

RE - 3/1990

NORDVÄRME - RAPPORT
KORROSION OCH VATTENBEHANDLING
I NORDISKA FJÄRRVÄRMESYSTEM 1990
Erfarenheter och praxis

FJERNVARMETRUPPEN

**KORROSION OCH
VATTENBEHANDLING
I NORDISKA
FJÄRRVÄRMESYSTEM
1990**

Erfarenheter och praxis

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
1. FÖRORD	1
2. SAMMANFATTNING	2
3. INLEDNING	4
4. KORROSION OCH BELÄGGNINGAR	5
4.1 Material och korrosionstyper	5
4.1.1 Allmänt	5
4.1.2 Allmän korrosion och magnetitbildning	6
4.1.3 Galvanisk korrosion	8
4.1.4 Gropfrätning	9
4.1.5 Droppkorrosion	10
4.1.6 Avlagringskorrosion	11
4.1.7 Spänningskorrosion	12
4.1.8 Erosionskorrosion	12
4.1.9 Sulfidkorrosion	13
4.1.10 Selektiv korrosion	13
4.2 Korrosionsmätning	14
4.3 Beläggningar och avlagringar	16
5. VATTENBEHANDLINGSTEKNIK	17
5.1 Avhärdat vatten	19
5.1.1 Anläggningsbeskrivning	19
5.1.2 Vattenkvalitet	20
5.1.3 Fördelar, nackdelar	20
5.2 Avsaltat vatten - jonbyte	20
5.2.1 Anläggningsbeskrivning	21
5.2.2 Vattenkvalitet	22
5.2.3 Fördelar, nackdelar	22
5.3 Avsaltat vatten - omvänd osmos	23
5.3.1 Anläggningsbeskrivning	23
5.3.2 Vattenkvalitet	24
5.3.3 Fördelar, nackdelar	24
5.4 Metoder för oxygenborttagning	25
5.4.1 Termisk avgasning	25
5.4.2 Kemisk avgasning	25
5.4.2.1 Natriumsulfid	25
5.4.2.2 Hydrazin	25
5.4.2.3 Tanniner	27
5.4.2.4 Organiska oxygenreduktionsmedel	27
5.4.2.5 Katalytisk reduktion av oxygen	28
5.5 Korrosionsskydd	29
5.5.1 Kemikalietillsats	29
5.5.2 Färdiga kemikalieblandningar	29

	Sid	
5.6	Mekanisk filtrering I - Råvattenbehandling	30
5.6.1	Anläggningsbeskrivning	30
5.7	Mekanisk filtrering II - Delströmsrening	31
5.7.1	Anläggningsbeskrivning	31
6.	VATTENKVALITET	33
6.1	Riktvärden för cirkulationsvattnet	33
6.1.1	Kommentarer till analysriktvärden	33
6.2	Riktvärden för spädvattnet	36
7.	PROVTAGNING OCH ANALYSER	37
7.1	Allmänt	37
7.2	Provtagningsställen	37
7.3	Analys	38
7.4	Provtagning och analyser på Island	39
8.	LÄCKAGEKONTROLL	40
8.1	Allmänt	40
8.2	Läckagekontroll	40
8.3	Läckagesökningsmetoder	41
9.	MILJÖ	43
9.1	Allmänt	43
9.2	Doseringskemikalier	43
9.2.1	Information om hydrazin	43
9.2.1.1	Allmänt	43
9.2.1.2	Toxikologiska effekter	45
9.2.1.3	Upptag genom huden	45
9.2.1.4	Hantering	45
9.3	Vattenbehandlingsanläggningar	45
10.	REFERENSER	46
10.1	Danmark	46
10.2	Finland	46
10.3	Island	46
10.4	Norge	46
10.5	Sverige	47

2. SAMMANFATTNING

Vattenkvaliten i fjärrvärmesystem varierar beroende på råvattenkvalitet från oavgasat råvatten till avgasat total-avsaltat vatten. Vattenkvaliten har stor betydelse för korrosion i fjärrvärmesystem. Korrosionsriskerna ökar också genom inläckage av råvatten och luft. Graden av korrosion påverkas av olika materialval och materialkombinationer. Skador som härrör från korrosionsangrepp uppstår under såväl stilleståndsperioder som under drift. Angreppen är av elektrokemisk natur och karakteriseras huvudsakligen av oxygenreducerande- och hydrogenutvecklande korrosion.

Den oxygenreducerande korrosionen orsakas av oxygen i vattnet och den hydrogenutvecklande korrosionen beror på att pH-värdet är för lågt d v s avsurtt vatten. Det är därför viktigt att vattnet är oxygenfritt och att pH-värdet är tillräckligt högt. En låg konduktivitet minskar också korrosionsrisken.

Problem uppstår också om vattnet innehåller salter och fasta partiklar som bildar beläggningar. Det är här fråga om de s k hårdhetsbildarna kalcium och magnesium samt korrosionsprodukter i form av järn- och kopparoxider.

För att uppnå en god kvalitet på vattnet används olika reningsmetoder. Salter avlägsnas genom jonbyte i form av avhärdningsfilter, katjonfilter och anjonfilter. Oxygen avlägsnas genom termisk eller kemisk avgasning av vattnet och fasta partiklar med mekaniska filter.

Analysriktvärdena har framtagits för att erhålla en störningsfri drift främst med avseende på korrosion och beläggningar vilket ger grunden för en god driftekonomi. De riktvärden som rekommenderas grundar sig på driftserfarenheter från olika typer av moderna anläggningar.

Provtagning och analyser behandlas också och där ges rekommendationer för vilka analyser som bör utföras och med vilken frekvens.

På sitt möte i Helsingfors den 8 juni 1989 beslöt NORDVÄRMES presidium att bilda en arbetsgrupp för vattenbehandling som skulle ta fram en handledning och nordiska erfarenheter och praxis inom området. Området begränsas till vattenfrågor som rör fjärrvärmedistribution och abonnentanläggningar.

Arbetsgruppen som hade sitt första sammanträde i Uppsala den 5 oktober 1989 har bestått av:

Bjarne Aastrup	Herning kommunale Vaerker (DK)
Egil Evensen	Trondheim Elektrisitetsverk (N)
Einar Gunnlaugsson	Hitaveita Reykjavikur (IS)
Trygve Strandell	Vantaan Sähkölaitos OY (SF)
Håkan Westas	Uppsala Energi AB (S), ordförande

Totalt har arbetsgruppen sammanträtt fem gånger.

Rapporten vänder sig i första hand till mindre och medelstora verk med allmän kunskap i korrosions- och vattenbehandlingsfrågor och det är arbetsgruppens förhoppning att rapporten kommer till användning som en praktisk handbok ute på verken. Rapporten är presenterad på 3. Nordiska fjärrvärmesymposiet i Reykjavik 5-8 juni 1990.

INLEDNING

De nordiska länderna har en omfattande fjärrvärmedistribution som medverkar till en flexibel energiförsörjning för uppvärmning och varmvattenberedning. Fjärrvärmesystemen kan indelas i tre huvudkomponenter: Produktionsanläggningar, fjärrvärmenät och kundcentraler, som strömningstekniskt är sammankopplade.

Det är mycket stora investeringskostnader vid fjärrvärmeutbyggnad och olyckor/haverier i systemet kan få stora ekonomiska konsekvenser. Det är därför av stor betydelse att driften har systematisk övervakning för att upprätthålla tillfredställande kvalitet på komponenter speciellt vid direktkoppling. Det är viktigt att kvalitén på fjärrvärmevattnet övervakas noga då korrosion på röret och komponenter eljest kan uppstå och på lång sikt medföra allvarliga driftstörningar och stora kostnader.

Det finns flera typer av korrosion som kan angripa fjärrvärmerören och en tillfredställande övervakning och drift kräver ett riktigt val av materialkvalite, driftförhållanden och inte minst vattenkvalite. De flesta fjärrvärmeverk har erfarenheter av korrosion och/eller vattenläckage på fjärrvärmenätet. För att reducera driftavbrott till ett minimum används därför flera metoder att förhindra korrosion samt läckagekontroll och läckagesökning.

Denna rapport ger en beskrivning av korrosionsförhållanden och ger rekommendationer för att reducera dessa problem och upprätthålla en försvarlig övervakning av systemet.

Existerande skadestatistik för fjärrvärmeledningar visar att läckage från näten generellt ökar med stigande ålder. Det är därför viktigt att kunna hitta läckageställena snabbt för att inte vattenförlusterna skall bli för stora. Rapporten behandlar därför de vanligaste läckagesökningsmetoderna.

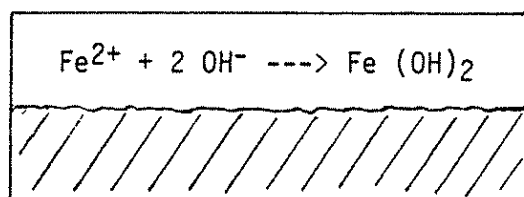
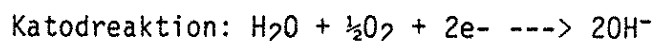
Miljöfrågor har under senare år blivit mera uppmärksammade. I rapporten behandlas miljöfrågor och skyddsutrustning avseende doseringskemikalier.

De flesta fjärrvärmeverken i Island är annorlunda eftersom de använder geotermiskt vatten som går direkt till förbrukarna.

Flera av dessa korrosionsformer resulterar ofta i punktfrätning av materialet samt i vissa fall en mera utbredd jämn materialavgång. Med kännedom om korrosionsförloppen är korrosionen i teorin ganska enkel att åtgärda men kan vara praktiskt svårare att genomföra. De korrosionstyper som framgick ovan redovisas kortfattat nedan.

4.1.2 Allmän korrosion och magnetitbildning

Som framgår av namnet menar man med allmän korrosion att metallytan angrips likformigt på alla delar som täcks av elektrolyten. Korrosionshastigheten anges i viktminskning per yt- och tidsenhet eller vanligare vid praktiska bedömningar som tjockleksreduktion per tidsenhet, till exempel um/år eller mm/år. Karakteristiskt för korrosionen är således att avfrätningen är jämnt fördelad över hela ytan, vilket beror på fluktuerande anod- och katodytor, se figur 4:1.1.



Elektrolyt (neutral)
saltlösning
Stål

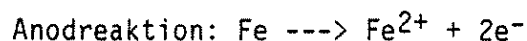
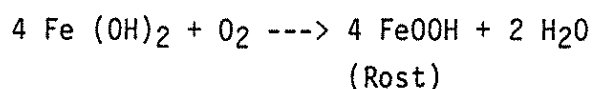


Fig 4.1.1 Allmän korrosion. Genom fluktuerande anod- och katodytor fördelas korrosionsprodukterna jämnt över metallytan. Järn (II)-hydroxid ($\text{Fe} (\text{OH})_2$) faller ut i elektrolyten.

