

Kaukolämmön kiertoveden käsittely

© Energiateollisuus ry 2007

ET-Kaukolämpökansio 3/3

Energiateollisuus ry:n (ET) lämmönjakelutoimikunta asetti vuonna 2005 vedenkäsittelytyöryhmän, jonka tehtävänä oli päivittää ET:n kaukolämpöveden käsittelyä koskeva suositus KK3/1988 ja korroosio- ja vedenkäsittelyperusteita kuvaava raportti KK4/1988. Työryhmä päätyi yhdistämään ko. suosituksen ja raportin, koska käyttöhenkilöstön voidaan katsoa tarvitsevan perustiedot myös korroosion vaikutus- ja syntymekanismeista.

Työ aloitettiin tekemällä kirjallinen kysely jäsenyritysten veden käsittelystä ja siihen liittyvistä ongelmista. Vastauksia saatiin 55 yritykseltä, jotka edustavat kattavasti erikokoisia ja tekniikaltaan erilaisia kaukolämpöverkkoja. Vastauksissa toivottiin selkeämpää ohjeistusta sekä tietoa mm. lämmön määrämittareiden toiminnasta sekä lisäaineiden käytöstä. Vastauksista on yhteenveto tämän raportin liitteenä.

Uutena aiheena raportissa on käsitelty biologista korroosiota, jota on viime aikoina tutkittu Euroopassa. Suomessa ei ko. korroosion aiheuttamia vaurioita ole raportoitu, mutta tähän saattaa olla osasyynä ilmiön tunnistamattomuus.

Toinen uusi aihe on kaukojäähdytys, joka on voimakkaasti kasvussa myös Suomessa. Kaukojäähdytysveden ohjearvosuosituksia ei toistaiseksi ole, ja saadut kokemukset ja käytännöt ovat vielä hajanaisia.

Kiertoveden käsittelytavan valintaan vaikuttavat mm. raakaveden laatu, veden vaihtuvuus, verkoston laajuus, ja siksi yksityiskohtaisten ja yleispätevien suositusten laatiminen on mahdotonta. Suosituksessa onkin pyritty antamaan yleiskuvaus erilaisista vaihtoehdoista ja huomioonotettavista asioista. Erityisesti työryhmä haluaa korostaa sitä, että kiertoveden laadun tai lisäaineistuksen muuttaminen on pitkäaikainen projekti, johon on varattava riittävästi resursseja. Veden laadun muuttaminen voi aiheuttaa enemmän ongelmia kuin ongelma, jota yritetään korjata. Nyrkkisääntönä voidaan sanoa, että mikäli ongelmia ei ole aiemmin havaittu, ei niitä vesikemian muutoksilla kannata aiheuttaa.

Vedenkäsittelytyöryhmä

- Toni Aho Oy Turku Energia - Åbo Energi Ab, puheenjohtaja
- Päivi Pyörälä Helsingin Energia
- Helvi Hiedanniemi Tampereen Sähkölaitos
- Satu Viranko Fortum Power and Heat Oy
- Tarmo Mansner Vantaan Energia Oy

Lämmönjakelutoimikunta

- Antti Saviniemi Helsingin Energia, puheenjohtaja
- Toni Aho Oy Turku Energia - Åbo Energi Ab
- Eero Kiiskinen Vantaan Energia Oy
- Reima Lassila Kuopion Energia
- Jouko Miettinen Savon Voima Lämpö Oy
- Kari Niemelä Vattenfall Kaukolämpö Oy
- Veli-Pekka Sirola Energiateollisuus ry, sihteeri

Suositus korvaa aiemmat vastaavanimiset suosituksen KK3/1988 ja raportin KK4/1988.

Kaukolämmön kiertoveden käsittely

Sisällysluettelo

1. Korrosio ja kerrostumat kaukolämmön kiertovesijärjestelmissä.....	1
1.1 Korroosion sähkökemialliset perusteet	1
1.1.1 Sähkökemialliset reaktiot.....	2
1.1.2 Metallien jännitesarjat	2
1.2 Kaukolämmön tavallisimmat korroosiomuodot	3
1.2.1 Happikorrosio	3
1.2.2 Veden pH:n vaikutus	4
1.2.3 Liukoiset suolat ja saostumia muodostavat aineet	4
1.2.4 Eroosiokorrosio.....	5
1.2.5 Ammoniakkikorrosio	5
1.2.6 Galvaaninen korrosio	5
1.2.7 Jännityskorrosio.....	5
1.2.8 Biologinen korrosio.....	6
2. Veden laatu	6
2.1 Kiertoveden ohjearvosuosituksset.....	7
2.2 Muut analysoitavat aineet	8
2.3 Kiertoveden ja lisäveden käsittely ohjearvojen saavuttamiseksi	8
3. Vedenkäsittelyn valinta erikokoisiin verkkoihin	10
3.1 Vedenkäsittely pienissä verkoissa <10 MW tai verkon tilavuus 100–300 m ³	10
3.2 Vedenkäsittely keskisuurissa ja suurissa verkoissa.....	12
3.2.1 10...50 MW:n verkko	12
3.2.2 Yli 50 MW:n verkko.....	13
4. Kemikaalien käyttö	14
4.1 Yleistä.....	14
4.2 Käytettävän kemikaalin valinta	15
4.3 Hydratsiini ja sen johdannaiset	16
4.4 pH:n säätö	17
4.5 Yhdistelmäkemikaalit	17
4.6 Johtokyvyn nostamiseen käytettävät kemikaalit	17
4.7 Väriä antavat kemikaalit	18
5. Kaukolämpölaitteiden säilöntä	18
5.1 Märkäsäilöntä.....	19
5.2 Kuivasäilöntä	19
6. Veden laadun valvonta	20
6.1 Näytteenottopisteet	20
6.2 Näytteenottojärjestelmä	21
6.3 Kaukolämpöveden tarkkailu	21
6.4 Analyysimenetelmät.....	22
6.5 Analyysitulosten arviointi ja toimenpiteet	24
7. Kaukojäähdytys.....	24
7.1 Kaukojäähdytys Suomessa.....	24
8. Ympäristö ja turvallisuus.....	25
Liite: Kaukolämpöveden valmistus ja kiertoveden käsittely, jäsenkyselyn vastausten yhteenveto	

Kaukolämmön kiertoveden käsittely

1. Korroosio ja kerrostumat kaukolämmön kiertovesijärjestelmissä

Kaukolämpöverkon vesipuolella yleisimmät korroosiota ja käyttöhäiriöitä aiheuttavat tekijät ovat veteen liuenneet kaasut, lähinnä happi ja hiilidioksidi, liian korkea tai liian alhainen pH-arvo, eräät liuenneet suolat, kuten kloridit sekä saostumia muodostavat yhdisteet, esimerkiksi kovuus. Korroosio-ongelmia ja käyttöhäiriöitä aiheuttavat myös verkostoon asennetut epäasiallisissa varastoinnissa ruostuneet putket, huolimattomasti tehty asennustyö, jolloin verkkoon on päässyt hiekkaa tai joutunut erilaisia asennusjätteitä.

Tavallisimmat kaukolämpöjärjestelmän rakennemateriaalit ovat:

- hiiliteräs, josta valmistetaan putkistoja, venttiileitä ja lämmönsiirtimiä
- haponkestävä teräs, josta valmistetaan esim. lämmönsiirtimiä ja pumppujen osia
- ruostumaton teräs, josta valmistetaan esim. paljetasaimia
- valurauta, jota käytetään esim. pumppujen ja venttiilien osissa
- kupari, jota käytetään esim. lämmönsiirtimissä ja putkistoissa
- messinki, josta valmistetaan esim. venttiilejä ja vesimittareita
- muovia, josta valmistetaan säiliöitä ja putkistoja

Kaukolämpökierrossa näiden materiaalien tavallisimmat korroosimuodot vesikierron puolella ovat:

- happikorroosio
- vetyä kehittävä korroosio
- eroosiokorroosio
- ammoniakkikorroosio
- galvaaninen korroosio
- jännityskorroosio
- biologinen korroosio

1.1 Korroosion sähkökemialliset perusteet

Yleensä kaikki käyttömetallit esiintyvät luonnossa yhdisteinä ja ovat niissä ionimuodossa. Tavanomaisissa ympäristöolosuhteissa metallit esiintyvät yleensä kemiallisina yhdisteinä kuten oksideina, klorideina, sulfaatteina jne.

Kun metalli on metallisessa tilassa, metalliatomien voidaan katsoa olevan sähköisesti varautumattomia. Suolojen metallit ovat sähköisesti varautuneina ioneina. Metallien syöpyessä metalliatomit irtoavat metallikappaleesta ja muuttuvat samalla positiivisesti varautuneiksi ioneiksi. Metallista kulkee sähkövirtaa sen kanssa kosketuksissa olevaan liuokseen. Koska sähkövirta liittyy metallien syöpymiseen vesiliuoksessa, voidaan metallien syöpymistä usein tutkia tai ohjata sähköisiä menetelmiä hyväksikäyttäen.

1.1.1 Sähkökemialliset reaktiot

Metallipinnan syöpyvää kohtaa kutsutaan anodiksi. Atomien ja/tai ionien sähkövaraukset muuttuvat anodilla positiivisemmiksi eli ne hapettuvat, vaikka hapen kanssa ei tapahtuisikaan reaktiota. Teräksen ja alumiinin syöpymistä kuvaavat sähkökemialliset reaktiot ovat:



Metalliatomien muuttuessa ioneiksi jää metallikappaleeseen ylimääräisiä elektroneja. Jotta syöpymistä voisi tapahtua, on ylimääräisten elektronien poistuttava metallista liuokseen, koska metallikappaleisiin ja vesiliuoksiin voi varautua sähköä vain pieniä määriä. Vesiliuoksissa on kuitenkin lähes aina atomeja tai molekyyliä, jotka pyrkivät ottamaan metallista elektroneja eli pelkistymään. Metallipintaa kutsutaan tällöin katodiksi.

Lievästi happamissa, neutraaleissa tai emäksisissä vesiliuoksissa on yleisin metallien syöpymistä ylläpitävä katodinen reaktio, veteen liunneen hapen pelkistyminen:



Ellei happea ole erikseen poistettu vedestä, on sitä yleensä aina veteen liunneena.

Happamissa liuoksissa on metallien syöpymiseen liittyvä katodinen reaktio usein vetyionin pelkistyminen:



Katodisena reaktiona voi kuitenkin toimia myös muiden atomien tai ionien, kuten liuoksessa olevan jalomman metallin pelkistyminen.

Anodisten ja katodisten reaktioiden ei tarvitse tapahtua samalla metallipinnalla eikä edes samassa metallikappaleessa. Edellytykseksi riittää, että anodi- ja katodipinta ovat kosketuksessa samaan liuokseen sekä sähköisesti yhteydessä toisiinsa esimerkiksi maadoitusjohdinta tai putkea myöten.

1.1.2 Metallien jännitesarjat

Metallikappaleen ja sen kanssa kosketuksessa olevan vesiliuoksen rajapinnalle muodostuu sähköinen jännite-ero (potentiaaliero). Metallikappaleen ja liuoksen välistä potentiaaliero ei voida suoraan mitata, mutta kappaleen potentiaaliero (elektrodipotentiaali) valitun vertailuelektrodin (referenssielektrodi) suhteen voidaan mitata.

Elektrodipotentiaali on tavallaan mitta siitä, kuinka halukas metalli on vaihtamaan elektroneja ympäristönsä kanssa. Elektrodipotentiaalın arvo ja sen mahdolliset muutokset ilmenevät metallipinnalla tapahtuvien hapettumis- ja pelkistymisreaktioiden pyrkimystä tapahtua sekä reaktioiden nopeutta. Elektrodipotentiaalın arvo on erilainen eri metalleilla ja metallit voidaan asettaa tämän perusteella tiettyyn järjestykseen, puhutaan metallien jännitesarjoista.

Sähkökemiallinen jännitesarja perustuu termodynaamisten arvojen pohjalta laskettuihin teoreettisiin metallien reaktiotaipumuksiin eikä siinä huomioida kinetiikkaa (reaktionopeutta). Sähkökemiallisessa jännitesarjassa eri metallit on asetettu kasvavan standardipotentiaalın mukaiseen järjestykseen. Metalleja, joiden standardipotentiaali on negatiivinen, nimetään epäjaloiksi eli aktiivisiksi metalleiksi (esim. Al, Zn, Fe), ja niitä, joiden standardipotentiaali on positiivinen, nimetään jaloiksi metalleiksi (esim. Cu, Ag, Pt).

Galvaanisit sarjat perustuvat todellisissa korroosioympäristöissä vertailuelektrodin avulla määritettyihin elektrodipotentiaaleihin ja vaikka galvaaninen sarja on teoreettisista epätarkempi, on galvaanisista sarjoista saatu tieto usein hyvin käyttökelpoista esimerkiksi arvioitaessa eri materiaalien soveltuvuutta samaan rakenteeseen. Tällöin on huomioitava, että

galvaanisen sarjan mukaisesti epäjalompi materiaaleista syöpyy, jos materiaalit joutuvat sähköiseen kontaktiin.

1.2 Kaukolämmön tavallisimmat korroosiomuodot

1.2.1 Happikorrosio

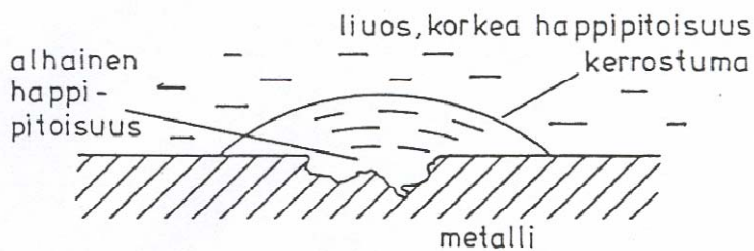
Happikorrosiota esiintyy siellä, missä happipitoinen vesi on kosketuksessa teräkseen. Happikorroosiossa teräs liukenee muodostaen rautahydroksidia:



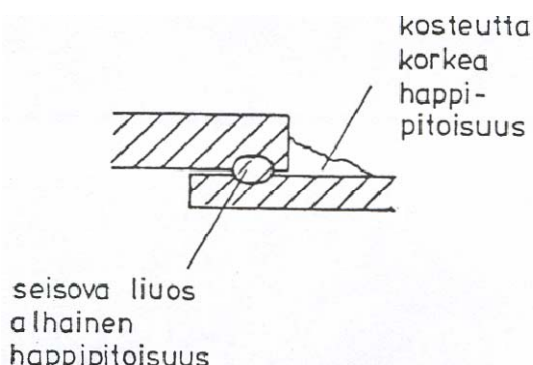
Rauta (II)-hydroksidi voi hapen vaikutuksesta hapettua edelleen erilaisiksi rautaoksideiksi, jotka rautahydroksidin kanssa muodostavat ns. ruosteen. Yli 50 °C lämpötilassa alkaa rauta (II)-hydroksidi hajaantua myös magnetiitiksi Fe_3O_4 (ns. Schikorrin reaktio).

Happikorroosionopeus kasvaa lämpötilan kasvaessa ja sitä edistää veden suolapitoisuus. Esim. vesissä, joiden sähkönjohtavuus on 100-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, voi jo happipitoisuus 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ aiheuttaa korroosiota.

Happikorrosio voi olla tasaista ns. yleistä korroosiota. Tyypillinen happikorrosio on kuitenkin teräväreunaista kuoppakorroosiota, joka tuhoaa materiaalin suhteellisen nopeasti. Myös ns. happivarjostumat, joilla tarkoitetaan hapen puuttumista tai ympäristön happipitoisuuserot, kuten raoissa ja sakkakerrostumien alla, aiheuttavat korroosiota. Tällöin puhutaan piilokorroosiosta ja rakokorroosiosta (kuvat 1 ja 2).



Kuva 1. Piilokorroosio



Kuva 2. Rakokorroosio

Kaukolämmön vesikiertoon happea voi päästä lisä- ja täyttöveden mukana, mikäli järjestelmässä ei ole kaasunpoistinta tai sen toiminta on puutteellinen. Kiertoveteen happea

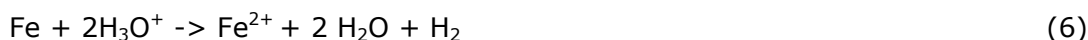
voi päästä alipaineisten osien ilmapuodoissa, avoimien paisuntasäiliöiden kautta tai käyttövesivuodoissa.

Happikorroosiota esiintyy laitteistoissa, joita ei ole säilötty oikein seisonta-ajoiksi. Järjestelmän jäähtyessä kosteus tiivistyy materiaalin pinnalle, jolloin veteen ilmasta liukeneva happi käynnistää korroosioreaktion yhtälön (5) mukaisesti. Ilman happi tunkeutuu laitteistoihin erityisesti niiden ollessa paineettomia.

1.2.2 Veden pH:n vaikutus

Veden liian alhaisesta ja liian korkeasta pH-arvosta aiheutuu sekä teräksen että kuparimetallien korroosiota.

Teräs syöpyy vetyä kehittäen alhaisen pH-arvon eli happamuuden vaikutuksesta:



Teräksen vetyä kehittävä korroosio kiihtyy pH-arvon laskiessa eli mitä enemmän vedessä on oksoniumioneja (H_3O^+). Vetyä kehittävä korroosio on nopeampaa korkeammassa lämpötilassa. Liian korkea pH-arvo edistää teräksen jännityskorroosiota. pH-alueella 9...10 näitä korroosimuotoja ei käytännöllisesti katsoen esiinny.

