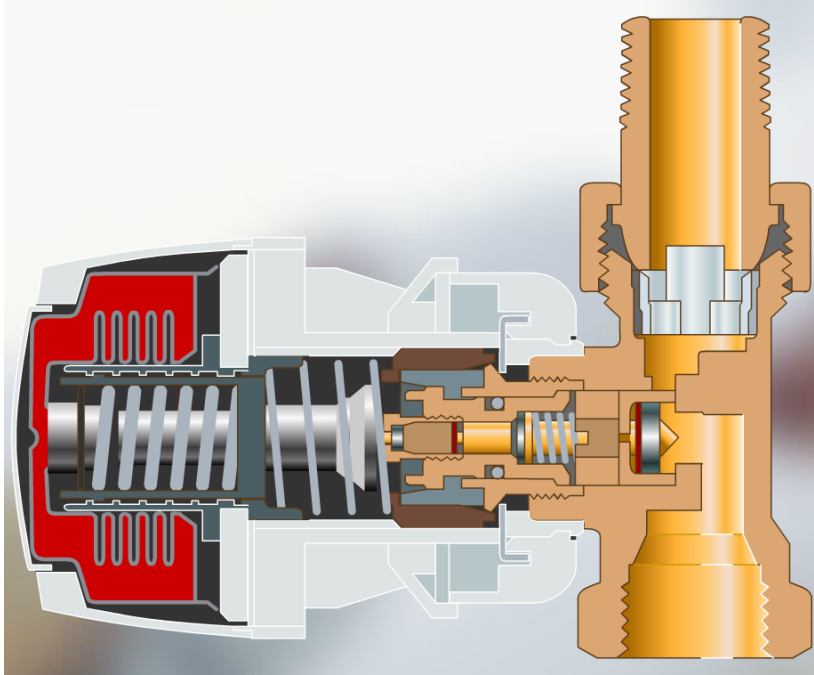
Patteritermostaatin etuna on sen huolettomuus ja pitkä käyttöikä. Patteritermostaatti ottaa huomioon kaikki huoneen sisäiset lämpökuormat ja katkoo sen mukaan patterin virtaamaa. Tämä säästää huomattavasti energiaa, eikä vaadi jatkuvaa säätö ja huoltoa.

Kun huonelämpötila on säädetty patteritermostaatin avulla halutuksi, ei käyttäjän tarvitse huolehtia muusta, kuin että patteriventtiili on näkyvässä. Patteriventtiiliin pitää pystyä aistimaan huoneen lämpötila, eikä ole esimerkiksi peitettynä ikkunaverhon taakse. Halutesaansa käyttäjä voi säätää patterin lämpötilaa alemmas, esimerkiksi lomamatkan ajaksi ja säästää näin energiankulutuksessa. Lampolankatu 8:ssa valittiin Oraksen Stabila esi-säädettävät termostaattiset venttiilit. (Seppänen, O. 2001, 144-145; Danfoss.)



1. Kiintoanturi
2. Palje
3. Asettelukahva
4. Asettelujousi
5. Jousi
6. Tuntoelin
7. Kapillaariputki

Kuva 22. Termostaattianturin rakenne (Danfoss).



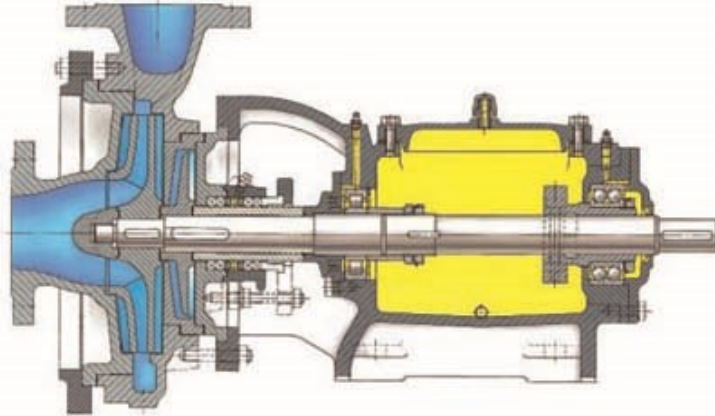
Kuva 23. Termostaatti liitettynä patteriventtiin (Danfoss).

5.8 Lämmitysverkoston pumppu

Pumpulla tarkoitetaan mekaanista nesteiden siirtämiseen ja paineen nostoon tarkoitettua laitetta. Pumput voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- Dynaamiset pumput (turbopumput); keskipakopumppu, aksiaali- eli potkuri-pumppu.
- Staattiset eli syrjäytyspumput; mäntäpumppu, hammaspyöräpumppu, ruuvi-pumppu, lamellipumppu ja letkupumppu.
- Muut pumput; mm. ejektori.

Yleisesti lämmitys- ja vesijohtotekniikassa käytetty pumppu on tyypiltään keskipako-pumppu (kineettinen pumppu), jossa paine syntyy pääasiassa keskipakovoiman johdosta (kuva 24).



Kuva 24. Keskipakopumppu (Axflow).

Pumppu tulee mitoittaa siten, että se toimii prosessin kannalta parhaalla mahdollisella hyötysuhteella. Pumpun akselitehontarve saadaan kaavasta 18.

$$P_e = \frac{V \rho q H}{\eta} \quad (18)$$

Kaava 18. Pumpun akselitehontarve (Paanu 2014).

P_e = akselitehontarve

V = tuotto

ρ = nesteen tiheys

q = putoamiskiihtyvyyys

H = nostokorkeus

η = pumpun hyötysuhde

Pumpun tehtävä lämmitysverkostossa on ainoastaan saada vesi kiertämään halutulla tilavuusvirralla ja kumota putkiston painehäviö. Pumpun tuottama paine kuvataan usein nostokorkeutena, joka saadaan kaavasta 19.

$$H = \frac{\Delta p_{1,2}}{\rho g} \quad (19)$$

Kaava 19. Nostokorkeus Paanu 2014).

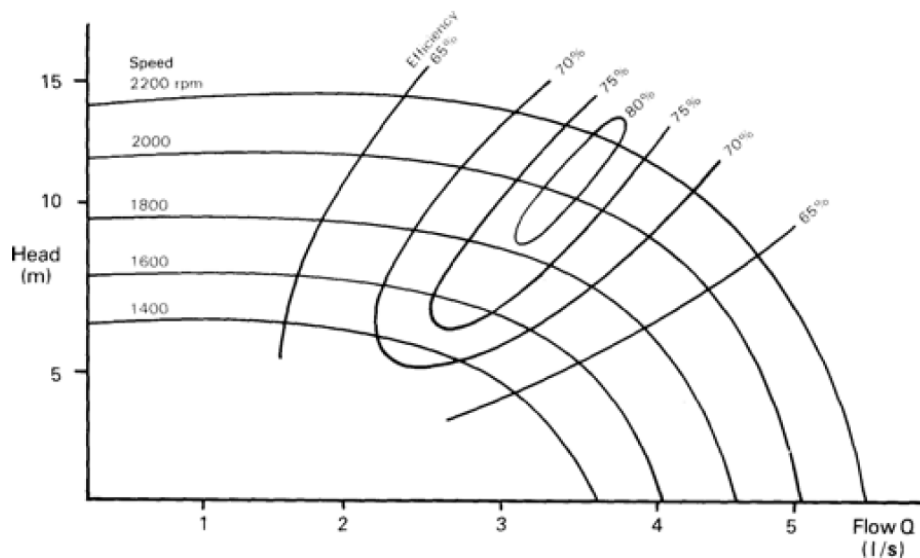
H = nostokorkeus

$\Delta p_{1,2}$ = tarkastelupisteiden 1, 2 välinen painehäviö

ρ = nesteen tiheys

g = putoamiskiihtyvyyys

Jokaisella pumpulla on oma ominaiskäyrä, jolla tarkoitetaan tavallisesti yhteyttä pumpun paineen (nostokorkeuden) tilavuus- tai massavirran välillä. Valmistajien pumpunominaiskäyrien avulla voidaan valita kulloiseenkin verkostoon parhaiten soveltuva pumppu. Kuvassa 25 on pumpunominaiskäyrä, jossa on esitetty pumpun kierrosluvun vaikutusta tuotto-nostokorkeus -käyrään. Kuvan ominaiskäyrän mukainen pumppu toimii parhaalla hyötysuhteella esimerkiksi tilanteessa, jossa nostokorkeus on 14 metriä ja pumpun tuotto 3,8 l/s, tällöin pumpun kierrokset ovat noin 2200 rpm ja hyötysuhde 80 %. (Sepänen, O. 2001, 235-240.)