Under fortsatt inverkan av oxygen oxideras järnhydroxiden vidare till järn-(III) hydroxid. Denna oxid är den välbekanta rödaktiga rosten, som således bildas enligt:



4 KORROSION OCH BELÄGGNINGAR

4.1 Material och korrosionstyper

4.1.1 Allmänt

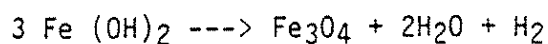
Vattenkvaliteten i fjärrvärmesystemen varierar beroende på råvattenkvalitet från oavgasat råvatten till avgasat totalavsaltat vatten. Förutom kvalitets betydelse för korrosionens utfall förstärks riskerna genom inläckande råvatten och luft (Ref. 10.5.1 och 10.5.2). Graden av korrosion påverkas av olika materialval och materialkombinationer. De vanligaste materialen i fjärrvärmesystem är:

- Kolstål, används i rörledningar, ventiler och kondensortuber
- Koppar, används i rörledningar och värmeväxlare
- Syrafast stål används i värmeväxlare och pumphjul
- Rostfritt stål används i kompensatorer och värmeväxlare
- Mässing, används i ventiler och mätare
- Rödgods, används i ventiler och pumphjul
- Stålgjutgods, används i pumphus, pumphjul och ventiler
- Segjärn, används i pumphus, pumphjul och ventiler
- Plast och gummi används i rör och tätningar
- Emalj används i varmvattenberedare

Skador som härrör från korrosionsangrepp uppstår under såväl stilleståndsperioder som under drift. Angreppen är av elektrokemiskt ursprung och karaktäriseras huvudsakligen som oxygenreducerande- och hydrogenutvecklande korrosion i följande former:

- Allmän korrosion
- Galvanisk korrosion
- Gropfrätning
- Droppkorrosion
- Avlagringskorrosion
- Spaltkorrosion
- Spänningskorrosion
- Erosionskorrosion
- Sulfidkorrosion
- Selektiv korrosion

Magnetit bildas också vid lägre temperatur enligt formeln:



Den härvid bildade magnetiten, ger inte ett lika bra och tätt skyddsskikt som det som bildas vid högre temperatur, d v s direkt vid oxidation av stål. Den fastnar heller inte lika bra på stålytan utan mycket oxid transporteras runt i systemet och fastnar på värmebelastade ytor.

Allmän korrosion på koppar är relativt låg även vid höga oxygenhalter såsom i tappvarmvatten (ca 10 $\mu\text{m}/\text{år}$) att den i detta fall saknar betydelse. Det förutsätter dock att pH-värdet ligger mellan 8 och 9,5. Man får då utfällning av korrosionsprodukter såsom kopparoxider och kopparhydroxider av karbonattyp som skyddar metallen mot fortsatt korrosion. Vid $\text{pH} > 9,5$ ökar korrosionen igen.

4.1.3 Galvanisk korrosion

Den galvaniska korrosionen uppträder i bimetallceller och exempel på sådan korrosion illustreras i fig 4.1.2 nedan. Cellen består av en elektrolyt i vilken neddoppats ett stycke stål (Fe) och ett stycke koppar (Cu). Av tabell 4:1 sid 9, framgår att Fe har en negativ elektrodpotential (0,44 V) och Cu en positiv (+0,34 V), d v s stålstycket blir anod i cellen och korroderar medan Cu blir katod och får nedsatt korrosionshastighet eller skyddas helt vilket i princip utnyttjas för s k katodiskt skydd.

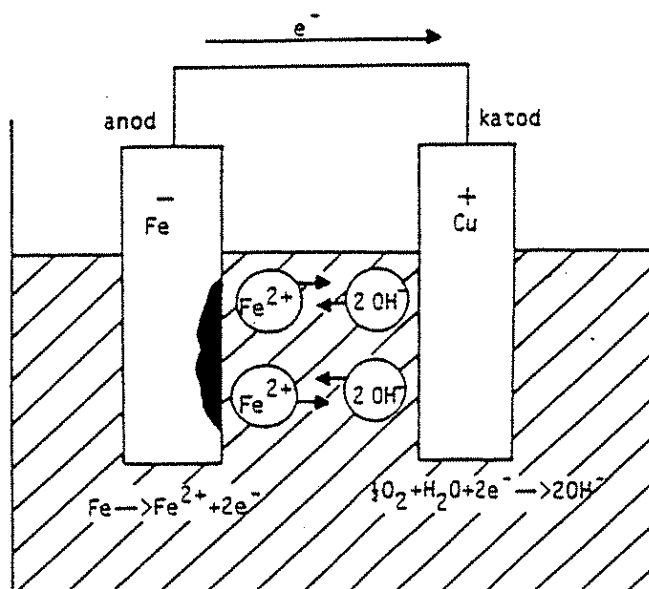
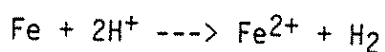


Fig 4.1.2 Exempel på bimetallcell.

I vatten med låga pH-värden sker hydrogenutvecklande korrosion, exempelvis på stål enligt formel för anodprocessen:

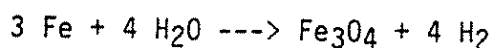


Metallen går i lösning d v s korroderar under bildandet av hydrogen (H_2). Korrosionen accelererar med sjunkande pHvärde och stigande temperatur. Vid pH-värde $> 9,0$ kan korrosionen sägas vara försumbar. Hydrogenutvecklande korrosion förekommer mest som allmän korrosion. Om vattnet är kalklösande ökar risken för allmän korrosion. Är vattnet däremot kalkfällande kan utfällningen genom bildandet av beläggningar förhindra korrosion.

För att ett stål överhuvudtaget skall rosta fordras således samtidig närvaro av vatten och oxygen på stålytan.

De bildade katod- och anodytorna beror på stålets sammansättning och struktur. Stål är en förening mellan järn och kol och tillverkningsprocessen tillåter inte en homogen blandning. Således är en del ytpartier mera kolrika än andra och bildar katodytor medan de mera järnhaltiga blir anoder och går i lösning som joner.

Vid temperaturer över 200°C i t ex pannan oxideras kolstål enligt nedanstående förenklade summaformel och bildar magnetit (Fe_3O_4).



Magnetit är en svart oxid med magnetiska egenskaper och mycket liten löslighet vid $\text{pH} > 9,5$. Magnetiten bildar ett mycket tätt skikt på stålytan vilket hämmar fortsatt oxidbildning och skyddar stålet mot fortsatt korrosion.

Löst oxygen i vattnet medverkar till att metallen i det berörda systemet angrips och går i lösning. Denna så kallade oxygenförbrukande korrosion förekommer ofta lokalt och angreppen leder vanligen till att frätgropar bildas i materialet, d v s det är här fråga om punktfrätning och gropfrätning.

Korrosionshastigheten ökar med stigande temperatur i slutna system. I öppna system ökar korrosionshastigheten men når sitt max vid 80°C beroende på att oxygens löslighet avtar med stigande temperatur.

Lågt pH-värde (vanligen $\text{pH} < 7$) och ett lågt bikarbonat/sulfatförhållande (HCO_3/SO_4 vanligen < 1 räknat med mg/l) i vattnet kan ge korrosion av typen gropfrätning på kopparmaterial.

4.1.5 Droppkorrosion

Vid tryckbärande eller öppna system som dränerats och exponeras mot atmosfären stannar fuktighet kvar på metallytorna. Luftningsceller bildas och metallen börjar korrodera, se fig 4.1.3 nedan.

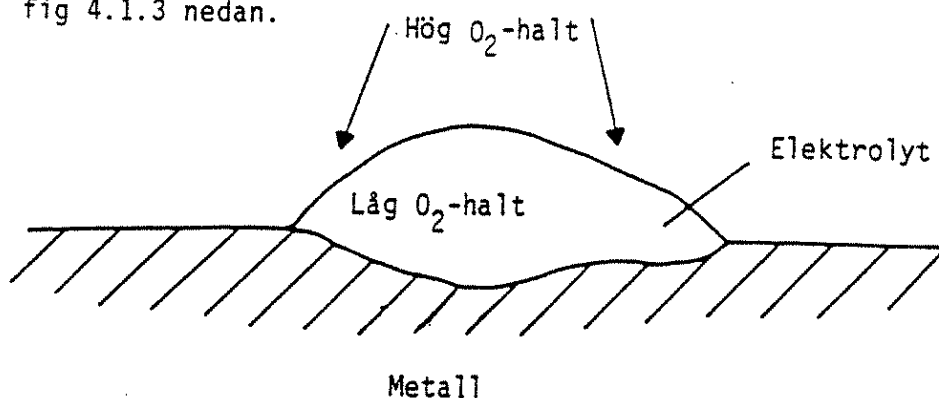


Fig 4.1.3 Exempel på droppkorrosion. Uppkomna koncentrationsskillnader i oxygenhalt ger tillräcklig drivkraft för att metallen under droppen skall bilda anod och korrodera. Katodytan utvecklas i droppens ytterkant mot metallen där O_2 -halten är högre.

Av dessa exempel förstår man betydelsen av att i konstruktioner inte kombinera olika metaller hur som helst. Angreppen kan vara starkt lokaliserade och kan leda till genomfrätning av det oädlare materialet. Även galvaniska mikroceller uppkomna genom utfällning av metallisk koppar på stål kan ge korrosion. Korrosionen ökar med ökad konduktivitet (ledningsförmåga) i vattnet, vilket generellt kan sägas gälla för de flesta korrosionstyper. Galvanisk korrosion förutsätter närvaro av oxygen.

Li	->	Li ⁺	-3,045 V
K	->	K ⁺	-2,925 V
Al	->	Al ³⁺	-1,660 V
Zn	->	Zn ²⁺	-0,763 V
Fe	->	Fe ²⁺	-0,440 V
Cd	->	Cd ²⁺	-0,403 V
Ni	->	Ni ²⁺	-0,250 V
Sn	->	Sn ²⁺	-0,136 V
½H ₂	->	H ⁺	-0,000 V
Cu	->	Cu ²⁺	+0,337 V
Cl ⁻	->	½Cl ₂	+1,360 V
Au	->	Au ³⁺	+1,500 V
F ⁻	->	½F ₂	+2,870 V

Tabell 4:1 Exempel på elektrodpotentialer ordnade efter en elektrolytisk spänningsserie.

4.1.4 Gropfrätning

Vissa specifika korrosionsmedier t ex klorider har förmågan att medverka till lokala genombrott av den skyddsfilm (passiv film) som normalt finns hos vissa material (exempelvis rostfritt stål). I varje genombrott bildas en mikroanodyta och en förhållandevis stor katodyta, strömtätheten blir hög och vi får ett punktangrepp som bildar en grop i metallen. Det är här frågan om ett mycket begränsat område där korrosionen verkar på djupet och äter sig in i metallen, ett fenomen som kan ge allvarliga praktiska konsekvenser. Gropfrätning uppstår också i vissa material ofta under olika avlagringar där luftningsceller med löst oxygen i elektrolyten uppträder.

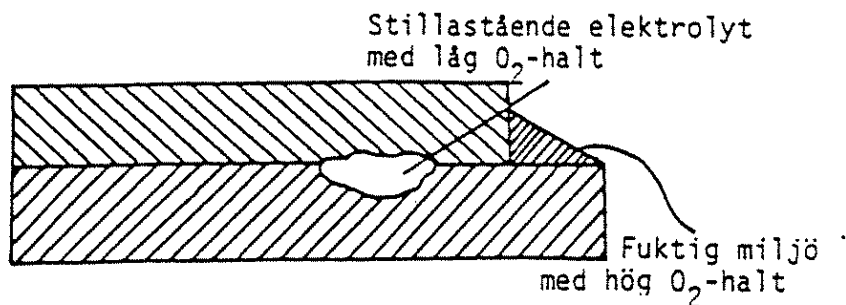


Fig 4.1.5 Exempel på spaltkorrosion. Uppkomna koncentrationskillnader i oxygenhalt ger tillräcklig drivkraft för att bilda anod- och katodytor. Metallen korroderar i spalten.

