

Lämmitysjärjestelmät

Suureita ja mittayksiköitä

teho (kilowatti, kW)
työ, energia (kilowattitunti, kWh)
paine (baari, bar)
veio, paine (pascal, Pa)
lämpötila (celsius, °C).

Näitä on yleisesti käytetty kattilahuoneen laitteissa ja käyttöohjeissa.

Kirjassa on viittauksia Suomen rakentamismääräyskoelmaan (RakMK), joka on internetissä jokaisen luettavissa.

Jos joltain selkkaa ei tiedä varmasti, se on syytä selvittää ennen asennusta.

Suomen rakentamismääräyskoelma on jaettu seuraaviin osiin:

- A Yleinen osa
- C Eristykset
- D LVI ja energiatalous
- E Rakenteellinen paloturvallisuus.

Suuri osa mainituista julkaisuista on annettu ympäristöministeriön asetuksina, ja ne ovat luettavissa osoitteessa www.ymparisto.fi

Vesikiertoisia lämmitysjärjestelmiä on varsin monenlaisia. Yhä useammin niitä ohjataan ja valvotaan automaattisesti. Lämmityslaitteasentajien on näin ollen osattava vanhojen perusosoiden lisäksi paljon uusia asioita. Perusosoiden hallinta on edelleen tärkeää – ei pidä unohtaa esimerkiksi sitä, miten lämpö, paine, vesi ja eri materiaalit toimivat lämmitysjärjestelmässä.

Ajan mittaan talotekniikan alalla on tapahtunut paljon muutoksia: uusia materiaaleja ja liitosmenetelmiä on otettu käyttöön ja toisaalta vanhat, hyväksikin koetut materiaalit ja menetelmät ovat jätneet aiempaa vähäisemmälle käyttölelle. Lämmitysjärjestelmiin voi saada energiaa eri lähteistä, ja järjestelmissä onkin usein valmiudet käyttää aina edullisinta tai vaihtomintta lämmitysmuotoa.

Lämmitysjärjestelmät varmistetaan usein niin, että ne sopivat eri energian käyttövaihtoehtoilte, mutta tämä ei takaa täydellistä luotettavuutta esimerkiksi sähkökatkosten aikana. Tässä kirjassa käsitellään toimintahäiriön ja vikautumiseen johtavia syitä ja häiriöiden seurauksia. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että jokaisessa lämmitysjärjestelmässä olisi jorain vika. Suomessa on satojatuhansia pienitulojen lämmitysjärjestelmiä, ja niistä valtaosa toimii moitteettomasti. Koska laitteiden käyttöikä on kuitenkin rajallinen, on ammattitaitoisen lämmityslaitteasentajan tarkastuskäynti aika ajoin paikallaan, vaikka kaikki näyttäisikin toimivan kattilahuoneessa normaalisti. Käytännön kokemukset osoittavat, että riittävän ajoissa tehty huolto on usein myös edullisin huolto.

Rakennusten lämmitysjärjestelmien asentamista ei ole rajoitettu asetuksilla tai säädöksillä muutoin kuin sähköasennusten, öljy- ja kaasupolttimien asennusten, lämpöpumppujen asennusten ja savuhormien vaatimusten osalta. Erityisen tärkeää on varolaitteiden oikea mitoitus ja laitteiden oikea asennustapa.

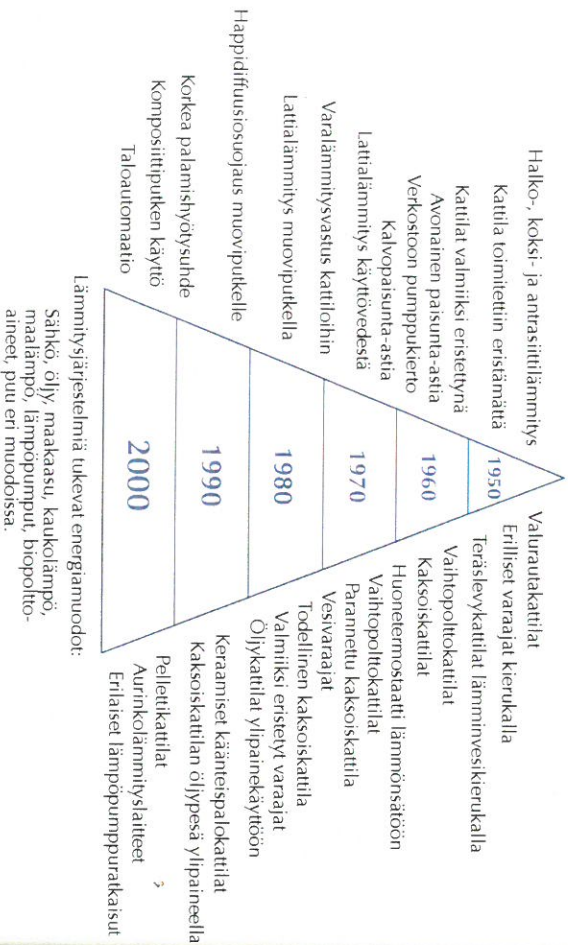
Uudisrakennuksissa lämmitysjärjestelmän mitoitus ja piirustukset ovat useasti lvi-suunnittelijoiden tekemiä, mutta laitteiden asennusten ja toimintakunnon varmistaminen sekä uuden tekniikan käyttökoulutus asukkaalle saattaa jäädä antamatta. Lämmitysjärjestelmiä saa rakentaa, jos hallitsee asen-

nustekniikka. Aiemmin putkiasentajat olivat itseoppineita tai oppivat työnsä vanhemman putkimiehen apuna. Tällöin he saattoivat oikeiden asennus- ja työtapojen ohessa oppia myös vääriä tapoja.

Lämmitysjärjestelmien kehittyminen

Lämmitysjärjestelmät olivat 1960-luvun alussa verrattain yksinkertaisia: oli putkisto, patterit, venttiiliteinen, avonainen paisunta-astia, paine- ja lämpömittarit, mahdollisesti lämmitysverkoston pumppu ja vedonsäädin lämmityskattilassa. Huollon tarpeet olivat vähäiset. Talon omistaja tarkisti usein itse avonaisen paisunta-astian vesimäättään. Hän vaihtoi öljypolttimen suurtimen, puhdisti sakkakupin ja suodattimen sekä nuohosi kattilan. Öljypolttimen hän saatoi säätää silnämäättisesti seuraamalla, pysyväkö tulipesä puhtaana. Tarvittaessa talon omistaja lisäsi palamsilmaa polttimelle ja mittasi säiliön öljymäärän mittakepillä. Asukkailla oli koko laitteiston hoito- ja valvon-

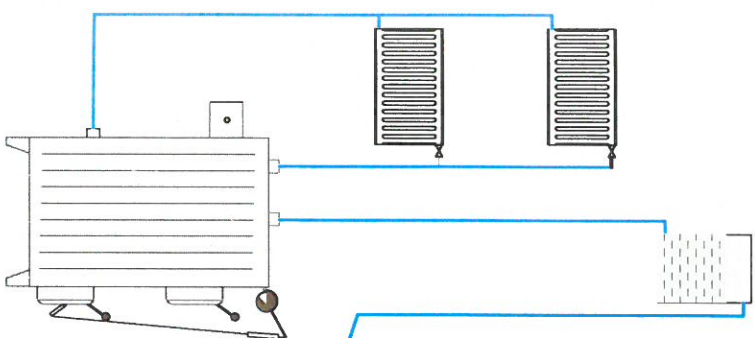
Vesikeskuslämmityksen kehittyminen 1950 luvulta 2000 luvulle



ravastuu, sillä huoltoliikkeet olivat harvinaisia. Kattilat olivat myös koksilla, antrasiitilla tai puilla lämmitettävää. Jos kattila välillä pääsi kiehumaan, asukas lisäsi vain uutta vettä paisuntaastiaan.