Kuparilla ja kuparimetalleilla voi esiintyä pistekorroosiota happipitoisissa, pehmeissä vesissä, vaikei metallin pinnalla olisikaan kerrostumaa. Tällöin veden pH-arvon on alle 7,4, kovuus alle 0,5 mmol ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$)/kg, vetykarbonaattipitoisuus (HCO_3^- mg/kg) jaettuna sulfaattipitoisuudella (SO_4^{2-} mg/kg) on alle yksi, kloridipitoisuus yli 50 mg Cl^- /kg, lämpötila yli 65 °C ja virtausnopeus alle 0,3 m/s.

Happamat pehmeät vedet aiheuttavat kuparille ja kuparimetalleille tasaisen korroosion ns. sinisen veden häiriön. Tasaista korroosiota on todettu esiintyvän yleisimmin vedessä, jonka:

- pH-arvo $\leq 6,7$
- vapaa hiilidioksidi ≥ 15 mg CO_2 /kg
- vetykarbonaattikovuus $\leq 0,54$ mmol/kg (≤ 3 °dH)
- alkaliteetti $\leq 1,0$ mmol/kg

1.2.3 Liukoiset suolat ja saostumia muodostavat aineet

Liukoiset suolat edistävät korroosiota ja suolapitoisuuden noustessa korroosio kiihtyy.

Eräät ionit voivat tunkeutua metallin pinnalla olevan suojakalvon lävitse ja aktivoida korroosion, esim. kloridi-ionit (Cl^-) aiheuttavat ruostumattoman teräksen jännityskorroosion. Kloridit edistävät myös eräiden vetolujien terästen korroosiota.

Kaikilla aineilla on tietty kyseiselle aineelle ominainen liukoisuus veteen. Mikäli tämä liukoisuusraja veteen liuenneilla suoloilla ylitetään, saostuvat ne kiinteänä aineena.

Yleensä suolojen liukoisuus kasvaa lämpötilan kasvaessa, mutta eräillä aineilla, kuten kalsiumsulfaatilla (CaSO_4) lämpötilan kohoaminen johtaa liukoisuuden pienenemiseen eli aineen saostumiseen.

Lämpötilan kohoaminen voi johtaa myös kemialliseen reaktioon, jonka tuloksena syntyy niukkaliukoinen yhdiste. Tällainen tapahtuma on esim. ohimenevän kovuuden (kalsiumvetykarbonaatin) saostuminen kalsiumkarbonaatiksi vettä kuumennettaessa:



Kaikista näistä eri syistä aiheutuvat liukoisuuden ylitykset muodostavat ns. kattilakiveä. Kattilakivi koostuu pääosin kalsiumkarbonaatista, mutta voi sisältää myös kalsiumsulfaattia sekä magnesium- ja silikaattiyhdisteitä samoin kuin rauta- ja kuparioksidgeja.

Kovuutta, ts. kattilakiveä muodostavia yhdisteitä tulee kiertoveteen käsittelemättömän lisä- ja täyttöveden sekä verkostoon tulevien vuotovesien mukana. Uudisrakentamisen ja huoltotöiden yhteydessä putkistoihin huolimattoman käsittelyn yhteydessä joutunut maa-aines aiheuttaa niin ikään veteen liuetessaan kattilakiveä.

Mikäli kaukolämmön kiertovedessä on kovuutta (kalsium- ja magnesiumyhdisteitä), on olemassa suuri vaara, että suoraan kytkettyihin kuumavesikattiloihin muodostuu kalkkikiveä. Koska kattilakiven lämmönjohtavuus on erittäin huono, estyy lämmön siirtyminen ja kattilakiven peitossa olevan materiaali voi tuhoutua ylikuumenemisen tai kuumakorroosion vaikutuksesta.

Kattilakiven lisäksi järjestelmään pääsee kiintoainetta lisä- ja täyttöveden mukana, esimerkiksi humus. Myös korroosiotuotteet kuten irtonainen magnetiitti lisäävät kiintoaineen määrää. Kiintoaine huonontaa käyttövarmuutta aiheuttamalla piilokorroosiovaaran, tukkimalla säätö- ja mittauslaitteita, aiheuttamalla virtaushäiriöitä sekä huonontamalla lämmönsiirtoa.

1.2.4 Eroosiokorroosio

Eroosiokorroosio aiheutuu eroosion ja korroosion yhteisvaikutuksesta ja sitä esiintyy etupäässä kuparilla ja kuparimetalleilla. Korroosion edellytyksenä on hapen esiintyminen vedessä. Hapen vaikutuksesta kuparin pinnalle muodostuu kuparioksidia. Nopeasti virtaava vesi aiheuttaa kuparioksidin eroosion paljasten puhtaan kuparipinnan. Tälle puhtaalle pinnalle muodostuu hapen vaikutuksesta uusi kuparioksidikerros, jonka eroosio jälleen kuluttaa pois. Täten jatkuvat vuorotellen oksidin muodostuminen ja eroosio, kunnes materiaali on tuhoutunut. Korroosionopeus kasvaa pH-arvon laskiessa ja sitä edistävät veden kiinteät hiukkaset ja kaasukuplat.

1.2.5 Ammoniakkikorroosio

Mekanismiltaan ammoniakkikorroosio on samantapainen kuin eroosiokorroosio ja sitä esiintyy kuparilla ja kuparimetalleilla. Ammoniakkikorroosion edellytyksenä on hapen ja ammoniakkin samanaikainen läsnäolo.

Ammoniakki liuottaa hapen vaikutuksesta metallipinnalle muodostuneen kuparioksidin. Puhtaalle kuparipinnalle muodostuu uutta kuparioksidia, jonka ammoniakki jälleen liuottaa. Täten korroosio jatkuu hapen ja ammoniakkin vaikutuksesta.

Vaikka ammoniakkia ei järjestelmään syötetä, saattaa joidenkin hapensidontakemikaalien hajoamistuotteina syntyä ammoniakkia.

1.2.6 Galvaaninen korroosio

Eri metallit ovat sähkökemiallisilta ominaisuuksiltaan erilaisia, kuten edellä jo todettiin (kohta 1.1.2). Tämän takia on olemassa vaara, että kahden metallin liitoskohtaan muodostuu sähköpari, jonka vuoksi toinen metalli syöpyy enemmän kuin se syöpyisi ollessaan yksinään liuoksessa samoissa olosuhteissa. Metallien sähkökemiallisista ominaisuuksista johtuen esimerkiksi hiiliteräksen ja kuparin muodostaessa sähköparin syöpyy hiiliteräs.

Kaukolämpöverkossa on useita eri metalleja liitetty toisiinsa, joten mahdollisuudet galvaaniselle korroosiolle ovat olemassa.

1.2.7 Jännityskorroosio

Jännityskorroosiossa metalliin muodostuu murtumia korroosion ja metallin ulkoisen ja/tai sisäisen vetojännityksen vaikutuksesta.

Jännityskorroosiolle ovat erittäin alttiit metalliseokset, joiden pintaa peittää passiivinen suojakerros. Tällaisia metalleja kaukolämpöjärjestelmissä ovat ruostumattomat ja haponkestävät teräkset sekä kuparimetallit. Korrosio saa usein alkunsa siitä, että tietyt ionit vahingoittavat passiivista suojakerrosta. Kloridi-ionit ovat vahingollisia ruostumattomalle ja haponkestävälle teräkselle sekä ammoniakki kuparimetallille. Liian korkea pH-arvo ja liian suuri nitriitti-ionipitoisuus puolestaan edistävät hiiliteräksen jännityskorroosiota.

Kaukolämmön kiertovesi saattaa olla jännityskorroosion aiheuttajana silloin, kun kloridipitoista kaukolämpövettä on päässyt kaukolämpöputkien pinnalle esim. vuotojen yhteydessä. Ruostumattomasta teräksestä valmistetuissa paljetasaimissa on esiintynyt ulkopinnalta alkanutta jännityskorroosiota. Tällöin paljetasaimen pinnalle on päässyt kloridipitoista vettä. Vaikka kaukolämpöveden kloridipitoisuus olisi alhainen, voi se väkevöityessään kuumen paljetasaimen pinnalla aiheuttaa korrosioaurion.

1.2.8 Biologinen korrosio

Biologista korroosiota eli MIC-korroosiota (Microbiologically Influenced Corrosion) on viime vuosien aikana tutkittu Euroopassa. MIC-korroosion aiheuttamia korrosio-ongelmia on esiintynyt mm. Tanskassa. Suomessa MIC-korroosion aiheuttamia vaurioita ei ole tunnistettu. Biologinen korrosio on mikrobien ja bakteerien aiheuttamaa korroosiota.

Mikrobien merkitys MIC-korroosiossa on hyvin suuri. Mikrobit viihtyvät kaikkialla, missä on vähänkin vettä ja lämpötila sekä pH-alueet sopivat. Mikrobikasvu on voimakkainta lämpötila-alueella 20...40 °C, mutta jatkuu aina n. 75 °C saakka. Mikrobikorroosiota edistävä pH-alue on 4,8...9.

Tärkein biologisen korroosion aiheuttaja on eliökalvon eli biofilmin muodostuminen metallin pintaan. Parhaiten tarttuminen onnistuu kohteissa, joissa on pinnan rosaisuutta esim. hitsisaumat ja virtauksen kuollut kohta, jossa mikrobeille jää aikaa erittäin liima-aineena toimivaa hiilihydraatti ennen kuin huuhtoutuvat pois. Myös pintaan takertunut kemiallinen lika esim. rasvat voivat toimia mikrobien tarttumisalustana. Kun yksi tai muutamia soluja on tarttunut pintaan, ne lisääntyvät jakautumalla muodostaen yhdyskunnan ja lopulta ohuemman tai paksumman biofilmin.

Biokorroosiota aiheuttavia mikrobilajeja ovat sulfaattia pelkistävät bakteerit, hapon- ja pelkistimien tuottajabakteerit, metallia hapettavat bakteerit sekä termofiilit bakteerit.

Biokorroosion seuranta ja havaitseminen on hankalaa, koska kiertovesi saattaa olla puhdasta vaikka säiliön ja putkiston seinämissä olisi syövyttävää kasvua. Normaalin vedenlaadun seurannan avulla biokorroosiota on erittäin vaikea havaita. Varmuudella mikrobien olemassaolo voidaan todeta vain viljelytutkimuksen avulla.

Mikäli biokorroosiota havaitaan, tulee selvittää mikrobilaji ja sen vaatimat elinolosuhteet, joiden perusteella suunnitellaan toimenpiteet.

Biokorroosion ehkäisyyn voidaan käyttää limakasvua ehkäiseviä biosideja eli limantorjunta-aineita. Useimmat niistä vaikuttavat kuitenkin vain nesteeseen jakautuneisiin mikrobeihin eivätkä tapa biofilmiä. Limantorjunta-aineiden tunkeutuvuus on huono ja siksi "myrkytyksiä" pitää edeltää tehokas mekaaninen pesu ja desinfiointi. Käytettäessä ko. aineita tulee aina kuitenkin ottaa huomioon vesikemia kokonaisuudessaan ja mahdollisesti käsittelystä aiheutuvat haittavaikutukset.

2. Veden laatu

Kaukolämpölaitosten koko vaihtelee lämmitettävän taajaman mukaan. Isoimmissa kaupungeissa on vastapainevoimalaitoksia sekä suuritehoisia kuumavesikattiloita tuottamassa lämpöenergiaa kaukolämpöverkkoon. Pienillä paikkakunnilla saatetaan lämmittämiseen tarvittava lämpöenergia tuottaa siirrettävillä lämpökeskuksilla. Periaate on kuitenkin siirtää

lämpöenergiaa asiakkaalle veden välityksellä kaukolämpöverkostossa. Verkosto koostuu pääsääntöisesti teräsputkista.

Olennaista verkoston kunnan kannalta on oikea lisä- ja täyttöveden valmistus sekä kiertoveden käsittely. Kiertoveden tulee olla sellaista, ettei rakennemateriaaleissa esiinny korroosiota ja ettei järjestelmän eri osiin muodostu haittaa aiheuttavia kerrostumia. Näin saavutetaan suunniteltu käyttöikä verkoille ja kattiloille.

2.1 Kiertoveden ohjearvosuositukset

Kaukolämpöverkon lisä- ja täyttöveden puhdistus ja laatu riippuu laitoskoosta, kytkentätavasta sekä käytettävästä raakavesilaadusta. Taulukossa 1 on esitetty kiertoveden ohjearvosuositukset, jotka riippuvat laitoskoosta ja kytkentätavasta.

Taulukko 1. Kaukolämmön kiertoveden ohjearvosuositukset

Laitoskoko ja tyyppi (kattiloiden yhteenlaskettu teho)			>100 MW		10-100 MW		<10 MW	
Laitoksen kytkentä			Epäsuora	Suora 1)	Epäsuora	Suora 1)	Epäsuora	Suora 1)
Ominaisuus								
pH-arvo	(pH 25)	2)	9...10	9...10	9...10	9...10	9...10	9...10
Kokonaiskovuus	mmol/kg		<0,143	<0,018	<0,143	<0,018	<0,143	<0,089
	°dH	3)	<0,8	<0,1	<0,8	<0,1	<0,8	<0,5
Happipitoisuus	mgO ₂ /kg		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	4)	4)
Happea sitova kemikaali			5)	5)	5)	5)	5)	5)
Ammoniakki	mgNH ₃ /kg		<5	<5	<5	<5	<5	<5
Kokonaisrauta	mgFe/kg		<0,1	<0,1	<0,1 7)	<0,1 7)	6)	6)
Kokonaiskupari	mgCu/kg		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	6)	6)
Öljypitoisuus	mg/kg		<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sähkönjohtavuus	µS/cm	8)	<150	<150	<150	<150	<150	<150
	(1 mS/m = 10 µS/cm)							
Kloridi	mgCl ⁻ /kg		<50	<50	<50	<50	<50	<50
Vetykarbonaatti	mgCO ₃ ⁻ /kg		<60	<60	<60	<60	<60	<60
Kiintoaine	mg/kg	9)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Väriaine			Silmin havaittava	Silmin havaittava	Silmin havaittava	Silmin havaittava	Silmin havaittava	Silmin havaittava

1) Suorassa kytkennässä laitospaine ≤16 bar.

2) pH:n nostoon ei suositella ammoniakkia vaan natriumhydroksidia, ks. kohta 4.4.

- pH <7: -> vetyä kehittävä korroosio, kupari ja kuparimetallit syöpyvät
- pH <9: -> teräksen happikorroosio
- pH >10 -> teräksen jännityskorroosio lisääntyy, kupari ja kuparimetallit syöpyvät, magnetiittikalvo vaurioituu

3) 1 °dH vastaa 0,178 mmol (Ca²⁺ + Mg²⁺)/kg. Kovuus aiheuttaa lämpöpinnoille huonosti lämpöä johtavia kattilakivikerrostumia.

- 4) Mikäli järjestelmässä ei ole vuotoja eikä täyttöä, asettuu happipitoisuus nolatasolle. Kiertoveden happi aiheuttaa sekä happikorroosiota että galvaanista korroosiota. Muoviputkistoja käytettäessä tulee muistaa, että kaasut diffundoituvat muovin läpi ja veteen diffundoituneista kaasuista, esim. hapesta voi olla haittaa järjestelmän muissa osissa.
- 5) Kiertoveteen voidaan lisätä happea sitovaa kemikaalia tai korroosioinhibiittia. Käytettävästä kemikaalista tai korroosioinhibiitistä ei saa aiheutua haittaa järjestelmälle tai siihen liittyvälle kattilalaitokselle. Happea sitovien kemikaalien ja korroosioinhibiittien suhteen suositellaan noudatettavan aineille annettuja ohjearvoja. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon, että myös taulukossa annettuja muita ohjearvoja noudatetaan (esim. pH-arvo).
- 6) Korkeat kokonaisrauta- ja kokonaiskuparipitoisuudet ovat seurausta järjestelmän syöpmisestä. Kuparisia osia ei suositella käytettäväksi verkossa, mikäli mahdollista, → kuparikorroosio.
- 7) Jos lisäveden rautapitoisuus ylittää ohjearvon, tulee kaukolämpöverkoston vedessä seurata tason muutosta.
- 8) Sallittu optimialue tulee määrittää tapauskohtaisesti ja se on riippuvainen täyttöveden sähkönjohtavuudesta (suolapitoisuudesta). Kiertoveden sähkönjohtavuus (suolapitoisuus) tulee pitää niin alhaisena kuin mahdollista, ettei siitä aiheudu korroosio- tai muita ongelmia.

Vastaavasti jos täyttö- ja lisävesi on erittäin vähäsuolaista tai jos veden rautapitoisuus ja/tai kiintoainepitoisuus ovat korkeat, joudutaan mahdollisesti johtokykyä nostamaan magneettisten virtausantureiden toiminnan takaamiseksi. Tällöin tulee kuitenkin aina miettiä, onko johtokyvyn nostamisesta mahdollisesti haitallisia sivuvaikutuksia ja voidaanko mittareiden toimintaan vaikuttaa muuten esim. säännöllisesti tehtävillä puhdistuksilla.
- 9) Suositellaan analysoimaan veden kiintoaine. Mikäli kiintoaine on yli 0,5 mg/kg 0,45 µm:n kalvolle suodatettuna, tulee selvittää kiintoaineen laatu ja syy. Kiintoaineesta suurin osa on normaali tilanteessa irtonaista magnetiittia.

2.2 Muut analysoitavat aineet

Kaukolämpöveden laajempi analyysi on hyvä tehdä tarvittaessa ja varsinkin jos raakaveden laadussa on muutoksia tai verkossa esiintyy ongelmia vesipuolella.

Vedestä voidaan analysoida mm. kaliumpermanganaatin kulutus, joka indikoi happea kuluttavia aineita (orgaanisen aineen määrää, öljyä, biokasvustoa, happea kuluttavia kemikaaleja).

Kloridi-, sulfaatti-, silikaatti-, natriumpitoisuudet kertovat veden suolatyypeistä ja -määrästä.

