

## NS-EN 12828:2012+A1/G1

Publisert: 2023-04-21

Språk: Norsk

### **Veiledning til NS-EN 12828:2012+A1:2014 Vannbehandling i lukkede energianlegg**

*Guidance to NS-EN 12828:2012+A1:2014  
Water treatment in closed energy plants*

ICS: 91.140.10

---

### **Opphavsrettsbeskyttet dokument**

Med mindre annet er angitt, kan ingen del av dette dokumentet reproduseres eller brukes i noen form eller på noen måte uten at skriftlig tillatelse er innhentet på forhånd. Dette inkluderer kopiering og elektronisk bruk, som publisering på internett eller et intranett. Enhver gjengivelse som strider mot dette, kan føre til beslagleggelse, erstatningsansvar og/eller rettslig forfølgelse. Forespørsel om gjengivelse rettes til Standard Online AS.

Innhold	Side
<b>1 Introduksjon</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Ordliste</b> .....	<b>9</b>
<b>3 Introduksjon til vannbehandling</b> .....	<b>10</b>
3.1 Viktigheten av vannbehandling .....	10
<b>4 Væskens funksjon og egenskaper</b> .....	<b>11</b>
4.1 Vann som energibærer .....	11
<b>5 Luft</b> .....	<b>11</b>
5.1 Luft i lukkede anlegg .....	11
5.1.1 Etterfylling .....	12
5.1.2 Feil systemtrykk .....	13
5.1.3 Diffusjon .....	13
<b>6 Korrosjon</b> .....	<b>13</b>
6.1 Generelt om korrosjon .....	13
6.2 Forhold som fremmer korrosjon .....	14
6.2.1 Løst oksygen .....	14
6.2.2 pH .....	14
6.2.3 Temperatur .....	14
6.2.4 Forskjell i galvanisk potensiale .....	15
6.2.5 Konduktivitet .....	15
6.2.6 Klorid .....	15
6.2.7 Sulfat .....	15
6.2.8 Bakterier .....	15
6.2.9 Vannhastighet .....	15
6.2.10 Overflateforhold .....	16
6.3 Ulike typer korrosjon .....	16
6.3.1 Uniform korrosjon .....	16
6.3.2 Galvanisk korrosjon .....	16
6.3.3 Punktkorrosjon (pitting) .....	18
6.3.4 Erosjonskorrosjon .....	19
6.3.5 Spenningskorrosjon .....	19
6.4 Korrosjon i ulike metaller .....	19
6.4.1 Jernkorrosjon .....	19
6.4.2 Kobberkorrosjon .....	20
6.4.3 Aluminiumskorrosjon .....	21
<b>7 Belegg og sedimentering</b> .....	<b>21</b>
7.1 Beleggdannelse i varme- og kjøleanlegg .....	21
7.2 Korrosjonsbelegg .....	21
7.3 Kalk .....	22

7.4	Bakterier og biofilm .....	23
7.4.1	Biofilm .....	23
7.4.2	Mikrobiologisk korrosjon .....	24
<b>8</b>	<b>Frostvæsker .....</b>	<b>25</b>
8.1	Frostvæskens funksjon .....	25
8.2	Oppbevaring av frostvæsker .....	25
8.3	Ulike typer frostvæsker .....	26
8.3.1	Glykoler .....	26
8.3.1.1	Etylenglykol .....	26
8.3.1.2	Propylenglykol .....	26
8.3.2	Etanol .....	27
8.3.3	Saltlake (brine) .....	28
<b>9</b>	<b>Vannbehandlingsprogram .....</b>	<b>28</b>
9.1	Hva bør inngå i et vannbehandlingsprogram .....	28
9.2	Beskyttelse mot luft .....	29
9.2.1	Ekspansjonssystemet .....	29
9.2.1.1	Ekspansjonssystemets funksjon .....	29
9.2.1.2	Statiske ekspansjonskar .....	30
9.2.1.3	Pumpebaserte ekspansjonsanlegg .....	32
9.2.1.4	Kompressorbaserte ekspansjonsanlegg .....	33
9.2.2	Utluftningsmetoder .....	33
9.2.2.1	Manuelle lufterventiler .....	33
9.2.2.2	Automatiske luftepotter .....	34
9.2.2.3	Mikrobobleutskiller .....	34
9.2.2.4	Vakuumavgasser .....	36
9.2.2.5	Kombinert ekspansjons- og avgassingssystem .....	38
9.2.2.6	Utkoking .....	38
9.3	Beskyttelse mot korrosjon .....	38
9.3.1	Korrosjonsinhibitor .....	38
9.3.2	Offeranode .....	41
9.3.3	Alkalisk filter .....	42
9.3.4	Kjemisk oksygenfjerning .....	42
9.4	Beskyttelse mot partikler og sedimentering .....	43
9.4.1	Hensikten med filter .....	43
9.4.2	Grovfilter .....	44
9.4.3	Partikkelfilter (finfilter) .....	45
9.4.4	Magnetfilter .....	47
9.4.5	Sandfilter .....	48
9.4.6	Smussutskiller .....	48
9.4.7	Syklonfilter .....	49

9.4.8	Elektromagnetisk vannbehandling med filtrering .....	49
9.5	Beskyttelse mot bakterievekst .....	50
9.5.1	Biocider .....	50
9.5.2	Termisk desinfeksjon .....	50
9.5.3	Kontroll av bakterievekst ved pH-regulering .....	50
<b>10</b>	<b>Væskeanalyser .....</b>	<b>51</b>
10.1	Hensikten med en væskeanalyse .....	51
10.2	Parametere og væskekvalitet .....	51
10.2.1	Standard parametere i en væskeanalyse .....	51
10.2.2	Tolkning av standard parametere .....	52
10.2.3	Andre parametere .....	53
10.3	Prøvetakingsinstruks .....	54
<b>11</b>	<b>Rens .....</b>	<b>54</b>
11.1	Skylling og rens før igangsettelse .....	54
11.1.1	Generelt .....	54
11.1.2	Planlegging av rens .....	55
11.1.3	Metode .....	56
11.2	Skylling og kjemisk rens under drift .....	58
11.3	Mekanisk rens under drift .....	59
<b>12</b>	<b>Vedlikeholdsrutiner .....</b>	<b>60</b>
12.1	Rutiner .....	60
	<b>Litteratur .....</b>	<b>61</b>



# Veiledning til NS-EN 12828:2012+A1:2014 — Vannbehandling i lukkede energianlegg

## 1 Introduksjon

### Forord

Veiledning for vannbehandling i lukkede energianlegg har blitt utarbeidet etter anmodning fra komite SN/K 33 *Bygningers varme- og kjøleanlegg*.

Dette dokumentet er utarbeidet av en prosjektgruppe bestående av:

Maria Råken, Kompa AS

Van Ha Doan, Kompa AS

Torstein Hovind Solhaug, Zijdemans Consult AS (Armaturløst ved prosjektstart)

Dokumentet har mottatt faglige innspill fra følgende personer:

Rune Nordstrøm, IMI Hydronic Engineering

Ulf Larsen, Eptec

Henrik Rosenquist, Enwa AS

Jan Raanes, ABK-Qviller

Ove Gudding, Canes

Trond-Atle Asphjell, Niprox

Robert Hagen, Lime Vannteknologi

Dokumentet er kvalitetssikret gjennom fagkontroll av komite SN/K 33.

Prosjektgruppen vil rette en stor takk til sponsorer som har bidratt til finansiering av prosjektet.

Canes AS

ABK Qviller AS

Roth Norge AS

Kompa AS

Armaturljonsson AS

VVS Norge AS

Lime Vannteknologi AS

Norsk Fjernvarme

Enwa Support AS

## Omfang

Dette dokumentet inneholder veiledning om komplett vannbehandling i lukkede varme- og kjøleanlegg, der hensikten er å minimere risikoen for korrosjon og sikre kostnadseffektiv drift. Veiledningen er frivillig å følge, men bygger på anbefalinger gitt i prEN 17671, EN 14336 og EN 12828. Veiledningen er primært tiltenkt næringsbygg, men kan også brukes mot andre bygningskategorier. Dokumentet er egnet for bruk av VVS-aktører, rådgivere og entrepenører, byggforvaltere og driftsansvarlige.

Veiledningen omfatter:

- teoretisk innføring i prosesser som kan oppstå og medføre korrosjon og beleggdannelse i lukkede varme- og kjøleanlegg;
- oversikt over komponenter som bør inngå i et komplett vannbehandlingsprogram, herunder beskrivelser av tilgjengelig metodikk;
- oppfølging av væskekvalitet ved bruk av væskeanalyser;
- innføring i kjemisk og mekanisk rens av lukkede varme- og kjøleanlegg;
- kontrollrutiner.

Vannbehandlingsprogram for varme- og kjøleanlegg bør hensyntas ved prosjektering, og etterprøves fra anlegget er satt i drift. Oppfølging av vannbehandlingsprogrammets effekt og anleggets væskekvalitet anses som en kontinuerlig prosess, og bør kontrolleres minimum årlig gjennom hele levetiden til anlegget.

## Aktuelle standarder til bruk i dokumentet

Dokumentet henviser til følgende standarder:

- 1) prEN 17671 — *Heating systems and water based cooling systems in buildings — Design for water based cooling systems*<sup>1</sup>
- 2) EN 14336 — *Varmesystemer i bygninger — Installasjon og ferdigstillelse av vannbaserte varmesystemer*
- 3) EN 12828 — *Varmesystemer i bygninger — Utforming av vannbaserte varmesystemer*

<sup>1</sup> EN17671 er forventet publisert i 2023.



## 2 Ordliste

<i>Alkalitet</i>	Vannets evne til å nøytralisere syre
<i>Anaerobe forhold</i>	Uten tilgang på oksygen
<i>Anode</i>	Metall som oksideres i en korrosjonsreaksjon
<i>Biocid</i>	Kjemisk stoff som dreper levende organismer
<i>Biofilm</i>	Samfunn av akvatiske bakterier og andre mikroorganismer festet til en overflate
<i>Biostatisk</i>	Forhold der bakterievekst hemmes
<i>Blåsetrykk</i>	Trykket på sikkerhetsventilens innløp som medfører at ventilen åpnes
<i>Bufferkapasitet</i>	Evnen en løsning har til å motsette seg endringer i pH
cfu/ml	Kollonidannede enheter per milliliter
<i>Diffusjon</i>	Bevegelse av molekyler/ioner fra et sted med høy konsentrasjon til et sted med lav konsentrasjon.
<i>Edelhet</i>	Evnen et metall har for å holde seg i metallform (ikke bli påvirket av vann og oksygen)
<i>Ekspansjon</i>	Utvidelse
<i>Ekspansjonskoeffisient</i>	Forholdet mellom den relative dimensjonsøkningen til et legeme og temperaturstigningen
<i>Elektrolytt</i>	Stoff som inneholder frie, bevegelige ioner, med enten positiv eller negativ ladning
<i>Elektron</i>	Negativ ladde elementærpartikler som kretser rundt atomkjernen
<i>Erosjon</i>	Nedsliting av en overflate
FNU	Formazine Nephelometric Unit
<i>Fortrykk</i>	Lufttrykket på ekspansjonskaret gasside når trykket på ekspansjonskarets væskeside er lik atmosfærisk trykk
<i>Galvanisk potensiale</i>	Mål for et metalls evne til å bli redusert
<i>Hardhet</i>	Væskens innhold av kalsium og magnesium
<i>Hematitt</i>	Rødblunt korrosjonsprodukt som dannes når jern korroderer ved tilgang på oksygen
<i>Inhibitor</i>	Stoffer som reduserer hastigheten, eller forhindrer kjemisk reaksjoner
<i>Katode</i>	Metall som reduseres i en korrosjonsreaksjon
<i>Kavitasjon</i>	Dannelse av gassbobler i en væske
<i>Konduktivitet</i>	Et stoffs evne til å lede elektrisk strøm
<i>Kontraksjon</i>	Sammentrekning