Vesikeskuslämmitykseen siirtyminen

Huonekohtaisten kaakeliuunien korvaaminen keskuslämmityskattilalla oli suuri uudistus: hoidettavana oli monen uunin sijaan vain yksi tulipesä. Talon lämpötilan saattoi säätää yhdellä huoneermostoautilla. Automaattinen lämmityksen säätö paransi myös asumisviihtyvyyttä. Samalla huonosti eristetyin lämmitysverkoston menoveden lämpötilan sai säädettyä sopivaksi, ja pienhköjen rakennusten lämpötilan saattoi säätää yhden asuinhuoneen mukaan. Säätöautomaattikan huollon tarve rajoitui yleensä kahteen asiaan: jos talo ei lämmentynyt, tarkistettiin, olko säätöventtiilit jumiutuneet vai olko säätimen toimilaitteen lamppu palanut.



1970-luku toi öljypolttimet laajemmin käytäjäen ulottuville. Kun poltinteknikka kehityi, säiliön saattoi asentaa maan alle tai sijoittaa rakennuksen sisälle säiliöhuoneeseen. Lämmitysjärjestelmästä tuli täysin automaattinen. Kattilahuoneeseen ei tarvinnut mennä, sillä jo kattilahuoneesta kuuluvista äänistä saattoi päätellä, toimivarko kattilan lämmitys ja öljypoltin oikealla tavalla. Pattereille lähtevän veden lämpötila saattoi olla lämmitystarpeeseen nähden liian korkea. Termostaaritiset patteriventtiilit yrittivät säätää huoneen lämpötilan oikeaksi, mutta patterit saattoivat olla yläreunastaan kuumia ja alaosastaan kylmiä, sopivan lämpöisiä ne olivat harvoin. Ratkaisun ongelmaan toi ulkolämpötilan mukaan ohjautuva menovesisäädin, jonka avulla pattereille tulevan veden lämpötilan sai säädetyksi lähes sopivaksi.

Kaksoskattiloiden käyttö lisääntyi 1970-luvulla, kun öljyn ohella ajateltiin polttaa kaikkea, mitä kattilan pesään sai mahtumaan. Oikota polttotapoja ei tuolloin kuitenkaan hallittu eikä palamisen hyöty-suhdetta usinkaan määritetty. 1970-luvun loppupuolella saataville tulivat uudennyypisier kaksoskattilat. Näissä oli öljyvesä hormin saakka täysin erotettu kiinteän polttoaineen tulipesästä. Parhaisissa kattiloissa saattoi polttaa öljyä ja puuta jopa samanaikaisesti.

Öljypolttimet säädettiin nokkipumpun ja CO₂-mittalaitteen avulla, ja palamisen sai säädetyksi lähes noettomaksi. Kun öljyn hinta nousi, puun poltto kaksokartiloissa lisäänty. Uudenryypysillä kartiloilla tämäkin oli helpompaa kuin aiemmin. Puupesää ei tarvinnut nuohota joka käytön jälkeen siirtytessä puulämmityksestä takaisin öljyn käyttöön.

Puulämmityskattiloita asennettiin paljon 1980-luvulla. Niiden yhteyteen asennettiin usein lämmitysvesivaraaja, joka oli varustettu joko pumppukierrolla tai vapaakierrolla. Latausermostaatti menevässä putkessa oli uutuus, joka ei ollut jokaisen asentajan tiedossa ja ulottuvilla. Latausermostaatin säätöosana käytettiin auton termostaattia. Avonaisen paisuntaillön koko oli yleensä oikea, mutta kalvopaisunta-astian koko valittiin sattumanvaraisesti eikä esipaineen tarkistusta usenkkaan rehty. Usein ajateltiin, että sopiva esipaine oli jo valmiina paisunta-astiassa. Vanhoja puulämmityskattiloita on nykyisin edelleen käytössä, ja ne toimivat kuten aiemminkin. Laitteiden toiminta oli ennen toisinaan puutteellista, mutta se ei häitannut, koska silloin ei tiedetty paremmasta. Huolto-toimena latausermostaatti on ehkä vaihdettu 10–15 vuoden välein. Myös vedonsäätimen termostaattipartuna on saatu uusia, kun sen säätötoiminta on heikentynyt vuosien käytössä.

1970-luvulla kartilahuoneiden pinta-ala pienennettiin ja säästivät neljöt orettiin asuinkäyttöön. Joskus kartilahuone oli niin pieni, että oven oli oltava auki, kun lämmityslaitteensa oli huoneessa. Jos öljypolttimen palamisarvoja säädettiin oven ollessa auki, oven sulkeminen säätöjen jälkeen saattoi muuttaa polttimen lämmääntä. Palaminen saattoi huonontua ja karttilan nokeentuminen lisääntyä.

Hyötysuhteen parantaminen

1980-luvulla huomio kiinnittyi erityisesti kattiloiden hyötysuhteisiin ja eristävyyteihin. Joskus lämmityksen kaikki laitteet asennettiin saman kuoren sisään. Laitteiden käyttövuosien aikana tarvitsema huolto ei tuolloin ollut tärkeimpiä asioita suunnittelussa. Tärkeintä oli lämmityslaitteen yhtenäinen rakenne. Asennuksessa ei tarvinnut käyttää kartilahuoneelle ominaisia ulkopuolisia laitteita ja varusteita, vaan taloon tuotiin rehtäälä asennusvalmis kokonaisuus. Laitteen asennus käyttökohteessa oli varsin helppoa ja nopeaa: tuotiin virransyöttökaapeli, kylmävesiputki ja öljy- tai kaasuputki. Laitteesta lähti lämpimän käyttöveden putki, parteri- tai lattiaämmityksen tai molenpien lähdöt sekä liitäntä savuhormiin. Karttia täyrettiin vedellä ja lämpö kytkettiin päälle.