4.1.7 Spänningskorrosion

Vid samverkan mellan inre och/eller yttre statiska dragspänningar och ett specifikt korrosionsmedium finns risk för sprickbildning hos legerat material. Angreppen benämns spänningskorrosion och leder ofta till sprödbrott hos det legerade materialet. Specifika joner som kan ge upphov till spänningskorrosion hos exempelvis rostfria stål (kompensatorer och värmeväxlare) och kopparlegeringar är kloridjoner respektive ammoniak. **Spänningskorrosion hos rostfria stål framkallas dock av relativt höga kloridkoncentrationer och i allmänhet måste en indunstning av vattnet först ske på den aktuella ytan innan korrosionsprocessen startar. Även temperaturen påverkar korrosionshastigheten.**

4.1.8 Erosionskorrosion

Skador orsakade av samverkan mellan erosion och korrosion förekommer främst på koppar och kopparlegerat material. Denna s k erosionskorrosion eller turbulenskorrosion uppträder vid oxygenhaltiga vatten och höga strömningshastigheter (eller störd strömning) varvid det skyddande kopparoxidskiktet eroderar bort och kopparmetallen exponeras för vattnet och angrepp erhålls. Angreppen förvärras vid närvaro av gasblåsor och/eller fasta partiklar i vattnet. Korrosionshastigheten ökar med vattnets aggressivitet, d v s med sjunkande pH-värde och stigande kolsyrainnehåll. Om vattnet innehåller höga ammoniakhalter och löst oxygen erhålls på kopparmaterial skador som i viss grad påminner om erosionskorrosionsangrepp. Erosionskorrosion har visat sig vara den främsta orsaken till skador på kopparmaterial i fjärrvärmesystem.

4.1.6

Avlagringskorrosion och spaltkorrosion

I områden med begränsad vätskeströmning kan bildas så kallade luftningsceller som ger upphov till att materialet angrips. Korrosion förstärks av att stillastående vätska (elektrolyt) samlas under avlagringar, angreppen härrör då från avlagringskorrosion se fig 4.1.4 nedan eller i trånga spalter, s k spaltkorrosion se fig 4.1.5 sid 12. Även kloridanrikning i exempelvis spalter av rostfritt stål ger korrosion. Ofta får den instängda vätskan ett lägre pH-värde än det omgivande mediet.

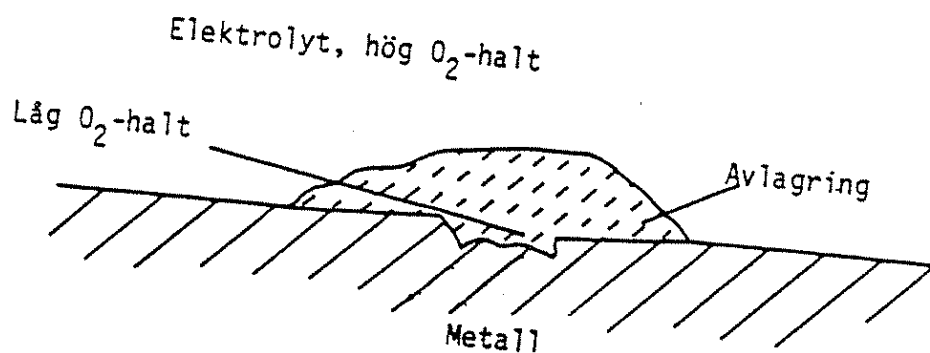


Fig 4.1.4 Exempel på avlagringskorrosion. Uppkomna koncentrationsskillnader i oxygenhalt ger tillräcklig drivkraft för att metallen under avlagringen skall bilda en anodisk yta och korrodera. Den högre O₂-halten i elektrolyten fungerar som katodyta.

Genom koncentrationsskillnader i O₂-halt uppstår anod-och katodytor i konstruktioner där smala spalter bildats. Förutsättningen är dock att en elektrolyt kan tränga in i spalten, se fig 4.1.5 nedan. Ofta sjunker pH-värdet i den instängda elektrolyten vilket bidrar till att accelerera korrosionen.

4.2 Korrosionsmätning

Ett enkelt och tillförlitligt sätt att mäta korrosion är med korrosionskuponger som sätts in i det strömmande mediet. Samma material som finns i det system som skall undersökas väljs också för kupongerna. Hållare och mätstation visas i fig 4.2.1 nedan. Normalt används 4 kuponger samtidigt. Dessa tas ut, rengörs, vägs och okulärbesiktigas efter t ex 1, 4, 8 respektive 12 veckor. Metoden är normerad i USA och har beteckningen ASTM D 2688-75 metod B. I normen anges exakt hur utrustningen skall se ut och hur utvärdering skall ske. (ref. 10.5.7 och 10.5.8)

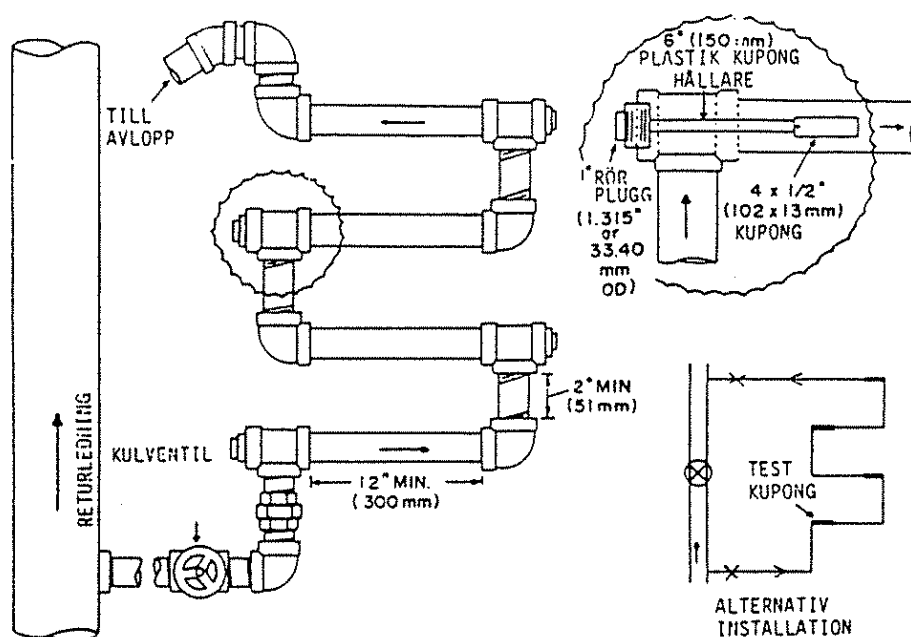


Fig: 4.2.1 Mätstation för korrosionsmätning

På marknaden finns också elektroniska instrument för mätning av korrosion. Dessa är kopplade till sonder som sätts in i rörsystemet. I ett samnordiskt forskningsprojekt (ref. 10.1.3) ingick som ett delprojekt "Korrosionsmätningar i hetvattensystem" där jämförande mätningar utförda med "Corratersond", "Corrometersond" och korrosionskuponger. Resultatet visade att de elektroniska mätningarna ej gav tillförlitliga resultat i fjärrvärmesystem. Försök i detta projekt med en nykonstruerad sond för att mäta spaltkorrosion gav inga entydiga resultat.

4.1.9 Sulfidkorrosion

När vattnet innehåller hydrogensulfid (H_2S) till exempel geotermiskt vatten eller om natriumsulfit (Na_2SO_3) används för att binda syre kan sulfid bildas och reagera med koppar och kopparlegeringar i rörledningar och ventiler. Det bildas då kopparsulfid (CuS) som är löst bundet till metallen och som därför lätt lossnar vid tryck- och strömningsförändringar. Detta medför att vattnet kommer att innehålla fasta partiklar.

Om geotermiskt vatten innehåller hydrogensulfid eller natriumsulfitdoserats för att avlägsna syre så skall inte kopparledningar användas.

4.1.10 Selektiv korrosion

Vid selektiv korrosion utlöses den oädlare komponenten ur en tvåkomponentlegering t ex zink ur mässing. Processen initieras på grund av lokala variationer i sammansättningen. Eftersom den ädlare metallen bibehålls eller utfälls alstrar sedan korrosionsprocessen själv ett galvaniskt element. Vid avzinkning av mässing i vattenlösning går zink i lösning och utfälls som zinkkarbonat medan kopparn blir porös med dåliga hållfasthetsegenskaper. Legeringarnas korrosionsbeständighet är beroende av sammansättningen och ökar vanligen med avtagande koncentration av legeringens oädlare metall.

4.3 Beläggningar och avlagringar

Beläggningar på rörytor och i värmväxlare orsakas av utfällning eller utkristallisation av en eller flera föreningar och förutsätter att lösligheten av dessa föreningar i vatten överskrids. Vanligtvis rör det sig i fjärrvärmesammanhang om hårdhetsbildare (kalcium och magnesium) som fälls ut som karbonater, sulfater eller silikater. Detta beror på att dessa föreningar har så kallad negativ löslighetskoefficient det vill säga lösligheten avtar med stigande temperatur.

Fjärrvärmevatten innehåller praktiskt alltid mer eller mindre mängd suspenderat material som kan upplagras på oönskade ställen. Det handlar då om rost, svetslagg, sand, korrosionsprodukter med mera.

Beläggningar och avlagringar har högt värmemotstånd och därmed dålig värmeöverföring. Tryckfallet ökar också vilket ger dålig driftekonomi. Under avlagringar och beläggningar kan också uppstå korrosion i närvaro av oxygen.