Kuva 25. Pumpunominaiskäyrä (Paanu 2014).

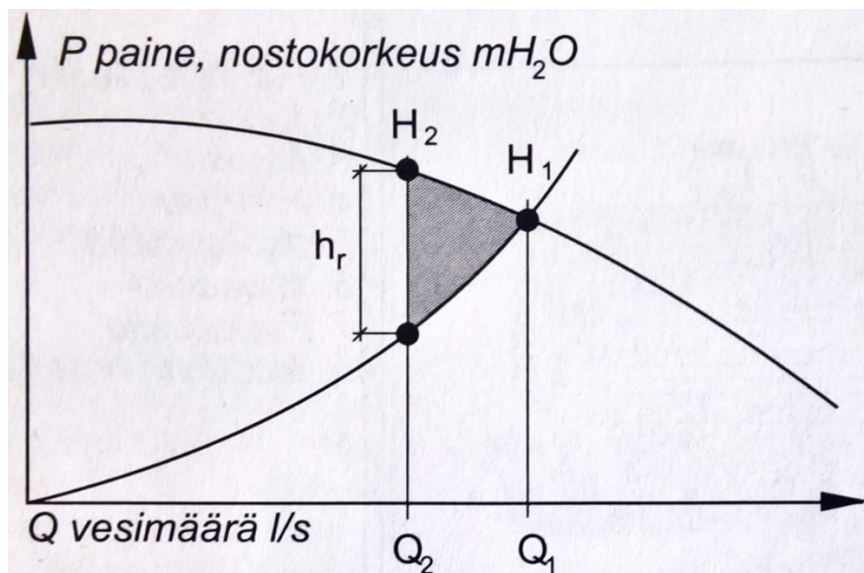
5.9 Lämmitysverkoston pumpun säätötavat

Lämmitysverkoston pumppua (kuva 26) voidaan ohjata seuraavilla tavoilla: Kuristus- ja ohitussäädöllä, pumpun juoksupyörän halkaisijaa muuttamalla, pyörimisnopeutta muuttamalla portaallisesti ja portaattomasti.



Kuva 26. Grundfos Magna 3 pumppu (Grundfos).

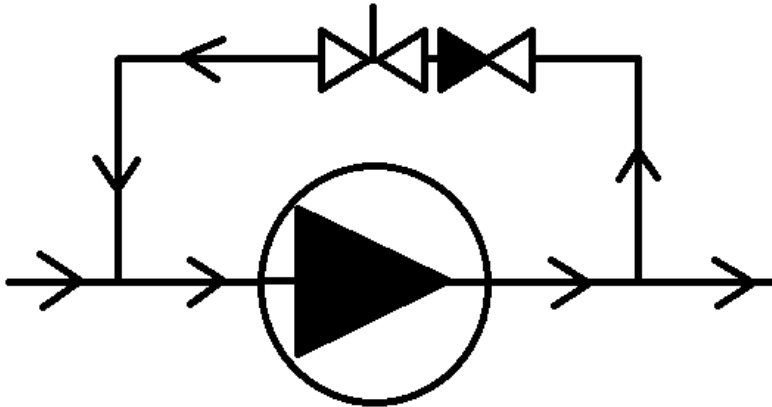
Kuristussäätöä on perinteisesti käytetty vakionopeuspumpun säätämiseen. Kuristamalla pumpun nostokorkeus kasvaa ja tilavuusvirta pienenee. Kuristussäädössä energian säästö on pieniä, koska pumppu joutuu koko ajan työskentelemään venttiilin aiheuttamaa painetta vastaan (kuva 28, 1 käyrä). Kuristamalla aiheutettu tilavuusvirran pienentyminen vähentää hieman pumpun ottotehoa, mutta samalla hyötysuhde heikkenee. Pumppu pitää mitoittaa niin ettei sitä jouduttaisi kuristamaan. (Seppänen, O. 2001, 240.)



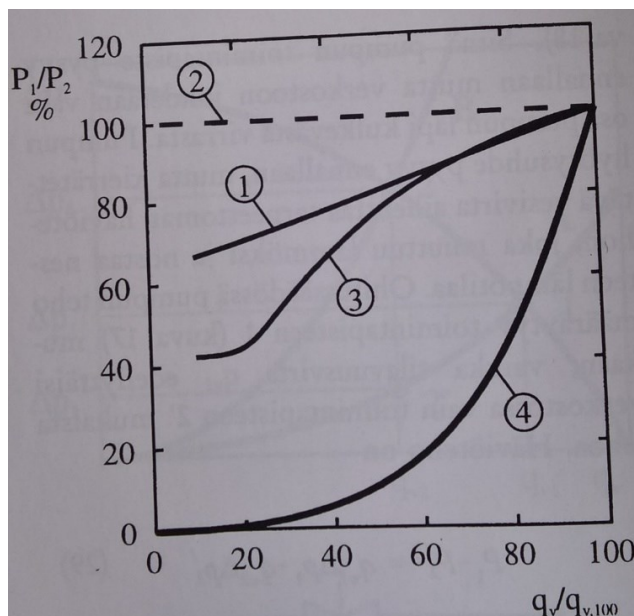
Kuva 27. Kuristussäädön vaikutus pumpun toimintaan (Harju, P).

Ohitussäätö (kuva 27) on energiataloudellisesta huono säätötapa (kuva 28, 2 käyrä). Ohitussäädössä pumpun toimintapiste pysyy samana, mutta verkostoon johdetaan vain osa

pumpun läpi kulkevasta virrasta. Ohitus- ja päävirtausta voidaan säätää väliottoon kytkeytyllä kertasäätöventtiilillä. Säätö on epätaloudellinen, koska palautetun vesivirran energia menee hukkaan. Kuristus- ja ohitussäätöjä käytetään nykyisin ilmanvaihtokojien pattereihin asennettavien pumppuryhmien kytkennöissä, mutta ei lämmitysverkoston pääpumpun kytkennässä. (Seppänen, O. 2001, 240-241.)



Kuva 28. Pumpun ohitussäädön periaatepiirros.

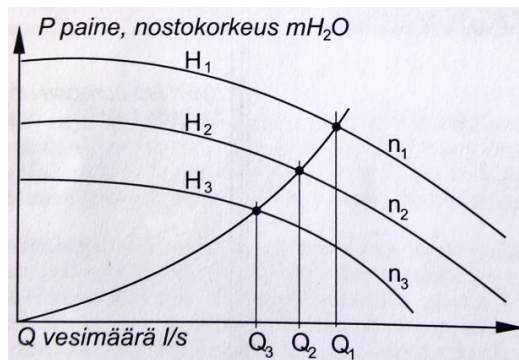


Kuva 29. Keskipakopumpun tehontarve eri säätötavoilla (Seppänen, O).

1. Kuristussäätö, 2. Ohitussäätö, 3. Pyörimisnopeussäätö taajuusmuuttajalla, 4. Häviötön pyörimisnopeussäätö.

Juoksupyörän halkaisijaa muuttamalla voidaan säätää verkoston vesimäärää. Esimerkiksi lämpöjohtoverkoston lämpötilaeron ollessa pieni ja pumpattava vesimäärä liian suuri, voidaan juoksupyörän halkaisijaa muuttaa. Vaihdetaan pumppuun pienempihalkaisijainen juoksupyörä tai sorvataan sen halkaisija pienemmäksi. Pumpun hyötysuhde säilyy silloin hyvänä ja sen ominaisuudet ovat samat kuin pumpulla, joka olisi alkujaan mitoitettu juuri halutulle käyttöarvolle. Juoksupyörää suurennettaessa on varmistauduttava siitä, että moottori riittää uuden juoksupyörän edellyttämään tehoon. (Seppänen, O. 2001, 241.)

Pyörimisnopeussäätö on energiataloudellisesti edullinen tapa muuttaa lämmitysverkoston tilavuusvirtaa. Portaallinen kierrosnopeussäätö voidaan toteuttaa oikosulkumoottorin napaparien lukumäärää muuttamalla. Jokaista pyörimisnopeutta vastaa aina oma pumpun käyrä (kuva 29). Verkoston käyrän ja pumpun käyrän leikkauspisteessä sijaitsee pumpun toimintapiste. (Seppänen, O. 2001, 241-242.)