<i>Luftepotte</i>	Liten trykktank (potte) med flottørventil som åpner når potten er fylt med luft
<i>Magnetitt</i>	Svart metallisk korrosjonsprodukt som dannes når jern korroderer ved redusert tilgang på oksygen
<i>Metallion</i>	Elektrisk ladet metallisk atom
<i>Oksidasjon</i>	Kjemisk prosess der elektroner avgis
<i>Organisk materiale</i>	Alle former for karbonforbindelser, med unntak av mineralsk karbon
<i>p<sub>st</sub></i>	Statisk trykk, trykket målt ved anleggets laveste punkt når anlegget står stille
<i>p<sub>ini</sub></i>	Laveste forekommende driftstrykk
<i>p<sub>fin</sub></i>	Høyeste forekommende driftstrykk
<i>p<sub>sv</sub></i>	Sikkerhetsventilens blåsetrykk
<i>pH</i>	Mål på hvor sur en væske er
<i>Reduksjon</i>	Kjemisk prosess der elektroner tas opp
<i>Sedimentering</i>	Bunnfelling som oppstår dersom faste partikler i en suspensjon har større tetthet enn væsken
<i>Spenningsrekke</i>	Tabell i ordnet rekkefølge over metallers evne til å gi fra seg elektroner (reaksjonens spontanitet)
<i>Spesifikk varmekapasitet</i>	Energien som kreves for å heve temperaturen til et visst stoff med en grad
<i>Termisk konduktivitet</i>	Et stoffs evne til å lede varme
Turbiditet	Mål på uklarhet i vann (måles i FNU)
<i>Uorganisk materiale</i>	Stoffer og materialer av mineralsk og ikke biologisk opprinnelse som ikke er nedbrytbare
<i>Varmeavgivere</i>	Komponent i et vannbåret system som avgir varme til omgivelsene
<i>Varmeveksler</i>	Mekanisk barriere for varmeoverføring fra en væske til en annen
<i>Viskositet</i>	En væskes motstand mot bevegelse
<i>μm</i>	Mikrometer (1 μm = 0,001 mm)
<i>μS/cm</i>	Mikrosimens per centimeter (1 mS/m = 10 μS/cm)

### 3 Introduksjon til vannbehandling

#### 3.1 Viktigheten av vannbehandling

I alle lukkede varme- og kjøleanlegg er vannbehandling avgjørende for å unngå korrosjon og beleggdannelse. Disse problemene kan resultere i økt energiforbruk, driftsproblemer, redusert funksjonalitet og redusert levetid på rør og komponenter. Konsekvensene av manglende vannbehandling kan i noen tilfeller gi svært alvorlige følger.

For å minimere risikoen for korrosjon i lukkede energianlegg er det en rekke hensyn som bør tas allerede ved prosjektering. Dette inkluderer:

- materialvalg;
- vannhastighet;
- mulighet for å fjerne luft ved igangsettelse og i driftsfase;
- rengjøring av anlegg før igangsettelse;
- valg av vannbehandlingsprogram;
- service og ettersyn.

Å hensynta forhold som kan påvirke væskekvaliteten allerede ved prosjektering er et viktig utgangspunkt for å opprettholde god væskekvalitet gjennom hele anleggets levetid. Samtidig er det avgjørende at det allerede i tidligfase avklares hvordan valgt vannbehandlingsprogram skal driftes, og hvem i organisasjonen som har ansvar for dette. Ofte vil vedlikeholdsoppgaver tilfalle både drifter og leverandører, og det bør derfor foreligge en komplett driftsinstruks som tydeliggjør oppgaver, frekvens for utførelse og ansvarlig utførende.

Denne veilederen har som mål å gi både de som skal prosjektere og de som skal drifte lukkede energianlegg kunnskap om hvordan et vannbehandlingsprogram skal etableres og driftes.

## 4 Væskens funksjon og egenskaper

### 4.1 Vann som energibærer

I et lukket væskebåret energianlegg er målet å frakte energi fra en energikilde til en eller flere varme- eller kuldeavgivere. Energikildene kan være varmpumpe, fjernvarme, elektriske kjeler, biokjeler, solenergi eller andre energikilder. Varme- og kuldeavgivere er enhetene som skal overføre energien til omgivelsene, og kan for eksempel være radiatorer, gulvvarme, kjølebafler eller konvektorer.

For å frakte energien kreves en varmbærer (energibærer). Varmebæreren er et medium som både kan ta opp, lagre og avgi energi. I et lukket vannbåret anlegg er denne energibæreren vann. Vannet varmes opp av en energikilde på ett punkt i anlegget, og pumpes videre til de punktene der det er ønskelig at varmen avgis. Når vannet passerer varmeavgiveren reduseres temperaturen og vannet pumpes tilbake til energikilden for å varmes opp på nytt. Slik sirkulerer vannet rundt i anlegget og sørger for kontinuerlig eller periodisk oppvarming eller kjøling.

Varmebæreren kan også være andre væsker enn vann. I tilfeller der deler av anlegget utsettes for kuldegrader er det nødvendig å bruke en frostvæske med lavere frysepunkt enn vann for å unngå at væsken fryser. Frostvæsken har ikke nødvendigvis den samme evnen til å frakte energi som vann, og dette må derfor hensyntas allerede i prosjekteringsfasen. Du kan lese mer om frostvæsker i kapittel 8.

Som varmbærer har væsken den viktigste rollen i et energianlegg. Hvis væsken ikke klarer å ta opp, lagre eller avgi energien tilstrekkelig vil man ikke oppnå den temperaturen anlegget er dimensjonert for å avgi. Når væskens egenskaper endrer seg vil dette samtidig påvirke alle komponenter som er i direkte kontakt med væsken. Direkte kontakt med forurensninger kan medføre mekanisk slitasje og korrosjon som reduserer komponentens levetid og øker vedlikeholdskostnadene betraktelig. I tillegg kan forurensningene bidra å hindre korrekt balansering av energianlegget slik at energibalansen i bygget forstyrres. Resultatet er ofte økt energibruk eller behov for ytterligere energikilder, slik som for eksempel elektrisk panelovner eller vifter for kjøling.

## 5 Luft

### 5.1 Luft i lukkede anlegg

Ren luft inneholder 21% oksygen, og reduksjon av oksygen er den drivende faktoren i korrosjonsreaksjoner. Oksygen kan også gi grobunn for bakterier som forårsaker bakteriell korrosjon og dannelse av isolerende organiske belegg. I tillegg til å øke risikoen for korrosjon vil også luften redusere vannets evne til å frakte energi, øke motstanden for pumpen og skape sirkulasjonsproblemer. Mikrobobler

som fester seg til overflaten av varme- og kjøleavgivere kan også hindre energioverføring. Å minimere andelen luft i lukkede energianlegg er derfor det viktigste tiltaket for å redusere risikoen for korrosjon og samtidig opprettholde stabil drift.

Luften kan tilføres et lukket energianlegg på flere måter:

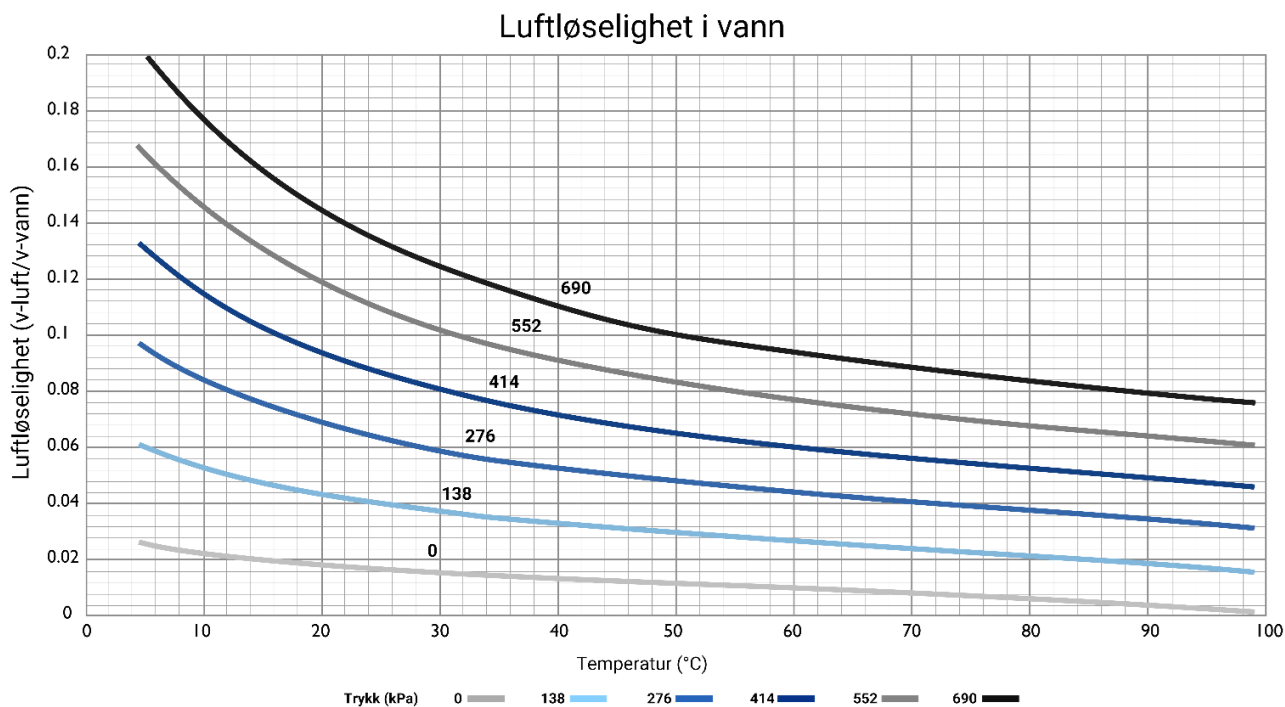
- etterfylling med ubehandlet nettvann;
- feil systemtrykk;
- diffusjon gjennom plastmaterialer.

Når luft er tilstede i et anlegg under trykk kan gassene oppholde seg i væsken i tre ulike former. Gassene kan enten oppholde seg som større luftlommer i anlegget, opptre i mikrobobleform eller være fullstendig løst i væsken. Gasser som er fullstendig oppløst i væsken er vanskeligst å fjerne. I hvilken form gassene opptrer avhenger av anleggets trykk og temperatur. Dette er beskrevet nærmere nedenfor.

### 5.1.1 Etterfylling

Behov for etterfylling av vann i et lukket energianlegg er en indikasjon på feil systemtrykk eller lekkasjer i anlegget. Under normale driftsforhold skal ikke etterfylling være nødvendig.