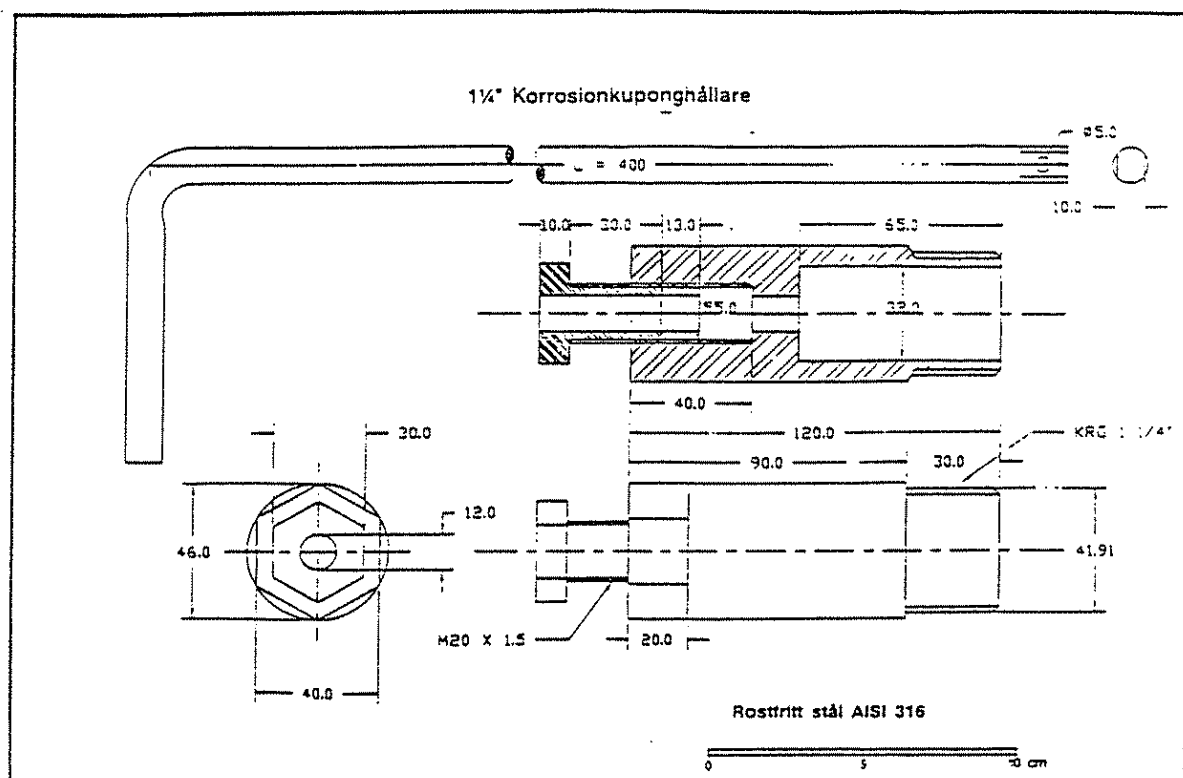


Fig 4.2.2 Mätstation för korrosionsmätning.

I många fall kan det vara lämpligare att ha provkupongerna i huvudströmmen i stället för i en by-pass. På det viset får man resultatet under driftförhållanden och i själva processen.

För att komma ifrån att behöva stänga av processen, när kupongerna inspekteras, används kuponghållare som går igenom en packbox och en 1 1/4" avstängningsventil. Fig 4.2.2 visar en ritning av en sådan kuponghållare. Jämfört med ASTM-normen är enda skillnaden att kupongerna är införda i huvudflödet. Sådan utrustning har provats av fjärrvärmeverken på Island under en längre tid med goda resultat.

**Avsaltat
vatten:**

Vatten där salterna är avlägsnade via passage genom ett katjon- och ett anjonfilter. Samtliga joner blir då utbytta mot väte- och hydroxidjoner, d v s råvattnets salter omvandlas till vatten. Salterna kan också avlägsnas i en omvänd osmos anläggning. Avsaltat vatten kallas också för dejonat, totalavsaltat eller demineraliserat vatten.

Mekanisk

filtrering I: Mekanisk filtrering av råvatten innan det leds till en avhärtningsanläggning.

II: Mekanisk filtrering genom delströmsrening av cirkulationsvatten i ett fjärrvärmesystem.

5 VATTENBEHANDLINGSTEKNIK

Behandling av spädvatten till fjärrvärmeanläggningar.

Definitioner/förklaringar till termer använda i denna handledning.

- Jonbyte:** En process, där positiva joner och negativa joner byts ut mot önskvärda joner. Positiva joner kallas katjoner. Negativa joner kallas anjoner.
- Avhärtningsfilter:** Ett filter för avhärtning, som innehåller en katjonmassa i natriumform. Den regenereras med natriumklorid (NaCl).
- Avhärdat vatten:** Vatten som har passerat ett avhärtningsfilter där kalcium-(Ca) och magnesium-(Mg) joner har bytts ut mot natrium (Na) joner. Anjonerna byts inte ut.
- Katjonfilter:** Ett filter som avlägsnar katjoner med hjälp av katjonmassa i väteform. Den regenereras då med en stark syra till exempel saltsyra (HCl).
- Anjonfilter:** Ett filter, som avlägsnar anjoner med hjälp av anjonmassa i hydroxidform. Den regenereras då med natriumhydroxid, natronlut (NaOH).
- Omvänd osmos:** Omvänd osmos (RO=Reverse Osmosis) är en miljövänlig process som används bl a för avsaltning och borttagande av organisk substans i råvatten. Processen bygger på användande av semipermeabla, s k halvgenomträngliga membran. Dessa släpper igenom rent vatten men utgör en barriär för lösta ämnen överstigande en viss molekylnivå (jonstorlek) det vill säga det är fråga om separering på molekylnivå.

5.1.2 Vattenkvalitet

Kvaliteten på behandlat vatten anges som hårdhetsgrader. I det avhårdade vattnet är hårdheten $<0,1^\circ\text{d}$. Övriga salter är i huvudsak NaCl , Na_2SO_4 och NaHCO_3 . Konduktiviteten i det avhårdade vattnet är i samma storleksordning som i råvattnet, nämligen 300 - 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i Danmark, 80 - 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i Finland, 30-100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i Norge och 25 - 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i Sverige. Konduktiviteten i geotermiskt vatten som används på Island varierar mellan 200-5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

5.1.3 Fördelar, nackdelar

Fördelarna med avhärdat spädvatten är t ex:

- pannstensbildning reduceras kraftigt
- slambildning reduceras kraftigt
- anläggningskostnaden är låg
- driftkostnaden är låg

Nackdelar som kan nämnas:

- har råvattnet ett högt innehåll av bikarbonatjoner, som ju inte avlägsnas vid avhårdning, kommer en otillräcklig alkalisering av cirkulationsvattnet att befrämja korrosion,
- vattnet har ett högt totalsaltinnehåll. Detta befrämjar korrosionen och ger saltutfällningar vid otätheter,
- större utgifter för kemikalietillsatser (pH-justering),
- vattnets innehåll av klorid skapar ökad risk för punktfrätning t ex i radiatorer, (gäller direktkoppling)
- vattnets innehåll av kloridjoner gynnar spänningskorrosion på rostfritt stål.

5.2 **Avsaltat vatten - jonbyte**

Vid avsaltning av vatten avlägsnas nästan alla salter, varvid konduktiviteten minskar till 1-10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i förhållande till det avhårdade vattnets konduktivitet som varierar mellan 25-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Då konduktivitet är en förutsättning för bildandet av korrosionsprocesser i fjärrvärmesystem, medför detta en väsentlig reduktion av syrekorrosionens hastighet.

5.1 Avhärdat vatten

Vid avhärdning av vatten avlägsnas kalcium- och magnesiumjoner som annars bildar beläggningar och slam i fjärrvärme-systemet. Jonerna byts ut mot natriumjoner genom passage genom ett filter med katjonmassa i natriumform. Då salthalten inte reduceras vid avhärdning, kommer risken för syrekorrosion inte heller att reduceras. (Jämför avsaltat vatten.)

Utläggning av anläggning är beroende på råvattnets sammansättning och önskad kapacitet varför dimensioneringen bör ske av experter på området. Natriumklorid (NaCl) används som regenereringsmedel och förbrukningen är ca 300% av teoretisk mängd.

5.1.1 Anläggningsbeskrivning

Figur 5.1.1 nedan visar funktionen hos ett avhärdningsfilter. Kalcium och magnesium byts ut mot natrium från den saltregerade massan medan anjonerna går obehindrat igenom.

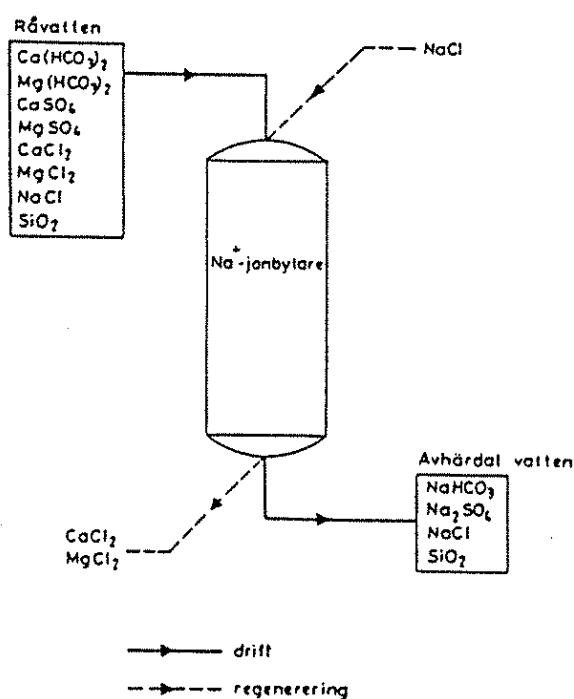


Fig. 5.1.1 Avhärdningsfilter

Fördelen med en motströmsregenererad anläggning är, att kemikalierna utnyttjas bättre, varför det i den minst belastade delen av jonbytesmassan fås färsk kemikalier och därvid uppnås en högre regenereringsnivå (g kemikalie/l jonbytesmassa) och mindre saltläckage.

Det har visat sig att motströmsregenererade anläggningar nästan alltid är de mest ekonomiska. Redan vid 1 m³/h (3.600 m³/år, driftstiden är ca 10 h/dygn) är motströmsanläggningen fördelaktigare.

Vid medströmsanläggning, där man regenererar i samma strömningsriktning som under drift, används 300 - 350% av teoretisk mängd kemikalier, medan det vid en motströmsanläggning användas 110 - 170% av teoretisk mängd kemikalier.

5.2.2 Vattenkvalitet

Vattenkvaliteten efter en avsaltningsanläggning karaktäriseras av vattnets låga konduktivitet.

Konduktiviteten bör vara mindre än 10 uS/cm och koldioxidinnehållet mindre än 10 mg/l, jämför kraven på spädvatten och cirkulationsvatten.

5.2.3 Fördelar, nackdelar

Fördelarna med avsaltat spädvatten är t ex:

- syrebetingad korrosion förminskas väsentligt, på grund av att samtliga salter avlägsnas varvid även korrosionsströmmen minskar och syreinnehållet blir mindre kritiskt.
- pannstensbildning förhindras
- slambildning förhindras
- mindre risk för punktfrätning och spänningskorrosion på rostfritt stål
- små utgifter för kemikaliedosering

Nackdelar som kan nämnas:

- större anläggningskostnad än för en avhärdningsanläggning
- större driftkostnad för regenerering än vid en avhärdningsanläggning.

En avsaltningssystem i sin enklaste form består av ett katjonfilter och ett anjonfilter, där kat- och anjoner avlägsnas. Denna uppbyggnad är i princip tillräcklig för att producera avsaltat vatten och används vid uppbyggnad av små anläggningar.

För råvatten med ett högt bikarbonat innehåll skall man dessutom lägga till en kolsyraavdrivare (CO_2) för att förbättra kemikalieekonomin.

Vid större anläggningar byggs avsaltningssystemen med hänsyn till en optimal ekonomisk lösning med både svaga och starka jonbytesmassor.

Utläggning av anläggningen baseras på råvattnets sammansättning, kravet på det producerade vattnets kvalitet och anläggningens kapacitet. Detta bör ske i samarbete med leverantörer eller konsulter.

5.2.1 Anläggningsbeskrivning

Figur 5.2.1 nedan visar en typisk uppbyggnad av en liten anläggning. Den beskrivna anläggningen är en motströms-regenererad anläggning. Kemikalietillsatsen under regenereringen sker i motsatt riktning under drift. Därigenom sparar man kemikalier och uppnår renare vatten.

Regenereringskemikalier är t ex saltsyra, (HCl), för katjonmassan och natriumhydroxid, (NaOH), för anjonmassan.