Laitteiden käyttöikä oli kuitenkin rajallinen. Messinki- ja erikoismessinkiosat eivät aina kestäneet huonolaatuisen rakkaveden syövyttävää vaikutusta, joten niitä joutui vaihtamaan. Huonolaatuinen rakkavesi heikensi myös esisekoittajan termostaatin ja varoventtiilin toimintaa, joten niitäkin täytyi uusia. Käyttöhäiriöihin saattoi varautua asentamalla kattiloihin jo rehtäälä valmiiksi varalämmitysventtiilin. Talliin öljyn loppuminen tai talon jättäminen pidemmäksikin aikaa asunatomaksi tuntui turvalliselta, koska sähkölämmitysventtiili avuksi häirittilanteissa.

Puukattilan kehittyminen

Myös kiinteän polttoaineen kattiloita kehitettiin aiempaa paremmiksi, ja erilaisia ylä- ja alapalokattiloita asennettiin niiden käyttökohteisiin. Asennettaessa ei kuitenkaan aina otettu huomioon tasakarolla olevan savuhormin veto-ominaisuuksia. Jos hormin pituus oli alle kolme metriä, puut poltoivat tulipesässä huonosti ja savuttaen.

Öljypolttimen palamisen puhtautta mitataan inemällä palamiskaasuja suodatinpaperin läpi käsikäyttöisellä nokkipumpulla. Miitta-astelkolla ovat vertailulukvat (0–9). Mitattua tulosta verrataan vertailulukviin: 0 on puhdas ja 9 erittäin nokkinen. Vanhoilla öljypolttimilla arvoa 1–2 pidettiin hyvänä.

Aiemmin hiilidioksidin (CO) mittauksessa laitteeseen pumpartu kaasu imeyrettiin mitalaitteen kemikaliiin (kalilipeä KOH) ja tilavuuden muutoksesta nähtiin mitalaitteen astelkolla CO₂-pitoisuus tilavuusprosentteina. Jos mitattu arvo oli 11–12 prosenttia, sitä pidettiin hyvänä.

Uudet tekniikat

1980-luvulla alkoi muoviputkien asentaminen omakotitaloihin yleistyä, mutta tuolloin ei ollut juurikaan tietoa happidiffuusiosta.

Diffuusiosta molekyyliä siirtyvät pitoisuuserojen seurauksena kohri raaspainotilannetta. Pehmeät putkinateriaalit kuten muovit läpäisevät happea vahhtelevasti rakk-aineen koostumuksen ja rakenteen mukaan. Uusissa muoviputkissa on kaasa läpäisemätön pinnote tai metallinen kaasusulkkerros. Metalliputken tiivys happidiffuusiolle on käytännössä aina saraprosenttinen.

Suljetussa vesikiertossa veteen liuenut happi poistuu, kun teräksen ruostuminen kuluttaa lähes kaiken hapen. Talliin

Mitä tarkoitaa nokkikuva?

Entä CO₂ mittaus?

Mitä tarkoittaa happidiffuusio?

Mikä on magnetiitikalvo?

teräksen pinnalle muodostuu hapettumistuloksena magnetiitikalvo, joka suojaa terästä syöpymiseltä.

Koska uusista putkimateriaaleista puuttui happidiffuusiosuojaus, ne läpäisivät happea. Heikko lämmönkesto ja materiaalin vanheneminen olivat myös uusien putkien ongelmia. Äänieristysputkina käytettiin happidiffuusio-ominaisuudeltaan heikkotasoisia putkia, jotka lisäsivät hapen liukenemista lämmitysverkoston veteen edistäten hapesta aiheutuva paterirentiilien ja putkien tukkeutumista. Koska muoviputket kuitenkin olivat helppoja asentaa, niitä asennettiin moneen käyttöön.

Vuosikymmentä myöhemmin alkoi tulla limi karttalioiden syöpyntiä, veden kierröähäiriöitä ja paterivuotoja. Näiden taustalla oli usein putkistojen puutteellinen happidiffuusiosuojaus. 1980-luvun loppupuolella muoviputkien tuotekehityksessä parannettiin putkien materiaalia ja valmistustekniikkaa. Kehitystyön tuloksena valmistui happidiffuusiolta suojaavia putkia. Asentajille ei kuitenkaan ollut tarjolla riittäviä ohjeita suurimasta sallitusta käyttölämpötilasta. Ei ollut tietoa siitä, miten lämpötilaa tulisi valvoa ja miten suurimman käyttölämpötilan ylittämistä voitaisiin estää.

Puhdas palaminen

Puhtaan palamisen edellytys on polttimeen oikea säätö. Savukaasuanalyysaattorien kehittyminen ja yleistyminen mahdollisti oikean palamisen säädön myös kiinteitä polttoainetta käyttävissä uuden tekniikan kattiloissa.

Tärkeimpiä mitattavia

suureita ovat

- happiylijäämä
- palamattomat hiilivedyt
- savukaasujen poistolämpötila
- ympäristön lämpötila.

Laite määrittää palamis-
hyötyosuheen mittausulos-
ten perusteella.

teräksen pinnalle muodostuu hapettumistuloksena magnetiitikalvo, joka suojaa terästä syöpymiseltä.

Koska uusista putkimateriaaleista puuttui happidiffuusiosuojaus, ne läpäisivät happea. Heikko lämmönkesto ja materiaalin vanheneminen olivat myös uusien putkien ongelmia. Äänieristysputkina käytettiin happidiffuusio-ominaisuudeltaan heikkotasoisia putkia, jotka lisäsivät hapen liukenemista lämmitysverkoston veteen edistäten hapesta aiheutuva paterirentiilien ja putkien tukkeutumista. Koska muoviputket kuitenkin olivat helppoja asentaa, niitä asennettiin moneen käyttöön.

Vuosikymmentä myöhemmin alkoi tulla limi karttalioiden syöpyntiä, veden kierröähäiriöitä ja paterivuotoja. Näiden taustalla oli usein putkistojen puutteellinen happidiffuusiosuojaus. 1980-luvun loppupuolella muoviputkien tuotekehityksessä parannettiin putkien materiaalia ja valmistustekniikkaa. Kehitystyön tuloksena valmistui happidiffuusiolta suojaavia putkia. Asentajille ei kuitenkaan ollut tarjolla riittäviä ohjeita suurimasta sallitusta käyttölämpötilasta. Ei ollut tietoa siitä, miten lämpötilaa tulisi valvoa ja miten suurimman käyttölämpötilan ylittämistä voitaisiin estää.

Puhdas palaminen

Kun öljylämmityskattiloiden parhaimmat hyötysuhteet oli 1980-luvulla jo saavutettu, keskityttiin 1990-luvun kattiloissa palamisrapahduttaman parempaan hallintaan ja päästöjen pienentämiseen. Tuolloin tehostettiin öljypolttimeen poltrotekniikkaa ja öljyn suodattamista. Palamisen laaturia tehostava sähköinen öljyn esilämmitys yleistyi nopeasti, ja öljyn syöttö yksiputkitekniikalla paransi toiminnan luotettavuutta edelleen. Monipuolista mittaus tietoa antavat palamiskaasuja mittaavat analysaattorit yleistyivät asentajien käytössä. Kun polttimeen säätämässä käytettiin analysaattoria, säädöt olivat aiempaa tarkemmat, ja koska toimintavarmuus parani ja toiminta tehostui, myös kattilan nuohoustarve väheni.