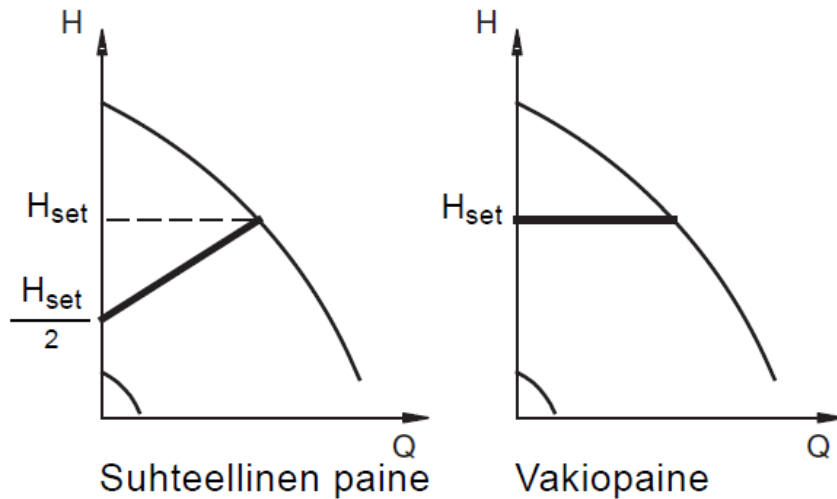


Kuva 30. Säätö pyörimisnopeutta portaallisesti muuttamalla (Harju, P).

Pyörimisnopeussäätö portaattomasti taajuusmuuntajalla on energiataloudellisin ja yleisin tapa toteuttaa lämmitysverkoston säätö. Taajuusmuuntajaa voidaan ohjata paineanturien avulla, joilla voidaan toteuttaa suhteellinen- ja vakiopainesäätö, sekä pumppuvalmistajien omia auto adapt- ja dynamic adapt-toiminnot.

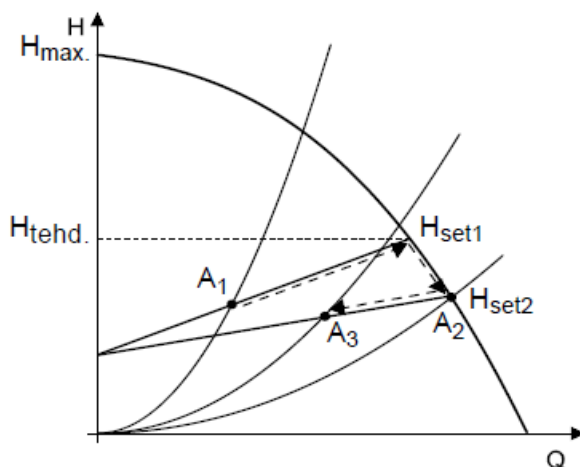
Suhteellisessa painesäädössä pumpun nostokorkeus alenee virtaaman pienentyessä ja suurenee virtaaman lisääntyessä (kuva 30). Suhteellista painesäätöä suositellaan käytettäväksi kohteissa, joissa on suuret nostokorkeushäviöt jakeluputkistossa. Esimerkiksi verkostoissa, jossa on 2-putkiset lämmitysjärjestelmät termostaattiventtiileillä ja pumpun nostokorkeuden ollessa yli 4 metriä. Jakeluputkien ollessa pitkät, putkiston tasausventtiilit ollessa voimakkaasti kuristettuna sekä suuret nostokorkeushäviöt järjestelmän niissä osissa, jossa koko vesimäärä kiertää. (Grundfos.)

Vakiopainesäädössä pumppu ylläpitää vakiopainetta vedentarpeesta riippumatta (kuva 30). Vakiopainesäätöä suositellaan käytettäväksi kohteissa, joissa on pienet nostokorkeushäviöt jakeluputkistossa. Esimerkiksi lattialämmityspiireissä tai vanhemmissa suuriputkisissa lämmitysjärjestelmissä. (Grundfos.)



Kuva 31. Painesäätö (Grundfos).

Auto adapt- ja dynamic adapt- toiminnot (kuva 31) ovat pumppuvalmistajien omia muunnelmia painesäätötavoista, joissa pumppu analysoi lämmöntarpeen ja korjaa analyysin perusteella säädettyä oletusarvoa jatkuvasti osakuormitusalueella. Tilavuusvirtojen olessa pieniä pumppu siirtyy hydrauliseen valmiustilaan. Tilavuusvirran kasvaessa suuremman lämmöntarpeenvuoksi, teho nousee automaattisesti.



Kuva 32. Auto adapt (Grundfos).

LVI-suunnittelija ei ota kantaa pumpun tarkkaan säätötapaan, vaan määrittää pumpun toimipisteen ja mahdolliset paine-eroanturit lämmönjakokeskuksen kytkentäkaavioon. Näiden perusteella urakoitsija valitsee oikean pumpun ja säätötavan kohteeseen.

Pumpun säätötapaa valittaessa, täytyy pitää mielessä kokonaisenergiatehokkuus, suhteutettuna laitteen oletettuun elinkaareen, ei ole taloudellisesti kannattavaa laittaa kalliita järjestelmiä pieneen ja yksinkertaiseen kohteeseen, tällöin mahdolliset säästöt pumpauksessa, eivät kata investointikustannuksia. Lampolankatu 8:ssa lämmitysverkoston pumpun ohjaus on tarkoitus toteuttaa taajuusmuuntajalla, jossa käytetään suhteellista painesäätöä, koska verkosto on radiaattoreilla varustettu 2-putkijärjestelmä ja siinä on termostaattiset patteriventtiilit. (Seppänen, O. 2001, 242-243.)

5.10 Lämmönsiirtimet

Lämmönsiirtimen tehtävänä on siirtää lämpöä ainevirrasta toiseen. Lämmön siirtimet voidaan jakaa:

- rekuperaattorit
- regeneraattorit

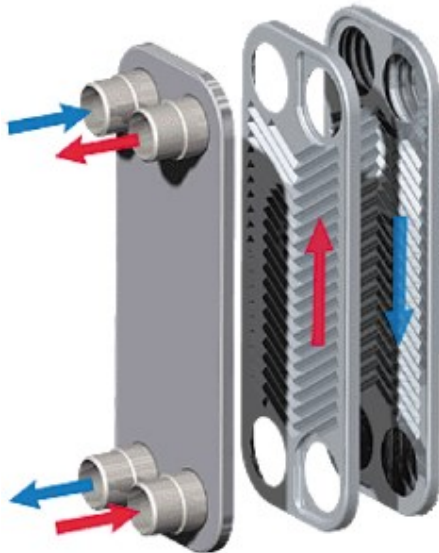
Rekuperattoreissa fluidit kulkevat rakennelmassa, jossa ainevirrat erotetaan seinämän avulla. Lämmön siirto fluidista toiseen tapahtuu seinämän läpi lämpimämmästä fluidista kylmempään. Regeneraattoreissa fluidit kulkevat vuorotellen vastakkaisiin suuntiin lämpöä varastoivan kiinteän rakennelman läpi. Lämmitystekniikassa käytetään pääasiassa rekuperatiivisia lämmönsiirtimiä. Rekuperatiiviset lämmönsiirtimet voidaan jakaa virtausgeometrian mukaan:

- vastavirtalämmönsiirrin
- myötävirtalämmönsiirrin
- ristivirtalämmönsiirrin

Näistä kolmesta lämmönsiirtimestä vastavirtalämmönsiirrin siirtää tehokkaimmin lämmön fluidista toiseen, seuraavaksi tehokkain on ristivirtalämmönsiirrin ja teholtaan heikoin on myötävirtalämmönsiirrin.

Lampolankatu 8:ssa on lämmönlähteenä kaukolämpö ja lämmön siirtimenä rekuperatiivinen levyvastavirtalämmönsiirrin (kuva 33).