Nettvann ved 10 °C og 4 bar inneholder opptil 11% luft. I tillegg til oksygen består også luften av en større andel nitrogengass. Denne gassen er ikke reaktiv, men medfører økt motstand for pumpen og reduserer vannets evne til å frakte energi.



**Figur 1 — Luftløselighet i vann ved varierende trykk og temperatur**

[figur 1](#) viser hvordan luftløselighet i vann øker med økende trykk, og avtar med økende temperatur.

For høyt trykk vil derfor medføre økt løselighet for gasser som oksygen og karbondioksid som igjen kan øke korrosjonsraten.

Når anlegget etterfylles med ubehandlet nettvann tilføres store mengder luft. Oksygenet i luften vil raskt reagere med metalloverflatene og gi uniform korrosjon dersom anlegget ikke har tilstrekkelig korrosjonsbeskyttelse. Dersom anlegget har et utluftningssystem vil det være en konkurrerende prosess mellom korrosjonsreaksjonen og utluftningssystemet frem til oksygenet er brukt opp eller fjernet.

For å unngå luft i anlegget ved etterfylling anbefales det at etterfylling gjøres via utluftningssystemet. Merk at i anlegg med automatisk påfylling er det svært viktig å kontrollere etterfyllingsraten for å avdekke potensielle lekkasjer.

### 5.1.2 Feil systemtrykk

Alle lukkede energianlegg har et ekspansjonssystem som skal sørge for at trykket i anlegget holdes innenfor de definerte trykkområdene når væskens volum endres ved endrede temperaturer. Ekspansjonssystemer er beskrevet i kapittel [9.2.1](#). Ulike væsker har ulike ekspansjonskoeffesienter, og ekspansjonssystemet skal derfor hensynta hvilken væske som benyttes i anlegget. Eksempelvis har frostvæsken etanol høyere ekspansjonskoeffesient enn vann.

For å unngå tilførsel av luft i anlegget er det viktig at trykket til enhver tid holdes innenfor de definerte trykkområdene, og at det ikke forekommer undertrykk selv når anlegget er ute av drift. Dersom anlegget utsettes for undertrykk kan luft suges inn via ventiler, pakkbokser, lekkasjepunkter eller feilaktig åpne luftepotter. Dersom trykket i anlegget blir for høyt vil sikkerhetsventilen utløses. Når temperaturen igjen reduseres vil trykket synke og anlegget må etterfylles med nytt luftholdig vann.

Det anbefales at alle ekspansjonssystemer kontrolleres minimum én gang årlig for å opprettholde stabilt og korrekt trykk.

Et stabilt trykk vil også redusere risikoen for kavitasjon. Kavitasjon inntreffer når trykket i væsken synker til under damptrykket slik at små dampbobler dannes. Når trykket igjen øker vil dampboblene implodere med stor kraft, og potensielt forårsake skader på rør, ventiler og pumper. Risikoen for kavitasjon er spesielt høy for myke metaller.

### 5.1.3 Diffusjon

Dersom et lukket varme- eller kjøleanlegg består av plastmaterialer uten diffusjonssperre kan oksygen diffundere inn i anlegget uavhengig av tykkelsen på rørmaterialet. Dette skyldes at partialtrykket til oksygen er høyere i luften utenfor anlegget enn i væsken i anlegget.

Dersom anlegget ikke er diffusjonstett er et vannbehandlingsprogram svært viktig for å unngå alvorlige korrosjonsskader.

## 6 Korrosjon

### 6.1 Generelt om korrosjon

Korrosjon kan enkelt forklares som tap av metall fra en komponent grunnet elektrokjemiske reaksjoner mellom metallet og miljøet det er omringet av. Den drivende kraften bak prosessen er energien som frigjøres ved oksidasjon av metallet.

I et lukket energianlegg forekommer generell korrosjon når et metall utsettes for et miljø bestående av vann og oksygen, men det finnes også flere andre korrosjonsprosesser. Disse beskrives nærmere i kapittel [6.3](#).

For at en korrosjonsprosess skal kunne oppstå kreves en korrosjonscelle bestående av følgende:

- anode for oksidasjon;
- katode for reduksjon;
- elektrolytt;
- en elektrisk ledende krets.

I et lukket energianlegg inngår følgende komponenter i korrosjonscellen:

- anode: punktet/området der metall oksideres og frigjør metallioner og elektroner;
- katode: punktet/området der elektroner frigjøres og reduserer oksygen løst i vannet til hydroksylioner ( $O_2 \rightarrow OH^-$ );
- elektrolytt: væsken med oppløste salter;

— elektrisk ledende krets: metallet.

Når de løste metallionene reagerer med hydroksylioner dannes ulike korrosjonsprodukter. Disse diskuteres nærmere i kapittel [6.4](#).

Ettersom en korrosjonsprosess er avhengig av både en katode og en anode for å oppstå kan korrosjon begrenses enten ved å gjøre anoden utilgjengelig for oksidasjon eller ved å forhindre katodereaksjonen.

Eksempler på hvordan dette gjennomføres i praksis er beskyttelse av metallet (anoden) med en korrosjonssikring, og fjerning av oksygen (katoden) fra anlegget.

I praksis vil det alltid forekomme noe korrosjon i lukkede energianlegg, og det er derfor hensiktsmessig å begrense både anode- og katodereaksjonen. Med god design og et komplett vannbehandlingsprogram kan risikoen for alvorlige korrosjonsprosesser minimeres.

## 6.2 Forhold som fremmer korrosjon

Det er mange kjemiske og fysiske forhold som påvirker hvor raskt en korrosjonsprosess foregår. Noen av disse kan vi enkelt manipulere, mens andre må vi godta. For eksempel øker korrosjonshastigheten med økende temperatur, men å redusere temperaturen er ikke nødvendigvis hensiktsmessig i et varmeanlegg.

De viktigste parameterne å ta hensyn til er:

- løst oksygen;
- pH;
- temperatur;
- forskjell i galvanisk potensiale;
- konduktivitet;
- klorid;
- sulfat;
- bakterier;
- vannhastighet;
- overflateforhold.

### 6.2.1 Løst oksygen

Konsentrasjonen av løst oksygen er den viktigste faktoren å kontrollere for å minimere korrosjon. Under nøytrale forhold ( $\text{pH} \approx 7$ ) er korrosjonshastigheten proporsjonal med mengden oppløst oksygen. Det betyr at dersom mengden løst oksygen reduseres, så reduseres også korrosjonshastigheten tilsvarende.

Stål i kontakt med vann som inneholder lave konsentrasjoner av oppløst oksygen og ingen vannbehandling vil korrodere og danne av svart jernoksid (magnetitt). Ved høyere konsentrasjoner av oppløst oksygen kan rødt jernoksid (hematitt) dannes.

### 6.2.2 pH

pH er et mål på surhetsgraden (konsentrasjonen av hydrogenioner) i vannet. pH angis på en skala mellom 0 og 14 der verdier  $< 7$  betegner sure forhold og verdier  $> 7$  basiske forhold.

Skalaen er logaritmisk, hvilket som betyr at pH 8 er ti ganger surere enn pH 9 og hundre ganger surere enn pH 10.

De fleste metaller korroderer raskere i sure miljøer, og det anbefales derfor å holde pH mellom 9.0 – 10.5 i lukkede energianlegg for optimal korrosjonssikring. Unntaket er anlegg bestående av aluminiumkomponenter. Aluminium korroderer ved høy pH og bør ikke eksponeres for  $\text{pH} > 8.5$ .

### 6.2.3 Temperatur

Korrosjonshastigheten øker med økende temperatur. For eksempel kan korrosjonshastigheten dobles for stål ved 30 °C temperaturøkning. Dette medfører at korrosjonshastigheten er høyere i varmeanlegg enn

kjøleanlegg. Samtidig er det enklere å fjerne luft fra et varmeanlegg enn et kjøleanlegg fordi luftløseligheten avtar med økende temperatur.

I tillegg kan høy temperatur gi termisk desinfeksjon av anlegget som motvirker bakterievekst og bakteriell korrosjon. Å endre på temperaturen i et lukket energianlegg for å minimere korrosjonsrisikoen er i de fleste tilfeller ikke hensiktsmessig.

#### 6.2.4 Forskjell i galvanisk potensiale

Ulike metaller har ulik evne til å avgi elektroner. Metall som enkelt gir fra seg elektroner er reaktive og kalles uedle metaller. Disse har negative reduksjonspotensialer og er plassert nederst i spenningsrekka i [figur 2](#). Edlere og mindre reaktive metaller er plassert øverst på listen.

Det er forskjellen i galvanisk potensiale mellom to metaller som avgjør hvor raskt galvanisk korrosjon forekommer. Ved design er det derfor viktig å være nøye med valg av materialer slik at spenningsforskjellen mellom metallene blir lavest mulig. Galvanisk korrosjon er nøyere beskrevet i kapittel [6.3.2](#).

#### 6.2.5 Konduktivitet

Konduktivitet eller ledningsevne er vannets evne til å lede strøm, og konduktiviteten øker med økt innhold av løste stoffer i vannet. Når konduktiviteten er høy har vannet (elektrolytten) bedre evne til å frakte elektronene i korrosjonsprosessen, og korrosjonshastigheten øker.

I Norge har kommunalt nettvann som tilføres lukkede energianlegg normalt lav konduktivitet. Korrosjonsprosesser kan bidra til å øke konduktiviteten noe når metallioner frigjøres til væsken.

Dersom man observerer unormale økninger i konduktivitet i et anlegg kan dette være en indikasjon på at vannet har blitt tilsatt feil kjemikalie, eller er kontaminert med andre stoffer.

Konduktivitet angis i  $\mu\text{S}/\text{cm}$  eller  $\text{mS}/\text{m}$  ( $1 \text{ mS}/\text{m} = 10 \mu\text{S}/\text{cm}$ )

#### 6.2.6 Klorid

Et høyt nivå av klorider i lukkede energianlegg kan skade oksidlaget som beskytter metallens overflate, som kromoksidlaget som finnes på overflaten av rustfritt stål. Dette kan resultere i svært alvorlige lokale korrosjonsangrep (punktkorrosjon) og gi små lekkasjer som er vanskelige å detektere. Ved høyt kloridnivå kan det derfor være nødvendig å øke dosen korrosjonsinhibitor, eller skifte vannet.

Kloridnivået bør ikke overstige 100 mg/l.

#### 6.2.7 Sulfat

Dersom væsken inneholder store mengder sulfat og forholdene ligger til rette for bakteriell aktivitet kan sulfatreduserende bakterier vokse frem. Disse bakteriene lever under anaerobiske (oksygenfrie) forhold og kan forårsake lokal punktcorrosjon under biofilm eller belegg. Sulfatreduserende bakterier er beskrevet nærmere i kapittel [7.4](#).

#### 6.2.8 Bakterier

Bakterievekst i et lukket energianlegg kan bidra til korrosjon enten via direkte kontakt med metallet, via produksjon av sure avfallsstoffer som reduserer pH eller ved nedbrytning av korrosjonsinhibitorer. Bakterievekst i lukkede energianlegg er beskrevet i kapittel [7.4](#).

#### 6.2.9 Vannhastighet

Korrosjonsraten i et rør øker gradvis med økt vannhastighet. Dersom væsken har et høyt partikkelinnhold kan høy vannhastighet gi erosjon på rør og komponenter. Denne typen erosjon gir størst skade på myke metaller som messing og kobber.