Alkalisuus kertoo pH:n muutosherkyydestä (puskuriominaisuuksista). Fosfaattia voi esiintyä vedessä mm. silloin kun voimalaitoskattiloiden ulospuhallusvesiä käytetään hyväksi verkon lisävetenä. Fosfaatti on hyvä pH-puskuri, mutta se voi aiheuttaa myös saostumia tulipinnoille ja olla ravintona biokasvustolle.

Öljypitoisuutta analysoidaan, jos vesi on sameaa ja voidaan olettaa öljyä päässeen verkkoon.

2.3 Kiertoveden ja lisäveden käsittely ohjearvojen saavuttamiseksi

Ohjearvojen mukainen kiertovesi saadaan aikaan lisä- ja täyttöveden sekä kiertoveden käsittelyllä. Vedenkäsittelyn vähimmäistavoite on poistaa vedestä kovuus, kerrostumia

muodostavat yhdisteet, pienentää kloridi- ja vetykarbonaattipitoisuutta, poistaa happi ja säätää pH alueelle, jossa eri rakennemateriaalien korroosio on minimissään.

Lisä- ja täyttöveden puhdistus riippuu laitospoistosta ja käytettävästä raakavesilaadusta. Pienissä laitoksissa, joissa lisäveden tarve on pieni, voidaan hyvällä raakavesilaadulla tulla toimeen ilman lisä- ja täyttöveden puhdistusta. Mikäli raakaveden kovuus on yli 3 °dH tai lisäveden tarve suhteessa verkon tilavuuteen nähden on suuri, tulisi lisä- ja täyttövesi pehmentää.

Keskisuurissa ja suurissa laitoksissa lisä- ja täyttövesi tulee pehmentää aina. Jos raakaveden kloridipitoisuus on korkea ≥ 50 mg Cl⁻/kg, tulisi se pienentää suolanpoistolla. Mikäli raakaveden vetykarbonaattipitoisuus on ≥ 60 mg HCO₃⁻/kg ja kattilassa on höyrytila, tulisi vetykarbonaatti pienentää suolanpoistolla tai osittaisella suolanpoistolla. Voimalaitoksiin liittyvissä kaukolämpöjärjestelmissä voidaan käyttää myös suolanpoistettua lisä- ja täyttövettä.

Pehmentimissä ja suolanpoistossa on perinteisesti ja menestyksellä käytetty ioninvaihtotekniikkaa.

Kalvoerotustekniikka (ultra- ja nanosuodatus, käänteisosmoosi) on kehittynyt viime vuosina kovaa vauhtia. Sen avulla pystytään poistamaan vedestä suodatintyyppistä ja kalvosta riippuen suolat, bakteerit ym. haitta-aineet. Kemikaalien kulutus on pienempi kuin perinteisissä ioninvaihtimissa. Tätä tekniikkaa on mahdollista käyttää myös kaukolämpöveden valmistuksessa ja puhdistuksessa.

Lisä- ja täyttöveden happi tulee poistaa ensisijaisesti termisesti. Jäännöshappi sidotaan kemiallisesti tai passivoidaan. Mikäli terminen kaasunpoisto ei ole mahdollista, tulee happi poistaa kemiallisesti tai käyttää korroosioinhibiittia.

Vaikka lisä- ja täyttövesi puhdistetaan, pyrkii kiertoveden laatu huononemaan kuluttajan käyttövesivuotojen seurauksena sekä hallitun korroosion seurauksena (magnetiitti). Lisäksi järjestelmään joutuu jo käyttöönottoaiheessa jonkin verran asennusaikaisia epäpuhtauksia. Jotta estetään kiertoveden laadun huononeminen ja hiukkasmuotoisten epäpuhtauksien haitat, tulisi kiertovesijärjestelmän paluulinja varustaa sivuvirtapuhdistuksella, jossa puhdistetaan 2-5 % päävirran virtauksesta. Sivuvirtapuhdistuksessa tulee olla mekaaninen suodatin esim. patruuna- tai magneettisuodatin ja keskisuurissa ja suurissa laitoksissa myös pehmennyssuodatin. Mikäli lisä- ja täyttövetenä käytetään suolanpoistettua vettä ja kaukolämpöjärjestelmään on runsaasti vuotoja kuluttajan laitteista, tulisi sivuvirran pehmennyssuodatin korvata suolanpoistolla. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon, että magneettiset lämpömittarit vaativat toimiakseen veteen riittävästi johtokykyä.

Kaukolämpöjärjestelmän vesien pH-arvo tulee säätää ohjearvojen edellyttämälle tasolle. Käytetystä hapen sidonta kemikaalista tai inhibiiteistä riippuen voidaan tarvita erillinen kemikaaliannostelu pH-arvoon säätöön. Käytettävät kemikaalit on valittava niin, että ne soveltuvat kaukolämpökierron eri materiaaleille.

2.4 Kaukolämpöveden värjäys

Kaukolämpöverkkojen laajentuessa ja ikääntyessä vuotovesien määrä kasvaa ja vuotojen löytäminen sekä verkolla että erityisesti kuluttajien laitteistoissa on vaikeaa. Väriaineen lisääminen kaukolämpöveden on tehokas keino vuotokohteiden löytämiseen.

Väriaine ei ole vaarallista ihmisille ja ympäristölle mutta kaukolämpövesi ei täytä talousveden laatuvaatimuksia joten värjäytynyttä vettä ei saa käyttää talousvetenä.

Ennen värjäykseen ryhtymistä on syytä suunnitella laaja tiedotuskampanja työntekijöille, asiakkaille, terveysturvaviranomaisille ja vesi- ja viemärlaitokselle sekä tiedotusvälineille.

Asiakkailta tulee kyselyjä kaukolämpöveden vaarallisuudesta, väriaineen haitoista sekä tiedusteluja siitä, että saako värjäytynyttä vettä käyttää.

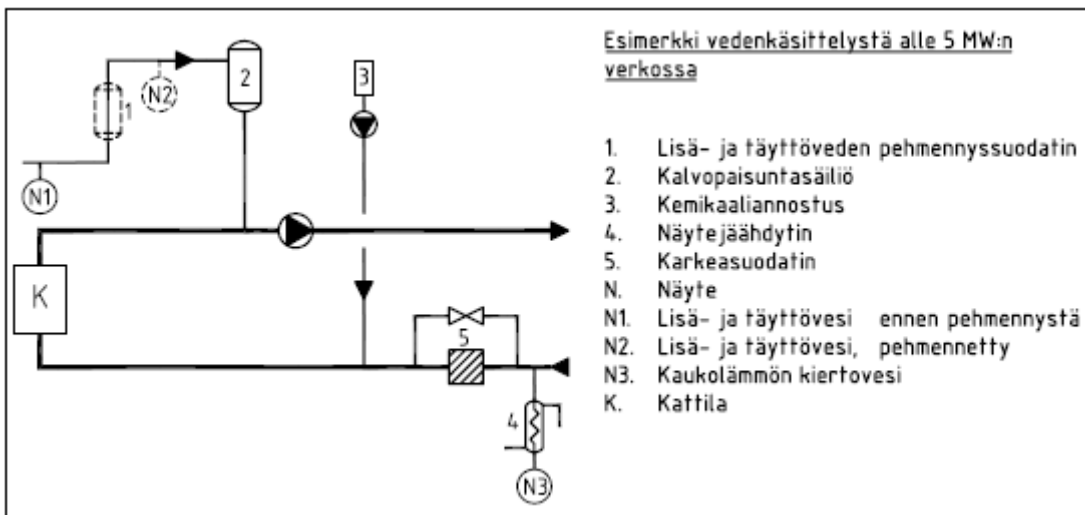
3. Vedenkäsittelyn valinta erikokoisiin verkkoihin

Lisä- ja täyttöveden valmistusmenetelmä riippuu käytettävästä raakavedestä ja kaukolämpöverkon koosta. Ohjearvosuositusten mukainen kiertovesi saavutetaan seuraavilla toimenpiteillä:

- asennusvaiheessa huolehditaan, ettei verkkoon jää mekaanisia epäpuhtauksia eikä öljyä
- lisä- ja täyttöveden pehmennyksellä
- poistetaan lisä- ja täyttöveden happi termisellä kaasunpoistolla
- sidotaan jäännöshappi kemiallisesti
- asennetaan kiertoveteen sivuvirtapuhdistus, mekaaninen suodatus ja pehmenyysuodatin
- säädetään kiertoveden pH-arvo ohjearvoalueelle
- korjataan vuotavat laitteet välittömästi

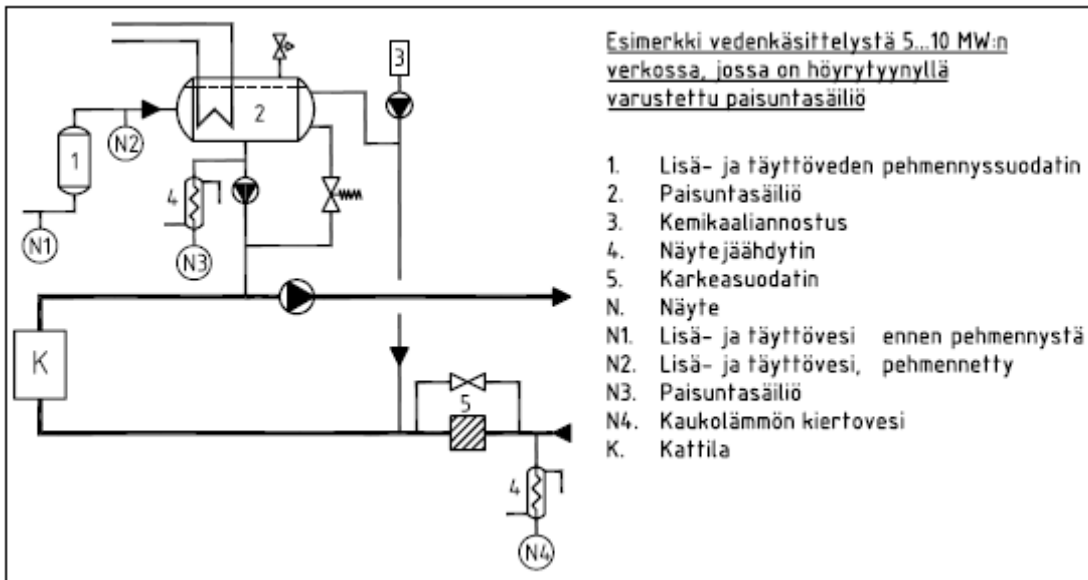
3.1 Vedenkäsittely pienissä verkoissa < 10 MW tai verkon tilavuus 100–300 m³

Alle 10 MW verkoissa ei yleensä ole vedenkäsittelyä, jos verkon tilavuus on pieni, lisäveden tarve vähäinen ja käytettävissä on hyvälaatuinen raakavesi. Mikäli lisäveden kovuus on suuri, yli 0,5 mmol (Ca²⁺ + Mg²⁺)/kg (vastaa noin 3 °dH), tulisi lisä- ja täyttövesi pehmentää.

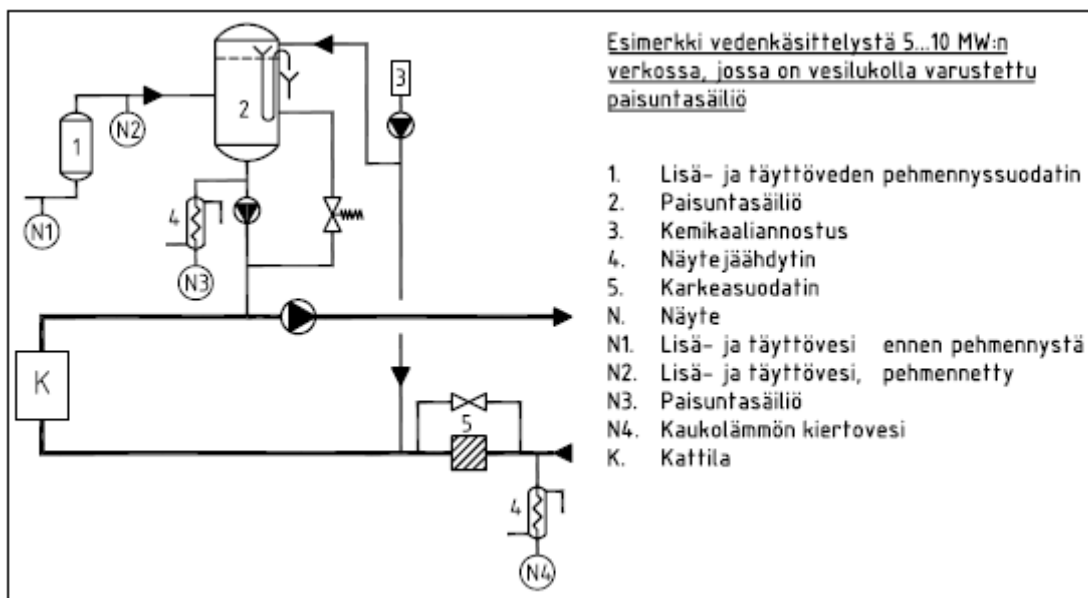


Kuva 3. Esimerkki vedenkäsittelystä alle 5 MW:n verkossa

Paisuntajärjestelmä tulisi toteuttaa suljettuna järjestelmänä. Pienitilavuuksisissa verkoissa voidaan käyttää esimerkiksi kalvopaisunta-astiaa. Suurempitilavuuksisissa verkoissa voidaan suljettu paisuntajärjestelmä toteuttaa höyrytyynillä (kuva 4) tai vesilukolla varustetulla paisuntasäiliöllä (kuva 5).



Kuva 4. Esimerkki vedenkäsittelystä 5...10 MW:n verkossa, jossa on höyrytyynyllä varustettu paisuntasäiliö



Kuva 5. Esimerkki vedenkäsittelystä 5...10 MW:n verkossa, jossa on vesilukolla varustettu paisuntasäiliö

Lisäveden happipitoisuuden seuranta varten tulee paisuntasäiliön jälkeen olla näytteenottopiste. Hapen poistamiseksi ja kiertoveden pH:n säätämiseksi suositellaan kemiallista hapenpoistoa tai korroosioinhibiittia ja mahdollisesti alkaliannostusta. Kemikaalien annostelumahdollisuus tulee olla sekä paisuntasäiliöön että kiertoveden paluujohtoon. Annostelu voidaan automatisoida kiertoveden pH:sta riippuvaksi.

Kiertoveden paluulinjassa tulee olla jäähdyttimellä varustettu näytteenottopiste kiertoveden laadun seuraamiseksi. Lisäksi ko. linjaan suositellaan asennettavaksi ohituksella varustettu mekaaninen suodatin (karkeasuodatin).

Lisäveden pehmennyssuodatinta voidaan käyttää myös kiertoveden sivuvirtapehmennyssuodattimena, kunhan putkistokytkennät tehdään niin, että tämä on mahdollista ja kiertovesi pehmennyssuodattimelle otetaan mekaanisen suodattimen jälkeen.

3.2 Vedenkäsittely keskisuurissa ja suurissa verkoissa

3.2.1 10...50 MW:n verkko

Yli 10 MW:n verkoissa tulee lisä- ja täyttövesi pehmentää. Jos raakaveden kloridipitoisuus on yli 50 mg Cl⁻/kg, tulisi sitä pienentää suolanpoistolla. Jos raakaveden vetykarbonaattipitoisuus on ≥ 60 mg HCO₃⁻/kg ja kattilassa on höyrytila, tulisi vetykarbonaatti pienentää suolanpoistolla tai osittaisella suolanpoistolla.

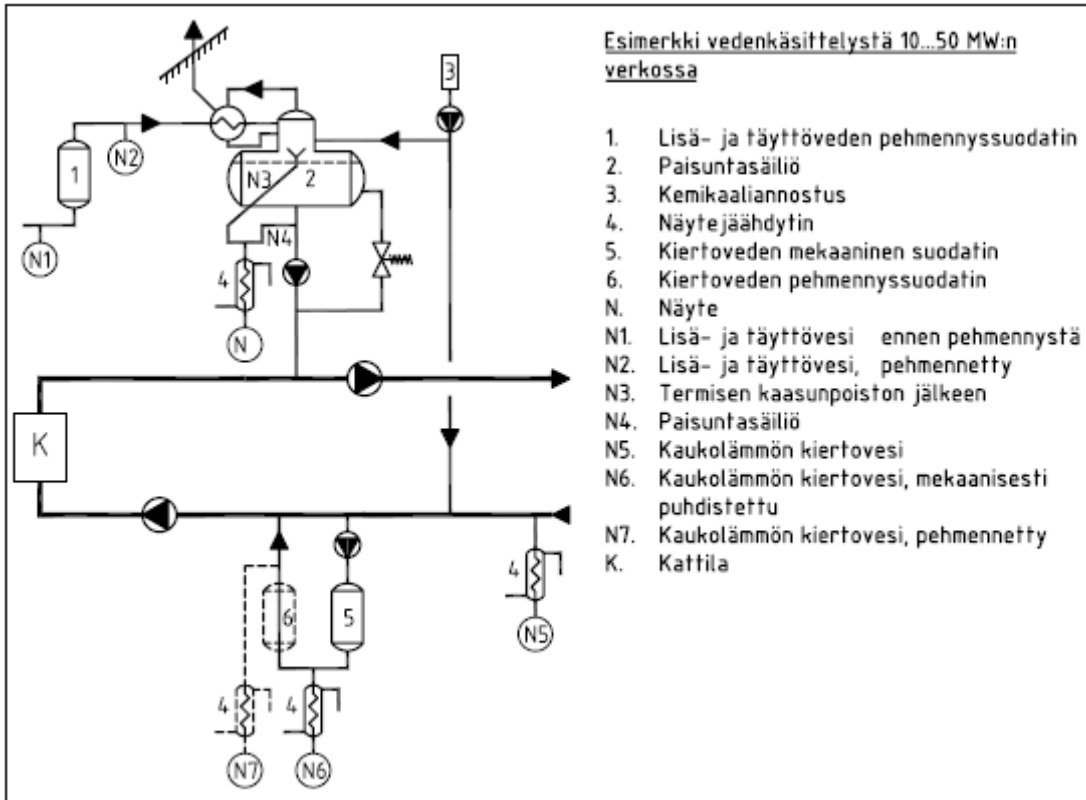
Lisäveden hapenpoistoon suositellaan termistä kaasunpoistoa ja jäännöshapen sitomista kemiallisesti. Laitoksissa, joissa terminen kaasunpoisto ei ole mahdollista, tulee käyttää suljettua paisuntajärjestelmää ja kemiallista hapen poistoa tai korroosioinhibiittia. Suljettu paisuntasäiliö voidaan toteuttaa höyrytyynillä tai vesilukolla varustetulla paisuntasäiliöllä. Lisäveden happipitoisuuden seurantaan varten tulee paisuntasäiliön jälkeen olla jäähdyttimellä varustettu näytteenottopiste. Jos käytetään termistä kaasunpoistoa, tulee näytteenottomahdollisuus olla myös kaasunpoiston jälkeen.