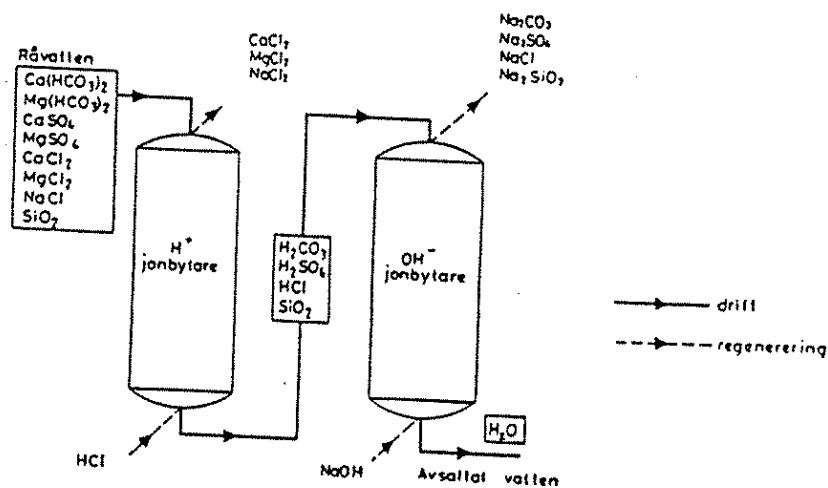


Fig 5.2.1 Avsaltningssystem

5.3.2 Vattenkvalitet

Man räknar med att ca 10% av de salter, som finns i vattnet efter passage genom en avhärtningsanläggning passerar omvänd osmos-anläggningen tillsammans med 25% av vattnets innehåll av kiselsyra (SiO_2) och all fri kolsyra (CO_2). Kvalitén på det renade vattnet kommer således att vara beroende av råvattnets kvalitet.

5.3.3 Fördelar, nackdelar

Fördelarna med användning av omvänd osmos är de samma som nämnts i punkt 5.2.3 sid 23, avsaltat vatten, dock med följande tillägg:

- små driftkostnader.
- miljövänligare

Nackdelar som kan nämnas:

- större anläggningskostnad än vid avhärtning och avsaltning med jonbyte (beror också på storlek)
- membranen är dyra och livstiden begränsad
- vattenförlusten är 25% mot jonbytesanläggningens 10%.

5.3 Avsaltat vatten - omvänd osmos

I stället för jonbyte kan man använda en omvänd osmosanläggning, det vill säga en anläggning, där vattnet vid högt tryck pressas genom så fina porer i ett membran, att huvudparten ca 90% av salterna i råvattnet hålls tillbaka.

5.3.1 Anläggningsbeskrivning

Figur 5.3.1 nedan visar en anläggning med avhärtningsfilter, efterföljt av en omvänd osmos-anläggning.

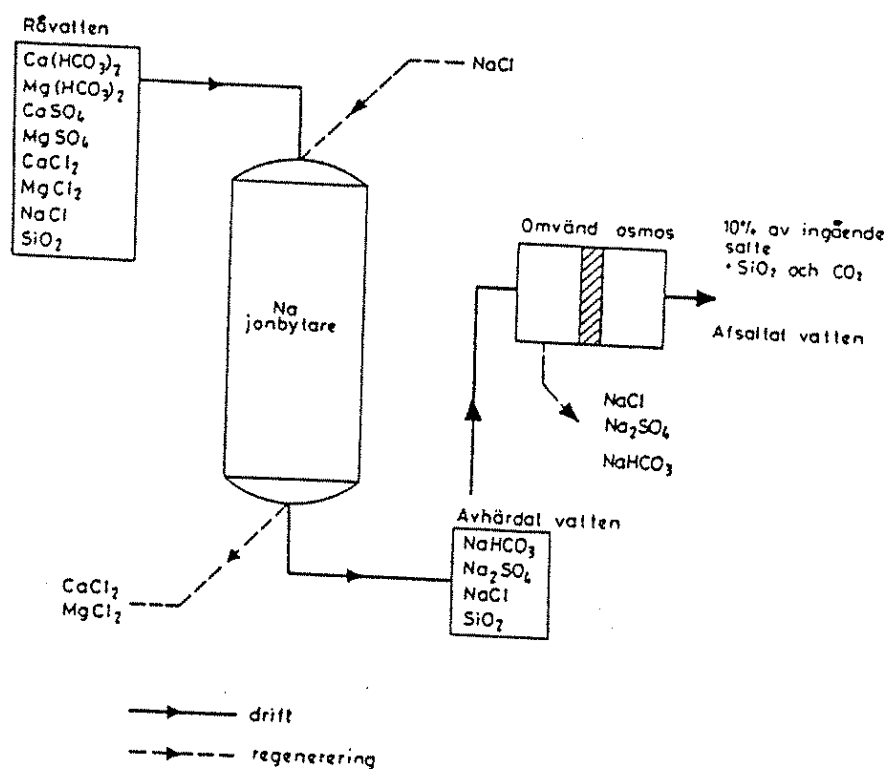
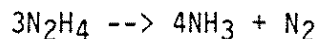


Fig 5.3.1 Avhärdning och omvänd osmos

Som slutprodukt fås nitrogen (N₂) och vatten (H₂O). Vid högre temperatur sönderdelas hydrazinet till ammoniak enligt formeln:



Nedbrytning av hydrazin till ammoniak och nitrogen kan ske även vid temperaturer under 100°C om oxygen ej är närvarande och graden av nedbrytning beror på tidsfaktorn, temperaturen och eventuella katalytiska effekter, exempelvis verkar närvaron av kopparjoner katalyserande på reaktionen. Reaktionshastigheten beror även av pH-värdet och högre pH-värden ger ökad reaktionshastighet.

För att få ett fullgott korrosionsskydd kan samtidigt användas pH-justerande (exempelvis natriumhydroxid) och oxygenelimerande tillsatsmedel till fjärrvärmvattnet. Då förhindras både den hydrogenutvecklande som oxygenreducerande korrosionen.

I Danmark får hydrazin användas i primärkrets som värmväxlas mot sekundärkrets vilken levererar värme till de enskilda förbrukarna. (ref 10.1.2)

I Sverige är tillåten koncentration maximerad till 0,5 mg N₂H₄/l.

5.4 Metoder för oxygenborttagning (O₂)

5.4.1 Termisk avgasning

Vid kokning drivs oxygen och andra gaser ut ur vattnet. Kokning kan ske antingen med inblåsning av ånga, d v s med lätt övertryck och med en temperatur som ligger över 100°C, eller som är mer normalt vid fjärrvärmeanläggningar, med vakuum och lägre temperatur.

5.4.2 Kemisk avgasning

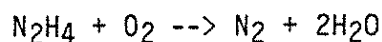
Kemisk avgasning sker genom tillsats av ämnen, som reagerar med oxygen.

5.4.2.1 Natriumsulfit, Na₂SO₃

Natriumsulfit ombildas genom reaktion med oxygen till natriumsulfat. Doseringen är ca 8 g natriumsulfit per g oxygen, $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$. Ett överskott på 30-50 mg/l räknat som Na₂SO₃ behövs normalt. Natriumsulfit motverkar oxygenkorrosion på stål med bra resultat men medför ökade risker för sulfidangrepp på koppar och vissa lödmetaller. Salthalten ökar också. Natriumsulfit bör inte användas vid temperaturer över 250°C (40 bar).

5.4.2.2 Hydrazin N₂H₄

Hydrazin är ett oxygeneliminerande tillsatsmedel som reducerar den i vattnet lösta oxygenen och omöjliggör därmed, under förutsättning att reduktionen är fullständig, oxygenreducerande korrosion. I temperaturområdet 25 - 75°C förlöper reaktionen mellan det lösta oxygenet och hydrazinet stökiometriskt enligt formeln:



5.4.2.5 Katalytisk reduktion av oxygen

Katalytisk reduktion av oxygen sker vid tillsättning av hydrogen. Hydrogen och oxygen reagerar med varandra i en behållare med en katalysator och bildar vatten. Överskott på hydrogen avblåses med nitrogen. Erfarenheten av denna metod är för närvarande mycket begränsad. (ref 10.4.4)

5.4.2.3 Tanniner

Tanniner utgörs av komplicerade organiska föreningar från växtriket med en molekylvikt mellan 600 och 2.000. Därför kan det vara mycket stor skillnad mellan olika tanninprodukter. Tanninerna är verksamma i alkalisk miljö och har förmågan att absorbera oxygen i vattenlösning på liknande sätt som natriumsulfit. I alkalisk form förekommer vissa av tanninerna som salter och exempelvis används natriumtannat inom liknande områden som hydrazin och är således ett ämne av reducerande natur. För fullständig reduktion av 1 g oxygen åtgår 2 g natriumtannat och reaktionshastigheten vid oxygenbindningen överensstämmer närmast med katalyserad natriumsulfit. Det naturliga tanninernas oxygenabsorptionsförmåga är svår att direkt ange med reaktionsformler. Utgår man från hydrolyserbara tanniner gäller att 40 mg tannin binder 1 mg O₂.

Tanninerna sägs vara stabila upp till 2,8 MPa (olika uppgifter finns rapporterade i litteraturen) och sönderdelningsprodukterna är delvis flyktiga (CO₂). Tanniner används även som korrosionsinhibitorer på grund av sin egenskap att bilda en skyddande film av järntannatkomplex på metallytan. Tanniner anses vara miljövänliga. (ref 10.5.11 och 10.5.12)

5.4.2.4 Organiska oxygenreduktionsmedel (ref 10.5.4)

Under de senaste åren har flera nya organiska oxygenreduktionsmedel som substitut för hydrazin blivit marknadsförda. Vid användning av dessa kemikalier rekommenderas därför att leverantören avkrävs dokumentation över effektivitet, innehåll och toxicitet, vilket också gäller reaktionsprodukter. Dosering och kontroll skall ske enligt leverantörens anvisningar. Uppföljning bör ske med oxygen- och järnanalyser. I Danmark hänvisas till Miljöstyrelsens tillkännagivande nr 144 av den 14 april 1982 om förbud att använda gifter i vissa värmesystem.

5.6 Mekanisk filtrering I - Råvattenbehandling

Vid förbehandling av råvatten i ett mekaniskt filter avlägsnas föroreningar från råvattnet såsom fasta partiklar.

Mekanisk filtrering används vanligtvis när ytvatten från egen vattentäkt används som spädvatten till fjärrvärmesystemet.

5.6.1 Anläggningsbeskrivning

Figur 5.6.1 nedan visar placeringen av det mekaniska filtret i förbindelse med avhärtningsanläggningen, där alltid råvattnet passerar filtret före avhärtningsanläggningen.