Lämmönsiirtimen mitoitus on hyvin monimutkaista ja perustuu moniin haastaviin kaavoihin ja kokemusperäiseen tietoon. Luotettavimmin mitoitus saadaan tietokonepohjaista CFD (*Computational fluid dynamics*) ja FEM (*finite element method*) laskentaa hyväksikäyttäen. LVI-suunnittelijan tehtävä on kertoa lämmönsiirrinvalmistajalle siirtimeltä halettu teho ja mitoituslämpötilat. Lampolankatu 8:n lämmitysverkoston mitoitus-teho on 160 kW ensiöpuolen lämpötiloilla 115/43 °C ja toisiopuolen lämpötiloilla 70/40 °C. (Paanu 2014; Seppänen, O. 2001, 223-228; Energiäteollisuus.)



Kuva 33. Vastavirtalevyllämmönsiirrin (Paanu 2014).

Kaukolämmön siirrintä valittaessa tulee ottaa huomioon kaukolämpölaitoksen asettamat vaatimukset siirtimelle, jotka ovat:

- 120 °C jatkuva lämmönkestävyys
- 0,6 MPa käyttöpaineen kesto
- 20 kPa suurin sallittu painehäviö ensiö- ja toisiopuolella
- kestävä materiaali, kuten teräs (AISI 304), haponkestävä teräs (AISI 316) ja kupari.

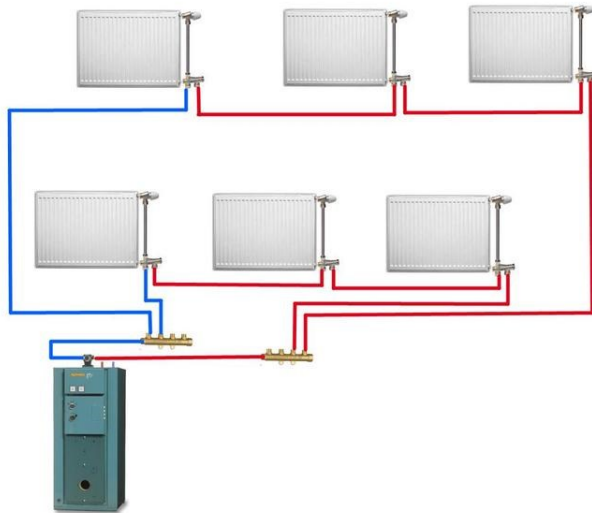
Muita huomioon otettavia seikkoja ovat helppo huollettavuus, osien vaihto ja puhdistus sekä kokonaiskustannuksen minimointi. (Paanu 2014; Energiäteollisuus.)

VESIKIERTOINEN PATERILÄMMITYS VERKOSTON PUTKISTOT

Tässä kappaleessa käsitellään vesikiertoisen lämmitysverkon putkistorakennetta ja lämmönjakotapoja. Lämmönjakotavat ovat yksiputki-, kaksiputki- ja käännetty paluuputkijärjestelmä sekä näiden yhdistelmät. Putkitustavat ovat ylä- ja alajakoinen putkitus sekä näiden yhdistelmät.

6.1 Yksiputkijärjestelmä

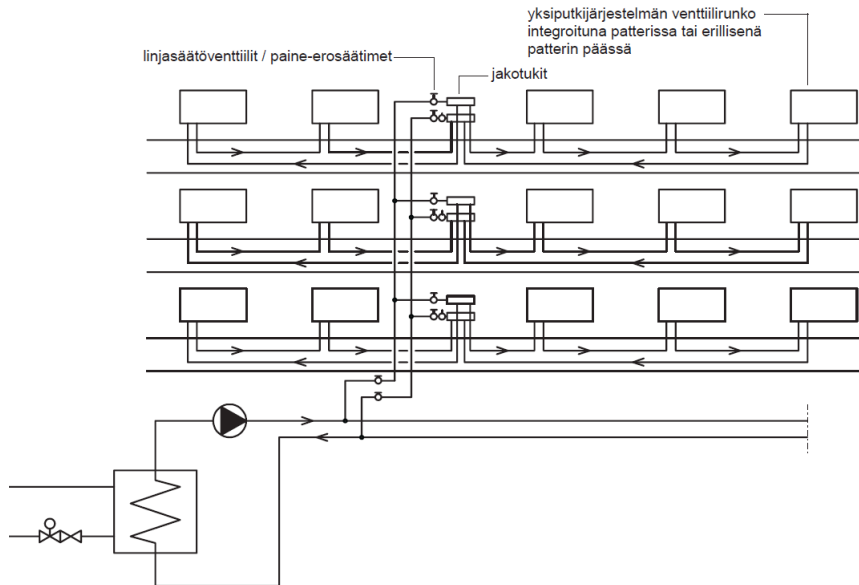
Yksiputkijärjestelmässä patterit kytketään sarjaan. Koko vesivirta ei kulje patterin lävitse, vaan patteri- ja ohitushaaraan kytketään venttiili, jolla vesivirtaa ohitusvirtausta voidaan säätää halutuksi (kuva 34).



Kuva 34. Yksiputkijärjestelmä (Lvi 11-10472).

Yksiputkijärjestelmässä jokainen patterille tuleva johto toimii samalla meno- että paluuvien kuljettajana. Etuna tässä on putkimetreissä säästäminen, koska erillistä paluuputkea ei tarvita, mutta samalla vesimäärät putkessa kasvavat ja putken halkaisija kasvaa nopeasti. Sama vesi kulkee patterilta toiselle ja samalla alenee menoveden lämpötila jokaisen patterin jälkeen. Yliämpötilan pienenemisestä johtuen on patterin pinta-alaa

kasvatettava, halutun lämmön siirtämiseksi. Tämän takia on yhteen putkilenkkiin kytkettyjen pattereiden määrä rajallinen. Tästä syystä on järkevää yhdistää yksiputkijärjestelmän lenkit rinnan kaksiputkijärjestelmän kanssa kuvan 35 mukaisesti.

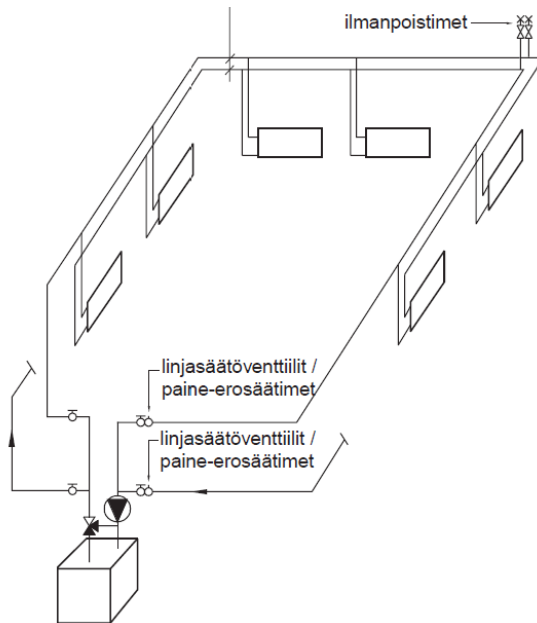


Kuva 35. Yksiputkijärjestelmän periaate yhdistettynä kaksiputkijärjestelmällä toteutettuun runkoputkistoon (LVI 12-10343).

Yksiputkijärjestelmän energiatehokkuus kärsii hieman korkean menoveden lämpötilan takia. Yksiputkijärjestelmää ei juurikaan enää uudiskohteissa käytetä. (LVI 12-10343; Seppänen, O. 2001, 121-122.)

6.2 Käännetty paluuputkijärjestelmä

Käännetyllä paluuputkijärjestelmällä (kuva 36) saadaan jokaisen patterin kiertopiiri yhtä pitkäksi, jolloin jokaisessa kerroksessa pattereiden virtausreitien kokonaispituus lämpökeskukseen on sama, tämä helpottaa vesivirtojen jakamista pattereille. Käännetyn paluuputkijärjestelmän ongelma on sama kuin yksiputkijärjestelmässäkin, putkikoko kasvaa helposti epätaloudellisen suureksi. Käännettyä paluuputkijärjestelmää ei yksiputkijärjestelmän tapaan enää juurikaan käytetä. (LVI 12-10343; Seppänen, O. 2001, 122.)