For lav vannhastighet kan derimot gi større konsekvenser i et lukket energianlegg. Dersom væsken stagnerer eller vannhastigheten er lav, kan partikler i væsken sedimentere og danne belegg og avleiringer. Konsekvensene av dette er beskrevet nærmere i kapittel [7.2](#).

### 6.2.10 Overflateforhold

Ved igangsettelse av lukkede energianlegg bør overflatene være rene før anlegget settes i drift. Nye rør kan være beskyttet av olje, eller være kontaminert med partikler og kalk. Dersom dette ikke fjernes før igangsettelse kan forurensningene gi grobunn for bakterier eller lokal korrosjon.

For å fjerne forurensningene kan det være nødvendig å skylle eller rengjøre anlegget før oppstart. Når og hvordan rengjøring skal gjennomføres er beskrevet nærmere i kapittel [11.1](#).

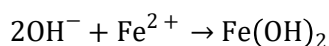
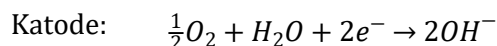
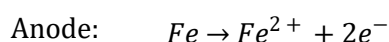
## 6.3 Ulike typer korrosjon

### 6.3.1 Uniform korrosjon

Uniform korrosjon er den vanligste korrosjonsformen og kalles også ofte våtkorrosjon eller generell korrosjon. Denne korrosjonsformen forekommer når metaller er i kontakt med vann, og resultatet er en jevn oppløsning av metall over overflaten.

Til tross for at uniform korrosjon gir det største metalltapet i vekt er korrosjonstypen ofte mindre alvorlig fordi metalltapet fordeles over et større område. Det er også enkelt å iverksette tiltak for å redusere korrosjonshastigheten.

Reaksjonen nedenfor viser hva som skjer når et metall reagerer uniformt:



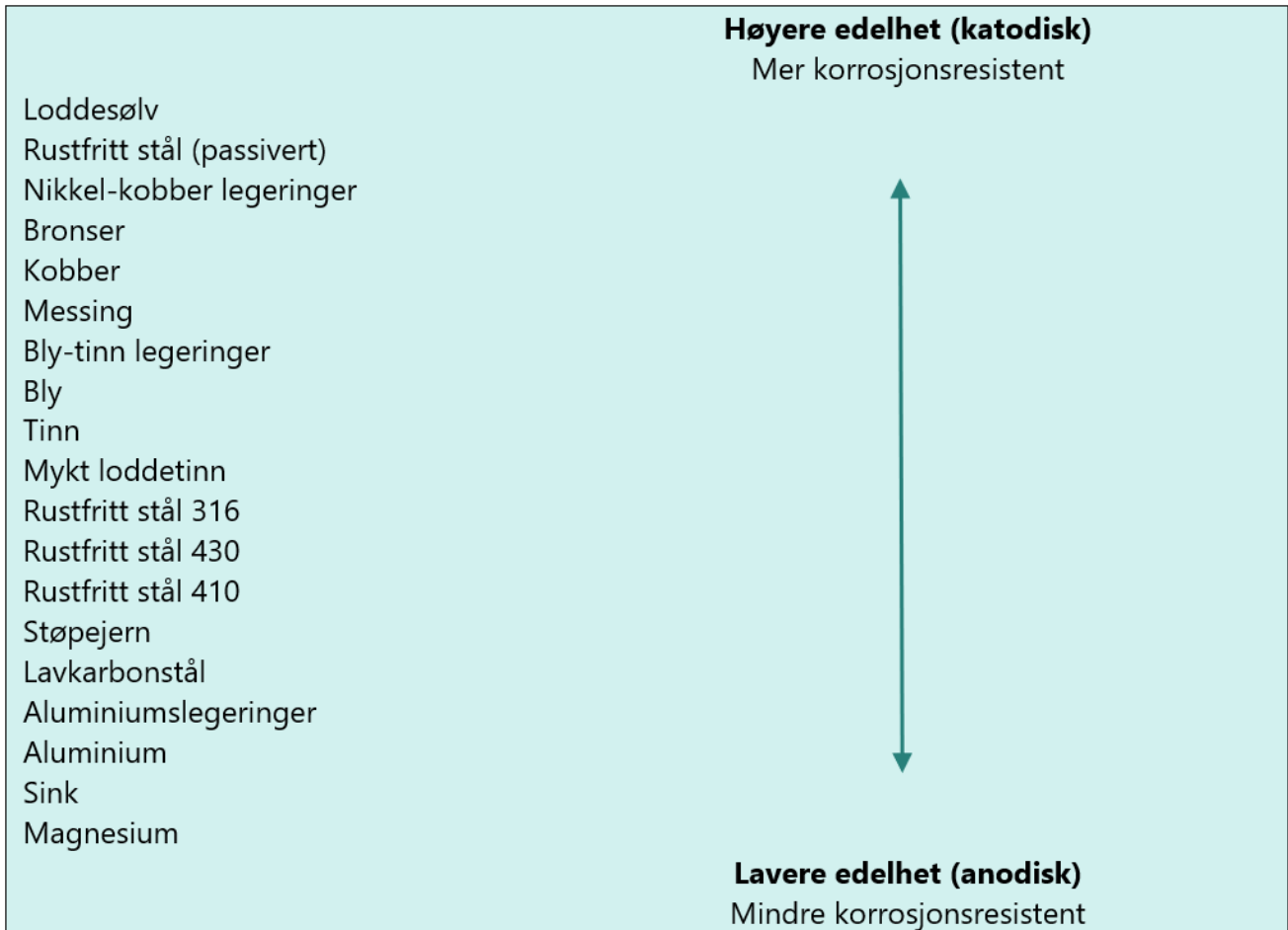
Reaksjonen danner korrosjonsproduktet  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , også kjent som vanlig rust. Reaksjonen kan også danne andre type korrosjonsprodukter, disse er beskrevet nærmere i kapittel [6.4](#).

### 6.3.2 Galvanisk korrosjon

Galvanisk korrosjon oppstår når to metaller med ulikt galvanisk potensiale (edelheter) er i kontakt med hverandre, eller er plassert i samme vannløsning. Det galvaniske potensiale forteller oss hvor enkelt metallet avgir elektroner.

I en galvanisk korrosjonsreaksjon vil det minst edle metallet avgir elektroner til det edlere metallet. Det minst edle metallet blir da anoden, og det edleste metallet katoden. Hvilket metall som blir anode og katode kan sees av spenningsrekka. En forenklet spenningsrekke for metaller som vanligvis benyttes i lukkede varme- og kjøleanlegg er vist i [figur 2](#).

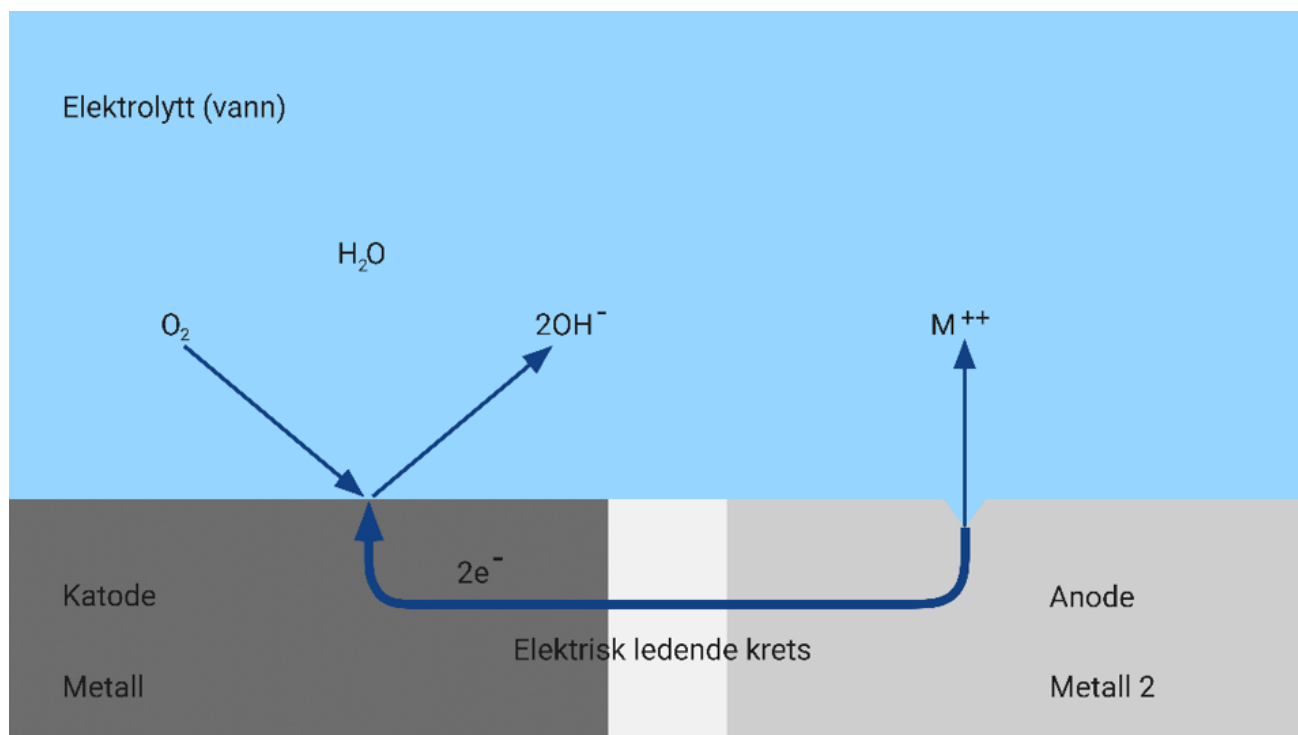




**Figur 2 — Galvanisk potensiale for ulike materialer**

En typisk galvanisk korrosjonsreaksjon oppstår når aluminium eller stål er i kontakt med kobber.

Det viktigste tiltaket for å unngå galvanisk korrosjon er å sikre at alle materialer som benyttes i anlegget er kompatible, og eventuelt lavest mulig forhold mellom størrelse på katode og anode.