Puunpoltton palamisprosessin kehittämisen toi kattilahuoneisiin teknikkailtaan uudet käänneispalokartilat, joissa puu kaasuntuu ja palaa kuumen keramiisen arinan päällä kaasutuspolttona. Osa kaasusta palaa myös arinan alapuolella ja jälkepalotilassa. Karttilaan on liitettynä puhallin tai savukaasuinjuri, jolla karttilaan saadaan keinotekoinen veto. Enää pitkä savuhormi ei ollut hyvän palamisen välittämisen edellytys. Karttila varustettiin käytössä tarvittavalla automatiikalla ja mittareilla, joista toimintaa saattoi seurata.

Uuden tekniikan käyttöönotto

Uudessa käänneispalokarttilassa oli keramiisen arina. Uutta tekniikkaa käyttöön ottaessa on erittäin tärkeää, että asentajat ja käyttäjät tuntevat laitteen käyttöohjeet ja osaavat noudattaa niitä. Käänneispalokarttilaa saatettiin käyttää vanhan yläpalolaisen kattilan tapaan, ja virheellisen käytön vuoksi kattilassa saattoi esiintyä käyttöhäiriöitä.

Vielä 2000-luvun alussa ei läheskään aina asennettu suoja-laitetta, joka varjeli lämpimän käyttöveden muoviputkistoa yllämmöliä häiriötilanteissa. Vaikka lämpimän käyttöveden putket ovat suojaavaipan sisällä ja niiden vaihtaminen on verrattain helppoa, on lämpötilaa rajoittava suoja-aike silti tarpeellinen. Lämpötilaa rajoittava suoja-aike on ehdottoman tarpeellinen myös lattialämmitysputkiston ja pintamateriaalien suojaamiseksi. Lattialämmitysputkiston pitäisi kestää koko kiinteistön elinkaaren ajan.

Jakotukkeja asennettiin aiemmin piiloon komeroihin tai muihin vastaaviin paikkoihin eri puolille rakennusta. Tuolloin ei ajateltu, että jakotukit saattavat joskus vuotaa tai että niitä joutuu huoltamaan. On suositeltavaa sijoittaa jakotukit karttila- tai lämmönjakohuoneeseen, jossa on lattiakalvo ja vedeneristys rakenteissa.

Nykyisin on saatavilla erityisiä jakotukikapppeja ja valumakouruja, joita voi asentaa turvallisesti myös kuiviin tiloihin. Taloautomatioon liitetyt vuodonilmaisimet valvovat mahdollisia vuotoja, ja ne hälyttävät automaattisesti havaitsemastaan vuodosta.

Vaikka käsinsyötettäviin kiinteän polttoaineen kattiloihin liitettävän ylikuumenemissuojan asentaminen tuli voimaan vuonna 2004, on niiden toiminnan, käytön ja asennuksen tuntemus kuitenkin edelleen epäselvää monelle asentajalle. Uuden tekniikan käyttöönnotto ei kuitenkaan ole pakko opiskella, joten asennuksia tehdään puutteellisin tiedoin tunnetuilla laitteiden oikeaa toimintaa. Tämä koskee myös aurinkolämmön ja lämpöpumpun asennusta ja energian hyödyntämistä. Jos asentaja ei ole selvittänyt uuden laitteen asennusta ja toimintaa perusteellisesti, siitä saattaa tulla ”harjoitustyö” laitetta ensimmäistä kertaa asennettaessa.

2 Nykyiset lämmitysjärjestelmät

Pientalojen vesikiertoiset lämmitysjärjestelmät on yleensä varustettu perustoiminnan vaatimilla laitteilla. Lämmitysjärjestelmien käytännön toteutukset voivat kuitenkin poiketa toisistaan hyvinkin paljon, sillä laiteroimittajia ja eri tuotemerkkejä on paljon. Lattialämmitys yleistyi lämmönjakotapana varsinkin 2000-luvun uudistaloissa. Näissä huoneetilat lämpivät lattiaan asennetulla vesiputkistolla. Lämpö tulee lämmityslaitteelta jakoukkeille. Vesikiertoinen lattialämmitys jaetaan useisiin lämmityspiireihin. Jokaisesta jakouksesta lähtee useita putkilenkkejä, minne anstosta lämpötilan säätö voi olla huonekohtainen, jopa piirikohtainen.

Uuden tekniikan osaajat

Uusiin kiinteistöihin tehdään usein lämmitysjärjestelmiä, jotka mahdollistavat useiden lämmönlähteiden käytön. Järjestelmässä voi olla lämpöpumppuja, aurinkokeräimiä, takkoja, erilaisia sähkölämmitysjärjestelmiä ja varalämmityslaitteita. Sähkölämmitysvaastukset ovat useimmissa kattiloissa jo valmiiksi asennettuina. Uudenkaltaisten lämmitysjärjestelmien huolto ja kunnossapito vaatii tulevilla lämmityslaitteasentajilta huolellisuutta ja erityisosaamista.

Minkälaisia häiriöitä tai vikatilanteita pienkiinteistön kattilahuoneessa voi esiintyä?

Lämmitysjärjestelmän laiteistovaihtoehtoja

Päälämmityslaitteet	Automaattisyyttöiset laitteet
Öljykattilat/kaasukattilat	Öljy- ja kaasupolttimet
Puukattilat	Pelletti- ja hakepolttimet
Yhdistelemäkattilat	
Vaihtopolttokattilat	Pumput
Pelletti- ja hakekattilat	Lämmitysverkoston pumput
Sähkökattilat	Kiertovesipumput/lämpöohjopumput
Sähkövaraajat	Latauspumput / lämpöenergian siirtopumput
Maalämpöpumput	Latausautomaattikka sisäänrakennetulla pumpulla
	Lämpimän käyttöveden kiertopumput
Muita peruslämmitystä tukevia laitteita	Putkistot
Aurinkolämmitysjärjestelmät	Teräsputket ja ruostumattomat putket
Ilma-vesilämpöpumput	Kupariputket
Ilmalämpöpumput	Muoviputket
Poistoilmalämpöpumput	Komposiittiputket
Pienet tuulivoimalat	
Lämmönsäätövaraajat:	Lämmönsäätöautomaattikka
Lisävesisäiliö: lämmönjako kattilasta	Lämmityspiirin säätimet
Varaajat: lämmönjako varaajasta	Käyttövesipiirin säätimet
Käyttövesivaraajat	
Paisuntajärjestelmät	Hormiliitännät
Suljetut kalvopaisunta-astiat	Päällä, takana tai sivuilla
Huoltoventtiilit	
Varolaitteet ja venttiilit	Hormistot
Varoventtiili	Muuratut tiilihormit
Syötösekoitusventtiili	Vuoratut tiilihormit
Esisekoittaja	Keraamiset elementtihormit
Täyttöventtiili	
Linjasäätöventtiilit	Teräshormit
Jakotuki	Elementtihormit ja yhtenäiset hormit
Ilmanpoistimet	Hormit kondenssiveden poistoyhteellä
Ilmanerotimet	Tuuleusventtiilit
Tyhjennysventtiili	
Ylikuumentamisen estävätvarolaitteet	
Sähkön varasyöttöjärjestelmä	