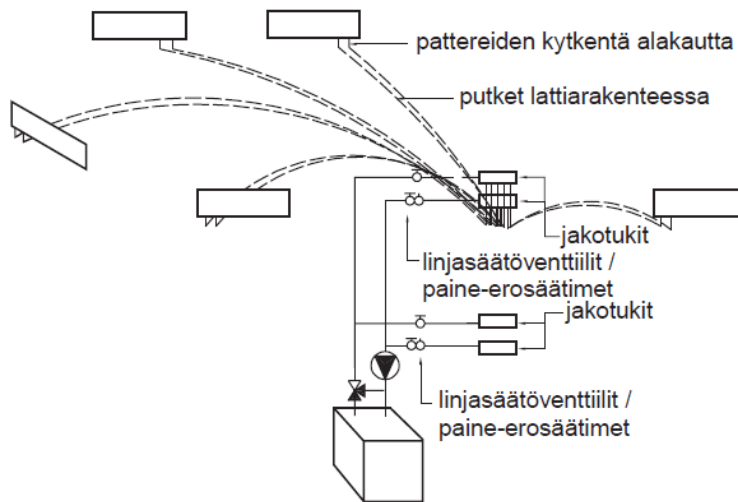
Kuva 36. Yläjakoinen kaksiputkijärjestelmä käännetyllä paluulla (LVI 12-10343).

6.3 Kaksiputkijärjestelmä

Kaksiputkijärjestelmä (kuva 37) on yleisin tapa toteuttaa vesikiertoinen patteriverkosto. Kaksiputkijärjestelmässä patterit kytketään rinnan, jolloin jokaiselle patterille tulee saman lämpöistä menovettä ja mitoitusilanteessa palaava vesi on kaikissa pattereissa sama. Lampolankatu 8 on toteutettu kaksiputkijärjestelmällä, menoveden ollessa mitoitusilanteessa 70 °C ja paluuvesi 40 °C.

Kaksiputkijärjestelmän ongelmana on lämmönjakokeskuksesta patteriin menevän vesivirran vaihtelut patterin sijainnista riippuen. Samalla vaihtelee vesivirran reitin vastus, joka puolestaan vaikuttaa vesivirtojen suuruuteen. Vesi pyrkii kulkemaan helpointa reittiä pitkin, tämän vuoksi patterilinjastot joudutaan tasapainottamaan linjasäätö- ja patteriventtiilejä hyväksikäyttäen virtausteknisesti samanarvoisiksi. Kaksiputkijärjestelmä vaatii putkimetrejä enemmän, kuin yksiputkijärjestelmä ja käännetty paluuputkijärjestelmä.

Kaksiputkijärjestelmän etuja ovat energiatehokkuus, jonka mahdollistaa alhainen menoveden lämpötila, putkikoot eivät kasva epätaloudelliseksi, säädettävyys ja laajennettavuus. Huolettavuus on helppoa, koska koko verkostoa ei tarvitse sulkea huollon yhteydessä, vain huolettava linja. (LVI 12-10343; Seppänen, O. 2001, 120-121.)



Kuva 37. Alajakoinen kaksiputkijärjestelmä muoviputkella (LVI 12-10343).

6.4 Ylä- ja alajakoinen putkitus

Yläjakoinen putkitus (kuva 36) toteutetaan yleensä kaksiputkijärjestelmällä. Tällöin putket vietään katon rajassa ja jokaiselle patterille tuodaan katonrajasta kytkentäputket. Katonrajassa olevat putket voivat olla näkyvissä, tai koteloituna. Kytkeäputket ovat usein näkyvillä. Putkiston ylimpään kohtaan tarvitsee laittaa ilmanpoistimet verkoston ilmaamista varten. Yläjakoisen putkituksen etuja ovat kestävyys ja putkien helppo vaihdettavuus. Putkistona käytetään yleensä teräs-, kupari- tai komposiittiputkia.

Alajakoinen putkitus (kuva 37) voidaan toteuttaa yksiputki- tai kaksiputkijärjestelmänä. Putket sijoitetaan patterin alapuolelle seinälle, jalkalistaan, avattavaan lattiakanaaliin tai välipohjan alapuolelle. Lattian ja seinän liitoskohta tiivistetään vesitiiviiksi lattian yläpuolelle asennettavien putkien osuudelta ennen jalkalistan kiinnittämistä. Putket voidaan asentaa lattiarakenteen alapuolelle, mutta silloin pitää käyttää suojaputkeen asennettua muoviputkea, jolloin virtausputki on vaihdettavissa ja mahdollinen vuoto tulee näkyville suojaputkea pitkin. Alajakoinen putkituksen etuna on putkien asennus näkymättömiin ja silti vaihdettaviksi. Lattiarakenteeseen asennettaessa estyy äänen siirtyminen lämmitysputkiston välityksellä huoneistosta toiseen. (LVI 12-10343.)

6.5 Lampolankatu 8 lämmitysverkosto

Lampolankatu 8 lämmitysverkoston (kuva 38) suunnittelu toteutettiin yläjakoisella suljetun kierron kaksiputkijärjestelmällä.

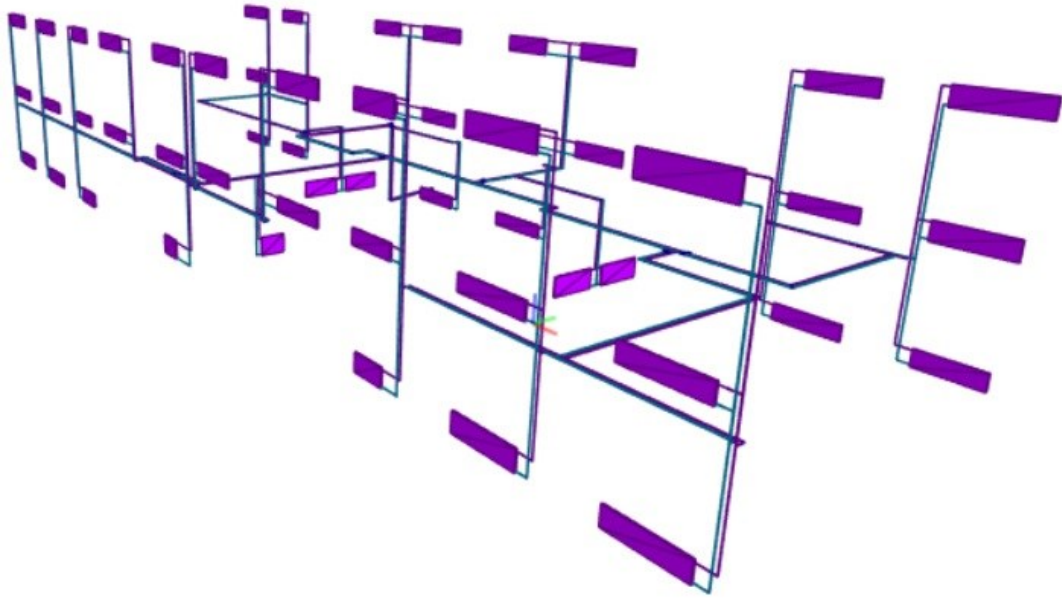
Yläjakoinen putkitus valittiin, koska Lampolankadun lattian rakennusmateriaali on ontelolaatta eikä siinä pysty lämmitysputkistoa viemään. Yläjakoinen putkitus on suosittu tapa toteuttaa saneerauskohteita, juuri vähäisen rakenteiden purkutarpeen takia. Yläjakoinen putkitus pyrittiin mahdollisuuksien mukaan koteloimaan siististi. Putkimateriaaliksi valittiin kierteitetty teräs, koska se soveltuu hyvin saneerauskohteisiin ja on edullinen.

Kaksiputkijärjestelmään päädyttiin, koska se on nykyaikainen ja energiatehokas tapa toteuttaa vesikiertoinen lämmitysverkosto, jonka lämmönlähteenä toimii kaukolämpö. Kaukolämpöyhtiö edellyttää, että meno- ja paluuveden jäähtymä on riittävän suuri (laskutuskaudessa keskimäärin 25 °C) kaksiputkijärjestelmällä se pystytään varmuudella takaamaan. Kaksiputkijärjestelmällä voidaan pattereille ohjata matalan lämpöistä menovettä, patterikoon pysyessä järkevänä.

Ääniasiat on huomioitu patteriventtiileiden ja sulkuyhdistäjien ollessa ääntä eristäviä, jossa liitin katkaisee metallisen yhteyden patterin ja putkiston välillä, eristäen patterin värähtelystä aiheutuvan äänen siirtymisen huoneistosta toiseen. Lisäksi putkiston paineero on pidetty maltillisena 50 pa/m. Patteriventtiilien yli 3 kPa ja kertasäätöventtiilien yli 1,5 kPa.