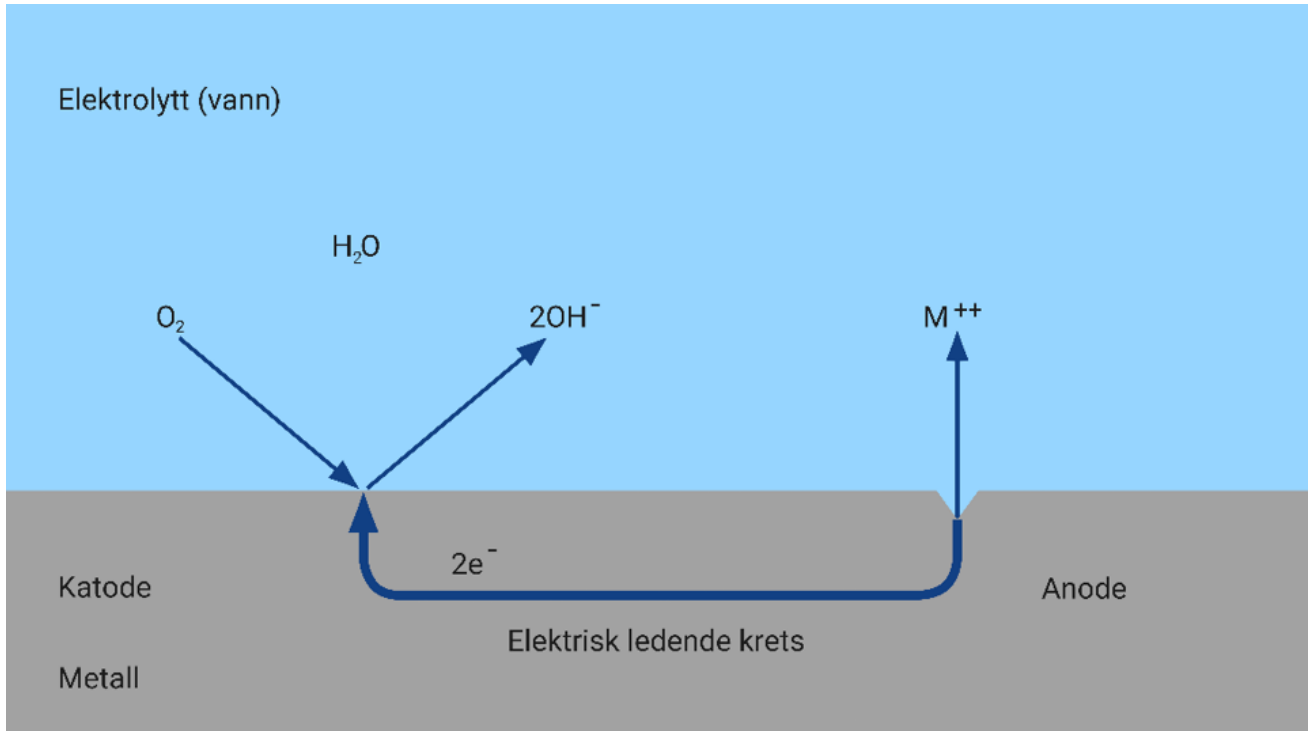
**Figur 3 — Galvanisk korrosjon**

En stor katode og en liten anode vil medføre at korrosjonen fortsetter helt til katoden er brukt opp, og vil derfor gi de mest alvorlige skadene. En stor anode og en liten katode er normalt ufarlig ettersom reaksjonen vil stoppe opp når katoden er brukt opp. Dersom katodereaksjonen er reduksjon av oksygen vil reaksjonen stoppe opp når anlegget er fritt for oksygen.

### 6.3.3 Punktkorrosjon (pitting)

Punktkorrosjon er en svært lokal korrosjonstype som forårsakes av oppløsning av det beskyttende oksidlaget på metallet. Når små punkter på oksidlaget ødelegges eller løses opp kan korrosjon oppstå i det underliggende metallet.

Væsker med høyt innhold av klorid er spesielt utsatt for punktkorrosjon ettersom klor bidrar til lokal nedbrytning av oksidlaget. Dette er et kjent problem for rustfritt stål dersom kloridkonsentrasjonen er høy.



Figur 4 — Pittingkorrosjon

### 6.3.4 Erosjonskorrosjon

Erosjonskorrosjon forekommer når partikler i væsken sirkulerer og sliper ned rør og komponenter fra innsiden. Friksjonen mellom partiklene og metallet kan gi store skader på bend, pumper, ventiler og andre komponenter.

Når overflaten slipes reduseres også det beskyttende oksidlaget eller inhibitorlaget, og etterlater overflaten mer reaktiv for videre korrosjonsprosesser. Risikoen for erosjonskorrosjon øker med økt vannhastighet og økt innhold av partikler i væskestrømmen.

### 6.3.5 Spenningskorrosjon

Spenningskorrosjon er sprekkdannelser i metaller som følge av statiske strekkspenninger eller korrosjon, og sees som brudd i materialer uten annen materialfeil. Strekkspenningene kan være forårsaket av pålagte spenninger, for eksempel ved montasje, eller restspenning fra produksjon.

## 6.4 Korrosjon i ulike metaller

Korrosjonsprodukter er betegnelsen på alle kjemiske forbindelser som dannes som følge av en korrosjonsprosess. Kjente eksempler på dette er rust etter jernkorrosjon eller irr etter kobberkorrosjon.

Når korrosjon oppstår i vannbårne systemer dannes sjelden bare ett korrosjonsprodukt, og korrosjonsslammet er derfor ofte en blanding av ulike forbindelser. Nedenfor beskrives de mest vanlige forbindelsene.

### 6.4.1 Jernkorrosjon

Stål er legeringer av jern, karbon og andre legeringselementer. Hvor korrosivt stålet er bestemmes i stor grad av stålets metallsammensetning, og det er derfor mulig å redusere korrosjonsrisikoen betraktelig ved å benytte korrosjonsbestandige materialer. Rustfritt stål er for eksempel mindre korrosivt enn svartstål (lavlegert stål) grunnet et høyt innhold av krom som umiddelbart danner et beskyttende lag av kromoksid når materialet eksponeres for oksygen. Syrefast stål er en type rustfritt stål som i tillegg inneholder molybden. Dette øker resistansen mot korrosjon ytterligere.

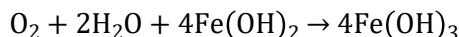
I hvor stor grad jernkorrosjon forekommer er derfor materialavhengig, men felles for de ulike jernforbindelsene er dannelsen av jernhydroksider og jernoksider dersom materialene korroderer.

I korrosjonsreaksjonen dannes først jernhydroksidet  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , og deretter omdannes dette til andre former, hovedsakelig hematitt og magnetitt.

Hematitt ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  eller  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) er rødbrunt og kalles ofte rødbrust eller brunrust.

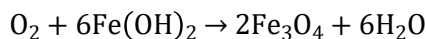
Denne korrosjonsformen oppstår når det er god tilgjengelighet på oksygen i anlegget.

*God tilgang på oksygen:*

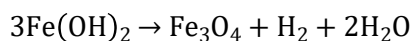


Magnetitt ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) oppstår til forskjell fra hematitt når det er begrenset eller ingen tilgang på oksygen. Man kan derfor se av den kjemiske formelen at det er mindre oksygen per jernatom i forbindelsen.

*Begrenset tilgang på oksygen:*



*Ingen tilgang på oksygen:*



Magnetitt er sterkt magnetisk og har høy tetthet. En metode for å fjerne magnetitt er å benytte en magnetstav. Dette er beskrevet i kapittel [9.4.4](#).

## 6.4.2 Kobberkorrosjon

Kobber og ulike kobberlegeringer benyttes i stor grad i lukkede varme- og kjøleanlegg. Kobber benyttes som rørmateriale, i tanker og i spiraler i varmevekslere. I tillegg benyttes en rekke ulike legeringer i ventiler, rørdeler og pumpedeler.

### Rent kobber

Rent kobber korroderer uniformt når tilgangen på oksygen er høy. Korrosjonsraten er derfor normalt høyest rett etter igangsettelse av et lukket anlegg. Når kobber reagerer frigjøres kobberioner som kan øke risikoen for korrosjon på andre metaller. Pittingkorrosjon på aluminium forårsaket av kobber er beskrevet under aluminiumskorrosjon.

### Messing

Messing er en legering bestående av kobber og 10 - 40% sink. Legeringen kan også inneholde små mengder av andre elementer som jern, aluminium, tinn eller mangan. Messing er utsatt for de to korrosjonsformene avsinking og spenningskorrosjon.

Avsinking er korrosjon av sink i en legering, og oppstår kun i materialer med sinkinnhold > 15%. Prosessen etterlater en porøs kobberstruktur med liten styrke, og danner et grå-hvitt belegg som ofte er lett gjenkjennelig. Prosessen krever tilgang på store mengder oksygen, og hastigheten øker med lav pH og høyt kloridinnhold. Konsentrasjonen av oksygen i et lukket anlegg er normalt ikke høy nok til å forårsake alvorlig avsinking.

Spenningskorrosjon er sprekkdannelser som kan oppstå i messinglegeringer som både utsettes for strekkspenninger og et korrosivt miljø, spesielt ved tilstedeværelse av ammoniakk. Spenningene kan stamme fra produksjonsprosessen, eller skyldes ytre belastning, avsinking eller temperaturvariasjoner som påføres metallet under installasjon og/eller drift.

### Kupronikkel

Kupronikkel er legeringer bestående av kobber og 10 - 70% nikkel. Materialet benyttes ofte til rør innen kjemisk industri. Kupronikkel har normalt svært god korrosjonsresistens, også i miljøer der legeringene er eksponert for klorider.

## Bronser

Bronser er opprinnelig definert som legeringer av kobber og tinn, men bronseterminologien benyttes i dag også om kobberlegeringer uten tinn. Korrosjonsrisikoen for de ulike legeringene varierer basert på hvilke metaller de inneholder. Av bronsene er likevel «kanonmetall» kjent for å ha høyest korrosjonsresistens.

### 6.4.3 Aluminiumskorrosjon

Støpt eller smidd aluminium benyttes i noen tilfeller i lukkede varme- og kjøleanlegg. Eksempler på bruk av aluminium er i enkelte varmevekslere eller radiatorer. Det er viktig å kjenne til om anlegget inneholder komponenter av aluminium før man utarbeider et vannbehandlingsprogram.

Aluminium er i utgangspunktet lite korrosivt fordi metallet har evnen til å danne en beskyttende hinne av aluminiumoksid. Oksidfilmen beskytter det underliggende metallet mot oksidasjon når pH er mellom 6.5 og 8.5. Ved surere eller mer basiske forhold løses oksidfilmen opp og risikoen for uniform korrosjon øker. I anlegg med aluminium er det derfor viktig at pH ikke overskrider 8.5. For anlegg uten aluminium anbefales en høyere pH.

Aluminium kan utsettes for pittingkorrosjon, og reaksjonshastigheten påvirkes av innholdet av klorid, sulfat og kobber. Risikoen for pittingkorrosjon øker med økende kloridinnhold, og avtar normalt med økende innhold av karbonat. Dette skyldes dannelse av beskyttende karbonat-metall forbindelser. Dersom sirkulerende kobberpartikler sedimenterer på komponenter av aluminium dannes en lokal galvanisk celle som kan medføre alvorlig pittingkorrosjon.

Aluminium kan også utsettes for galvanisk korrosjon. Risikoen for galvanisk korrosjon med aluminium er større for kobber og kobberlegeringer enn for jernforbindelser.

## 7 Belegg og sedimentering

### 7.1 Beleggdannelse i varme- og kjøleanlegg

Beleggdannelse i varme- og kjøleanlegg er en konsekvens av at vannet inneholder forurensninger som sedimenterer, som regel i soner med lav vannhastighet. Forurensningene kan være organisk materiale som bakterier og andre mikroorganismer, eller uorganisk som korrosjonsprodukter og kalk.

De viktigste årsakene til sedimentering og beleggdannelse er:

- høy grad av korrosjon i anlegget;
- høy grad av biologisk aktivitet i anlegget (gjelder hovedsakelig lavtemperaturanlegg);
- påfyllingsvannet har høyt innhold av partikler, smuss og humus (mindre vanlig for kommunalt nettvann fra overflatekilder);
- påfyllingsvannet har høyt kalkinnhold (hardt vann).