Råvattenrening:

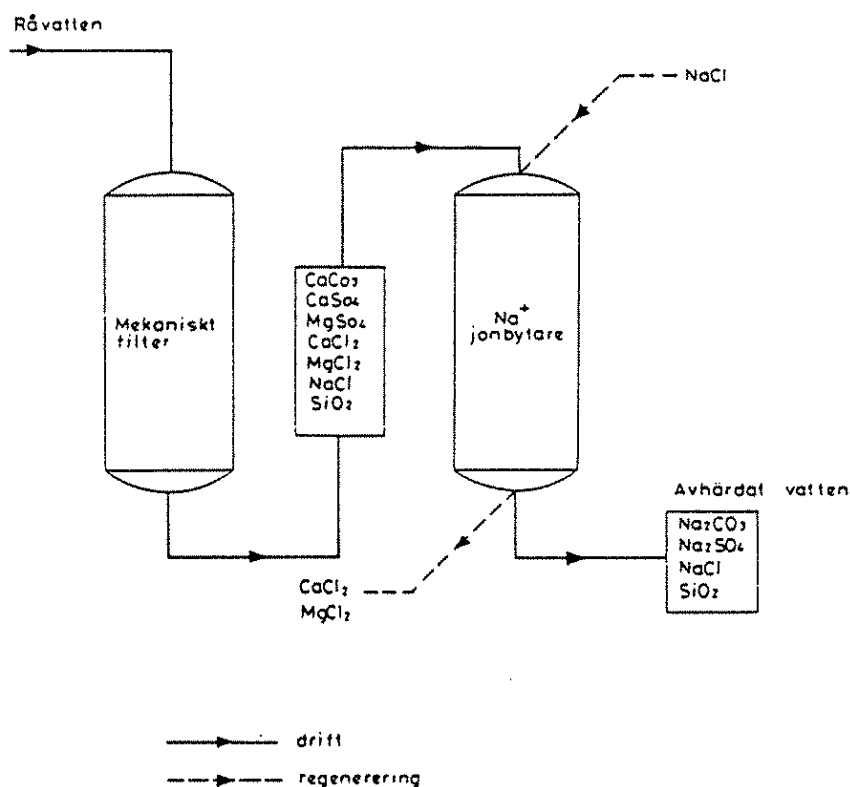


Fig 5.6.1 Mekaniskt filter i serie med avhärtningsfilter.

Det mekaniska filtret kan bestå av ett sand- eller patronfilter.

Porstorleken i patronfiltret bestäms av kravet på filtrering och kan variera mellan 2 - 50 μm .

5.5 Korrosionsskydd

5.5.1 Kemikalietillsats

Till avsaltat vatten doseras natriumhydroxid. Doseringen skall vara ca 2 g NaOH/m³ för att få ett pH av ca 9,8.

Omvänd osmos avlägsnar inte fri kolsyra och därför skall större mängder av natriumhydroxid användas för att höja pH-värdet.

Vid avgasning kommer 95% av kolsyran att avlägsnas varför en del av kemikalierna kan sparas.

Vid avhärdat vatten kommer dessutom att krävas NaOH för att binda (neutralisera) kolsyran. Den doserade mängden är därför beroende av bikarbonatinnehållet. Vid ett avhärdat vatten med ett innehåll av t ex HCO₃ = 2,95 val/m³, krävs 50 g NaOH/m³ under ett år för att uppnå ett pH mellan 9,5 och 9,7 jämfört med avsaltat vatten som kräver ca 2 g/m³. Vid högre innehåll av bikarbonat krävs en större dosering av natriumhydroxid.

Ammoniak och hydrazin höjer också pH-värdet och om avsaltat vatten används kan det vara tillräckligt att använda endera av dessa.

5.5.2 Färdiga kemikalieblandningar

Ibland används färdiga kemikalieblandningar i värmeverken, eventuellt som färdigköpta lösningar.

När man överväger att använda sådana blandningar bör man primärt undersöka om blandningen endast innehåller ämnen som är tillåtna att tillsätta fjärrvärmvattnet.

Vidare bör man överväga om den färdiga blandningen är lämplig för den aktuella anläggningen under olika driftförhållanden.

Om man t ex använder en blandning av natriumfosfat och natriumsulfit är blandningsförhållandet kanske sådant, att man vid normal spädning med avhärdat vatten får det rätta överskottet i cirkulationsvattnet. Läcker det in råvatten i systemet stiger natriumfosfatförbrukningen och doseringen bör därför ökas. Detta kommer då att medföra överdosering av natriumsulfit.

Returvattnets temperatur bör efter det mekaniska filtret vara under 60°C om en avsaltningsanläggning skall installeras. Vissa typer av jonbytessmassor tål dock endast 50°C.

Delströmsrening:

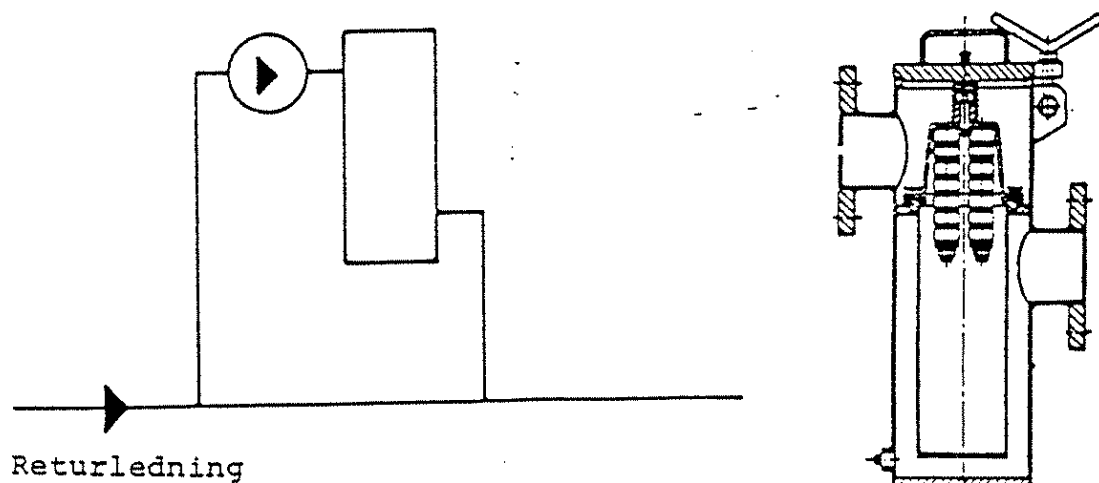


Fig 5.7: Mekaniskt filter kombinerat med magnetfilter.

5.7 Mekanisk filtrering II - Delströmsrening

Delströmsreningssystemet är en anläggning som används till att rena det cirkulerande fjärrvärmevattnet från slam och eventuellt från salter.

Normalt tas en mängd motsvarande 1 - 3% av cirkulationsmängden ut från botten i huvudreturledningen, efter att vattnet har passerat horisontellt i minimum 5 rördiametrar - gärna längre sträcka.

5.7.1 Anläggningsbeskrivning

I ett mekaniskt filter som tidigare nämnts avlägsnas slam. Slammets sammansättning kan variera beroende på om en ny anläggning tas i drift, varvid vattenkvaliteten kan skifta, eller om det körs i normal drift. Det är därför viktigt att välja rätt porstorlek på filterpatronerna. Till exempel kan det vara nödvändigt att när man startar upp en anläggning att filtret har en porstorlek av 20 - 40 μm , och efter en tid minska till $< 2 \mu\text{m}$. Ju mindre porstorlek, desto större är möjligheten att avlägsna magnetit, som eljest kan ge problem i vissa flödesmätningar.

I serie med det mekaniska filtret kan installeras en kemisk rening i form av ett avhärtningsfilter eller en avsaltningsanläggning, beroende på kravet på det aktuella systemets vattenkvalitet. Om jonbytesfilter används minskas en del av det finfördelade slammet.

Ett magnetfilter avlägsnar magnetiska korrosionsprodukter, från cirkulationsvattnet t ex magnetit. Då de filtrerbara ämnena är begränsade, bör ett magnetfilter efterföljs av ett mekaniskt filter.

TABELL 6.1

ANALYSRIKTVÄRDEN

Analys	Anläggnings- storlek och systemkoppling			
	> 100 MW SYSTEMKOPPLING 1) INDIREKT	9,5 - 10	9,5 - 10	9,5 - 10
			10 - 100 MW SYSTEMKOPPLING 1) INDIREKT	10 MW SYSTEMKOPPLING 1) INDIREKT
			DIREKT	DIREKT
pH-värde (25°C)		9,5 - 10	9,5 - 10	9,5 - 10
Hårdhet mmol (Ca+Mg)/kg 2) - " - od	< 0,178 < 1,0	< 0,018 < 0,1	< 0,178 < 1,0	< 0,178 < 1,0
Oxygen mg O ₂ /kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	Se kommentar
Ammoniak mg NH ₃ /kg	< 10	< 10	< 10	-
Järn tot. mg Fe/kg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-
Koppar tot. mg Cu/kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-
Olja, fett mg/kg	< 1	< 1	< 1	-
Konduktivitet (25°C) uS/cm	Se kommentar	Se kommentar	Se kommentar	-
Fasta partiklar	Se kommentar	Se kommentar	Se kommentar	-

1) Med indirekt koppling menas att panna och fjärrvärmenät är skilda åt med värmeväxlare. Vid direkt koppling värms nätvattnet direkt i pannan och önskad temperatur shuntas ut. Pannkretsen har i regel högre temperatur 120-180°C än nätet.

2) För Danmark hänvisas till ref. 10.1.1

6.0 VATTENKVALITET

Orsaken till invändiga skador i fjärrvärmesystem kan i de flesta fall hänföras till bristande behandling av spädvatten och/eller cirkulationsvatten. Det är därför viktigt att behandla vattnet rätt både ur korrosions- och beläggningssynpunkt.

6.1 Riktvärden för cirkulationsvattnet

I tabell 6.1 sid 36 anges de värden som är allmänt vedertagna för att undvika invändig korrosion och beläggningar i fjärrvärmenät och pannor.

6.1.1 Kommentarer till analysriktvärden

pH-värde

Vid ett pH-värde mellan 9,5 och 10 har stål den lägsta korrosionshastigheten. Alkaliteten är också så låg att avzinkning av mässing sker med låg hastighet.

Med hänsyn till kopparlegeringar är det inte lämpligt att ha ett pH-värde över 10. Därför har pH-intervallet 9,5-10 valts som optimalt område. Aluminium får inte användas vid dessa pH-värden.

Hårdhet

De hårdhetsbildande jonerna i vattnet är kalcium (Ca^{2+}) och magnesium (Mg^{2+}). Tillsammans med bikarbonat utfälls t ex kalciumkarbonat (CaCO_3) på tubytor. Utfällningen är beroende av koncentration av olika salter samt temperatur. Hårdhetsbildarna har s k negativ löslighetskoefficient, d v s lösligheten minskar med ökande temperatur. Detta är orsaken till att olika riktvärden valts för indirekt och direkt systemkoppling. Ur vattenanalysen kan också beräknas vid vilken temperatur utfällning sker.

Oxygen

Löst oxygen i vatten ger korrosion på stål och då korrosionshastigheten är beroende av oxygenkoncentrationen måste oxygenhalten vara så låg som möjligt. Island har riktvärdet $<0,01 \text{ mg O}_2/\text{l}$. Se vidare kapitel 4.1 Material och korrosionstyper sid 5 .

Fasta partiklar

Fasta partiklar i cirkulationsvattnet utgörs dels av korrosionsprodukter och dels av slagg, grus mm från montaget. För att undvika igensättningar och erosion skall halten vara så låg som möjligt.