Ilmaus on suoritettava kunnolla mm. asentamalla automaattiset ilmanpoistajat verkoston ylimpään kohtaan. Huolettavuuden takia ennen ilmanpoistajia on suositeltavaa asentaa putkistoon sulut. Huolella ilmattu verkosto takaa meluttoman lämmitysverkoston, sekä optimaalisen lämmönsiirron.

Vuodonilmaisuus on asennettava putket piilottavaan rakenteeseen niin, että mahdollinen vuoto voidaan havaita aikaisessa vaiheessa, ennen kuin vuoto on ehtinyt aiheuttaa pysyvää vahinkoa rakenteille. Lampolankadulla vuodonilmaisimet asennettiin pystyhormiin jokaisen kerroksen kohdalle.

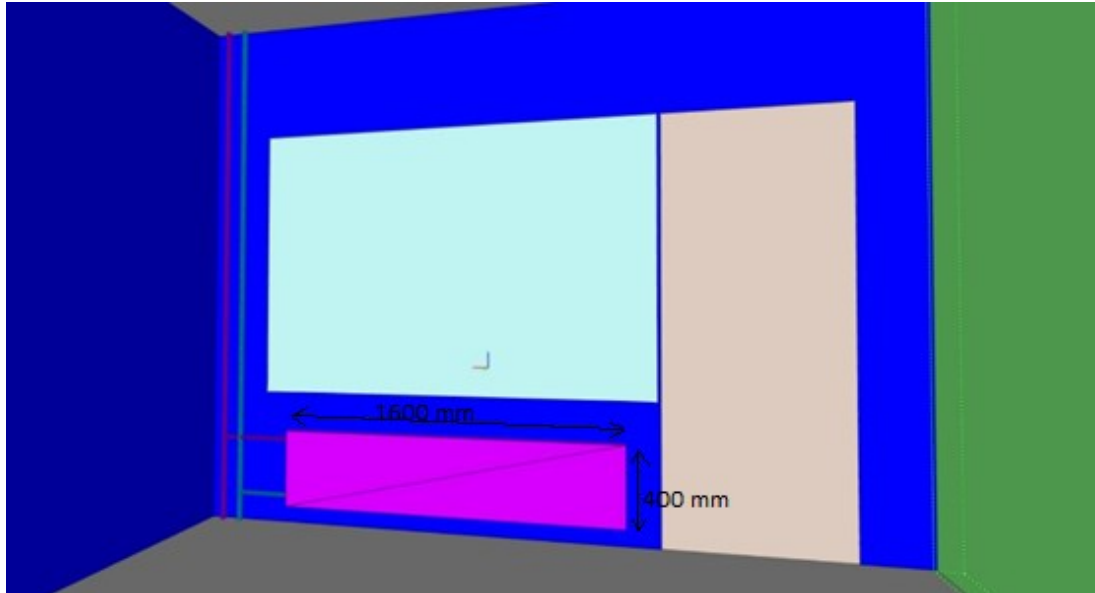


Kuva 38. Lampolankatu 8 talo 1 lämmitysverkoston IFC malli.

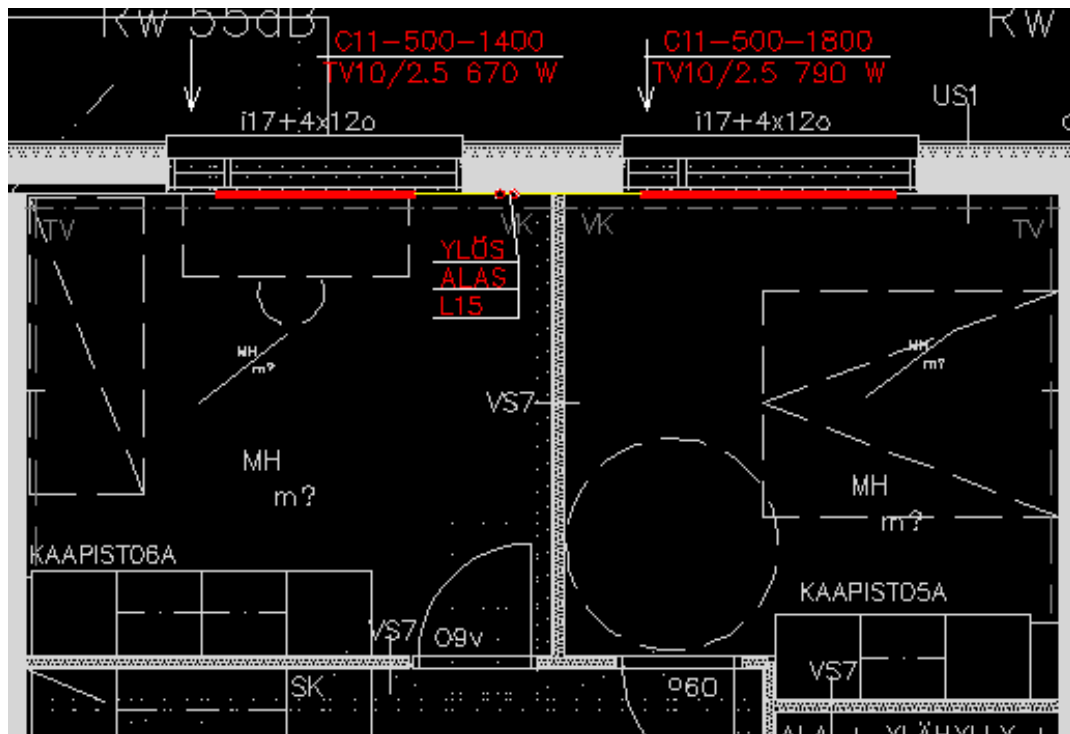
6.6 Pattereiden sijoittelu Lampolankatu 8:ssa

Patterit sijoitetaan 100 – 150 mm lattianpinnan yläpuolelle ja ikkunan alapuolelle, leveyden ollessa lähes ikkunan levyinen. Jos tilassa johon patteri sijoitetaan ei ole ikkunaa pyritään patteri sijoittamaan kylmään ulkoseinään. Samassa tilassa sijaitsevat patterit tulisi olla saman korkuisia.

Patteria sijoitettaessa on hyvä laittaa patteriventtiili ja termostaatti vastakkaiselle puolelle tuuletusikkunan ja parvekkeen oveen nähden (kuva 39). Näin vältetään turhalta energian hukalta tilaa tuulettaessa. Aina tämä ei ole kuitenkaan saneerattavissa kohteissa mahdollista, kuten kuvassa 40 on nähtävillä.



Kuva 39. IFC-malli Lampolankadun patterinsijoittelusta ja kytkennästä.



Kuva 40. Patterin sijoittelu lämpöpiirustuksissa.

7 ARVIOINTI JA PARANNUSEHDOTUKSET

Opinnäytetyön ensimmäinen tavoite oli suunnitella vesikiertoinen patterilämmitysverkosto kahteen saneerattavaan kerrostaloon. Lämmitysverkoston suunnittelun onnistumisen arviointi on haastavaa, sillä lämmityspiirustukset eivät käy viranomaisten tarkastelussa. Ainoastaan kaukolämpölaitos tarkastaa asemakuvan putkireitit, lämmönsiirtimen mitoitus tiedot, kaukolämmön säätöventtiilin mitoituksen sekä paisunta- ja varolaitteiden riittävyyden ja antaa niistä punakynäversiot korjattavaksi. Suomen rakennusmääräyskoelman osa C1:ssä on annettu lämmitysverkostolle äänitekniset vaatimukset ja osa C2 edellyttää lämmitysverkoston suunnittelun ja asennuksen ottavan huomioon lämmityslaitteiden tarkastettavuuden, huollettavuuden, korjattavuuden ja vuotojen havaittavuuden. Kaukolämpökohteissa tulee täytyä Energiategollisuuden julkaisema K1/2013 Rakennuksen kaukolämmitys: Määräykset ja ohjeet julkaisun asettamat vaatimukset.

Opinnäytetyössä on otettu huomioon edellä mainitut määräykset ja vaatimukset, kuten ne varsinaisessa tekstiosassa on esitetty. Lisäksi Insto Sainio Oy:ssä tehdyt piirustukset käyvät läpi sisäisen tarkastelun, jossa projektipäällikkö ja projektin ympärillä toimivat henkilöt tarkastavat piirustukset useissa suunnittelukokouksissa ja palavereissa, lopuksi piirustukset käydään läpi tilaajan kanssa. Nämä kriteerit ja vaatimukset huomioon ottaen voidaan suunnittelua ja piirustusten toteutusta kuvata onnistuneeksi.