Når forurensninger sedimenterer oppleves ofte først utfordringer med tilstopping av ventiler. En tilstoppet ventil vil ha utfordringer med korrekt regulering slik at energifordelingen forstyrres. Dersom store mengder forurensninger oppstår i, eller tilføres anlegget over tid uten at dette filtreres ut, øker risikoen for mer omfattende beleggdannelse i varmeavgivere, vekslere, rør og tanker.

Når beleggtykkelsen av forurensninger øker, reduseres varmeoverføringen mellom væsken og varmeavgiveren, og vannhastigheten og trykkfallet kan øke. Hvor høy isolasjonsevne belegget har er avhengig av beleggets sammensetning, men normalt er organiske belegg mer isolerende enn uorganiske belegg. Selv tynne belegg av uorganiske korrosjonsprodukter kan likevel medføre en betydelig reduksjon i virkningsgrad, spesielt i mindre systemer som for eksempel væskebårne varmegjenvinnere.

### 7.2 Korrosjonsbelegg

Når korrosjonsprodukter sedimenterer dannes et sammensatt belegg med lavere termisk konduktivitet enn det underliggende metallet. Et tynt metalloksidlag som dannes på overflaten av metallet har normalt liten innvirkning på varmeoverføringen, men når belegget bygges opp med partikler som påvirker

gjennomstrømning og varmeoverføring har man oppnådd en belegtykkelse som vil påvirke driften av anlegget. Korrosjonsbelegget kan i tillegg til metallhydroksider inneholde andre forurensninger som bidrar til lavere termisk konduktivitet.

Dannelse av korrosjonsbelegg er i stor grad avhengig av type metall, overflateforhold, vannbehandlingsprogram og vannkvalitet. Det er mulig å redusere risikoen for korrosjon og beleggdannelse ved å benytte svært resistente materialer, men disse er ofte kostbare. Normalt er det derfor nødvendig med et vannbehandlingsprogram for å opprettholde stabil varmeoverføring og unngå kostbare tiltak som for eksempel mekanisk eller kjemisk rens.

Det viktigste tiltaket for å unngå korrosjonsbelegg er å minimere risikoen for korrosjon, og sørge for at filtersystemet som skal filtrere ut sirkulerende partikler vedlikeholdes. Dersom filtersystemet ikke rengjøres vil partikkelmengden øke over tid. Dersom anlegget settes ut av drift, for eksempel ved nedstengning av varmeanlegg sommerstid, vil manglende sirkulasjon resultere i at partiklene sedimenterer. Ved stillestående vann over en lengre periode kan deler av belegget bli værende på overflaten selv etter igangsetting av anlegget.

### 7.3 Kalk

Vann med et høyt innhold av kalsium og magnesium betegnes som hardt vann. I lukkede anlegg kan påfylling med hardt vann gi økt risiko for kalkutfellinger, spesielt i systemer med høy temperatur. Kalsium feller ut som kalsiumkarbonat og kan legge seg som et belegg i varmeavgivere og på varmevekslere og redusere energioverføringen.

Kalkutfellinger anses ikke som et akutt problem i lukkede energianlegg fordi tilførselen av nytt vann normalt er lav under drift. Dersom et anlegg derimot tilføres store mengder hardt vann over tid kan kalkutfellinger påvirke anleggets effekt.

I Norge benyttes hovedsakelig kommunalt nettvann fra overflatekilder til påfylling av energianlegg. De fleste overflatekilder har lavt innhold av kalsium- og magnesium og kalkutfellinger er derfor et lite utbredt problem i Norge. Faktisk tilføres ofte kalsiumkarbonat i norske nettvannskilder for å øke vannets buffereffekt (evne til å motstå raske pH-endringer). Likevel er det behandlede nettvannet i Norge normalt bløtt eller meget bløtt. I sørlige deler av Europa har vannet oftere høyere hardhet og tiltak mot kalkutfellinger er dermed mer utbredt.

Brønnvann har ofte et langt høyere innhold av salter og mineraler enn det som finnes i overflatevann. Mange opplever for eksempel økt kalkutfelling på dusjhoder og i beredere, samt redusert vaskeeffekt i områder der brønnvann benyttes som vannkilde. Grunnet økt risiko for kalkutfellinger anbefales det ikke å bruke brønnvann til oppfylling av varmeanlegg med mindre det er nødvendig. Dersom brønnvann skal benyttes kan en hardhetsanalyse i forkant av oppfyllingen gjennomføres for å evaluere om det er behov for avkalking av vannet før oppfylling.

For å redusere konsentrasjonen av spesielt kalsium benyttes oftest et avherdingsfilter med en ionebyttemasse. Når vannet passerer filteret erstattes kalsium- og magnesiumioner med natriumioner. For å beskytte ionebyttemassen installeres et partikkelfilter foran filteret. Ved avherding er det ikke hensiktsmessig å redusere kalsium- og magnesiumkonsentrasjonen helt til null, da veldig bløtt vann faktisk kan gjøre vannet mer korrosivt. Dette skyldes at kalsiumkarbonat også beskytter metallet mot kontakt med oksygen og dermed korrosjonsreaksjoner. Dersom det er behov for avherding av påfyllingsvannet vil leverandøren av filter bistå med å vurdere optimal filtreringskapasitet.

Vannets hardhet oppgis normalt i mg kalsium per liter eller tyske hardhetsgrader.

[tabell 1](#) viser sammenhengen mellom kalsiumkonsentrasjon, tyske hardhetsgrader og hardhetsklasse.

**Tabell 1 — Sammenheng mellom kalsiumkonsentrasjon, tyske hardhetsgrader og hardhetsklasse**

Hardhetsklasse	Kalsiumkonsentrasjon (mg Ca/l)	Tyske hardhetsgrader (dH°)
Meget bløtt vann	0 - 15	0 - 2,1
Bløtt vann	15 - 35	2,1 - 4,9
Middels hardt vann	35 - 70	4,9 - 9,8
Hardt vann	70 - 150	9,8 - 21
Meget hardt vann	> 150	> 21

## 7.4 Bakterier og biofilm

### 7.4.1 Biofilm

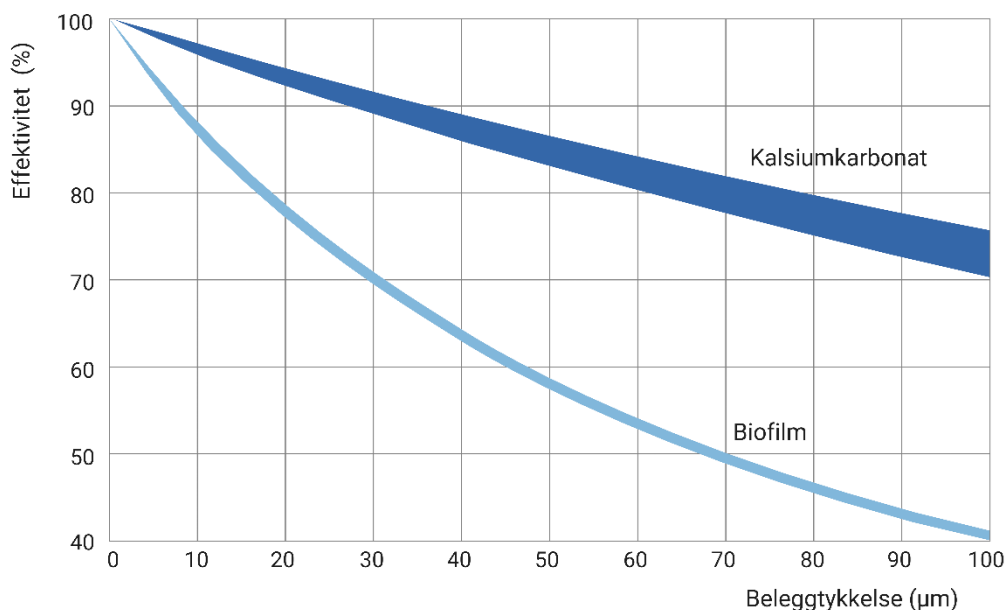
Biofilm er betegnelsen på et samfunn av akvatiske bakterier og andre mikroorganismer festet til en overflate. Bakteriene holder seg sammen ved hjelp av en slimete matriks av ekstracellulære materialer, og matriksen sørger for at bakteriene sitter godt festet til overflaten. Dannelse av biofilm er svært fordelaktig for bakterier da det gir god beskyttelse mot vannstrømmen, og mulighet for utveksling av nødvendige næringsstoffer.

I et anlegg med ideelle temperaturer for bakterievekst (20 - 50 °C) og lav vannhastighet eller stillestående vann kan biofilm dannes på røroverflatene i løpet av kort tid. Dette er spesielt en utfordring i lavtemperatur varmeanlegg og gulvvarmesystemer, men også i noen kjøleanlegg. Når biofilmen er etablert vil den fortsette å vokse ved at bakterier deler seg, eller at nye bakterier kommer til. Etter hvert vil filmen bestå av klumper eller tårn som kan løsriveres og fraktes med vannstrømmen før de etableres på et nytt sted i anlegget. På denne måten kan biofilm spres over større områder.

Fordi bakterier oppnår gode vekstforhold i en biofilm kan dannelse av dette føre til en rask økning av bakterienivået i anlegget. Når bakteriene tar opp næringsstoffer dannes avfallsprodukter som delvis består av syreforbindelser. Når bakterienivået er høyt kan derfor pH i anlegget reduseres kraftig på kort tid. Ofte er en uventet reduksjon i pH en indikator på at anlegget er infisert med bakterievekst.

Biofilm er en sterk struktur som krever biocider for å løses opp. Hvordan biofilm kan fjernes er beskrevet i kapittel [9.5](#).

Matriksen som holder biofilmstrukturen sammen har en høy isoleringsevne. Grafen i [figur 5](#) viser at en biofilmtykkelse på kun 70 µm vil redusere energioverføringen med 50%. Dette vil igjen føre til økt energiforbruk og økte energikostnader dersom varmeoverføringen skal opprettholdes.



Figur 5 — Effektreduksjon som følge av beleggdannelse

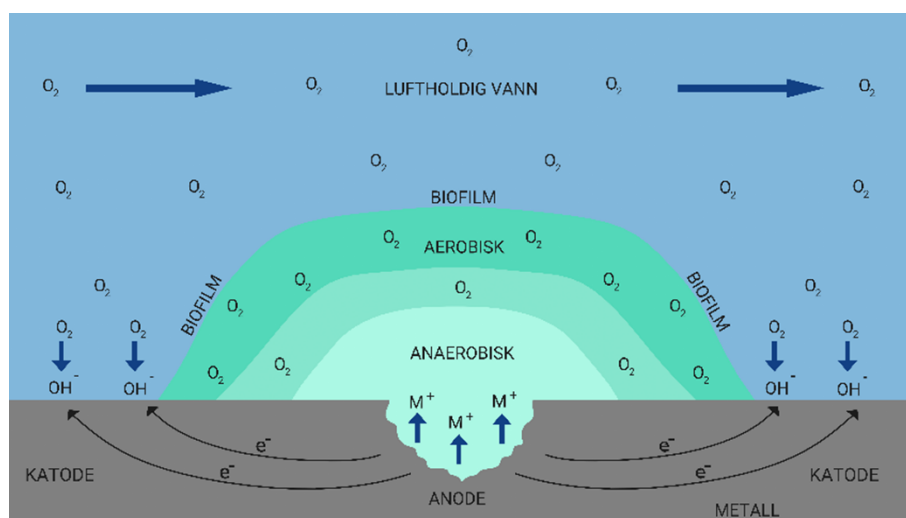
#### 7.4.2 Mikrobiologisk korrosjon

En etablert biofilm er et godt utgangspunkt for mikrobiologisk korrosjon (MIC). Bakterier kan medvirke til korrosjon eller påvirke korrosjonsreaksjoner via tre ulike prosesser:

- direkte, ved dannelse av en korrosjonscelle på metallet;
- direkte, ved dannelse av sure biprodukter som er aggressive mot metallet;
- indirekte, ved å bryte ned vannbehandlingskemikalier slik at effekten reduseres.