3 Vian etsiminen ja tunnistaminen

Kun pienkinnestön lämmityslaitteistossa ilmenee vikaa tai toimintahäiriötä, asiakas tavallisesti ottaa ensimmäiseksi yhteyden lämmityslaittealan liikkeeseen ja kertoo havainnoistaan. Asiakas ei yleensä välttämättä tunne laitteita ja käytettyjä komponentteja. Asentajan vahva ammatitaito ja kokemus ovatkin erittäin tärkeitä ongelman selvittämisessä. Asiakkaalta on osattava kysyä esimerkiksi tuntemattoman osan väriä, kokoa, sijaintia ja merkkiä, jotta asentaja tietää, mitä varaosia laiteisto tarvitsee. Kun asentaja osaa kysyä riittävän selkeät, oikeat kysymykset, tai kun asiakas toimittaa valokuvia kohteesta, asentaja saa taustatietoa, jonka tuella hän voi ennakolta valmistautua käyntiin.

Yleensä vanhan rakennuksen lämmitysjärjestelmässä ei ole sen enempää toimintahäiriötä kuin uusissaakaan. Uusissa rakennuksissa teknisen tilan putkisto ja venttiilien määttä saattavat jopa hidastaa vian paikallistamista. Suoralla sähköllä lämpiävät talot tarvitsevat myös lämmintä vettä ja putkistor, joilla vesi johdetaan vesipisteisiin. Aiemmin lämpimän käyttöveden varaaja on asennettu eri tavalla, eikä aina ole oettu huomioon sitä, että varaaja tai putkisto saattaa joskus vuotaa. Lämminvesivaraaja saattaa olla asennettuna parkerin päälle tai ullakolle, mutta myös asianmukaisesti viemäritöityyn märkätilaan. Varaajan korjaaminen kuivissa tiloissa vaatii erityistä huolellisuutta ja tarkkuutta.

Lämmitysjärjestelmän laitekohtainen toiminta

Selkeä käsitys eri laitteista ja niiden toiminnasta helpottaa laitteen toimintahäiriön syy selvittämistä ja laitteen korjaamista. Vuodon tai muiden häiriöiden selvittäminen tai korjaaminen voi usein olla varsin hankalaa, jos ei tunnista, mikä vian aiheuttaa ja millä tavoin vian saa korjattua. Voi myös sattua, että asentaja korjaa samaa vikaa parin kolmen asiakaskäynnin aikana, mutta

alkuperäinen vikaa jää edelleen tunnistamatta. Lämmitysjärjestelmässä voi esiintyä useitakin vikoja, jotka voivat aiheuttaa ongelmia yhdessä jonkin muun vian kanssa. Jos havaitssee jonkin selvän vian, jonka korjaaja saattavatkin laitteen takuun piiriin kuuluvat viat jäädä huomioimatta. Laitteiden ohjekirjoissa on esimerkkejä erilaisista toimintahäiriöistä käytännön tilanteisiin sovellettuna sekä ohjeita miten vikoja voidaan korjata.

Suomessa on lähes 240 000 öljylämmitteistä pientaloa, joissa on kattilahuone tai tekninen tila. Myös kiinteän polttoaineen, varaavan sähkön, hakelämmityksen, pellettilämmityksen ja kaukolämmön käytössä on suuri määrä kattila- ja lämmönjakohuoneita, joiden tekniset laitetuotteukset poikkeavat toisistaan monin tavoin.

Tässä kirjassa käsitellään perusratkaisultaan tavanomaisimpia tapauksia. Eri valmistajien kuvat asennustarvikkeista saattavat olla erilaisia. Piirosmerkki kertoo kuitenkin asennettavan laitteen halutun toiminnon. Piirosmerkeissä on nuoli, joka osoittaa oikean virtaussuunnan. Asennetut laitteet edustavat yleensä rakennusaikana hyväksyttyä perustasoa. Virheellisiä asennuksia kuitenkin on. Väärin asennetut laitteet ovat saattaneet hyvällä onnella toimia ilman vakavia vahinkoja vuosikymmeniä. Esimerkkinä tästä on vaikkapa kattilan varoventtiili, jonka avautumispainne ylittää laitteelle sallitun rakennepaineen.

Mitä pitää oppia ja mitä pitää tietää

Polttoaineiden hintojen ja saatavuuden vaihtelu on luonut tarvetta asentaa ja ottaa käyttöön erilaisia energiaa säästäviä ja lämmön talteenotolla varustettuja laitteita. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset lämpöpumput, lämmönvaihtimet ja aurinkolämmityslaitteet. Lämmön säätö- ja ohjausautomaattikka saaretaan valvoa kaukovalvontana. Rakennuksissa on usean energian käyttämisen mahdollistava vesikiertoimen lämmönjakaja ja siihen liitetty vesitäytreiset lämmönvaraajat.

Uudet monipuoliset lämmitysjärjestelmät asettavat lämmitysaiasentajalle uudenlaisia vaatimuksia: hänen täytyy hallita laitteiden asennus ja käyttöönnotto, tuntea valvonnin ja huollon tarpeet sekä osata opastaa asiakasta laitteiden käyttöönnotossa ja käytössä.

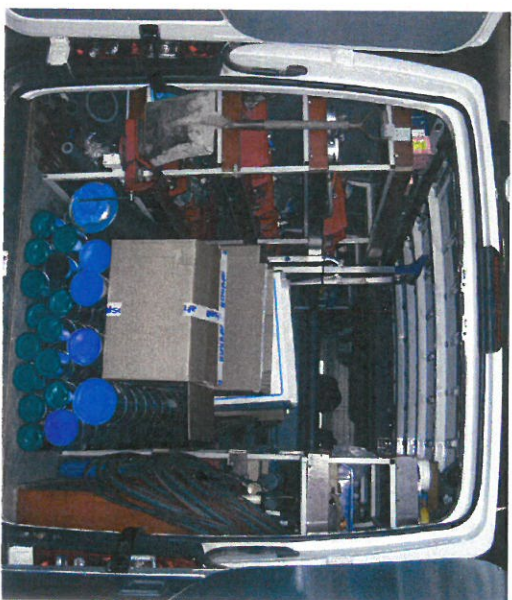
Tutustu laitteiden ohjekirjoihin. Niissä on käytännön esimerkkejä erilaisista toimintahäiriöistä sekä ohjeita vikojen korjaamiseen.