Opinnäytetyötä kirjoittaessa lämpöpiirustukset ovat tarjouslaskentavaiheessa, mikä tarkoittaa, että niihin saatetaan vielä tehdä pieniä muutoksia, mutta ne ovat kuitenkin lähes lopullisessa muodossaan. Kun urakoitsija on saanut kohteen asennukset valmiiksi antaa hän omat punakynäversiot piirustuksista, joiden pohjalta laaditaan loppupiirustukset, tämän jälkeen projekti on saatu päätökseen. Lopullisen arvion työn onnistumisesta antavat kohteen tulevat asukkaat ja heidän tyytyväisyytensä rakennuksen asuinviihtyvyyteen. Tätä ennen voidaan arvioida vain suunnittelua.

Opinnäytetyön toinen tavoite oli toimia aloittelevalla suunnittelijalla apuna ja auttaa ymmärtämään lämmitysverkoston toimintaa. Toisen opinnäytetyön tavoitteen onnistumisen kriteerinä pidän tuttavilta (4 kpl) saatua palautetta sisällön ymmärrettävyyden ja luettavuuden perusteella ja toisilta suunnittelijoilta (3 kpl) saatua palautetta, joiden pohjalta toinenkin tavoite voidaan todeta täyttyneen.

Parannusehdotuksia rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi on, mutta ei varsinaiseen lämmitysverkoston suunnitteluun. Rakennusten energiatehokkuutta voidaan parantaa ilmanvaihdon osalta, niin että ilmanvaihtoverkosto rakennettaisiin tulo- ja poistoilmalla, eikä pelkästään poistoilmalla. Jos ilmanvaihtoverkosto rakennettaisiin lämmöntalteenotolla varustetulla tulo- ja poistoilmalla, ei tarvitsisi korvausilmaa ottaa ”raakana” suoraan ulkoilmasta, vaan se tulisi lämmöntalteenotokennon kautta lämmitettynä sisään. Pattereilta vaadittu tehontarve pienenee, jonka seurauksena voitaisiin lämmitysverkoston mitoituslämpötilat mitoittaa pienemmiksi. Pienempi mitoituslämpötila ja ilmanvaihdon LTO lisää verkoston energiatehokkuutta. Tämä investointi on kallis, siksi tilaaja ei ole halunnut tehdä näin isoja muutoksia.

Toinen tehokas tapa parantaa rakennusten energiatehokkuutta on asentaa poistoilma- lämpöpumppu ottamaan poistoilmasta energiaa talteen. Pumppu siirtää energiatehokkaasti lämmön tuloilmaan, lämpimään käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään.

Kolmas tapa on vaihtaa kaukolämpö maalämpöön, jolloin maaperään varastoitunut energia saadaan edullisesti rakennusten lämmitykseen. Tämän vaihtoehdon alkuinvestoinnin hinta on suuri ja takaisinmaksuaika verrattuna kaukolämpöön pitkä.

Neljäs tapa parantaa asuinviihtyvyyttä on korvata talon ulkoseinässä olevat raitisilma-venttiilit esimerkiksi Purmon valmistamiin Purmo Air -pattereihin. Raitisilma kiertää patterin läpi sisätiloihin, jolloin patteriin asennetut F7-F9-tason suodattimet puhdistavat ulkoilman ja patteri lämmittää raitisilman asukkaille miellyttäväksi, jolloin usein valitettu vedontunne pienenee merkittävästi.

LÄHTEET

Axflow. Viitattu 24.01.2017

<http://www.axflow.com/fi/site/tuotteet/luokka/pumput/keskipakopumput/rheinhuette-rce/>

Danfoss. Viitattu 24.01.2017

<http://products.danfoss.fi/home/#/>

Energiateollisuus. 2013. Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet. K1/2013, päivitetty 9.5.2014

Google street view. Viitattu 12.01.2017.

<https://www.google.fi/maps/place/K%C3%A4sity%C3%B6keskus+3,+20100+Turku/@60.4490963,22.2585783,3a,75y,29.78h,90t/data=!3m6!1e1!3m4!1sctF-pY2O9AMSZon4wgLi7A!2e0!7i13312!8i6656!4m2!3m1!1s0x0:0x91ee8b3fd7c5de49!6m1!1e1>

Grundfos. Viitattu 24.01.2017

<http://fi.grundfos.com/>

Harju, P. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. 4 painos. Solverpalvelut Oy, Anjalankoski.

Ilmatieteenlaitos. Viitattu 24.12.2016.

http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=c5a2468e-8630-45d0-8aaa-aab9fbe48caf&groupId=30106

Kauppinen, T. Rakennuksen ilmanpitävyys. Viitattu 17.01.2017

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110501.pdf>

Lvi11. Viitattu 27.01.2017

<https://lvi11.wikispaces.com/>

LVI 11-10472. 2011. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. Rakennustieto Oy

LVI 12-10330. 2001. Putkistojen lämpölaajeneminen. Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto.

LVI 12-10343. 2002. Vesikiertoinen patterilämmitys. Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto.

LVI kalenteri 2017. Helsinki: Suomen Kalenterit Oy

Oras venttiilipiston koulutusmateriaali, Oras-venttiilit käyttövesi- ja lämmitysjärjestelmissä. Oras Oy.

Opetushallitus. Pientalon lämmitys. Viitattu 18.01.2017

http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/pientalon_lammitys/

Paanu. T. 2014. Lämmönsiirtotekniikka. Opintomoniste.

Paanu. T. 2014. Virtaustekniikka. Opintomoniste 2.

RT 80-10974. 2009. Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje. Rakennustieto Oy

Rullma. Viitattu 25.12.2016.

<http://rullma.fi/infral%C3%A4mmitys/>

Sandberg, E. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, Ilmastointiteknikka osa 1. 1 painos. Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. 2 painos. Kouvola: Solver palvelut Oy.

Suomen rakentamismääräyskokoelma, D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet 2012. Viitattu 12.01.2017.

https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d2_2012.pdf

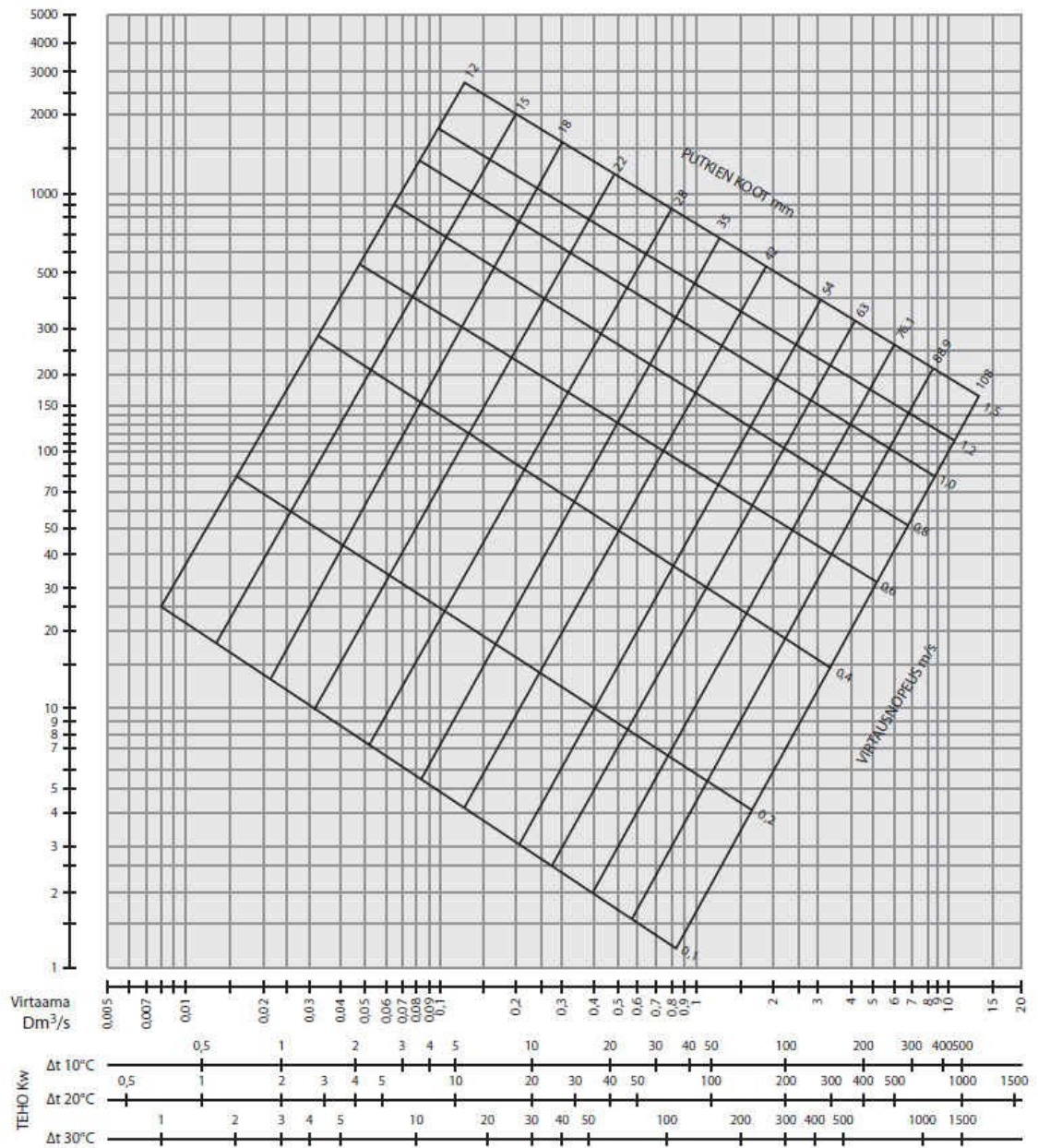
Suomen rakentamismääräyskokoelma, D3 Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet 2012. Viitattu 12.01.2017.