Sekä lisä- että kiertoveden pH-arvo tulee säätää ohjearvojen mukaiseksi. Jos kemialliseen hapenpoistoon käytetään hydratsiinia, saavutetaan vaadittu pH-arvo yleensä ohjearvon mukaisella annostuksella. Korroosioinhibiittia tai muita hapenpoistokemikaaleja käytettäessä voidaan tarvita lisäksi alkaliannostusta.

Kemikaaliannostus tulee olla sekä paisuntasäiliöön että kiertoveden paluulinjaan. Termistä kaasunpoistoa käytettäessä kemikaaliannostus tulee tapahtua paisuntasäiliössä kaasunpoistimen kaulaan.

Kiertoveden mekaaniseksi puhdistamiseksi suositellaan patruuna- tai magneettisuodatinta sivuvirtapiiriin. Suuremmissa verkoissa suositellaan lisäksi em. suodattimen jälkeen asennettavaksi pehmennyssuodatin mahdollisten vuotovesien aiheuttaman kovuuden poistoon. Sivuvirtapiirissä puhdistettavan veden määräksi suositellaan 2...5 % päävirtauksesta.

Kiertoveden laadun seurantaan varten tulee paluulinjassa olla jäähdyttimellä varustettu näytteenottopiste. Samoin tulee olla näytteenottomahdollisuus sivuvirtasuodattimen jälkeen.



Kuva 6. Esimerkki vedenkäsittelystä 10...50 MW:n verkossa

3.2.2 Yli 50 MW:n verkko

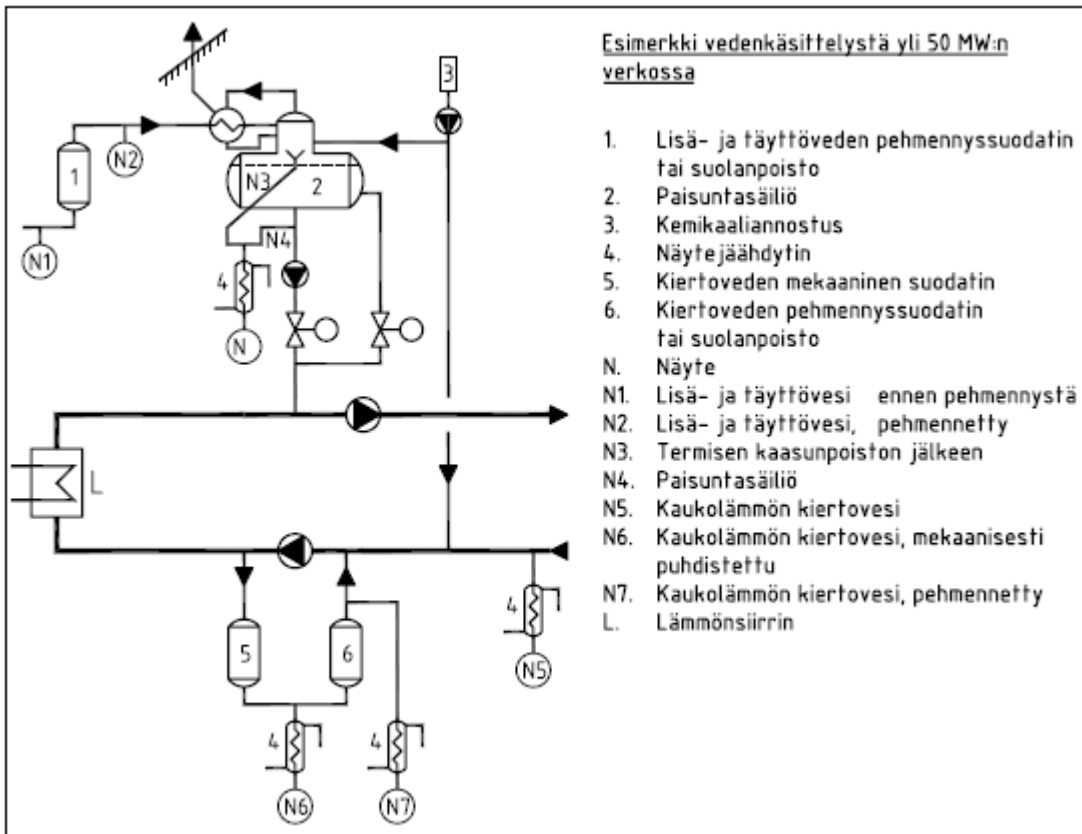
Lisä- ja täyttövesi tulee pehmentää. Jos raakaveden kloridipitoisuus on yli 50 mgCl⁻/kg, tulee kloridipitoisuus pienentää suolanpoistolla. Jos raakavedenvetykarbonaattipitoisuus on yli 60 mg HCO₃⁻/kg ja kattilassa on höyrytila, tulisi vetykarbonaatti pienentää suolanpoistolla tai osittaisella suolanpoistolla. Voimalaitoksiin liittyvissä kaukolämpöjärjestelmissä voidaan käyttää myös suolanpoistettua lisä- ja täyttövettä.

Lisäveden happi tulee poistaa termisellä kaasunpoistolla ja jäännöshappi sitoa kemiallisesti. Happipitoisuuden seurantaan varten tulee olla jäähdyttimellä varustetut näytteenottopisteet termisen kaasunpoiston sekä paisuntasäiliön jälkeen.

Lisä-, täyttö- ja kiertoveden pH-arvo tulee säätää pohjearvojen mukaiseksi. Jos kemialliseen hapenpoistoon käytetään hydratsiinia, saavutetaan vaadittu pH-taso yleensä ohjearvon mukaisella annostuksella. Korroosioinhibiittia tai muita hapenpoistokemikaaleja käytettäessä voidaan tarvita lisäksi alkaliannostusta. Kemikaaliannostus tulee järjestää termisen kaasunpoistimen kaulaan tai kiertoveden paluulinjaan.

Voimalaitokseen liittyvässä kaukolämpöjärjestelmässä tulee käyttää sellaisia kemikaaleja, jotka eivät aiheuta esimerkiksi lämmönsiirtimen vuotaessa ongelmia korkeapaineisissa höyrykattiloissa.

Kiertoveden mekaaniseksi puhdistamiseksi tulee paluulinjan sivuvirtapiirissä olla patruuna- tai magneettisuodatin sekä pehmenyysuodatin. Mikäli lisä- ja täyttövetenä käytetään suolanpoistettua vettä ja kaukolämpöjärjestelmään on runsaasti vesivuotoja kuluttajalaitteista, tulisi pehmenyysuodatin korvata suolanpoistolla. Sivuvirtapiiri voidaan toteuttaa erillisellä pumpulla tai käyttämällä hyväksi kiertovesipumpun paine-eroa. Sivuvirtapiirissä puhdistettavan veden määräksi suositellaan 2...5 % päävirtauksesta.



Kuva 7. Esimerkki vedenkäsittelystä yli 50 MW:n verkossa

4. Kemikaalien käyttö

4.1 Yleistä

Kemikaaleja annostellaan kaukolämmön kiertoveteen sekä lisä- ja täyttövedeen mm. seuraavista syistä:

- pH-arvon säätämiseksi ohjearvoalueelle
- kemialliseen hapenpoistoon
- inhibiittivaikutuksen aikaansaamiseksi
- vuotojen paikallistamiseksi
- sähkönjohtavuuden nostamiseksi

Kemikaalin annosteluun tulee aina olla perusteltu syy: onko veden laatu ohjearvojen ulkopuolella tai onko verkossa joku ongelma, joka halutaan ratkaista kemikaalillisäyksellä. Verkon vesikemia kannattaa aina pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja jos kemikaaleja lisätään, poistetaan tai vaihdetaan, kokonaisuus tulee miettiä ennen muutoksia. Esimerkiksi hapenpoistokemikaalin käyttöönottoa tulee harkita tarkoin, jos verkossa ei ole havaittu hapen aiheuttamia ongelmia.

Kemikaalien annostelupiste on riippuvainen laitoksen kytkennästä. Yleisluontoisena ohjeena voidaan ehdottaa seuraavia annostelupisteitä:

- kaukolämmön kiertoveteen, paluulinjaan
- lisä- ja täyttövedeen ennen kaukolämpöverkkoon syöttöä. Jos lisä- tai täyttövesi johdetaan paisuntasäiliössä olevaan kaasunpoistimeen, tulee kemikaalit annostella paisuntasäiliöön, esim. kaasunpoistimen kaulaan

- paisuntasäiliöön
- kaukolämpöakun kiertoon

Kemikaalien pitoisuudet kaukolämpövedessä ovat yleensä hyvin pieniä eivätkä siten muodosta työturvallisuus- tai terveysriskiä normaaleissa käyttö- ja kunnossapitotehtävissä. Sen sijaan kemikaaleja annosteltaessa on noudatettava huolellisuutta sekä käyttöturvallisuustiedotteiden ohjeita ja määräyksiä.

Kemikaalien annostelussa ja annosteluliuosten valmistuksessa on otettava huomioon mm. seuraavaa:

- kemikaalin käyttöturvallisuustiedotteet, työturvallisuusohjeet, työterveyslaitoksen OVA-ohjeet
- liuokset valmistetaan, ellei toisin ole suositeltu huoneenlämpöiseen veteen
- annosteluliuoksen väkevyys ei saa olla niin suuri, että liuoksesta kiteytyy ao. kemikaalia
- kerrallaan valmistettava liuserä ei saa olla niin suuri, että kemikaali hajoaa, kiteytyy tai haihtuu pitkän varastoinnin aikana
- liuosväkevyyden tulee olla sellainen, että annostelupumpun iskunpituus on pumpun säätöalueen keskikohdalla, jolloin annostuksen säädölle saadaan paras mahdollinen liikkuma-alue

Kemikaalit tulee varastoida lukitussa tilassa niin, että ne ovat vain kemikaaleja käsittelevien työntekijöiden saatavilla. Aina kun mahdollista, on käytettävä suljettuja siirtopurkaus- ja annostelulaitteita. Annostelupaikalla tulee olla kemikaalien ajantasaiset käyttöturvallisuustiedotteet sekä kemikaalien vaaraa ilmoittavat kyltit näkyvällä paikalla. Lisäksi annostelusta vastaavat henkilöt on koulutettava ko. kemikaalien käyttöön.

Annostelupaikalla työskenneltäessä on huolehdittava kemikaalin käyttöturvallisuustiedotteiden mukaisesta suojavarustuksesta. Varustukseen kuuluvat työvaatetuksen lisäksi esimerkiksi kokonaamari tarkoitukseen sopivalla hengityssuojaimella, suojakäsineet ja esiliina (materiaalina neopreeni tai PVC) sekä kumisaappaat. Vaikka joitakin kaukolämpökiertoon käytettäviä kemikaaleja ei ole luokiteltu vaaralliseksi, tulee suojavarusteita käyttää esimerkiksi pölyämisen tai kemikaalin tahrautuvuuden takia.

4.2 Käytettävän kemikaalin valinta

Kemikaalin toimittajan tulee antaa aineen käyttäjälle tiedot aineen koostumuksesta ja ominaisuuksista sekä hajoamistuotteista ja niiden vaikutuksista. Pelkkä kauppanimi ei ole riittävä tieto kemikaaliseosten turvalliseen käyttöön.

Kaukolämpölaitoksissa jotka tuottavat höyryä ja lämpöä elintarvike-, panimo-, meijeri- ja lääkeaineteollisuuteen on huomioitava lainsäädännön ja viranomaisohjeiden rajoitukset kemikaalien käytölle.

Laitoksen käyttöolosuhteisiin huonosti soveltuvat kemikaalit voivat omalta osaltaan nopeuttaa korroosioaurioiden etenemistä. Lisäksi kemikaalin käyttö saattaa vaikuttaa kaukolämpöverkon toimivuuteen/monitorointiin, esimerkiksi kalvoa muodostavat amiinit häiritsevät magneettisia virtausmittauksia.

Annostelukemikaalin vaihto ei ole aina ongelmaton, siksi se tulee suorittaa hallitusti vesikemian asiantuntijoiden valvonnassa.

Ennen muutostöihin ryhtymistä pitää selvittää/tehdä:

- nykytilanteen kartoitus
- miksi kemikaaleja käytetään
- miksi käytössä oleva kemikaali halutaan vaihtaa
- tehdään uuden kemikaalin soveltuvuus selvitys koko järjestelmään ja sen materiaaleille.
- tehdään kemikaalin hallittu käyttöönotto

Käytöstä poistettavan kemikaalin annostelu lopetetaan ja sen pitoisuuden annetaan pienentyä riittävästi ennen uuden aineen annostelun alkua. Tarvittaessa vaihdetaan vettä riittävästi. Muutosvaihe saattaa kestää jopa vuosia riippuen verkon koosta, kunnosta ja lisäveden määrästä. Muutoksen aikana pitää veden laatua seurata tehostetusti. Uuden aineen annostelu aloitetaan varovasti pieninä pitoisuuksina. Annostusta suurennetaan käyttökokemusten mukaisesti. Paras tulos saavutetaan, jos esim. happea sitovan kemikaalin, lisäaineen tai inhibiitin annostelu voidaan aloittaa uuteen järjestelmään.

Muutoksen aikana ja sen jälkeen varmistutaan siitä, että laitoksen vesikemiaa valvotaan asiallisesti ja säännöllisesti. Vesien laadun pitää olla ohjearvosuositusten mukainen. On huomattava, että kemikaalin vaihto aiheuttaa huomattavan lisäyksen vedenlaadun seurantarpeeseen.

4.3 Hydratsiini ja sen johdannaiset

Hydratsiinia käytetään Suomessa pääasiassa hapensidontaan voimalaitosten vesihöyrykierroissa ja kaukolämpövesissä.

Hydratsiinista ei muodostu haitallisia hajoamistuotteita, sillä se reagoi hapen kanssa muodostaen tyypeä ja vettä. Lämpötilan vaikutuksesta (> 200 °C) hydratsiini hajoaa tyypeksi sekä ammoniakiksi, joka nostaa veden pH arvoa.

Kemiallisilta ominaisuuksiltaan hydratsiini on voimakas pelkistin ja heikko emäs. Suomeen tuodaan vesiliuoksia, joiden hydratsiinipitoisuus on 15-64 %. Hydratsiinin varoitusmerkinnät ovat myrkyllinen (T) ja ympäristölle vaarallinen (N). Vaaraa osoittavat standardilausekkeet (R-lausekkeet) riippuvat hydratsiinin pitoisuudesta:

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| - pitoisuus \geq 25 % | R45, R23/24/25, R34, R43 |
| - $10 \leq$ pitoisuus < 25 % | R45, R20/21/22, R34, R43 |
| - $3 \% \leq$ pitoisuus < 10 % | R45, R20/21/22, R36/38, R43 |
| - $1 \% \leq$ pitoisuus < 3 % | R45, R43 |
| - $0,1 \% \leq$ pitoisuus < 1 % | R45 |

Turvallisuustoimenpiteitä osoittavat lausekkeet ovat S53, S45, S60 ja S61.

Ko. lausekkeissa esitetään seuraavaa:

- | | |
|-------------|---|
| - R20/21/22 | Terveydelle vaarallista hengitettynä, joutuessaan iholle ja nieltynä |
| - R23/24/25 | Myrkyllistä myös hengitettynä, joutuessaan iholle ja nieltynä |
| - R34 | Syövyttävää |
| - R36/38 | Ärsyttää silmiä ja ihoa |
| - R43 | Ihokosketus voi aiheuttaa herkistymistä |
| - R45 | Aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa |
| - S45 | Onnettomuuden sattuessa tai tunnettaessa pahoinvointia hakeuduttava heti lääkärin hoitoon |
| - S53 | Vältettävä altistumista -ohjeet luettava ennen käyttöä |
| - S60 | Tämä aine ja sen pakkaus on käsiteltävä ongelmajätteenä |
| - S61 | Vältettävä päästämistä ympäristöön |

Hydratsiini on vaarallisten aineiden luettelossa (STMa 509/2005) luokiteltu ryhmään 2 kuuluvaksi syöpää aiheuttavaksi aineeksi. Aineen osalta on noudatettava valtioneuvoston päätöstä työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta (716/2000) ja sen nojalla annettuja määräyksiä.

Hydratsiinia on ensisijaisesti aina käsiteltävä suljetussa järjestelmässä. Suojautumisen tulee olla tarkoituksenmukaista, jolloin vältetään sumun ja höyryjen hengittämistä, ihokosketusta sekä tuotteen joutumista silmiin.