Lähtö huolto- tai korjauskäynnille.

Huollon tai korjauksen ennakkosuunnitelu on usein tärkeää, jotta tietää, mitä ortaa korjauskäynnille mukaan, miten toimia, laitteiden toiminnan selvittäminen ennakkoon ja mitä pitää tehdä, jos kysessä on esimerkiksi vesivuoto tai jäätyminen.

Usein käy niin, että putkiasentajan saadessa osoitteen on tultava heti käymään, koska laitteet eivät toimi. Tällainen liian hätäinen lähtö työmaalle voi aiheuttaa yhden tai useamman lisäkäynnin. Osien puuttuessa ja asian peritymättä voi tehdä välitarkastuksia, jotka eivät välttämättä paranna asiaa. "tehdään nyt jotain kun kerran tultiin" ja huoltoautonkin tavarat saatavat olla sen verran epäjärjestyksessä, että sieltä ei lopulta löydy tarvittavia osia.

Huoltokäynti muuttuu edelleen, jos ei tee selkeitä muistutpanoja havaituista virheistä ja puutteista seuraavaa käyntiä varten. Huoltokäyntien etäisyydet saattaa olla hyvinkin pitkiä ja hyvin varustetut ja hyvässä järjestyksessä olevista laarikoista löytää mitä hakee – eikä niin, että hakee mitä löytää. Talven pakkasilla huoltoauton hyvä järjestyks korostuu, kun auto ja asiakkain talo ovat kylmiä ja huolto tai korjaus pitää tehdä nopeasti.



Kuvan esimerkkinä olevan Iw-asetajan huoltoauto on pakattu jo ilialla valmiiksi "kaikki tarvittava mukaan"-periaatteella, kun aamulla on aikainen lähtö lossirantaan ja sitä edelleen saaristoon. Auton järjestyksessä olevista varastohyllyistä näkee helposti mitä on mukana ja millillä voi ehkä puuttuvan osan korvata.

Lämmitysjärjestelmän toiminnan selvittäminen

Ota selvää seuraavista asioista

- Ovatko laitteen käyttö- ja huolto-ohje tallella?
- Mikä lämmityslaitte on kysymyksessä, ja millä sitä lämmitetään?
- Minkä ikäinen laitteisto on, ja onko sen takuu voimassa?
- Minkä tyyppinen paisunta-astia on? Onko se vanha vai uusi?
- Onko paisunta-astian esipaine tarkistettu, ja vastaako esipaine verkoston veden korkeutta?
- Mitä lämpömittarit näyttävät? Onko mittarit asennettu verkostossa oikeisiin kohtiin?
- Onko kattila tai varaaja kylmä, lämmin vai kuumaa?
- Mikä on verkoston paine? Montako kerrosta rakennuksessa on?
- Millainen vika laitteessa on, ja miten vika ilmenee?
- Ovatko sähköi kytkettyinä, ja toimivatko valot, poltin ja varalämmitysvastus?
- Onko laitteeseen tehty jotakin muutoksia lähiaikoina? Jos on, niin minkälaisia?
- Milloin nuohooja on käynyt, ja mitä hän nuohosi?
- Toimiiko lämmitysverkoston pumppu? Kuuluuko putkistosta ja pattereista poikkeava ääniä?
- Toimivatko ilmanpoistimet? Kuuluuko ilmanpoistimesta poisto- tai muuhun?
- Loppuuko lämmin käyttövesi? Onko lämminvesikierukan lähtöputki kuumaa?
- Onko varaajasta tai kattilasta havaittavissa, liikkuvarko tulovesimittarin viisarit?
- Varmista, että varoventtiilin avautumispaine on oikea: tarkista, mikä lukema venttiiliin on leimattu.
- Sulkeutuuko varoventtiili verkoston paineen laskiessa 1,3 baarin alle?
- Onko järjestelmään äskettäin lisätty vettä? Jos on, mihin lukemaan paine nousi?
- Onko kattilan lämmönsäätimillä vuoroa? Aleneeko paine? Ellei paine alene ja kattilan sisällä on vettä, se voi olla palamisuloksena syntynyttä ja savuhor-miin tiivistynyttä (kondensoitunutta) vettä.
- Onko lämmönsäätimen toimilaitteen moottori ollut irrotettuna? Onko se asennettu oikein paikalleen?
- Varmista vanhat lauras- tai luistiventtiilit: ovatko ne kiinni vai auki?
- Tuleeko kattilahuoneeseen savua? Onko savupelti auki?

Laitteissa esiintyviä toimintahäiriöitä

Laitteiden omia asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeita tulee aina huolellisesti noudattaa.

Laitteiden virheelliseen toimintaan vaikuttavia tekijöitä

Paisunta-astiat	Mitoitusvirhe, väärä esipaine, oikean toiminnan edellyttämä käyttöpaine virheellinen, asennusvirhe, paisunta-astian kalvo rikki.
Varoventtiili	Mitoitusvirhe, vuodot, tiivisteiden vanheneminen, virheellinen asennus ja asennuskohta, höyrypoistoputken mitoitus, höyrypoistoputken asennusvirheet.
Lämpimän käyttöveden esisekoittaja	Säätötermostaatti ei toimi, huonolaatuinen rakavesi aiheuttaa toimintahäiriötä, asennusasento virheellinen, sulkuventtiili ei toimi, vuodot.
Ilmanpoistin	Verkostoa ei ole huuhdeltu huolellisesti, ilmanpoistimen vuodot, ilmanpoistin heikkoalaatuinen, sulkuventtiili puuttuu.
Sekoitusventtiili	Kara ei liiku, karan tiivisteet vuotavat, kannen tiiviste vuotaa, kannen syöpymä, laippatiivisteiden vuoto, toiminta- ja asennusvirheet.
Täyttöventtiili	Vuoto jatkuvaa, asennusasento, asennuskohta, täyttöventtiili ei vastaa vaaditun toiminnan tasoa.
Lämpimän käyttöveden kierukat	Veden virtaus heikentynyt, lämpimän käyttöveden tuotto heikentynyt, veden kulutus lisääntynyt, kierukan vuoto, asennuslaipan vuodot, läpiviennin vuodot.
Lämmitysverkoston pumput	Pumppu ei pyöri, ilmaa kerääntyy pumppuun, pumppun mitoitusvirhe, asennusvirhe, ilmausongelmat, äänihäiriöt.
Varava järjestelmä	Latausjärjestelmä ei säädä oikeaa lämpötilaa tai ei toimi oikealla tavalla, lataushäiriöistä johtuva huono palamis-työtysuhde, latauspumpun mitoitusvirhe, kierohäiriöt, latausjärjestelmän asennusvirhe, varaajassa ei muodostu lämpötilakerrostunaa, äänihäiriötä.
Tulovesimittarin käyttö	Lämmitysjärjestelmän täyttötäilavuuden varmistus vuoto- ja toimintahäiriöiden selvittämisessä.