6.2 Riktvärden för spädvattnet

De tidigare nämnda riktvärdena för cirkulationsvattnet tabell 6.1 bör kunna innehållas om spädvattnet har följande kvalitet:

Analys	Spädvatten	Avhärdat och avgasat vatten	Avsaltat och avgasat vatten
Konduktivitet (25°C)		ungefär som i råvattnet	< 10 uS/cm
Hårdhet (Ca + Mg)		< 0,1 °d	< 0,01 °d
Oxygen (O ₂)		< 0,02 mg/kg	< 0,02 mg/kg
Koldioxid (CO ₂)		-	< 10 mg/kg

Man skall vara uppmärksam på att övergångsproblem kan uppstå vid byte från avhärdat vatten till avsaltat vatten i ett fjärrvärmenät. Det beror på att avsaltat vatten löser upp avlagringar från driftperioden med avhärdat vatten. Samma problem kan också uppstå vid övergång från råvatten till avhärdat vatten eller avsaltat vatten. Upplösningen orsakar högre slamhalt som bör avlägsnas i mekaniska filter för att undvika igensättningar i flödesmätare och i värmexchånglare.

Ammoniak

Ammoniak kan vid höga halter orsaka spänningskorrosion på koppar och kopparlegeringar. Om halten är <10 mg NH_3/kg undviks detta med god marginal.

Järn och koppar

Järn och kopparkoncentrationen i fjärrvärmevattnet ger upplysning om korrosionsnivån. Vid aktuella pH-värden föreligger flesta av de järn- och kopparjonerna i oxid och hydroxidform, vilket ger fasta partiklar och slam i systemet. Huvuddelen av järnoxiden förekommer som magnetit (Fe_3O_4) som fastnar i flödesmätare och orsakar felmätningar. Magnetiten kan också orsaka erosion i rörböjar och reglerorgan.

Olja och fett

Olja och fett i nätvattnet kan orsaka beläggningar på panntuber samt igensättningar i flödesmätare.

Konduktivitet (ledningsförmåga)

Konduktivitet är ett mått på vattnets salthalt och varierar därför relativt mycket i råvattnet beroende på om vattnet är ett yt- eller grundvatten samt av markförhållandena.

Ett avhärdat vattens konduktivitet skiljer sig inte nämnvärt från råvattnets medan ett avsaltat vatten har mycket låg konduktivitet eftersom salterna tas bort i en avsaltning.

Några riktvärden för konduktivitet anges ej men allmänt kan sägas att korrosionshastigheten är lägre ju lägre konduktiviteten är. På grund av korrosion finns det några anläggningar som har gått över till avsaltat vatten som spädvatten till fjärrvärmenätet.

Induktiva flödesmätare kräver > 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

I tabell 7.1 nedan anges förslag till provtagningspunkter, analysfrekvens och de ämnen som bör analyseras.

PROVTAG- NINGSSTÄLLE	ANALYSERAS	pH	°d	O ₂	NH ₃ 1)	Fe	Cu	OLJA	KONDUK- TIVITET	FASTA PART.	DOS KEM
P1 Råvatten		D	D			D			D	D	
P2 Spädvatten			A								
P3 Matarvatten		B	B	B					B3)		
P4 Cirkulationsvatten		B	B		C	C	C	C2)	B3)	B	B/C
P5 Vatten efter del- strömsfilter			B			C	C			B	

- 1) om ammoniak eller hydrazin doseras
- 2) vid förvärmning av olja med fjärrvärmvatten rekommenderas kontinuerlig övervakning.
- 3) vid avsaltat spädvatten rekommenderas kontinuerlig övervakning

A = VARJE ARBETSDAG B = EN GÅNG PER VECKA
 C = EN GÅNG PER MÅNAD D = EN GÅNG PER ÅR ELLER VID BEHOV

Tabell 7.1 Analyser och analysfrekvens vid normal drift.

Som en allmän regel kan sägas att analysresultaten bör arkiveras så att resultaten senare kan jämföras med varandra för att eventuella förändringar skall uppmärksammas.

Analyserna bör utföras med standardiserade analysmetoder.

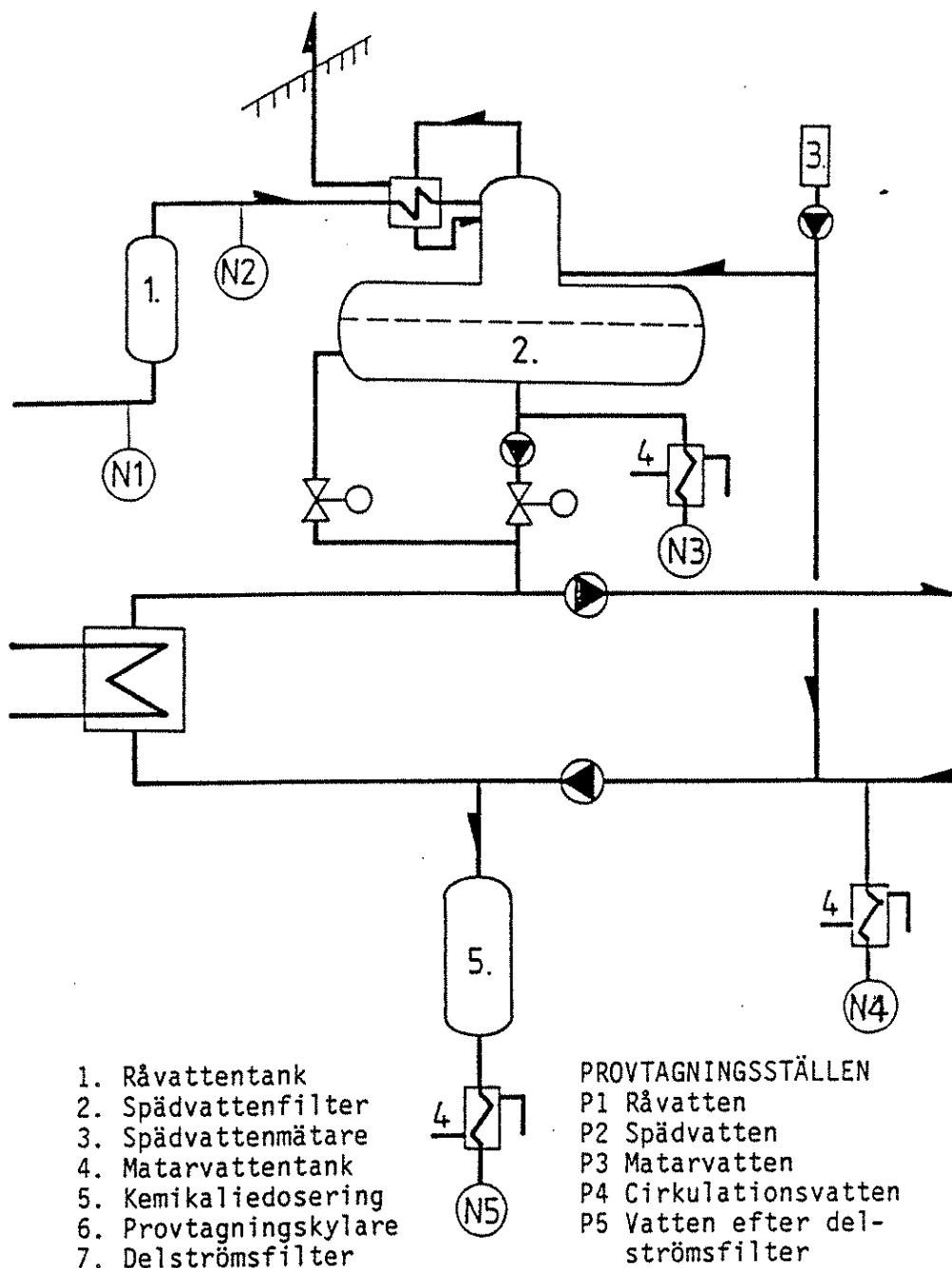
7. PROVTAGNING OCH ANALYSER

7.1 Allmänt

Fjärrvärmevattnet bör hålla en godtagbar kvalitet enligt kapitel 6 se sid 36. Beroende på olika driftsförhållanden och behov av spädvatten varierar både analysfrekvens och antal analyser.

7.2 Provtagningsställen

I fig 7.1 nedan visas ett exempel på provtagningsställets placering schematiskt i en vattenbehandlingsanläggning.



8.0

LÄCKAGEKONTROLL

8.1

Allmänt

Det har utförts en del skadestatistik över fjärrvärmenäten i de nordiska länderna. I fig 8.1 nedan illustreras en skadefrekvenskurva från svenska anläggningar. (ref 10.5.9)

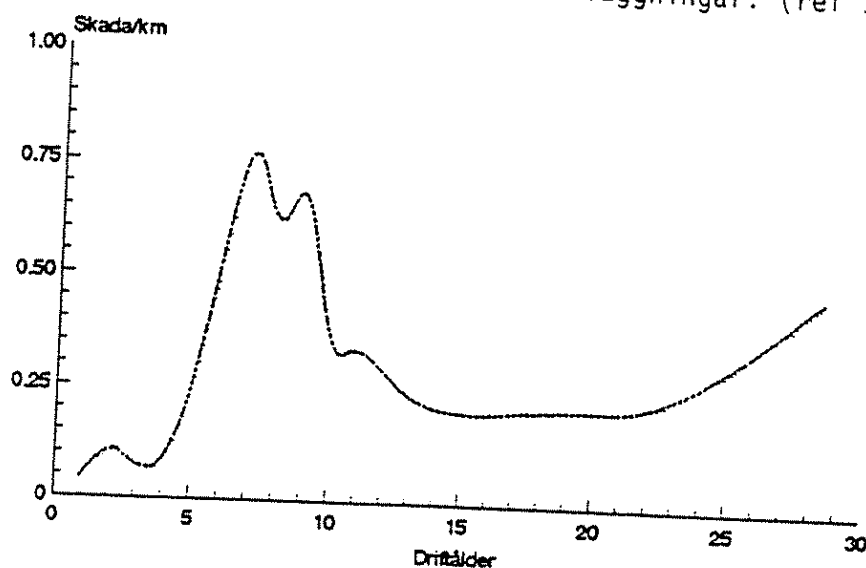


Fig 8.1 Skadefrekvens. Svenska registreringar för alla kulverttyper.

Den markerade toppen mellan 5 och 10 år är karakteristisk för installationsfel med tillhörande korrosionsangrepp och observerat läckage. De allra flesta skadorna gäller läckage av regn- eller grundvatten utifrån genom skyddshölje varvid korrosionsangrepp på rör och nedsatt isolationsförmåga blir följden.

8.2

Läckagekontroll

Läckagekontroll sker alltid genom mätning av spädvattenförbrukningen. En ökad spädvattenförbrukning visar att det är läckage ut ur systemet medan en reducerad förbrukning kan bero på att det är läckage in i systemet, t ex från en indirekt kopplad panna eller från en abonnentcentral.

7.4 Provtagning och analyser i Island

På grund av Islands särställning att använda geotermiskt vatten i fjärrvärmenäten gäller andra synpunkter angående provtagning och kemisk analys. Regelbundna kemiska analyser av geotermiskt vatten kan hjälpa till att upptäcka förändringar i geotermiska reservoarer, t ex med hänsyn till rovdrift. Kemisk uppföljning av geotermiska vattenreservoarer är därför mycket viktigt. Man rekommenderar provtagning minst en gång per år och även flera gånger om några förändringar i vattnet upptäckts via analyser men det är olika under olika förhållanden vilka ämnen som bäst indikerar förändringar. Minskning i koncentrationen av kiselsyra (SiO_2) och fluor är vanligt vid rovdrift (geotermiska reservoarer överbelastas). Orsaken är att kallt grundvatten strömmar in i den geotermiska reservoaren.