4.4 pH:n säätö

Kiertovedessä käytetystä happea sitovasta kemikaalista tai korroosioinhibiitistä riippuen voidaan lisäksi tarvita jokin alkalinen kemikaali, jolla pH-arvo säädetään ohjearvoalueelle. Tällainen kemikaali on esimerkiksi natriumhydroksidi (lipeä, NaOH), joko puhtaana tai kemiallisen hapenpoiston yhdistelmäkemikaaleissa.

Natriumhydroksidia on saatavana sekä liuoksena (enimmäispitoisuus noin 50 %) että kiinteänä tuotteena. Kemiallisilta ominaisuuksiltaan se on vahva emäs. Vaaraa osoittavat varoitusmerkinnät ja standardilausekkeet riippuvat natriumhydroksidin pitoisuudesta:

- pitoisuus ≥ 5 %, varoitusmerkintä syövyttävä C, R35
- pitoisuus 2...5 %, varoitusmerkintä syövyttävä C, R34
- pitoisuus 2...0,5 %, varoitusmerkintä ärsyttävä (Xi), R 36/38

Turvallisuustoimenpiteitä osoittavat lausekkeet S1/2, S26, S37/39 ja S45.

Ko. lausekkeissa esitetään seuraavaa:

- | | |
|----------|---|
| - R34 | Syövyttävää |
| - R35 | Voimakkaasti syövyttävä |
| - R36/38 | Ärsyttää silmiä ja ihoa |
| - S1/2 | Säilytettävä lukitussa tilassa ja lasten ulottumattomissa |
| - S26 | Roiskeet silmistä huuhdeltava välittömästi runsaalla vedellä (15 min ajan) ja mentävä lääkäriin |
| - S37/39 | Käytettävä sopivia suojakäsineitä ja silmien- tai kasvonsuojainta |
| - S45 | Onnettomuuden sattuessa tai tunnettaessa pahoinvointia hakeuduttava heti lääkärin hoitoon (näytettävä tätä etikettiä, mikäli mahdollista) |

Huom! Lipeäliuos kuumenee voimakkaasti vedellä laimennettaessa.

Ammoniakkia ei suositella kiertoveden pH-arvon nostoon. Sitä voi kuitenkin olla kaukolämpövedessä kemikaalien hajoamisen seurauksena tai mikäli kattilalaitosten ulospuhallusvesiä hyödynnetään kaukolämmön lisävedeksi. Pitää huomioida ettei NH₃-pitoisuuden ylärajaa (NH₃ < 5 mg/kg) ylitetä.

4.5 Yhdistelmäkemikaalit

Viime vuosina markkinoille on tullut lukuisia yhdistelmäkemikaaleja, joilla voidaan korvata usean kemikaalin käyttöä. Kyseisiä yhdistelmiä myös räätälöidään yksilöllisen tarpeen mukaan. Yhdistelmäkemikaalissa saattaa olla sekä hapensitoja, pH:n säätäjä että korroosioinhibiitti. Näitä kemikaaleja käytettäessä tai niihin siirryttäessä on erittäin tarkoin selvitettävä kemikaalin koostumus ja soveltuvuus käyttötarkoitukseen.

Yhdistelmäkemikaaleista on aina saatava toimittajalta tuoteseloste sekä käyttöturvallisuustiedote.

4.6 Johtokyvyn nostamiseen käytettävät kemikaalit

Magneettisten määrämittausten toiminnan kannalta veden sähkönjohtavuudella on merkitystä. Johtokyky suositellaan pidettäväksi mahdollisimman pienenä, alle 100...150 μ S/cm. Mittareiden säännöllinen puhdistus on tarpeen riippumatta veden johtokyvystä.

Korkea suolapitoisuus lisää korroosioriskiä. Suolat voivat olla myös mikrobien ravinteena. Mikrobikasvu on voimakkainta lämpötila-alueella 20...40 °C.

Pehmennettyä suolapitoista lisävetä käytettäessä ei suolanlisäystä yleensä tarvita. Käytettäessä lisävetenä suolatonta vettä sopii lipeä hyvin johtokyvyn nostoon. Se on myös

voimakas emäs, joka nostaa veden pH-arvoa. Mikäli lipeän käyttö ei nosta johtokykyä riittävästi oikealla pH alueella, voidaan johtokykyä nostaa myös natriumsulfaatin avulla.

Natriumsulfaatti (glaubersuola, Na_2SO_4) voidaan annostella kiertoveteen 10 % vesiliuoksena. Annostusta säädetään veden johtokyvyn perusteella. Kidevedellinen natriumsulfaatti ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$) 50 mg/l nostaa täyssuolanpoistetun veden johtokyvyn arvoa 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Natriumsulfaatti ei ole terveydelle haitallinen eikä sitä tarvitse merkitä EU-direktiivien mukaan. Henkilökohtaisina suojaimina hiukkassuodattimella P2 varustettu puolinaamari sekä pölyä läpäisemätön suojapuku sekä PVC- tai muut muoviset käsineet ja suojasilmälasit/kasvosuojain.

4.7 Väriä antavat kemikaalit

Kaukolämpövedeen lisätään yleisesti vuotojen paikallistamiseksi väriaineita, joiden fluorisoiva väri havaitaan pienissäkin pitoisuuksissa voimakkaalla ultravioletivalolla.

Väriaineelle asetettavia vaatimuksia:

- aineen on oltava myrkytön
- aine ei saa olla haitallista kaukolämpölaitteille ja kattiloille
- aineen menekki on pieni
- aine havaitaan pienissäkin pitoisuuksissa

Seuraavat värjäykseen käytetyt kemikaalit täyttävät em. vaatimukset:

- Pyraniini (solvent green 7, $\text{C}_{16}\text{H}_7\text{Na}_3\text{O}_{10}\text{S}_3$)
- Uraniini (solvent yellow 94, $\text{C}_{20}\text{H}_{10}\text{Na}_2\text{O}_5$)

Yleisimmin käytettyjä väriaineita ei ole luokiteltu vaarallisiksi.

Kemikaalien käsiteltäessä pölyävyyden ja värjäävyyden vuoksi tarvitaan seuraava henkilökohtainen suojavarustus:

- käsineet
- suojalasit/kasvosuojain
- tarkoituksenmukainen suojavaatetus

5. Kaukolämpölaitteiden säilöntä

Hapen pääsy kaukolämpöjärjestelmään estetään:

- poistamalla happi lisävedestä termisellä kaasunpoistolla
- käyttämällä kalvopaisunta-astioita
- paisuntasäiliöt ja lämpöakut varustetaan höyrytyynillä
- inerttikaasun pienellä ylipaineella

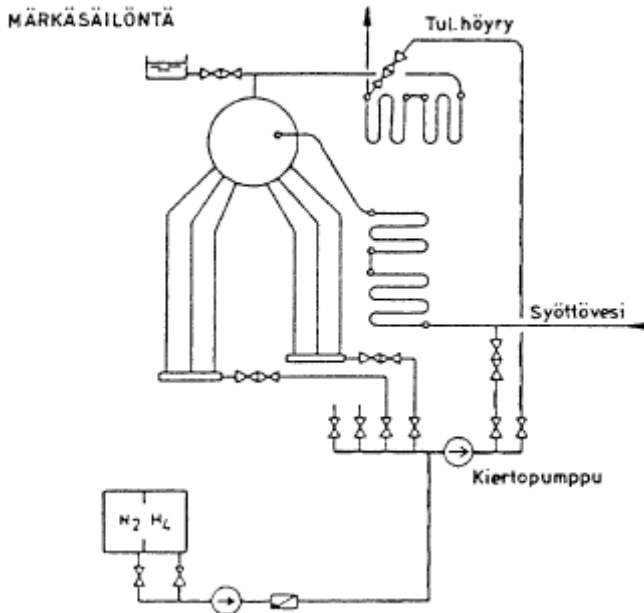
Toimiva ja tehokas säilöntätoimenpide on kierrättää lämmintä hapetonta kaukolämpövedettä laitteiston/putkiston läpi. Putkistot tyhjennetään vain lyhyiden huoltoseisokkien ajaksi, jolloin tehdään tarvittavat korjaustyöt. Töiden valmistuttua putkisto täytetään mahdollisimman nopeasti kaukolämpövedellä.

Puolityhjtät laitteet ovat alttiita happikorroosiolle ja kuparin aiheuttamalle pistekorroosiolle, jota nopeuttaa mm. kiertoveden korkea suolapitoisuus.

Kuparin aiheuttamaa galvaanista korroosiota on löydetty mm. voimalaitosten kaukolämmönvaihtimien vesipuolelta.

5.1 Märkäsäilöntä

Kaukolämpökattiloille on käytetty märkäsäilöntää, jossa kattilan vesi-höyrykierto täytetään kokonaan vedellä. Veden kierrätys ja lämmitys suojaavat myös savukaasupintoja seisonta-ajan happokorroosiolta.



Kuva 8. Höyrykattilan märkäsäilönnän periaatekuva

Säilönnässä happea sitovana kemikaalina käytetään tavallisesti hydratsiinia, mutta myös muita kemikaaleja kuten amiinijohdannaisia ja tanniinipreparaatteja voidaan käyttää. pH-arvon säätöön voidaan käyttää ammoniakkia.

Säilöntäliuoksen hydratsiinipitoisuus on riippuvainen säilöntäajan pituudesta ja siitä käytetäänkö säilöntään hapetonta vettä.

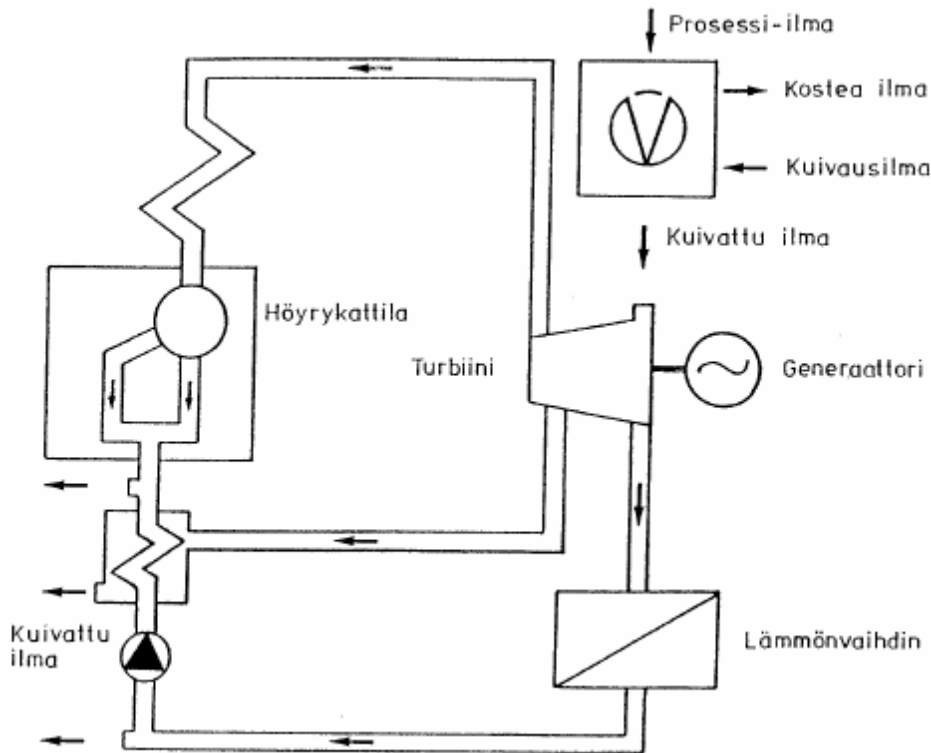
Käytettäessä säilöntäliuoksen valmistukseen happipitoista suolatonta vettä, ovat ohjeelliset arvot seisonta-ajan pituudesta riippuen seuraavat:

- pH-arvo 10...11,5
- hydratsiinipitoisuus:
 - viikon seisokki > 50 mg/kg
 - kuukauden seisokki > 100 mg/kg
 - yli kuukauden seisokki > 300 mg/kg
- höyry- tai typpityynyn paine 0,1 bar ylipainetta

5.2 Kuivasäilöntä

Kuivasäilöntä voidaan toteuttaa:

- absorptiokuivaimella jossa laitteistoon puhalletaan jatkuvasti kuivattua lämmintä ilmaa siten, että koko ilmamäärä vaihtuu 2...3 kertaa tunnissa
- inerttikaasulla, esim. typpikaasulla, jolloin laitteistossa pidetään pieni kaasun ylipaine



Kuva 9. Pienen kattilalaitoksen kuivasäilöntä

6. Veden laadun valvonta

6.1 Näytteenottopisteet

Kaukolämpöjärjestelmän laadun valvonnan, kiertoveden ohjearvojen noudattamiseksi ja kemikaaliannostusten säätämiseksi tulee järjestelmästä ottaa riittävästi vesinäytteitä analysoitavaksi.

Pienissä laitoksissa tapahtuvasta näytteenotosta on esimerkit kuvissa 3, 4 ja 5 sekä keskisuurten ja suurten laitosten näytteenotosta kuvissa 6 ja 7.

Näytteenottomahdollisuus tulisi olla ainakin seuraavissa kohteissa:

- verkosta palaavasta kaukolämpövedestä
- kiertoveden puhdistuksesta
- ennen mekaanista puhdistusta (suodatusta) ellei näyte ole sama kuin verkosta palaava kaukolämpövesi
- mekaanisen puhdistuksen jälkeen
- pehmennyssuodattimen jälkeen
- lisä- ja täyttöveden käsittelyssä
- ennen pehmennyssuodatinta
- pehmennyssuodattimen jälkeen
- termisen kaasunpoistimen jälkeen
- paisuntasäiliössä
- lämpökassa

Kaukolämpöjärjestelmä tulee varustaa edellä esitetyillä näytteenotoilla mieluiten jo rakennusvaiheen aikana. Väliaikaisratkaisuna näytteitä voidaan ottaa siihen parhaiten soveltuvista paikoista. Tällöin analyysituloksia arvioitaessa on otettava huomioon puutteellisen näytteenoton tuloksiin mahdollisesti aiheuttamat virheet.

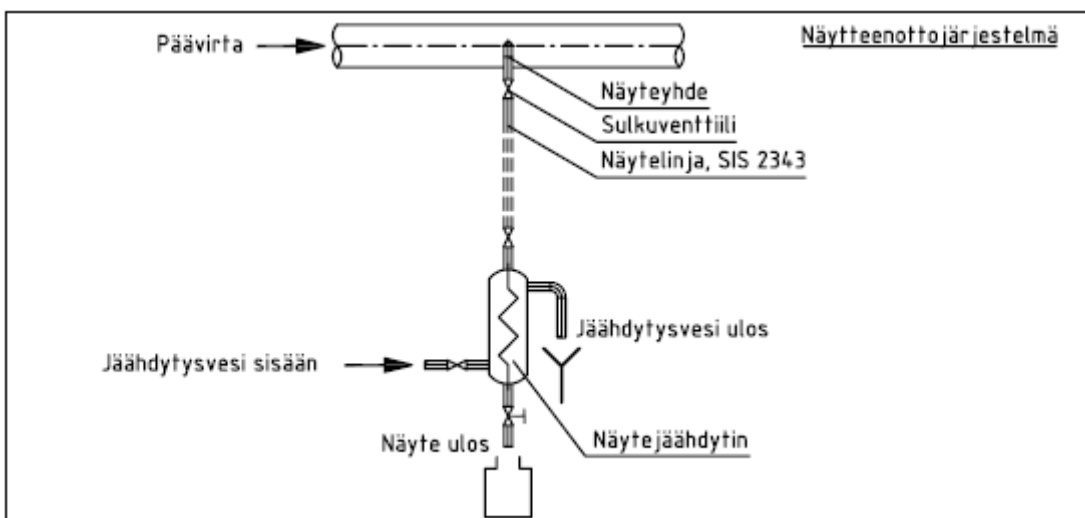
6.2 Näytteenottojärjestelmä

Analyysijä varten tarvitaan edustava näyte, toisin sanoen näyte, jonka koostumus on sama kuin tutkittavassa päävirrassa. Näytteen koostumus ei saa muuttua näytteenoton, jäähtymisen eikä ennen analysointia mahdollisesti tapahtuvan säilytyksen aikana. Näytteenotto varustetaan jäähtytimellä.

Ennen näytteen ottamista on vettä juoksettava riittävästi, jotta näyte vastaa analysoitavan kohteen vesivirtaa. Ellei näytelinjaa huuhdota, voivat linjassa olevat epäpuhtaudet tai seisonut vesi aiheuttaa virheellisiä analyysituloksia. Näytteenotto tulee suorittaa aina samalla tavalla, jotta saadaan vertailukelpoisia tuloksia.

Analysointilämpötila on 20–25 °C.

Näytteenottojärjestelmän koostumus on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Näytteenottojärjestelmä

6.3 Kaukolämpöveden tarkkailu

Veden laaduntarkkailun tiheys ja analysoitavat suureet riippuvat kiertoveden laadusta, esiintyneistä ongelmista, veden kulutuksesta ja lisäveden laadusta. Mikäli veden laatu on hyvä, ohjearvojen mukainen, lisäveden kulutus on vähäistä eikä ongelmia esiinny voidaan analyysitaajuutta harventaa. Vastaavasti ongelmien ilmaantuessa pitää taajuutta tihentää.

Kaukolämpölaitoksissa verkosta palaavasta kaukolämpövedestä tulee normaalitilanteessa analysoida:

1-2 kertaa kuukaudessa:

- pH-arvo
- kokonaiskovuus
- happea sitova kemikaali, jos sitä käytetään (tai useammin/harvemmin, toimittajan suosituksen mukaan)
- sähkönjohtavuus
- kokonaisrauta
- happipitoisuus, harvemmin, jos ei esiinny
- ammoniakki, jos esiintyy
- kokonaiskupari, jos esiintyy

- väriainepitoisuus, jos väriä käytetään
- kiintoainepitoisuus

Tarpeen mukaan:

- kaliumpermanganaatin kulutus
- kloridi
- silikaatti
- sulfaatti
- natrium
- alkaliteetti
- fosfaatti, jos esiintyy
- öljypitoisuus

Kiertoveden sivuvirtapuhdistuksen tarkkailu

Mekaanisen suodattimen (patruuna- tai magneettisuodattimen) toimintaa valvotaan mm. paine-eromittarilla. Suodatuskykyä voidaan seurata kalvosuodatuksien ja kokonaisrauta-analyysien avulla.