https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D3-2012_S.pdf

Suomen rakentamismääräyskokoelma, D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2012. Viitattu 12.01.2017.

https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D5_2012.pdf

Lämmitysputken mitoitusdiagrammi



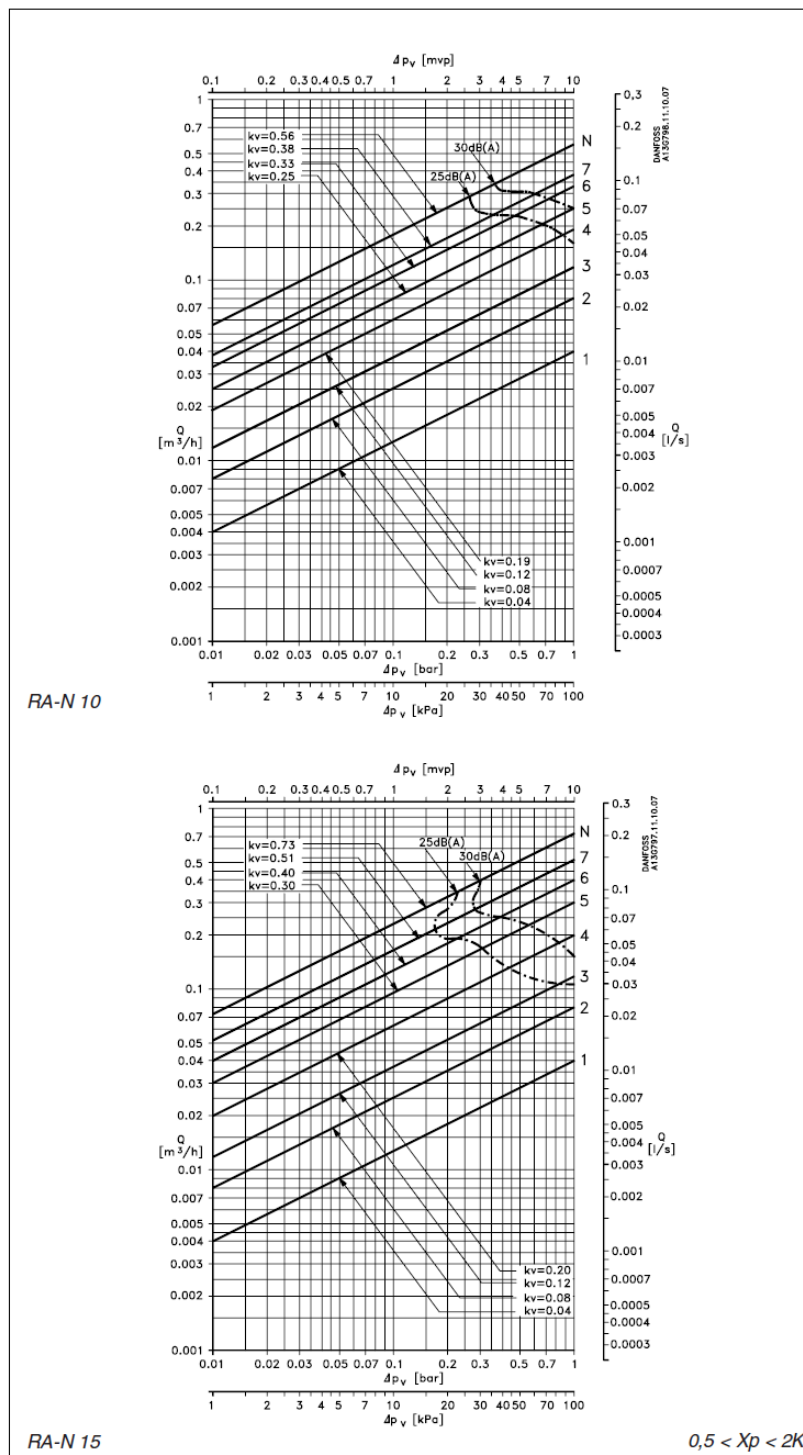
DANFOSS RA-N -VENTTIILIN ESISÄÄDÖN MITOITUSDIAGRAMMI



Tekninen esite

RA 2000 Venttiilirungot RA-N

Mitoitus



TEKNOCALOR KALVOPAISUNTA-ASTIAN JA VARO- VENTTIILIN MITOITUS



Teknoweb Versio 2014.5.1

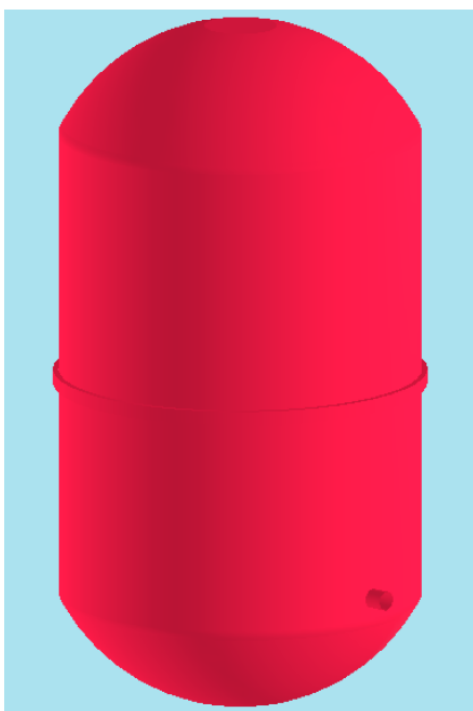
17.5.2016

Reflex / Kalvopaisunta-astiat

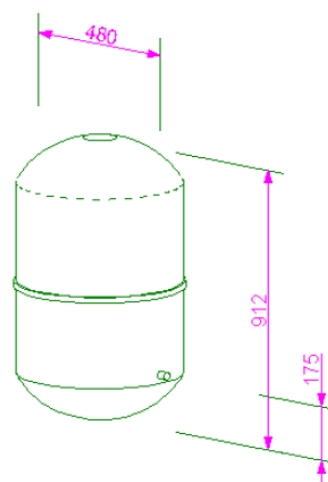
NG 140/6

N-astiat 6 bar kiinteällä kalvolla

Renderoitu kuva



Mitat



Tekniset tiedot

LVI-koodi	3412049	
Volyymi	140	l
Paino	28.6	kg
Kalvo	kiinteä	
Rakennepaine	6.0	bar
Putkiliitoskoko	R 1	
Maks.lämpötila	120.0	°C
Esipaine	1.20	bar
Varoventtiilin avautumispaine	2.70	bar
Loppupaine	2.20	bar
Laskennallinen tilavuus	94	l