- Spårämnen
Tillsats av spårämnen (t ex färgämnet pyranin som bl a provats i Sverige) kan användas som visuell eller optisk registrering av läckage. (ref 10.5.3)
- Analys av karakteristiska kemikalier i fjärrvärmenät.
- Akustiska metoder:
Denna metod är baserad på användning av avlyssningsutrustning för lokalisering av vattenljud från läckage.
- Visuella observationer.
Visuella observationer av fjärrvärmesträckor med hänsyn till snösmältning eller ångutveckling.

För lokalisering av ett skadeställe kan ofta flera av de nämnda läckagesökningsmetoderna användas samtidigt.

Spädvattenskontroll: Större anläggningar är ofta utrustade med en larmfunktion vid ökad förbrukning.

Mindre anläggningar har normalt manuell daglig avläsning av förbrukningen.

Mätning av spädvattenförbrukningen för läckagekontroll används ofta i kombination med flera av metoderna som nämns under läckagesökningsmetoder.

8.3 Läckagesökningsmetoder

Det finns flera läckagesökningsmetoder som har till uppgift att lokalisera skadestället.

- Fjärrvärmerör med inbyggt elektriskt fuktighetslarm:
Systemet består av en elektrisk krets som registrerar ändringar i isoleringens fuktighet. Vid hög fuktighet i isoleringen utlöses larmet och skadestället kan fastställas med lokala mätningar i kopplingspunkterna.
- Termofotografering:
Termofotografering av kulvertsträckor påvisar ställen med högre temperatur som indikerar nedsatt isolationsförmåga. En del verk utför årlig termografering av hela kulvertsträckan för att fastlägga ev. yttre läckage/skador. (ref 10.5.5 och 10.5.6)
- Temperaturmätningar:
Temperaturmätningar vid speciellt utsatta punkter (kammare, undercentraler etc) kan påvisa läckage från fjärrvärmenätet på grund av förhöjd temperatur.
- Tryckmätning:
Vid registrering av ökad spädvattenförbrukning kan läckage-stället lokaliseras vid avstängning och tryckprovning av delar av fjärrvärmenätet.

TABELL 9:1

KEMISKA TILLSATSMEDDEL

Kemikalie	Formel	Reaktion	Användningsområde	Skyddsutrustning
Natriumhydroxid	NaOH	Starkt alkaliskt	pH-höjande och konduktivitetshöjande i fjärrvärmevatten och pannvatten.	Gummihandskar, gummi-förkläde och skyddsglasögon eller visir
Trinatriumfosfat	Na ₃ PO ₄	Starkt alkaliskt	pH-höjande och konduktivitetshöjande i elpannor. Hårdhetsfällande och pH-höjande i pannvatten.	Skyddsglasögon
Dinatriumfosfat	Na ₂ HP0 ₄	Svagt alkaliskt	pH-höjande och konduktivitetshöjande i elpannor. Hårdhetsfällande i pannvatten.	Erfordras ej
Natriumsulfid (aktiverad)	Na ₂ S0 ₃	Neutral	Oxygenbindande i pannvatten och matarvatten vid låga tryck (<40 bar).	Erfordras ej
Hydrazinhydrat	N ₂ H ₄ · H ₂ O	Alkalisk	Oxygenbindande och pH-höjande i matarvatten och fjärrvärmevatten.	Sluten hantering. Vid öppen hantering gasmask och kem.skyddsdräkt.
Tanniner (Heatreat 600)	Se kap 5:4.5	Alkalisk	Oxygenbindande och korrosionsinhibierande för fjärrvärmevatten.	Skyddshandskar och skyddsglasögon
(DM 4-1)	Se kap 5:4.5	Svagt sur	Oxygenbindande och korrosionsinhibierande för pannvatten. Används tillsammans med natriumhydroxid.	Skyddshandskar och skyddsglasögon
Ammoniak 25 %	NH ₄ OH	Starkt alkalisk	pH-höjande i matarvatten och fjärrvärmevatten.	Skyddshandskar och skyddsglasögon

9 MILJÖ

9.1 Allmänt

Fjärrvärmevattnet är alkaliskt med ett typiskt pH-värde av 9,5-10. Beroende på vilka kemikalier som tillsätts vattnet kan det vara skadligt för omgivningen om det släpps ut i stora mängder. Vatten som innehåller hydrazin kan också vara farligt i mindre mängder om det förtärs eller fås på huden.

Kraven för den interna miljön fastställs av arbetarskyddsmyndigheten och kraven för den externa miljön av miljömyndigheterna. Krav och vem som fastställer dessa varierar i de olika länderna varför här endast tas upp de allmänt vedertagna skyddsåtgärderna.

Det ankommer på anläggningsägaren att gällande bestämmelser följs.

9.2 Doseringskemikalier

För varje kemikalie som anses utgöra risk för hälsa eller natur finns s k skyddsblad för hantering och transport. Dessa tillhandahålls av leverantören.

I tabell 9.1 anges användningsområde, reaktion och skyddsutrustning för de mest förekommande kemikalierna inom fjärrvärmeområdet. Eftersom hydrazin är omdiskuterat och tillåten att användas i vissa system och koncentrationer behandlas den utförligt.

9.2.1 Information om hydrazin

9.2.1.1 Allmänt

Enligt Svenska Arbetarskyddsstyrelsens anvisningar AFS 1987:12 är hydrazin upptaget i gränsvärdeslistan som ett HKS-ämne d v s

- ämnet kan upptas genom huden (H)
- ämnet har cancerframkallande egenskaper (K)
- ämnet har sensibiliserande (allergiframkallande) egenskaper (S)

10. REFERENSER

10.1 Danske referenser

1. Danske Fjernvarmeværkers Forening:
Vandbehandling ved Fjernvarmeværker. 1988.
2. Miljöministeriet Bekendtgørelse nr 144 apr 1982.
3. Berggreen M et al: Nordisk Industrifond Projekt P529 Delprojekt nr 1A+3+7, 1986

10.2 Finska referenser

1. Lämpölaitysyhdistys ry. Suositus KK3/1988
2. Lämpölaitysyhdistys ry. Raportti KK4/1988

10.3 Isländska referenser

1. Ellis II, P.F. et al :Materials Selction Guidelines for Geothermal Energy Utilization Systems, Januari 1981. (DOE/RA/27026-1).
2. Eliasson, E.T. et al: Corrosion of Mild Steel in Water from Icelandic low Temperature Geothermal Systems. International Symposium on Solving Corrosion and Scaling Problems in Geothermal Systems Januari 1983.
3. Arnórsson S. et al: The Chemistry of geothermal waters in Iceland. II. Mineral equilibria and independent variables controlling water compositions. Geochimica et Cosmochimica Acta Vol. 47, No. 3, March 1983.
4. Arnórsson S. et. al: The chemistry og geothermal waters in Iceland I. Calculation of aqueous speciation from 0° to 370°C. Geochim. Cosmochim. Acta vol. 46, no 9, september 1982.

10.4 Norska referenser

1. Norsk Energi/Kjelforeningen i samarbeid med Arbeidstilsynet.: Grundleggende kurs for kjelpassere. 1988.
2. Norsk Energi/Kjelforeningen.: Kurs i matevannsbehandling till dampkjeler. 1988.
3. Flaten Trond Peder: Kjemisk sammensetning av norsk drikkevann - En landsomfattende undersøkelse. Vann Nummer 3-1986
4. Halvorsen Tor: Nordisk Industrifond projekt P529, delprojekt nr 5, "Katalytisk oksygenreduksjon", 1985

Det hygieniska gränsvärdet för hydrazinets koncentration i luft d v s som en luftförorening, anges till 0,1 ppm eller 0,13 mg/m³. Med andra ord, koncentrationen anges i endera av sorterna, liter gas (ånga) per miljon liter luft (ppm) eller mg per m³ luft.

9.2.1.2 Toxikologiska effekter

Som underlag för det anvisade gränsvärdet finns inte någon absolut eller skarp gräns från medicinsk synpunkt mellan skadlig och icke skadlig koncentration. Även om en luftkoncentration av hydrazin i nivå med gränsvärdet i regel ej medför hälsorisk eller medför endast obetydlig hälsorisk, skall man likväl eftersträva att hålla hydrazinet vid så låga halter som möjligt **under** gränsvärdet.

9.2.1.3 Upptag genom huden

Hydrazin tillhör de ämnen som lätt kan tränga igenom huden. Man skall därför vidta särskilda åtgärder för att förhindra upptag genom huden, speciellt vid arbete med koncentrerade lösningar. Exempelvis skall vid hantering av hydrazin användas kemisk skyddsdräkt.

9.2.1.4 Hantering

Vid verken används vanligen 15%-ig hydrazinlösning (24%-ig hydrazinhydrat), vilken lösning för normala doseringsnivåer utspäds ytterligare. Man arbetar alltså med mycket utspädda vattenlösningar av hydrazin och man kan med stor sannolikhet anta att gränsvärdet ej uppnås i t ex utrymmen för hantering och dosering av hydrazin, vilket även framgår av utförda mätningar. Om hydrazin i små mängder spills ut på golvet ökar med all säkerhet hydrazinhalten i luften och man bör så snabbt som möjligt skölja med mycket vatten och spola till avlopp.

9.3 Vattenbehandlingsanläggningar

Vid regenerering av avhärdningsanläggningar och avsaltning-anläggningar finns det i avloppsvattnet överskott av regenereringskemikalier. Dessa kan vara skadliga och behöver därför behandlas före utsläpp. T ex måste pH-värdet justeras i vattnet från en avsaltning-anläggning. Det rekommenderas att de lokala myndigheternas krav följs.

10.5 Svenska referenser

1. Bergström L., Westas H.: Handbok i Matarvattenbehandling del 1 och 2. 1983.
2. Värmeverksföreningen: Kemi för Fjärrvärmesystem. 1985.
3. Bauer T. et al: Färgämne vid läckageindikering i fjärrvärmesystem. Värmeforskrapport nr 343, 1989.
4. Falk I.: Konditioneringsmedel för hetvatten. och ångpannesystem. Värmeforskrapport nr 304, 1988.
5. Ljungberg S-Å: Termografering av fjärrvärmenät. En metodstudie. Värmeverksföreningen och Statens Institut för Byggnadsforskning. 1987.
6. Ljungberg S-Å: Termografering av fjärrvärmenät. Utvärdering av kommersiell termografi. Statens Institut för Byggnadsforskning. Meddelande M:31 aug 1989.
7. Jansson R.: Korrosionsmätningar i fjärrvärmenät inom Storstockholms Energi AB (STOSEB), 1988.
8. ASTM D2688-75 metod B
9. Värmeverksföreningen: Kulvertstatistik 1987
10. Arbetarskyddsstyrelsen, AFS 1987:12
11. Beccaria, AM & Mor, ED: 4th European symposium on corrosion inhibitors, Ferrara, 1975, p 692
12. Parkins, RN & Pearce, AS: 2nd International congress on metallic corrosion, New York, 1963, 1966, p 646