Lisä- ja täyttöveden valmistuksen tarkkailu

Lisä- ja täyttöveden pehmennystä valvotaan vesimäärämittareilla ja jäännöskovuusanalyysien. Pehmentimestä tulevan veden kovuutta seurataan jakson (kapasiteetin) loppupuolella päivittäin ja vaihtelevalla raakavesilaadulla useammin, jotta elvytys/pesujakso voitaisiin ajoittaa oikein.

Mikäli käytetään suolanpoistettua vettä tai pienemmissä verkoissa vesijohtovettä lisä- ja täyttövedenä, valmistuksen tarkkailu hoidetaan vettä valmistavan laitoksen toimesta.

Kaasunpoistimen toiminnan tarkkailu

Kaasunpoistin tulee tarkastaa erilaisissa kuormitus- ja käyttöolosuhteissa sekä häiriötilanteissa. Kaasunpoistimen toimivuutta voidaan valvoa jäännöshappianalyysien avulla. Muita toiminnasta tietoa antavia suureita ovat lämpötila ja paine. Lisäksi on varmistettava, että kaasunpoistimesta poistuu riittävä hönkähöyrymäärä.

Paisuntasäiliöiden ja lämpöakkujen veden tarkkailu

Paisuntasäiliöiden ja lämpöakkujen vesistä tarkkaillaan säiliön koosta, järjestelmästä ja tarpeesta riippuen lähinnä samoja suureita kuin kiertovedestä.

6.4 Analyysimenetelmät

Oman analytiikan luotettavuus tulee tarkistaa ulkopuolisessa laboratoriossa. Yritysten, jotka eivät itse tee analyysijä, tulee teettää ne ulkopuolisessa, voimalaitosten ja kaukolämpölaitosten vesianalytiikan hallitsevassa laboratoriossa. Analyysitulosten lisäksi laboratorion tulisi saada kirjallinen lausunto vedenlaadusta.

Kaukolämpölaitoksilla voidaan käyttää samoja analyysimenetelmiä kuin höyryvoimalaitoksilla. Tärkeimmät käytössä olevat menetelmät:

- EN- ISO-standardit
- SFS-standardit
- analysointimenetelmien- ja mittareiden toimittajien ohjeet

pH-arvo ja sähkönjohtavuus (SFS 3021, SFS-EN 27888)

Nämä arvot voidaan mitata ns. kynämittareilla, kannettavilla mittareilla, jatkuvatoimisilla kiinteästi asennetuilla mittareilla tai laboratoriomittareilla. Mittarit on huolellisesti kalibroitava

ohjeiden mukaisesti. Kaukolämpövedessä pH-papereita ei suositella niiden epätarkkuuden vuoksi. pH-arvoon vaikuttaa voimakkaasti näytteen lämpötila, varsinkin erittäin puhtailla vesillä, joten näyte tulisi olla mitattaessa aina samassa 20-25 °C lämpötilassa. Sähkönjohtavuus on myös voimakkaasti riippuvainen lämpötilasta, mutta sen vaikutus voidaan kompensoida mittausteknisesti.

Liennut happi (sähköinen mittausta tai ampullilla Rhodazine D-menetelmä, CHEMetrics)

Happimittaus tulee tehdä suoraan näytevirrasta. Pitoisuus määritetään liunneen hapen mittarilla, jonka herkkyys on riittävä (mittausalue vähintään 1–10000 µg O₂/l, tarkkuus vähintään 1 µg/l = ppb) tai ns. ampullimenetelmällä (huomioitava määritysalue ja tarkkuus).

Happimittauksessa näytelinjan ja mitta-astian on oltava erittäin tiivis, hitsattua metallia. Muovi- tai kumiletkua käytetään mahdollisimman vähän, ettei happea pääse imeytymään letkun läpi näytteeseen.

Rauta, kupari, ammoniakki, hydratsiini

Nämä voidaan määrittää valmiilla testipakkauksilla (huomioitava määritysalue ja tarkkuus) tai tarkemmilla menetelmillä laboratorio-oloissa. Laboratorioissa on käytössä useita määritysmenetelmiä, esim.

- Rauta: tioglykoliappomenetelmä, fotometrinen (VGB-Handbuch Chemic im Kraftwerk; Bestimmung des Gesamt-Eisens mit Thioglycolsäure, Blatt 3.2.5.1. Ausgabe 2/86)
- Rauta: O-fenantroliinimenetelmä, fotometrinen (ETY-raportti 15/85)
- Rauta: TPTZ-menetelmä, fotometrinen, SFS 3028
- Kupari: PAR-menetelmä, fotometrinen, Eine einfache Methode zur Kupferbestimmung in Kesselspeisewassern und Turbinerkondensaten, VGB Mitteilungen 48, 1968
- Ammoniakki: ioniselektiivinen mittausta
- Ammoniakki: fenolinitroprussidimenetelmä, fotometrinen, SFS 3032
- Hydratsiini: dimetyyliaminobentsaldehydimenetelmä, fotometrinen, Rolf Freier: Kesselspeisewasser Technologie, Betriebsanalyse, 2. Auflage, Berlin 1963

Kovuus (SFS 3003)

Kovuus voidaan analysoida suuntaa antavasti pikatesteillä (esim. Durognost) tai tarkemmin titrausmenetelmällä laboratorioissa.

Kiintoaine (SFS-EN 872) voidaan määrittää kalvosuodatusmenetelmällä joko punnitsemalla tai silmämääräisesti arvioimalla kiintoaineen määrää. Apuna voidaan käyttää esim. kokonaisraudan vertailukarttoja (Millipore: Membrane Filter Comparison Chart, Babcock & Wilox).

Hapenpoistokemikaalin ja inhibiittorin pitoisuus

Kaukolämpövedeen lisättävää kemikaalia varten on aineen toimittajan tärkeä selvittää käyttäjälle luotettava ja yksinkertainen pitoisuuden mittaustapa ja se, aiheuttaako lisäaine häiriöitä muihin analyyseihin.

Väriaineen määrä

Väriaineen määrä voidaan mitata mm. fotometrisesti. Väriin voimakkuus ja aallonpituus riippuu pH:sta, joten näytteen pH pitää säätää määrätulle alueelle ennen mittausta. Väriaine häiritsee useita muita analyysimenetelmiä ja sen vaikutus on huomioitava.

Silmämääräiset tutkimukset

Kaukolämpövedestä voidaan havaita silmämääräisesti esim. öljy, väriaineen riittävyys ja kiintoaineen määrä. Jos vesi on sameaa, aiheuttaa se fotometrisissä mittauksissa virhettä ja sen vaikutus on huomioitava.

Putkiston sisäpuolista kuntoa tulee tarkkailla, esim. putkikorjausten yhteydessä.

6.5 Analyysitulosten arviointi ja toimenpiteet

Mikäli analyysien havaitaan jokin häiriötilanne, ts. epänormaali tai ohjearvosuosituksesta poikkeava analyysiarvo, on ryhdyttävä toimenpiteisiin. Hyvin tärkeää on muistaa tiedonkulun tärkeys: Häiriötilanteesta on sen varmistuttua viipymättä luotettavasti tiedotettava tarpeellisille henkilöille.

Useissa tilanteissa, kun saadaan epänormaali analyysiarvo, on syytä suorittaa täydentäviä tutkimuksia. Ensimmäiseksi tarkistetaan näytteenoton oikeellisuus, analyysin suorittamisessa mahdollisesti tulleet virheet jne.

Sen jälkeen otetaan uusintanäyte ja lisäksi tarvittaessa näytteitä häiriöalueen (esim. verkon) eri pisteistä. Näytteet on analysoitava mahdollisimman pian.

Analyysituloksia verrataan ohjearvoihin ja ko. näytteen normaaliarvoihin sekä seurataan tulosten kehitystä. Samoin tarkastetaan, mikäli se on mahdollista, eri analyysisuureiden samansuuntaiset häiriötilaa osoittavat muutokset (esim. kovuus kiertovedessä ja pH-arvon laskeminen osoittaa talousvesivuotoa kaukolämmön vesikiertoon).

Kun analyysituloksin todetaan häiriö, arvioidaan häiriötapahtuman todennäköisin syy, selvitetään se ja poistetaan. Korjaustoimenpiteiden jälkeen tehdään tarvittavat tarkastusanalyysit. Usein seuranta-analytiikkaa joudutaan tekemään pitemmällä aikavälillä, jotta korjaustoimenpiteiden vaikutus saadaan näkyviin.

Kemikaalien annosteluista, analyysituloksista ja muista mitatuista arvoista tulee pitää kirjaa. Tulokset pitää säilyttää riittävän kauan, vähintään 10 vuotta, mahdollisia myöhemmin tehtäviä selvityksiä varten.

Lisäveden kulutus, samoin kuin verkolla tapahtuneet vauriot ja niiden korjaukseen liittyvät toimenpiteet tulee kirjata. Kaikki nämä toimenpiteet vaikuttavat kemikalointiin ja veden laadun seurannan tarpeeseen, joten vedenkäsittelystä vastaavan henkilön on oltava tietoinen verkossa suoritettavista toimenpiteistä.

Korjaustoimenpide-esimerkkejä:

- Jos happipitoisuus lisäveden kaasunpoistimen jälkeen on yli sallitun rajan, tarkistetaan kaasunpoistimen toiminta (hönkähöyrin määrä suhteessa lisäveden virtaukseen, kaasunpoistimen lämpötila ja paine, sallitut minimi- ja maksimivirtaukset, laitteiston kunto). Happimittauksia jatketaan, kunnes on löydetty kaasunpoiston toimintarajat.
- Jos kiertoveden pH-arvo on liian alhainen, selvitetään syy, korjataan häiriö sekä lisätään pH:n säätöön vaikuttavan kemikaalin annostusta ja seurataan tilanteen normalisoitumista pH-mittauksin (pienet verkot: tulokset näkyvät pian, suuret verkot: normalisoituminen kestää kauemmin).
- Jos pehmennyssuodattimen jäännöskovuus ylittää suodattimelle sallitun ylimmän arvon, on pehmennyssuodatin ehtynyt ja se on elvytettävä ja pestävä. Elvytystapahtuman onnistuminen todetaan jäännöskovuus-analyysien avulla.

7. Kaukojäähdytys

7.1 Kaukojäähdytys Suomessa

Kaukojäähdytys on vielä Suomessa uutta tekniikkaa. Kaukojäähdytyksellä tarkoitetaan keskitetysti tapahtuvaa jäähdytysenergian tuotantoa ja jakelua. Toimintaperiaate on

verrattavissa kaukolämmitykseen. Molemmissa järjestelmissä tuotanto on suurissa yksiköissä ja energian siirtämiseen käytetään vettä erillisissä meno- ja paluuputkistoissa.

Kylmäenergiaa voidaan tuottaa erilaisilla tekniikoilla esim. absorptio- tai kompressoriteknikalla sekä vapaajähdytyksellä merivedestä tai ulkoilmasta. Suomalaisissa kaukojäähdytysjärjestelmissä käytetään kiertovetenä yleensä kaukolämpövedettä. Kaukojäähdytysverkossa veden lämpötila on yleensä noin + 8 °C- + 16 °C.

Varsinaisia kaukojäähdytysveden ohjearvosuosituksia ei vielä ole ja kokemus ja käytäntö Suomessa on vasta asian suhteen hioutumassa. Oletettavaa on, että kaukojäähdytyksen kiertovedessä tärkeät seurattavat vesiparametrit ovat samoja kuin kaukolämmön kiertovedessä eli happipitoisuus, pH, sähkönjohtavuus, kovuus, kloridit, rauta, kupari ja kiintoaine. Kaukojäähdytyksen piirissä on kuitenkin syytä kiinnittää huomiota myös veden alhaiseen lämpötilaan, joka omalta osaltaan saattaa mahdollistaa esim. biokorroosion esiintymistä aivan eri tavalla kuin huomattavasti korkeammassa lämpötilassa toimivissa kaukolämpöjärjestelmissä.

Kaukojäähdytyksen ollessa vielä kasvavaa ja laajenevaa toimintaa pitää varsinkin verkkojen täyttöihin ja rakentamiseen kiinnittää huomiota, jotta verkkoon pääsisi mahdollisimman vähän epäpuhtauksia.

8. Ympäristö ja turvallisuus

Toiminnanharjoittajan on oltava selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista. Kaukolämpöverkoston veden ja käytettyjen kemikaalien ympäristö-, terveys- ja turvallisuusvaikutukset varastoinnin, käytön ja käytöstä poiston aikana on selvitettävä etukäteen. Erityisesti asiaan on kiinnitettävä huomiota kemikaloinnin aloitus- tai kemikaalin vaihtotilanteessa. Verkoston vedessä käytettävät kemikaalit eivät normaalissa käyttötilanteessa aiheuta haittoja ympäristölle tai ihmisille käytettyjen pienten pitoisuuksien vuoksi. Kaukolämpövesi ei kuitenkaan sovellu talousvedeksi.

Kaikista käytetyistä kemikaaleista tulee kuitenkin säilyttää käyttöturvallisuustiedotteet, joiden säilytys ja päivitys on järjestettävä. Kemikaalien käyttö on ohjeistettava, erityisesti huomio tulee kiinnittää varastointiin, annosteluun ja käytöstä poistamiseen. Käytöstä poistamiseen lasketaan kuuluvaksi myös verkoston tyhjennykset.

Käytön aikana verkoston veden kanssa ei jouduta normaalisti tekemisiin, sillä vesi kiertää suljetussa kierrossa. Käyttöhenkilökunta joutuu kosketuksiin veden kanssa erilaisissa veden laadun tarkkailutehtävissä, kemikaalien annostelussa sekä huolto- ja korjaustöissä. Asiakkaat joutuvat tekemisiin kaukolämpöveden kanssa mikäli asiakkaan laitteistossa on vuoto, josta kaukolämpövesi vuotaa kiinteistön vesijohtoverkkoon. Asiakkaille tiedottamista varten asiakaspalvelua hoitaville henkilöille tulee antaa tarvittavat tiedot, jotta vältetään virheelliset tiedottamiselta.

Verkoston tyhjennyksissä suurin ympäristövaikutusten aiheuttaja on veden kuumuus. Tyhjennykset on suunniteltava siten, ettei kuumasta vedestä aiheudu ongelmia omalle henkilökunnalle, ulkopuolisille eikä ympäröivälle luonnolle. Kuumaa vettä ei saa laskea luontoon suuria määriä nopeasti, sillä esim. puut eivät kestä veden lämpöä. Myöskään muoviset viemärit eivät kestä yli 60 °C lämpötiloja. Kuuman veden höyrystyminen aiheuttaa näkyvyysongelmia varsinkin talvella. Näkyvyyden heikkenemisen aiheuttamat vaarat sekä omalle henkilöstölle että ulkopuolisille tulee ottaa huomioon. Verkostojen tyhjennykset on suunniteltava huolellisesti ja tyhjennykset suorittava henkilöstö on koulutettava tehtävään.

Suuremmissa tyhjennyksissä esim. lämpöakun tyhjennyksessä on otettava yhteyttä jäteveden puhdistamoon ja sovittava veden laskemisesta viemäriin. Värjätyn veden laskemisesta luontoon on tiedotettava tilanteen mukaan, jotta vältetään selittelyltä jälkikäteen. Väriaineena käytetty kemikaali ei ole terveydelle tai ympäristölle vaarallista.