##### Direkte mikrobiologisk korrosjon

Direkte mikrobiologisk korrosjon forekommer når bakteriene er i direkte kontakt med metallet, vanligvis under en biofilm. Hvis biofilmen er veletablert kan det dannes en oksygenfattig sone i grenseflaten mellom biofilmen og metallet. Forskjellen i oksygenkonsentrasjon mellom innsiden og utsiden av biofilmen fører til at den oksygenfattige sonen opptrer som anode og utsiden som katode slik at korrosjon kan oppstå. Prosessen er illustrert i [figur 6](#).



Figur 6 — Korrosjon under biofilm



På rustfritt stål dannes en beskyttende hinne av metalloksid i vann som beskytter metallet mot korrosjon. Under oksygenfattige soner under en biofilm kan derimot oksidlaget løses opp slik at barrieren svekkes og korrosjon forekommer.

Anaerobe forhold under en biofilm favoriserer vekst av sulfatreduserende bakterier (SRB). Denne gruppen bakterier er ansvarlig for de fleste utfordringer knyttet til mikrobiologisk korrosjon. Sulfatreduserende bakterier benytter sulfat som finnes naturlig i påfyllingsvannet som næringsstoff, og reduserer dette til hydrogensulfid. Hydrogensulfid kan deretter reagere videre med metallet og danne korrosjonsprodukter av metallsulfider. Det viktigste tiltaket for å unngå vekst av SRB er å minimere risikoen for biofilm og begrense nivåene av essensielle næringsstoffer som sulfat, fosfor og nitrogen.

#### *Indirekte mikrobiologisk påvirkning*

Bakterier kan også påvirke korrosjonsprosesser i anlegget indirekte, hovedsakelig via følgende prosesser:

- ved å redusere effekten av vannbehandlingsskjemikalier. Dersom det finnes biofilm i anlegget vil biofilmen hindre kjemikalier i å spres utover metalloverflaten. Dette kan øke risikoen for direkte mikrobiologisk korrosjon;
- ved degradering av glykoler. Bakterier overlever i vann som inneholder opptil 20 % glykol og kan benytte glykol som et næringsstoff. Dersom glykolen ikke er tilsatt et biocid er det viktig å holde konsentrasjonen over 20 % for å unngå økt bakterievekst og dannelse av biofilm. Glykolkonsentrasjonen bør kontrolleres i tilfeller der det er mistanke om fortykning av væsken, eller hvert 5 år;
- ved vekst av nitritreduserende bakterier (NRB). Nitritt kan brytes ned raskt av bakterier som *Pseudomonas denitrificans* og *Bacillus*. Dette er uheldig dersom man benytter et vannbehandlingsskjemikalie med nitritt som aktiv komponent. Nitritreduserende bakterier kan i tillegg redusere nitrater, nitritt og organiske nitrogenforbindelser til ammoniakk som er svært aggressivt mot kobber og kobberlegeringer.

## 8 Frostvæsker

### 8.1 Frostvæskens funksjon

Frostvæsker eller kjølevæsker er væsker med lavere frysepunkt enn vann, og har som hensikt å transportere energi i lukkede energianlegg som helt eller delvis utsettes for kuldegrader.

I Norge utsettes alle landsdeler for kuldegrader vinterstid, og bruken av frostvæsker er derfor mer utbredt enn i sydligere land. Dimensjonert temperatur på det aktuelle stedet ligger til grunn for bestemmelse av blandingsforholdet.

Frostvæsker har andre fysiske egenskaper enn rent vann, og det er derfor avgjørende at valg av væske gjøres allerede ved prosjektering. Frostvæsker har blant annet høyere viskositet slik at væsken blir mer tyktflytende/seig. Dette medfører at pumpen krever mer energi for å frakte samme mengde væske, og det er derfor behov for økt pumpekapasitet, løftehøyde og pumpeeffekt. Frostvæsker er også mer korrosive, og kan bidra til økt risiko for bakterievekst dersom konsentrasjonen ikke er tilstrekkelig høy.

### 8.2 Oppbevaring av frostvæsker

Oksiderbare frostvæsker som glykol og etanol kan danne syreprodukter ved kontakt med oksygen. I anlegget kan disse syreproduktene redusere pH og forårsake økt korrosjonsrate. Frostvæsker skal derfor i henhold til prEN 17671 alltid oppbevares i lukkede/forseglede kar, og aldri eksponeres for direkte kontakt med luft.

Oppfylling av et anlegg med frostvæske kan gjennomføres på to måter:

- oppfylling med ferdig blandet væske;
- utblanding på stedet.

For å sikre korrekt konsentrasjon og tilførsel av en homogen blanding anbefales det å benytte ferdig utblandede frostvæsker. Dersom frostvæsken blandes ut på stedet er det den ansvarlige for oppfylling som har ansvar for at væsken som tilføres er homogen og korrekt utblandet.

Før oppfylling skal det utarbeides en plan for hvordan oppfylling og utluftning skal gjennomføres. Det skal påses at sikkerhetsdatablad er tilgjengelig på stedet og at det benyttes korrekt verneutstyr.

### 8.3 Ulike typer frostvæsker

#### 8.3.1 Glykoler

Glykolene etylenglykol og propylenglykol er to av de vanligste frostvæskene på markedet. Etylenglykol er en giftig væske, mens propylenglykol er et vanlig tilsetningsstoff i mat og kosmetikk.

Glykoler er mer korrosive enn rent vann, og tilsettes derfor inhibitorer før de selges som frostvæsker. Når glykolene brytes ned dannes sure biprodukter som kan bidra til å redusere pH i et lukket anlegg. Systematisk oversikt over pH-verdien er derfor viktig for å kontrollere at frostvæsken er intakt.

Glykoler kan være en god kilde til karbon for bakterier dersom konsentrasjonen er under 20 %, og væsken ikke er tilsatt biocider. Ved høyere konsentrasjoner er derimot glykoler biostatistiske, hvilket som betyr at bakterievekst hemmes. Glykoler er derimot ikke biocider (stoffer som eliminerer/tar liv av levende organismer).

##### 8.3.1.1 Etylenglykol

*Andre navn: Monoetylenglykol, Etan-1,2-diol, MEG, EG*

Etylenglykol er et fargeløst, lite flyktig og giftig stoff som er utbredt brukt som frostvæske. Tidligere var etylenglykol enerådende som frostvæske i kollektorsystemer, men på grunn av væskens giftighet har det de siste årene i stor grad blitt erstattet av frostvæsker som ikke øker risikoen for forurensning av berggrunn og drikkevannskilder ved en eventuell lekkasje.

Både etylen- og propylenglykol har lavere varmeoverføringskapasitet og høyere tetthet enn rent vann, og det er derfor behov for økt volumstrøm eller et større varmeoverføringsareal for å oppnå samme effekt. Etylenglykol har lavere spesifikk varmekapasitet enn propylenglykol, hvilket som betyr at evne til å ta opp varme er noe lavere, og mer væske må sirkuleres for å frakte samme mengde energi. Likevel har etylenglykol mye høyere varmeoverføringskapasitet fordi viskositeten er lavere. Dette gjør etylenglykol til en svært mye mer effektiv frostvæske enn propylenglykol i lukkede systemer. Lavere viskositet betyr også at det er behov for mindre pumpekraft for å sirkulere væsken. Hvilken type frostvæske som skal benyttes må derfor hensyntas allerede ved prosjektering.

Ved samme konsentrasjon etylen- og propylenglykol oppnås en lavere frostsikringstemperatur ved bruk av etylenglykol.

##### 8.3.1.2 Propylenglykol

*Andre navn: Monopropylenglykol, propan-1,2-diol, PG*

Propylenglykol er ikke giftig, og brukes derfor i systemer der det er risiko for kontakt med næringsmidler.

Væsken har over dobbelt så høy viskositet som etylenglykol, og har derfor en betydelig lavere varmeoverføringskapasitet.

Propylenglykol har lavere frysepunkt enn etylenglykol og det er derfor nødvendig med en høyere konsentrasjon for å oppnå ønsket frysepunkt.

[tabell 2](#) nedenfor viser hvilken konsentrasjon av henholdsvis etylen- og propylenglykol som er nødvendig for å oppnå ønsket frysepunkt.

Tabell 2 — Frysepunkt ved ulike konsentrasjoner etylen- og propylenglykol

Etylenglykol			Propylenglykol		
Volum %	Vekt %	Frysepunkt (°C)	Volum %	Vekt %	Frysepunkt (°C)
0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
10	11.1	-4.3	10	10.4	-2.0
20	22.0	-9.5	20	20.6	-6.6
25	27.3	-12.6	25	25.5	-9.4
26	28.4	-13.3	26	26.5	-9.9
27	29.5	-13.9	27	27.4	-10.5
28	30.5	-14.6	28	28.4	-11.0
29	31.6	-15.4	29	29.4	-11.6
30	32.6	-16.1	30	30.3	-12.7
31	33.7	-16.9	31	31.3	-13.2
32	34.7	-17.7	32	32.3	-13.8
33	35.8	-18.5	33	33.3	-14.9
34	36.8	-19.3	34	34.3	-15.4
35	37.8	-20.2	35	35.3	-16.5
36	38.9	-21.1	36	36.2	-17.1
37	39.9	-22.0	37	37.2	-18.2
38	40.9	-23.0	38	38.2	-19.3
39	42.0	-24.0	39	39.2	-19.8
40	43.0	-25.0	40	40.2	-20.9
41	44.0	-26.1	41	41.2	-22.0
42	45.0	-27.2	42	42.2	-23.1
43	46.1	-28.4	43	43.2	-24.2
44	47.1	-29.6	44	44.1	-25.3
45	48.1	-30.9	45	45.1	-26.4
46	49.1	-32.2	46	46.1	-27.5
47	50.1	-33.5	47	47.1	-28.6
48	51.1	-34.9	48	48.0	-29.7
49	52.1	-36.4	49	49.0	-31.4
50	53.1	-37.9	50	50.0	-32.5

### 8.3.2 Etanol

Etanol (sprit) er en fargeløs og lett antennelig væske med lav viskositet. Som frostvæske brukes etanol i kollektorer for jord-, berg- og grunnvarme, eller i andre systemer der utslipp til naturen er en risiko. Etanol har lav viskositet og krever derfor mindre pumpeenergi enn glykol for å transporteres.

Når etanol er i kontakt med luft omdannes det til eddiksyre. Ved utslipp til naturen er det en fordel at væsken brytes raskt ned, men i et lukket anlegg kan degradering av etanol derimot være kritisk. Når eddiksyre dannes i anlegget kan syren forårsake rask pH-reduksjon og økt korrosjonshastighet. Dersom dette skjer kan omfattende korrosjon forekomme allerede før det oppdages at væsken er påvirket av luft. Eddiksyren som dannes vil gi en viss frostsikringseffekt, men ikke tilsvarende effekt som etanol. Nedbrytning av etanol vil derfor også redusere frostsikringseffekten.