Muut varolaitteet, ylikuumenemissuojalaitte	Kiinteän polttoaineen, eli käsin syötettävien, kattiloihin on asennettava ylikuumenemissuojalaitte, joka estää käyttö- ja toimintahäiriön aiheuttaman kattilan ylikuumenemisen. Asennuksen jälkeinen putkiston huuhdeltu tekemättä, verkoston paineen nousu, poistoputken jatkuva vuoto, kattila ei saavuta oikeaa käyttölämpötilaa, polttoaineen kulutus lisääntynyt, vesimittarin jatkuva pyöräminen.
Kattilan hoitoluokut	Vanhentuneet tiivisteet vuotavat, luukun säädöt tekemättä, lämpöeristeet vioittuneet, liekkiin tarkkailulasin vuodot, eristeiden suojalevyt ja kiinnitysrungut palaneet, korkeat pinta-lämpötilat, kiinnitys- ja sulkuvalaitteet eivät toimi.
Kattilan hormiilitännät	Savukaasuvuodot, hormi ei vedä, savupelti ei toimi, ei voi nuohota, hormi eristämättä, liitinhormi tiivistämättä, veden tiivistyminen hormiin, sadeveden valumata.
Aurinkolämmitys	Aurinkokeräimien kierohäiriöt, ilmaa keräämissä, virheellinen esipaine ja alin käyttöpaine, pumppu lämmöntuotto säätämättä, järjestelmän vuodot, varoventtiilin vuodot, paisunta-astian mitoitusvirhe, automaattikka säätämättä.
Vuodon etsiminen	Varmistus, laskeeko tai nouseeko paine, ovatko eristeet kas-tuneet, näkykö tulovesimittarissa veden virtaaman liikkeitä. Vuodon paikallistaminen vaatii monipuolista tietoa ja laitteiden tuntemusta ja myös asiantuntemusta siitä, miten vesi ja eri materiaalit käytätyvät erilaisissa lämpötiloissa ja paineissa.
Vesipainekokeen tarve	Vesipainekoe tehdään yleensä, jos kattilan tai varaajan painerungon rakenteita on korjattu hitsamalla tai jos epäillään vuotoa tai rakenteiden lujuuuusta vaarantavaa ylikuumennusta tai jos kattilan tai varaajan paine on ylittänyt hyväksytyyn rakennepaineen. Vesipainekoe on varmistusta varten tehtävä erikoistuneella yrityksellä.
Kattila tai varaaja	Paine laskee, laite ei lämmitä kuten aiemmin, ei näkyvää vuotoa, pitää äänää, hajuhaitta, mittari ja termostaatti eivät toimi oikein.
Korroosio ja syöpyvät	Hapettuneen veden aiheuttamat syöpyvät, ulkopuolisten vuotojen aiheuttamat syöpyvät, tulipesän syöpyvät, liitin-hormin savukaasuvoitteen aiheuttamat syöpyvät, huonolaatuisten raakaveden aiheuttamat syöpyvät.

Laitteen virheellisen toiminnan syyt

Paisunta-astian mitoitusvirhe ja toimintahäiriöt saattavat vai-
kuttaa astian toimintaan. Jos lämmityslaitteeseen otavataa toi-
minnahäiriön oikean syyin ja tietää, miten vika pitää korjata, on
käynyt ollut erittäin hyödyllinen.

Laitteiden virheelliseen toimintaan vaikuttavia syitä

Häiriö	Vika	Korjaus
Suuret paineen- vaihtelut, varo- venttiilin vuodot, ilman kerääntymi- nen verkostoon, paineen lasku, jol- loin täytyy lisätä vettä. Pienet lämpötilan- vaihtelut aiheut- tavat suuren pai- neenvaihtelun		<ul style="list-style-type: none"> Tarkista esipaine ja paisunta- astian kunto. Jos toteat vian, tarkista aina mitoitus ja vaihda uusi paisunta-astia. Aseta alin käyttöpainne oikeaksi.
Varoventtiili vuotaa	<ul style="list-style-type: none"> Pieni vuoto jatkuvasti tai läm- myksen loppuvaiheessa, kun paine nousee lähelle varovent- tiilin avautumispainetta ja pienet paineet alenevat ovat tavallisia. Varoventtiili voi vuotaa pienen painsuntavuuden vuoksi tai suurentuneen lämpötilaeron, käyttöpainneen muuttumisen, lämmitysliikkeen vuodon, täyttöventtiilin vuodon tai varo- venttiilin tiivisteiden vanhenemi- sen vuoksi. 	<ul style="list-style-type: none"> Tarkista paisunta-astian koko ja toimivuus. Vaihda uusi varo- venttiili ja säädä astian käyttö- paine oikeaksi.
Kattilasta kuuluu kiehumisääniä	<ul style="list-style-type: none"> Kun paine on lähellä 0-asetta, kattilasta saattaa lämmitettäessä kuulua kohinaääniä tai selvästi erottuvia höyrykuplien ääniä. Kiehumisäänet aiheutuvat kor- keasta paikallisesta lämpötilasta, sakan kerääntymisestä vesitilassa lämmönsiirtopinnoille, liian pie- nestä käyttöpainneesta tai termos- taatin toimintavirheestä. 	<ul style="list-style-type: none"> Tarkasta esipaine ja säädä alin käyttöpainne oikeaksi. Huuhtele sakkakertymä pois kattilan sisäpuolelta. Tarkasta lämpötilan säätötoimostaatin toiminta.