Energiateollisuus ry, Suositus KK3/2007 LIITE														
Jäsenkysely "Kaukolämpöveden valmistus ja kiertoveden käsittely"														
Vastausten yhteenveto (kysely suoritettu talvella 2004/2005)														
Yritys	Laibokko/verkon tilavuus	Lisäveden tarve, m ³ /kk	Raakaveden laatu	Lisäveden laatu	Hapenpoisto	Hapensi/don-takemikaali	Korroosio-kemikaali	Väriaine	Muu, mikä	Sivuvirta-puhdistus	Veden analysointi	Analysoiva-vaat saureet	Analysoija	Ongelmat
1	>100 MW	11000	vesijohto	täyssuolanpoistettu	terminen kaasunpoisto/kemiallinen	hydratsiini		Pyranin (Pyragreen)		mekaaninen, pehmenys	kerran viikossa/kuukaudessa	pH, joht, kovuus, kloridi, happikem, rauta, kupari, happi, kiintoaine, väriaine	oma henkilökunta	vesipuolella ei ongelmia
2	>100 MW 35000 m ³	8800	järvesi ja vesijohtovesi	pehmenetty	terminen kaasunpoisto/kemiallinen	hydratsiini		Pyranin / Pyragreen		mekaaninen / pehmenys	kerran viikossa / kerran vuodessa	pH, joht, kovuus, rauta, väriaine, happikem, KMnO ₄ / kupari, kloridi, natrium, SiO ₂ , fosfaatti	oma henkilökunta	Voimalaitoksien magneettisissa virtausmittareissa huoltotarve noin 3 vuoden välein, johtuen kiintoainekerroksen muodostumisesta mittauspinnalle (magneettiä), pelkkä puhdistus riittää yleensä. Sähkönjohtavuus ollut riittävä em. mittareille, noin 70–140 uS/cm
3	>100 MW	3000	vesijohto	täyssuolanpoistettu vesi	terminen kaasunpoisto	ei	ei	Pyranin	Glaubersuola johtokyvyn nostoon	ei	kerran viikossa	pH, joht, kloridi, rauta, kiintoaine, väriaine, KMnO ₄	lämmönoimittajan voimalaitoksen henkilökunta	Johtokyky laski alas, jolloin sitä on nostettu natriumsulfaattilla (glauber).
4	>100 MW	1500 - 4000	vesijohto	pehmenetty / täyssuolanpoistettu	terminen kaasunpoisto / kemiallinen	hydratsiini		Pyranin 0,8 - 1 mg/l		mekaaninen / pehmenys	kerran viikossa / kerran kuukaudessa	pH, joht, kovuus, kloridi, rauta, kupari, kiintoaine, väriaine, happikem, KMnO ₄ , SiO ₂ , m-luku	oma henkilökunta	Kiertoveden kiintoainepitoisuus, (rautapitoisuus) on ollut ajoittain korkea johtuen lisäveden mukana syötetyn hapen vaikutuksesta. Vanha terminen kaasunpoisto ei toiminut kunnolla mm. vanha paisuntaputki ruostui sisäpuolelta puhki ja uusittiin. Putkiston svantokohtiin on laskeutunut hienojakoista magneettiä. Magneetti haittaa magneettisia määrittämiä. Kaukolämpöakun pohjalle on laskeutunut myös kerros magneettiä jonka alla on otolliset olosuhteet galvaaniselle korroosiolle (varsinkin jos kiertovedessä on vähänkin liuenutta happea. Koko lisäveden valmistus, keruu ja kaasunpoistolaitteisto lisävesisäiliöön uusittiin. Lisävesilaitteiston uusinnan jälkeen on rautapitoisuus pysynyt ohjearvossa (eli alle 100 µg/l). Ajoittain suoritettavat hätätätöt suoraan kaupunkivedestä nostavat hetkellisesti veden rautapitoisuutta kunnes happi on reagoinut suoraan kanssa ja poistunut vedestä. Kiertoveden suolapitoisuus on pidetty alueella n. 95 µS/cm syöttämällä veteen natriumsulfaattia ja fosfaatteja: dinatriumfosfaattia ja viimeaikoina melkein pelkästään mononatriumvetyfosfaattia jotta veden pH-arvo ei nousisi liiaksi. Tänä vuonna lisäveden kulutus, eli vuodot, on ollut normaalia runsaampaa koska märkä kesä kasteli monin paikoin kaukolämpöputkia ulkopuolelta. Kanaalit toimivat osittain sadevesiviemäreinä.
5	>100 MW	50 - 100	vesijohto	täyssuolanpoistettu	terminen kaasunpoisto	hydratsiini		pyranin	natriumsulfaatti, johtokyvyn nosto	mekaaninen, pehmenys	kerran viikossa	pH, joht, kovuus, kloridi, ammoniakki, rauta, kupari, happi, kiintoaine, väriaine, happikem	oma henkilökunta	Yhdeksänkuukauden puolivälissä Oulun ki-verkossa alettiin käyttämään Inhex 550:tä. Vuonna 2000 havaittiin ongelmia magneettisten määrittämien tarkkuudessa. Useat magneettiset määrittämit näyttivät huomattavasti liian vähän. Johtokyky kiertovedessä oli ongelmien ilmaantuessa alle 10 µS/cm. Ongelman poistamiseksi aloitimme natriumsulfaatin annostuksen kiertoveteen ja vaihdimme käytetyn annostuskemikaalin Inhex 550 hydratsiiniin. Aluksi ki-lämmönvaihtimien vuotaessa pidimme johtokyvyn 60 – 80 µS/cm tasolla. Nykyisin vaihtimien korjauksen j jälkeen johtokyky on ollut 120 µS/cm tai korkeampi. Edellä kerrotujen toimenpiteiden jälkeen ongelmat määrittämissä poistuivat. Merkittäviä lieteongelmia ei ole ollut. Rautapitoisuudet ajoittain varsinkin syksyllä pyrkivät olemaan ohjearvoa 0,1 mg/l selvästi korkeampia. Putken sisäpuolista korroosiota ei ole tietooni tullut.
6	>100 MW (1.12.03-30.11.04) 818 (1.12.03-30.11.04)	215	vesijohto	vesijohto / Ulospuhallusvesi ja päälaude ovat ensisijaiset lisäykset. Kaukolämpöosaston vesijohtovesi lisäykset eivät ole mukana määrämättävissä, ei käsittelyä.	kemiallinen / Paisuntasäiliön lisättävällä ja mitatulla vesijohtovedellä on terminen kaasunpoistoin.	hydratsiini (N2H4) Levoxin 35		Pyranin 120 / PyraGreen	Glaubersuolalla säädetään johtokykyä 1.3.01 alkaen	mekaaninen, pehmenys	arkipäivinä	pH, joht, kovuus, kloridi, ammoniakki, rauta, kupari, happi, väriaine, happikem, pii, fosfaatti, permanganaatti, p-luku, m-luku	oma henkilökunta	Päälämmönvaihtimista on löytnyt kuparin aiheuttamia syöpymiä. Sivuvirtaputruunasuodattimilla on poistettu kiintoaine kuparia (10.11.2000 alkaen) koska analysiomalla vettä kuparia ei löytnyt. Paisuntasäiliön pohjasta löytyi hapen aiheuttamaa pistemäistä syöpymistä, koska käsittelemättömät vesijohtovettä oli lisätty säiliön pohjalle.
7		800	vesijohto	täyssuolanpoistettu	terminen kaasunpoisto	hydratsiini		Pyranin 120 %	Glaubersuola johtokyvyn lisäys	ei mitään	kerran viikossa	pH, joht, kovuus, rauta, happikem, hydratsiini	lämmönoimittajan voimalaitoksen henkilökunta	Lian alhainen johtokyky, johtokykyä jouduttu lisäämään glaubersuolalla, nyt johtokyky 10...10,5 mS/m.

Yritys	Laitoskoko/ verkon tilavuus	Lisäveden tarve, m3/kk	Raakaveden laatu	Lisäveden laatu	Hapenpoisto	Hapenpoiton- tekniikka	Korroosio- kemikaali	Väriaine	Muu, mikä	Sivuvirta- puhdistus	Veden analysointi	Analysiolat- suureet	Analyysoija	Ongelmat
8	>100 MW	500 - 1000	vesijohto	täyssuolanpoistettu	terminen kaasunpoisto	Inhex		Pyranin 120 %		ei mitään	kerran kuukaudessa	pH,joht,kovuus,ammoniakki, rauta,happi, kiintoaine, happikem, silikaatti	ulkopuolinen laboratorio	Täyssuolanpoistetun veden johtokyky on niin alhainen, että mittarien toiminnan takia joudumme lisäämään suolaa veteen. Magneettiputkimittauksessa SKY:n antama johtokykyarvo ja mittarivalmistajan antama arvo ovat ristiriitaisia keskenään. Muita ongelmia ei ole ollut ainakaan lähiaikoina.
9	>100 MW	400	jokivesi	täyssuolanpoistettu	terminen kaasunpoisto / kemiallinen	KK Amina 8026, Tiron 4002-RD+NaOH+hydratsiini (säilöntä)		Pyranin 120	Na2SO4; kliveden sähköjohtavuuden nostamiseen	mekaaninen	kerran kuukaudessa	pH,joht,kovuus,rauta, kupari,happi,kiintoaine, väriaine,öljypitoisuus	ulkopuolinen laboratorio	Kaukolämpöveden sähköjohtokyky pyrkii koko ajan laskemaan, koska verkon lisävetenä käytetään höyrykattilan lierien pintapuhallusvettä ja voimalaitoksen seisokkiaikana täyssuolapoistettua lisävettä. Sähköjohtavuutta täytyy tarkkailla jatkuvasti ja sitä nostetaan natriumsulfaattilla (glaubersuola). Toistaiseksi ei ole todettu haittavaikutuksia natriumsulfaattista.
10	>100 MW	270	vesijohto	pehmenetty	ei kaasunpoistoa	Advantage K 550		Pyranin 120 %		ei mitään	kerran kahdessa viikossa / tarvittaessa	pH, joht, kovuus, kloridi, rauta,kupari, kiintoaine, happikem	oma henkilökunta	
11	>100 MW	100	vesijohto	pehmenetty	terminen kaasunpoisto / kemiallinen	KK-6080	KK-6080	KK-merkkisaine		mekaaninen, pehennys	kerran viikossa	pH,joht,kovuus,rauta, väriaine,happikem	oma henkilökunta	
12	>100 MW	ka. 120	vesijohto	pehmenetty (osto)	kemiallinen (hydratsiini) / Fortumin voimalaitoksella käänteisosmoosilaitos	hydratsiini		Pyranin 120		mekaaninen, pehennys	kerran viikossa	pH,joht,kovuus,rauta, happi,happikem	oma henkilökunta/osto/lisävesi	Väriaineen näkyvyys maastossa. Väriaineesta on vedetty myrkyllisyyteen viittaavia johtopäätöksiä. Kuuma vesi on tappanut pieneliöitä kun sitä on jouduttu pumppaamaan maastoon vuototapauksissa. Viemäriverkot eivät kestä kuumaa vettä. Mikä on hydratsiinin ja väriaineen vaikutus luontoon. Kuumen veden kulkeminen kl-verkossa ympäri kaupunkia, mielikuvia pelottavasta elementistä kun vertaa mitä se on aiheuttanut mm. pääkaupunkiseudulla Mikä on hydratsiinin ja väriaineen höyryn koostumus. Onko huurujen hengitys haitatonta Kaivohuoltotöissä joudutaan kl-veden kanssa tekemisiin. Vesi on viileää, lämmintä, kuumaa ja höyryvää. Magneettiputkien likaantuminen. Lisäveden pääsy lämminvesikiertoon siirrinvuodon aikana. Vesijohtoveden pääsy kl-verkkoon sopivissa paineolosuhteissa kun siirrin on puhki.
13	>100 MW	180		täyssuolanpoistettu	kemiallinen	Amina 8026 (Azamina)		Pyranin 120 % (Bayer)	suola/johtokvyn lisäys	mekaaninen	kerran kuukaudessa	pH,joht,kovuus, ammoniakki, rauta, kupari, väriaine, happikem	oma henkilökunta/kemikaalitoimittaja	Kaukolämpökassa syntyy magneettiä höyrytynystä huolimatta. Akussa veden pintalämpö ei ole aina riittävän korkea höyrymäärään nähden. Magneetti aiheuttaa induktiivisissa mittareissa toimintaongelmia, joita olemme pyrkineet pienentämään korkealla veden johtokyvyllä.
14	>100 MW	200	vesijohto	pehmenetty/täyssuolanpoistettu vesi	terminen kaasunpoisto	Inhex 550	Inhex 550	Pyranin 120 %		mekaaninen	kerran viikossa	pH,joht,rauta, happikem	oma henkilökunta	Käytettäessä höyrykattilan laatuvaatimuksia täyttävää täyssuolanpoistettua syöttövetä kaukolämpöverkon lisävetenä veden johtokyky ajan myötä pienenee. Tämä taas vaikuttaa asiakkaiden luona olevien magneettisella virtausanturilla varustettujen laskutusmittareiden mittaustarkkuuteen.
15	>100 MW	200	vesijohto	täyssuolanpoistettu vesi / voimalaitoksen ulospuhallusvedet	terminen kaasunpoisto / kemiallinen	talvisin Advantage-K350B, kesäisin Ameroyal rcr		Pyranin, KK-merkkisaine (Suomen KL-lämpö)		mekaaninen	kerran viikossa	pH,joht,rauta,kupari,happi,väriaine,happikem(Deha),silikaatti	lämmöntoimittajan voimalaitoksen henkilökunta	Sähköjohtokykyä joudutaan lisääneellä (natriumsulfaatti) nostamaan magneettiputkimittauksen vuoksi. Historiaa: Vuoden 1991 syksyllä todettiin asiakkailta merkittäviä –merkkisiä mittausvirheitä magneettiputkimittauksissa (lievempiä ongelmia sitä ennenkin johtuen alhaisesta sähkön-johtokyvystä). Sen aikainen lämmöntoimittaja vaihtoi vesikemikaalin syksyllä 1991 Hydratsiinista Lämpö Aalto Oy:n toimittamaan Ruostop Dualiteen. Magneettiputket likaantuivat nopeasti ja verkostossa todettiin kohonneita rauta- ja sakkapitoisuuksia.Palattiin hydratsiinin käyttöön, nostettiin kl-veden sähköjohtokykyä, mittaripuhdistuksia tehostettiin ja pienet magneettimittaukset vaihdettiin pois ja uusia magneettiputkimittauksia asiakkaille ei enää asennettu. Hydratsiinin käytöstä siirryttiin 1996 Boilex 510A käyttöön lämmöntoimittajalla. Vuonna 1999 kun lisävesi hoidettiin omalla lämpökeskuksella, lisäaineena käytettiin Suomen KL-lämpö Oy:n KK 6080. Vuodesta 2000-2001 toukokuuhun lämmöntoimittajan käyttämä Boilex 510A . Siitä eteenpäin lisäveden on holtanut nykyisen lämmöntoimittajan voimalaitos.
16	>100 MW	1050	järjvesi / jokivesi	turbiinin lauhde	kemiallinen	Advantage	Amercor (turbiinin lauhteen kautta)			mekaaninen	kerran vuorokaudessa	pH,joht,kovuus,kloridi ,rauta, kupari, happi, happikem	oma henkilökunta	

Yritys	Laitoskoko/ verkon tilavuus	Lisäveden tarve, m3/kk	Raakaveden laatu	Lisäveden laatu	Hapenpoisto	Hapenston- takemikaali	Korroosio- kemikaali	Väriaine	Muu, mikä	Sivuvirta- puhdistus	Veden analysointi	Analysiolia- vat suureet	Analyysoija	Ongelmat
17	>100 MW	30	vesijohto	pehmenetty	ei kaasunpoistoa	HYDRO X	HYDRO X			pehmennys	2 kertaa vuodessa, tarvittaessa useamminkin, jos verkosto laajentunut runsaasti	pH,oht, kovuus, happi	kemikaalitoimittaja	Ongelmia ei ole paremmin ollut.
18	>100 MW	>100	vesijohto	pehmenetty	kemiallinen	Advantage-K350B	Advantage-K350B	Pyranin		mekaaninen	2 kk:n välein	pH,joht, kovuus, rauta, kupari, happi	kemikaalitoimittaja	
19	10 - 100 MW	600	vesijohto	voimalaitoksen näytteet ym. täyssuolanpoistettu vesi	terminen kaasunpoisto	Advantage K 550	kupari-inhibiitti vpd 11 - 166	Adjunkt CL		mekaaninen, pehmennys	kerran viikossa	pH,joht, kovuus, kupari, väriaine, happikem	ulkopuolinen laboratorio	Johtokyky on laskenut liian alas, jolloin sitä on nostettu natriumbisulfaattilla. Kuparipitoisuus nousi, johtui kai siitä, että käytimme talojtoina kuparia. Lisättiin kupari-inhibiitti.
20	10 - 100 MW	120	vesijohto	täyssuolanpoistettu vesi	kemiallinen	Advantage K 350A				mekaaninen, pehmennys	kerran kuukaudessa	pH,joht, kovuus, rauta, kupari, happikem, polymeeripitoisuus	kemikaalitoimittaja	
21	10 - 100 MW	120	vesijohto	pehmenetty (pääverkot)/ vesijohtovesi (pienet erillisverkot)	kemiallinen	Advantage K 350 A, B ja D		Pyranin		mekaaninen, pehmennys	kerran kuukaudessa	pH,joht, kovuus, rauta, happi, kiintoaine, väriaine, happikem	oma henkilökunta / kemikaalitoimittaja	Sakan kertyminen paisuntasäiliöön johtuen lämpökeskuksen sijainnista (paisuntasäiliö toimi osittain mudanerottimena). Toisessa verkossa lämpökeskuksen pieni paisuntasäiliö / verkon tilavuus. On jouduttu käyttökesekeytilanteissa syöttämään raakavettä verkkoon, josta aiheutunut kovuuden nousua. Ongelma on hoidettu hankkimalla siirrettävä pehennysuudatin.
22	10 - 100 MW	110	järvesi	täyssuolanpoistettu vesi	terminen / kemiallinen kaasunpoisto	Eliminox		Pyranin 120 %		ei mitään	kolme kertaa viikossa	pH,joht, kovuus, rauta, happikem, KMnO4	lämmöntoimittajan voimalaitoksen henkilökunta	
23	10 - 100 MW	n. 200	jokivesi / vesijohto	täyssuolanpoistettu/ vesijohto(10%)		Korves Oy, Ruste K200	Korves Oy, Ruste K200	Korves Oy, Vuodex		ei mitään	kerran kuukaudessa	pH,joht, kovuus, rauta, kiintoaine, väriaine, happikem, öljypitoisuus	ulkopuolinen laboratorio / kemikaalitoimittaja	Veden johtokyky, lisävesi tehdään lausteesta, johtokyky pyrkii laskemaan. Myydystä energiasta mitataan n. 70% mankkuputkilla ja ostosta 90%. Verkosto vuotoja on ollut tasaisesti hukassa joten veden vaihtuvuus ollut 1,2-2 kertaa verkoston tilavuus/vuosi.
24	10 - 100 MW	5	järvesi	täyssuolanpoistettu vesi	terminen kaasunpoisto	ei käytössä				mekaaninen	joka arkipäivä	pH,joht, kovuus, rauta, happi, kiintoaine	lämmöntoimittajan voimalaitoksen henkilökunta	
25	10 - 100 MW	45	vesijohto	pehmenetty / täyssuolanpoistettu vesi	kemiallinen			Pyranin, Hyxo Oy		mekaaninen	kerran kuukaudessa	pH,joht, kovuus, rauta, kupari, väriaine, happikem	kemikaalitoimittaja	
26	10 - 100 MW	300	vesijohto	pehmenetty	terminen / kemiallinen kaasunpoisto	Boilex 500	Boilex K350	Pyranin		mekaaninen	kerran viikossa	pH,joht, kovuus, rauta, happi, kiintoaine, väriaine, happikem	oma henkilökunta / kemikaalitoimittaja	
27	10 - 100 MW	20 - 50	vesijohto	pehmenetty	ei kaasunpoistoa	Ruste K200	Ruste K200	Uranine Extra		mekaaninen	kerran kuukaudessa	pH,joht, kovuus, rauta, kiintoaine, väriaine, happikem	kemikaalitoimittaja	Aikaisemmin käytössä ollut vedenkäsittelykemikaalina HydroX ja KK 6080. Ongelmina ollut kiintoaine lämmönsiirtimissä ja kattilan tulipintojen saostumat. Asiakkaiden siirtimien vuodot verkkoon päin aiheuttaneet kovuuksia kaukolämpöveteen. Vesijohtovesi on kovaa ja vesijohtopaine joillain alueilla suurempi kuin kaukolämpöverkoston paine.
28	10 - 100 MW	n. 500	vesijohto	pehmenetty / täyssuolanpoistettu vesi	terminen kaasunpoisto	Hydro-X		ei		mekaaninen	2 kk:n välein	pH,joht, kovuus, rauta	kemikaalitoimittaja	Putkien sisäpinnoilla löytyy jonkin verran rautaksidia ym. jäämiä. Tämä näyttäisi lisääntyneen sen jälkeen, kun siirryimme takaisin nykyiseen kemikaaliin. Meillä oli välillä käytössä advantage-K350B kemikaali. Siitä luovuttiin, koska magneettisissa virtausmittareissa alkoi esiintymään suuria mittavirheitä. Varmuutta ko. aineen osuudesta mittareiden likaantumiselle ei kuitenkaan ole. Pienissä laitoksissa, joissa ei ole omaa vesikemiaan perehtynyttä henkilöä, ollaan pitkälle kemikaalitoimittajien tiedon varassa, joka ei välttämättä aina palvele parhaalla tavalla laitosta. Milloinkahan saadaan selkeät yhtenäiset ohjeet / suositukset lisäaineista ym. ja sitä kautta varmuus veden oikeasta käsittelystä, ettei kaikkien laitoksien tarvitse olla tavallaan koekaniineja?
29	10 - 100 MW	5	vesijohto	pehmenetty	ei kaasunpoistoa	Hydro-X		Uranine Extra		mekaaninen, pehmennys	2 kertaa vuodessa	pH,joht, kovuus, rauta, kiintoaine	kemikaalitoimittaja	

Yritys	Laitoskoko/ verkon tilavuus	Lisäveden tarve, m3/kk	Raakaveden laatu	Lisäveden laatu	Hapenpoisto	Hapenston- takemikaali	Korroosio- kemikaali	Väriaine	Muu, mikä	Sivuvirta- puhdistus	Veden analysointi	Analysoiva- väet suureet	Analysoija	Ongelmat
30	10 - 100 MW	2	vesijohto	pehmenetty / vesijohtovesi (suuria johto-osuuksia täytettäessä)	happea sitovilla kemikaaleilla	Levoxin 15		Pyranin 120	Natriumhydrok- sidi (pH- säätely)	mekaaninen	kerran kahdessa kuukaudessa	pH,joht.kovuus,kloridi , ammoniakki, rauta,kupari,happike m, KMnO4	ulkopuolinen laboratorio	Vesijohtoveden laadusta johtuen varsinkin kovuus liian korkea. Kovuuden seurannaisvaikutuksia ei ole kuitenkaan mainittavasti havaittu.Putkiston sisäpuolista korroosiota on havaittu lähinnä vanhoissa lisävesisäiliön ja kaukolämpöverkon välisissä yhdysputkissa sekä lisävesisäiliön sisäpinnoilla. Uusissa lämpökeskuksissa em. putkistot sekä lisävesisäiliö on valmistettu ns. ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä ja korroosiota ei ole havaittu niissä. Veden analysointia vaikeuttaa Pyranin väriaine. Veden laatua heikentää ajoittain uusien ja vesitilavuuksillaan suurien johto-osuuksien käyttöönotto. Lisävesijärjestelmän kautta ei saada riittävästi täyttövaiheessa vettä. Täyttö joudutaan suorittamaan vesijohtovedellä. Seurannaisvaikutuksena voidaan todeta ainakin ajoittain rautapitoisuuden lievää kasvua kaukolämpövedessä.
31	10 - 100 MW	470	vesijohto	pehmenetty	terminen kaasunpoisto			Pyranin 120 % (Bayer)		mekaaninen, pehennys	kerran kuukaudessa	pH,joht.kovuus, rauta,kupari, p-luku	kemikaalitoimittaja	pH-arvo on joskus matala (alle 9). -> pH:n nostajan annostelu
32	10 - 100 MW	8	vesijohto	pehmenetty/ vesijohto	kemiallinen	Advantage- K350A	Advantage- K350A	-		ei mitään	2 kertaa vuodessa	pH,joht.kovuus, rauta, happikem	kemikaalitoimittaja	
33	10 - 100 MW	10	vesijohto	pehmenetty	ei kaasunpoistoa	Hydro-X (Tanini)	Hydro-X	Uranine extra		mekaaninen	4 kertaa vuodessa	pH,joht.kovuus, HK 8,2, HK 4,3	oma henkilökunta / HyXo Oy	
34	10 - 100 MW	150	vesijohto	pehmenetty	terminen kaasunpoisto / kemiallinen	Advantage		Uranine		ei mitään	2 kk:n välein	pH,joht.kovuus, rauta,kupari, väriaine, happikem	ulkopuolinen laboratorio	ei ongelmia
35	10 - 100 MW	25	vesijohto	pehmenetty	ei kaasunpoistoa	Advantage K 350A	Advantage K 350A	Adjunkt CL		mekaaninen, pehennys	2-3 kk:n välein	pH,joht. kovuus, rauta, kupari, happikem	kemikaalitoimittaja	Ei varsinaisia ongelmia
36	10 - 100 MW	20 - 30	vesijohto	pehmenetty	terminen kaasunpoisto (kattiloiden syöttövesisäiliö ssä, ei kaukolämpöved essä)	Hydro-X				mekaaninen	kerran kuukaudessa	pH,joht.kovuus	kemikaalitoimittaja	Aika ajoittain tietyillä kuluttajilla asiakkailta on mutasihti kiintoaineesta tukossa mutta nykyisin harvemmin. Putkistovuoriot yleisimmin johtuu putken suoja muovikerroksen rikkoontunutta muutaman vuoden kuluttua siitä. Laitoksella on KL-paisuntasäiliö jouduttu pinnoittamaan vesipuoletta syöpymien takia. Samoin kattiloiden syöttövesisäiliö. Ikää molemmilla säiliöillä on 20 vuotta.
37	10 - 100 MW	100	vesijohto	täyssuolanpoistettu vesi	terminen kaasunpoisto				Lipeä, pH- nostoon	ei mitään	kerran kuukaudessa	pH, joht	oma henkilökunta	
38	10 - 100 MW	10	vesijohto	pehmenetty			Radiant KL			mekaaninen	kerran kuukaudessa	pH,joht. kovuus, rauta, kupari, happikem	kemikaalitoimittaja	
39	10 - 100 MW	0	vesijohto	pehmenetty	terminen / kemiallinen kaasunpoisto	Ashland Advantage K 350B	edellinen sisältää			mekaaninen	kerran kuukaudessa	pH,joht.kovuus, rauta,kupari, happikem	kemikaalitoimittaja	Verkkoa alettu rakentamaan 1999 ja päälaitos otettu käyttöön 2001. Verkossa kovuutta, täytetty teko vaiheessa aluksi painekeitteitä varten suoraan vesijohtovedellä. Nykyään tilanne hallinnassa.
40	10 - 100 MW	750	vesijohto	täyssuolanpoistettu vesi	terminen kaasunpoisto	Boilex 510A		Pyranin 120	Drewphos 2600, kerrostumiem- uodotusinhibiitti	mekaaninen	kolme kertaa viikossa	pH,joht. kovuus, happikem	oma henkilökunta	
41	10 - 100 MW	2.6	vesijohto	pehmenetty	ei kaasunpoistoa	Advantage- K350A	Advantage- K350A, WPD 11- 166/kupari- inhibiitti	Adjunkt Cl		mekaaninen, pehennys	4 kertaa vuodessa	pH,joht. kovuus,kloridi, rauta,kupari, happi, kiintoaine, happikem	kemikaalitoimittaja	
42	10 - 100 MW <10 MW, useita	350	vesijohto	pehmenetty/ vesijohto	kemiallinen / ei kaasunpoistoa	Advantage- K350A / B ja Boilex 450	Advantage- K350A / B ja Boilex 450	Pyranin P120		pehennys/ ei mitään	kerran kahdessa viikossa / kerran kuukaudessa	pH,joht.kovuus.rauta, happikem	oma henkilökunta / kemikaalitoimittaja	Kemikaaliannostuksesta huolimatta kattiloissa on ollut kattilakivikerrostumia

Yritys	Laitoskoko/ verkon tilavuus	Lisäveden tarve, m3/kk	Raakaveden laatu	Lisäveden laatu	Hapenpoisto	Hapenston- takemikaali	Korroosio- kemikaali	Väriaine	Muu, mikä	Sivuvirta- puhdistus	Veden analysointi	Analysoidut suureet	Analyysoija	Ongelmat
43	<10 MW, 6 kpl	0 - 20	vesijohto/ pohjavede- stä	pehmenetty/ vesijohto	ei kaasunpoistoa	satunnaisesti	satunnaisesti	satunnaisesti	pH:n nosto	mangneetti	kerran kuukaudessa	pH,joht,kovuus, rauta,kupari	kemikaalitoimittaja	Yhdessä verkossa paljon rautaa. Kaikissa verkoissa liuenut happea
44	<10 MW	2	vesijohto	pehmenetty	terminen kaasunpoisto					mekaaninen	kerran vuodessa	pH,rauta, kiintoaine	kemikaalitoimittaja	Ei merkittäviä ongelmia. Vesijohtoveden laatu on kohtalaisen hyvä
45	<10 MW	4	vesijohto	pehmenetty	terminen kaasunpoisto		Inhex-K350			mekaaninen	kerran kuukaudessa	pH,joht,kovuus, rauta, happikem	kemikaalitoimittaja	
46	<10 MW	10 (per laitos)	vesijohto	pehmenetty/ vesijohto	kemiallinen kaasunpoisto	Advantage- K350A / B				ei mitään	kerran kuukaudessa	pH,joht, kovuus, kloridi, rauta, happi, happikem	kemikaalitoimittaja	
47	<10 MW	380	vesijohto	vesijohto	kemiallinen kaasunpoisto	Ruste K 100				ei mitään	2 kertaa vuodessa	pH,joht,kovuus, rauta	kemikaalitoimittaja	
48	<10 MW	0,1	vesijohto	pehmenetty	kemiallinen kaasunpoisto	KK-6080				mekaaninen	kerran kuukaudessa	pH,joht, kovuus, rauta, kupari, happikem	kemikaalitoimittaja	
49	<10 MW	5 - 20	vesijohto	vesijohto	inhibiiteilla vedenkäsittelyk- emikaalilla	Rustek K200	Rustek K200	Vuodex		mekaaninen	2 kertaa vuodessa	pH,joht, kovuus, happikem	kemikaalitoimittaja	Ei havaittu mitään erityisiä ongelmia. Korroosiovauriot lähes aina verkostossa jatkosuitsauksissa muhviin päässeen ulkopuolisen veden aiheuttamia
50	<10 MW	19	vesijohto	vesijohto					Inhex - 350	ei mitään	2 - 3 kk:n välein	pH,joht,kovuus, rauta,happikem	kemikaalitoimittaja	Ei ole esiintynyt ongelmia
51	<10 MW	1 - 5	vesijohto	vesijohto	kemiallinen kaasunpoisto	Inhex-K350	Inhex-K350	Ashland Chem.		mekaaninen	2 kertaa vuodessa	pH,joht,kovuus, rauta, happikem	kemikaalitoimittaja	Kemikaalien kauppiaita liikaa, luottamus aineiden tehoon ei hyvä. Aineet luottamukselliseen testiin, jossa huomioidaan myös aineiden hinta.
52	<10 MW	9	vesijohto	vesijohto	kemiallinen kaasunpoisto				Ruste K 200	mekaaninen	kerran kuukaudessa	pH,joht,kovuus, muu, Ruste K 200, p-luku	kemikaalitoimittaja	
53	<10 MW	0	vesijohto	pehmenetty	Ilman / kaasun poistokellot lämpökeskukse- lla	Ruste K 200				ei mitään	4 kertaa vuodessa	pH,joht,kovuus, kiintoaine, happikem	kemikaalitoimittaja	Ei todettu ongelmia. Jatkossa on tarkoituksenmukaista teettää analyysi kemikaalin toimittajasta riippumattomalla asiantuntijalla 1 - 2 vuoden välein
54	<10 MW	4	vesijohto	vesijohto	kemiallinen kaasunpoisto	Hydro X	Hydro X	On Toimittaja Korves Oy		ei mitään	2kk välein/ kerran vuodessa	pH,joht,kovuus, rauta, kupari, p-arvo, M-arvo	ulkopuolinen laboratorio / kemikaalitoimittaja	Ei suurempia ongelmia ki-veden kanssa
55	<10 MW	20	vesijohto	vesijohto	ei kaasunpoistoa		KL			mekaaninen	2 kertaa vuodessa	pH,joht, kovuus, rauta, väriaine, happikem	ulkopuolinen laboratorio	

Suosituks

- L13/1992 Kiinnivaahdotettujen muovisuojakuoristen kaukolämpöjohtojen läpiviennit
- L3/1995 Kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen kaivot
- L5A/1996 Kaukolämpöjohtojen rakennustyöt. Urakka- ja työohje
- L5B/1996 Kaukolämpöjohtojen putkityöt. Urakka- ja työohje
- L8/1998 Kaukolämpöverkoissa käytettävien tuotteiden ja materiaalien varastokoodit
- L6/1998 Käytössä olevan kaukolämpöjohdon haaroitus porausmenetelmällä
- L1/2003 Kiinnivaahdotetut kaukolämpöjohdot
- L2/2003 Kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen liitokset
- L4/2003 Kaukolämpöjohdoissa käytettävät sulkulaitteet
- L7/2003 Kaukolämpöjohdoissa käytettävät teräspuutket ja teräskäyrät
- L14/2005 Kaukolämpöjohdon rakentaminen radan alitse
- L15/2005 Kaukolämpöjohdot ja maantiet
- L9/2006 Kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkon dokumentointi

- KK11/1992 Kaukolämpöverkon sulkulaitteiden käyttötekniinen suunnittelu
- KK3/2007 Kaukolämmön kiertoveden käsittely

Raportit

- L12/1992 Kaukolämpöverkoissa käytettävien palloventtiilien kv-arvojen testaus
- L17/1995 Kaukolämpöverkkojen kunnonvalvontaan liittyvien lämpökamerakuvausten ja analysoinnin suorittaminen
- L18/1995 Suojaukset ja merkinnät sekä työturvallisuus kaukolämpöjohtotoissa
- L21/1997 Kaukolämpöjohtojen toteutettuja ratkaisuja tunneleissa, silloissa ja vesistöalituksissa
- L22/1997 Ympäristön laatu kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen asentamisessa
- L10/2003 Kaukolämpöjohtojen laadunvarmistusjärjestelmä
- L11/2003 Kaukolämpöjohtojen suunnittelu- ja rakentamisohjeet
- L16/2005 Työturvallisuus kaukolämpöjohtojen rakennusurakoissa
- KK1/1987 Varautuminen ja toiminta kaukolämmön suurhäiriö- ja kapasiteettivajaustilanteessa
- KK7/1990 Kaukolämpöjohtojen korjaustoissa ja tilapäiskorjauksissa käytettävät erikoistyökalut, apuvälineet ja erikoismenetelmät

KK15/1996	Kaukolämpöverkon kunnossapito- ja perusparannustoiminnan yhtenäistäminen
KK19/1998	Kaukolämpöjohdon vuodonpaikannusmenetelmät
KK2/1999	Kaukolämpöverkon kunnossapito
KK5/2000	Kaukolämmön tekninen laatu
KK6A/2001	Kaukolämpöalan työsuojaopas I Kaukolämpöverkkojen käyttö ja kunnossapito

Tilastojulkaisut

Kaukolämpöverkon vauriotilasto (vuosittainen)

Kaukolämmön käyttötaloudelliset tunnusluvut (vuosittainen)

Maanalaisten kiinnivaahdotettujen kaukolämpöjohtojen rakentamiskustannukset (vuosittainen)

Vanhoja, uudisrakentamisessa käytöstä poistuneita johtorakenteita käsittelevät suositukset

L4/1978	Kaukolämpöjohdoissa käytettävät betoniset kiintopiste-elementit ja niiden raudoitukset
L4/1981	Kaukolämpöjohdoissa käytettäviä betonisia elementtikaivoja
L1/1982	Kaukolämpöjohdoissa käytettävät betoniset laajennuselementit ja niiden raudoitukset
L1/1983	Kaukolämpöjohdoissa käytettävät työpaikalla valetut kanavat ja yläelementtikanaavat sekä erityyppisten betonikanavien liittäminen toisiinsa
L6/1983	Kaukolämpöjohdoissa käytettävien 2- ja 3-tukisten betonisten kokoelementtien tekniset vaatimukset ja raudoitukset
L3/1984	Kaukolämpöjohdoissa käytettävien paljetasaimien tekniset vaatimukset
L3/1986	Betonisissa kokoelementtikanaavissa käytettävät putkien tukirakenteet