Lämmitysvastuk- sista kuuluu kohi- naääniä	<ul style="list-style-type: none"> Vararajan tai kattilan termos- taatin kytkettyä sähkövastuk- set toimintaan voi vastuksista kuulua voimakasta kohinaääniä. Varsinkin vanhojen laitteiden vastuksissa voi olla runsaasti sakkakertymiä, jotka aiheuttavat kiehumisääniä ja jopa vastuksen ylikkuumenemisen tai rikkoutu- misen. Pieni paine tai korkea lämpö- tila tai molemmat lisäävät kohi- naääniä, paikallisia kiehumis- ääniä. 	<ul style="list-style-type: none"> Puhdista vastus tai vaihda se uuteen. Korota painetta, tarkista paisunta-astia ja lämpötila.
Verkostossa on kiertohäiriöitä	<ul style="list-style-type: none"> Kalvopaisunta-astian liian pieni esipaine ja verkoston liian pieni käyttöpainne voivat aiheut- taa alipainetta verkoston ylim- piin kohtiin ja ilman vuodamista verkostoon. Lämmitysverkos- ton pumpun asennusasennon mukaan pienekin ilmapuuplat kiertovessa saattavat aiheuttaa veden kiertohäiriöitä. Putkiston sakkakertymät voivat myös halta- ta virtausta. 	<ul style="list-style-type: none"> Tarkasta esipaine ja säädä alin käyttöpainne oikein. Poista ilma verkostosta. Huuhtele lämmönjakoverkos- to ja lämmityspatterit. Tee vesi- ja ilmahuuhdeltu laiteomittajan erillisen ohjeen mukaan.
Pumpusta kuuluu voimakasta ääntä	<ul style="list-style-type: none"> Pumpun pesään on kerääntyi- nyt ilmaa. Pumppu kavitoi. Moottorin laakerit ovat vioit- tuneet. 	<ul style="list-style-type: none"> Poista pumpusta ilma. Asen- na verkostoon ilmanpoistin tai ilmanerotin. Tarkista pumpun tarvitsena alin paine impuolel- la. Tarkasta virtausnäätä. Vaihda pumppu tai vaihda pumpun huoltosarja. Verkoston alimman käyttöpainneen on oltava aina suurempi kuin paisunta-astian esipaine.
Verkostossa on äänihäiriöitä	<ul style="list-style-type: none"> Putkistoista kuuluu ääniä esimerkiksi sekoitusventtiilin avautuessa, jolloin kerääntyneet kaasu lähtee verkostoon. Jäähdy- neeseen kiertoveteen liuenneet kaasut erottuvat kattilassa tai vararajassa lämpötilan nousussa, ja suurentuneet kaasukuplat kul- keutuvat verkostoon aiheuttaen hyvin kuuluvaa ääniä. 	<ul style="list-style-type: none"> Asenna lämmitysverkoston menoputkeen ilmanerotin. Tarkista paineet, poista ilma ja tarkista pumpun mitoitus.

<p>Ilmanpoistimessa kuuluu ilman virtausääninä</p>	<ul style="list-style-type: none"> Järjestelmän alin käyttöpainne on säädetty virheellisesti. Paineen on aina ylitettävä esipaine. Matalissa yläjakoissa verkossa ilmanpoistin tai ilmanvaihtokoneen esilämmityspatteriin asennettu automaattinen ilmanpoistin voi patsunta-astian toimintahäiriön vuoksi alipainetilan- teessa päästää ilmaa verkostoon ja samalla hapettaa kiertovertä. Tämä veden hapatustapahut- ma voi toistua jokaisen lämmitys- jakson aikana. Esimerkiksi öljy- ja kaasukattiloilla se voi toistua jopa pari kolme kertaa tunnissa ja varavissa järjestelmissä usein lämmitysjaksua aloitettaessa. 	<ul style="list-style-type: none"> Tarkista kalvopaisunta-astian esipaine ja mitoitus. Tarkista alin käyttöpainne. Sulje toimivas- sa verkostossa ilmanpoistimen venttiili.
<p>Lämmityslaittees- sa ja verkostossa on hapen aiheut- tama syöpymä</p>	<ul style="list-style-type: none"> Hapen aiheuttamat syöpyvät verkostossa, varajasssa ja varsin- kin kattilassa ovat mahdollisia, jos kiertovesi pääsee hapatu- maan. Kattilassa happisyöpymä ilmenee tavallisimmin pohjan reikiytymisenä vesitilan puolella laajalla alueella. Vesitilan ulko- puolella näkyviä ruostejätkiä ei yleensä ole havaittavissa. 	<ul style="list-style-type: none"> Korjaa syöpymä hitsamalla, jos mahdollista, ja tarkasta pai- sunta-astian toiminta ja paine.
<p>Venttiileissä ja puukistossa on tukkeutunutta</p>	<ul style="list-style-type: none"> Hapettavat olosuhteet kierto- vedessä aiheuttavat verkostossa mustan magneetiittisakan muo- dostumista. Magneetiittisakka kerääntyy puukistoihin ja venttiili- leihin. Lämpöpatterin sulkutulp- pa voi tukkeutua kokonaan, ja veden kierto patterissa estyy. 	<ul style="list-style-type: none"> Huuhtele verkosto ja patterit. Tarkasta paisunta-astian mitoi- tus ja toiminta. Pidä verkoston toimintapaine oikeana ja seurara, että muutoksia ei tapahdu.
<p>Järjestelmän käyt- töä lyhenee</p>	<ul style="list-style-type: none"> Veden liiallinen hapatuminen lyhentää verkoston käyttöikää, ja siksi kalvopaisunta-astian moitteeton toiminta järjestelmän koko käytetyllä lämpötila-alueel- la on erittäin tärkeää. 	<ul style="list-style-type: none"> Säädä järjestelmään oikea alin toimintapaine. Tämä määräy- tyy kiinteiston vedenkorkeuden mukaan. Järjestelmän ylin paine määräytyy varroventtiilin avautu- mispaineen mukaan ylimmissä käyttölämpötilassa. Tarkasta kalvopaisunta-astian toiminta, säädä oikea paine ja sulje ilmanpoistin.

<p>Lämmitysver- koston lisätään toistuvasti vettä. Varroventtiili vuo- taa ajoittain</p>	<ul style="list-style-type: none"> Varroventtiilin avautuminen aiheuttaa tyypillisesti 0,2 baarin paineen aleneman, jos varrovent- tiili on uusi. Jos se on vanha, paineen alenema voi olla suu- rempikin. Järjestelmän jäähdyes- sä paine voi laskea nolliin tai jopa alipaineen puolelle. Tällöin veden lisäys on tarpeen. Tois- tuvat veden lisäykset kuitenkin hapettavat verkostoa ja kattilaa voimakkaasti. 	<ul style="list-style-type: none"> Aenna ensi tilassa oikean ko- koinen uusi paisunta-astia. Tarkista tai vaihda uusi varo- venttiili. Tarkista, vuotako täyttövent- tiili tai lämminvesikiertukka, ja vaihda se tarvittaessa.
<p>Pattereita ja lämmityspiiristä kuuluu häiritse- viä ääniä, vaikka vedenkierto toimii normaalisti</p>	<ul style="list-style-type: none"> Paisuntatilavuus ei riitä, esipai- ne tai käyttöpainne on virheelli- nen, paisunta-astian kalvo vuo- taa tai ilmanpoistimet päästävät ilmaa verkostoon. 	<ul style="list-style-type: none"> Tarkasta, onko paisunta-astia mitoitettu oikein. Tarkista paisunta-astian toimi- vuus: tuleeke kaasun täyttövent- tiilistä vettä? Jos tulee, kalvo on viallinen. Säädä esipaine. Poista verkostosta kaasu ja säädä sen jälkeen käyttöpainne.

Mistä tunnistaa magneetiittisakan?

Magneetiittikerros levyn pinnalla suojaan terästä ruostumiselta. Magneetiittisakka on mustaa ja hyvin tarttuvaa ainetta. Kun patterista poistaa ilmaa, siitä roiskuu mustaa vettä. Jos sitä roiskuu tapetille tai maalipinnoille, ja jos nämä tahrat ovat vaikeria puhdistaa, tahra on todennäköisesti magneetiittisak- ka.

Magneetiitin muodostuminen on selvitetty kemiallisessa yhtäössä sivulla 97.