For å unngå at etanol degraderes er det derfor viktig å sørge for at væsken ikke kommer i kontakt med luft. Dette innebærer å oppbevare frostvæsken i forseglede (lufttette) beholdere, og unngå tilførsel av luft

i anlegget under drift. Et utluftningssystem og årlig kontroll av ekspansjonssystemet er de viktigste tiltakene for å unngå luft. Se også kapittel [9.2](#).

Etanol kan leveres med eller uten tilsatt inhibitor. Dersom man benytter etanol uten inhibitor bør væsken kombineres med annen korrosjonsbeskyttelse. De ulike metodene for korrosjonssikring av et lukket anlegg er beskrevet i kapittel [9.3](#).

[tabell 3](#) viser frysepunktet som oppnås ved ulike konsentrasjoner av etanol.

**Tabell 3 — Frysepunkt ved ulike konsentrasjoner etanol**

Etanol		
Volum %	Vekt %	Frysepunkt (°C)
0	0.0	0.0
10	8.0	-4.0
20	17.0	-9.0
30	26.0	-15.0
40	34.0	-23.0
50	44.0	-32.0
60	54.0	-37.0

### 8.3.3 Saltlake (brine)

Saltlaker er løsninger av natrium-, kalium- eller kalsiumklorid i vann som i noen tilfeller benyttes som frostvæske. Saltlaker har bedre viskositet ved lave temperaturer enn glykoler og kan benyttes til å senke frysepunktet ned mot -60 °C, men har ofte en lavere grense for makstemperatur.

Utfordringen ved bruk av saltlaker som frostvæske er at saltinnholdet øker konduktiviteten og bidrar til å gjøre væsken betraktelig mer korrosiv enn vann eller andre frostvæsker. Det er derfor ofte en utfordring at væskekvaliteten og anleggets effekt reduseres i løpet av kort tid dersom det ikke er et komplett vannbehandlingsprogram tilstede. Ved bruk av saltlake er det viktig å kontrollere væskekvaliteten hyppigere enn ved bruk av andre væsker for å avdekke eventuelle endringer raskt. Det anbefales derfor å kontrollere anlegg med saltlake minimum 2 ganger i året, med mindre hyppigere oppfølging er bestemt.

På grunn av saltlakers naturlige korrosivitet benyttes de lite som alminnelige frostvæsker i varme- og kjøleanlegg. Unntaket er i ishaller der saltlake sirkulerer i kjøleanlegget som bidrar til å fryse vannet som danner isbaner til curling-, hockey- og skøytebaner. I slike systemer tar saltlakekretsen opp varme fra omgivelsene slik at vann som sprayes på isbanen fryser og forblir fryst.

Det anbefales ikke å benytte saltlake i anlegg med komponenter av aluminium eller sink. Ved prosjektering av nye anlegg som skal benytte saltlake som frostvæske anbefales det å benytte svært korrosjonsbestandige materialer.

## 9 Vannbehandlingsprogram

### 9.1 Hva bør inngå i et vannbehandlingsprogram

Hensikten med et vannbehandlingsprogram er å minimere korrosjonsprosessene slik at partikkel- og beleggdannelse unngås. Tidligere var det derfor vanlig å primært fokusere på behandlingsmetoder som bremset korrosjonsreaksjonene. I dag vet vi at den viktigste faktoren å håndtere er mengden luft i anlegget, og utluftningssystemer og ekspansjonssystemer har derfor fått en sentral rolle i alle vannbehandlingsprogram.

Oksygen i anlegget medfører korrosjon, og korrosjon medfører sedimentering dersom prosessene foregår uhindret. Det er derfor naturlig at håndtering av luft har øverste prioritet i et vannbehandlingsprogram.

Fordelen med å fjerne all luft, og ikke bare oksygen, er at man samtidig fjerner større mengder nitrogengass som forårsaker redusert sirkulasjon og effekt.

Til tross for at utskilling av luft vil begrense korrosjonsrisikoen vil ikke et utluftingssystem alene gi optimal korrosjonsbeskyttelse. Manglende vedlikehold av ekspansjonssystemet, driftsfeil på utluftningssystemet, eller lekkasjer og etterfylling er forhold som kan medføre at luft likevel tilføres anlegget. Dersom anlegget ikke er ytterligere beskyttet mot korrosjon vil oksygenet inngå i en korrosjonsprosess i løpet av kort tid. Dette vil resultere i partikkeldannelse og over tid beleggdannelse, for eksempel i varmegivere og vekslere. Et komplett vannbehandlingsprogram skal derfor i henhold til standard prEN 17671 håndtere både luft, korrosjon og sedimentering.

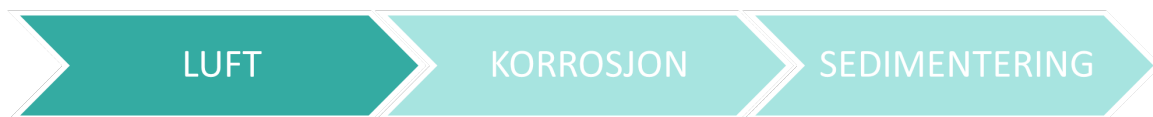


Eksempler på komponenter i et komplett vannbehandlingsprogram:

- Eksempel 1:
  - vakuumavgasser/mikrobobleutskiller (luft);
  - korrosjonsinhibitor (korrosjon);
  - partikkelfilter eller kombinert partikkel- og magnetfilter (sedimentering).
- Eksempel 2:
  - vakuumavgasser/mikrobobleutskiller (luft);
  - alkalisk filter (korrosjon og sedimentering).
- Eksempel 3:
  - vakuumavgasser/mikrobobleutskiller (luft);
  - offeranode/kjemisk oksygenfjerning (korrosjon);
  - partikkelfilter eller kombinert partikkel- og magnetfilter (sedimentering).

Et komplett vannbehandlingsprogram skal håndtere både luft, korrosjon og sedimentering (prEN 17671).

## 9.2 Beskyttelse mot luft



### 9.2.1 Ekspansjonssystemet

#### 9.2.1.1 Ekspansjonssystemets funksjon

Når temperaturen i et vannbårent anlegg varierer, vil volumet til vannet endres. Vann ekspanderer (utvider seg) når temperaturen stiger, og kontraherer (trekker seg sammen) når temperaturen synker. Siden vann ikke kan komprimeres, vil denne volumendringen føre til store trykkendringer i lukkede vannbårne anlegg. For å unngå dette er vi derfor avhengig av å ha et ekspansjonsanlegg som tar opp denne volumendringen, og sørger for at trykkendringene i anlegget er innenfor akseptable nivåer. I tillegg skal ekspansjonsanlegget også sikre at det ikke oppstår undertrykk, da dette kan føre til at det suges luft inn i anlegget, eller at det oppstår kavitasjon i pumper.

I dette kapittelet benyttes følgende forkortelser:

Tabell 4 — Forkortelser - trykk

Symbol	Beskrivelse
$p_{st}$	Statisk trykk, trykket målt ved anleggets laveste punkt når anlegget står stille
$p_{ini}$	Laveste forekommende driftstrykk
$p_{fin}$	Høyeste forekommende driftstrykk
$p_{sv}$	Sikkerhetsventilens blåsetrykk

I et vannbårent anlegg vil det laveste forekommende driftstrykket ( $p_{ini}$ ) ta utgangspunkt i anleggets statiske trykk ( $p_{st}$ ). Dette vil si trykket vi måler ved det laveste punktet i anlegget når anlegget står stille. I henhold til NS EN 12828 skal laveste forekommende driftstrykk være statisk trykk + 0,5 bar. Dette vil si at et anlegg hvor høydeforskjellen mellom tilkoblingspunktet til ekspansjonsanlegget og høyeste punkt er 10 meter, vil laveste forekommende driftstrykk være 1,5 bar (10 meter = 1 bar pluss 0,5 bar sikkerhetsmargin).

Det høyeste forekommende driftstrykket i anlegget ( $p_{fin}$ ) avhenger av sikkerhetsventilens blåsetrykk ( $p_{sv}$ ). Dette trykket settes normalt 10% lavere enn sikkerhetsventilens blåsetrykk, dog ikke høyere enn 0,3 bar under blåsetrykket.

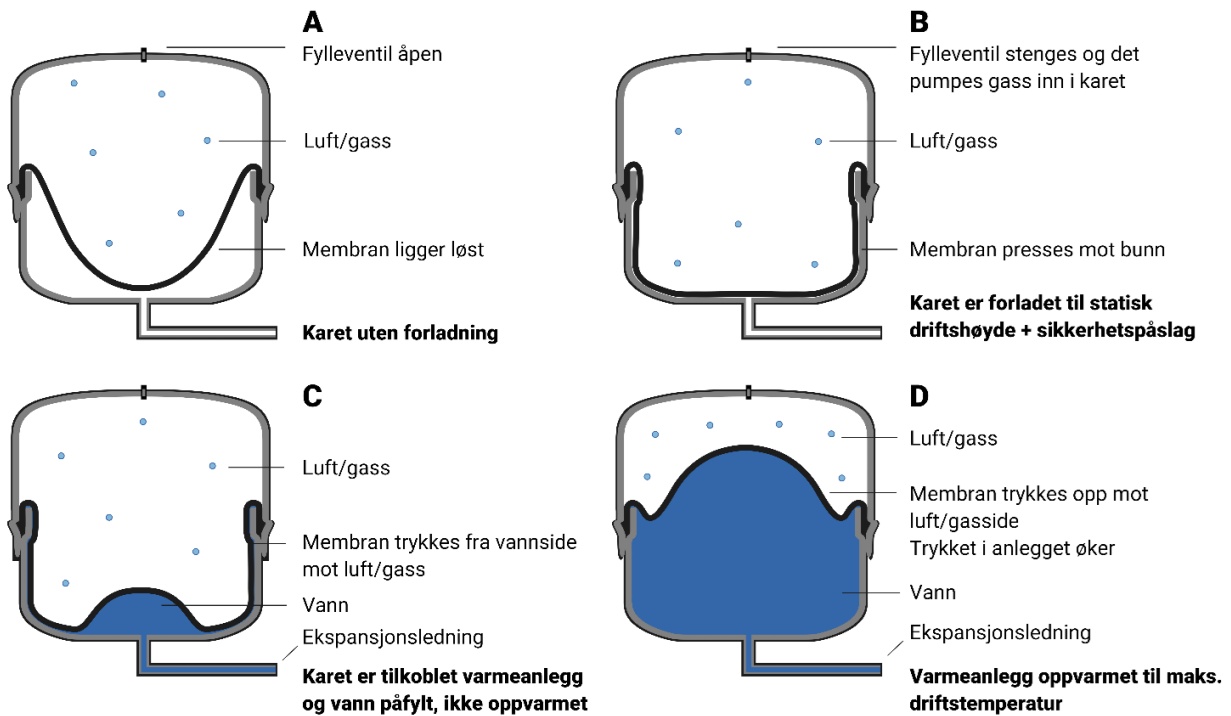
Det må også tas hensyn til anleggets ekspansjons- og kontraksjonshastighet. Dette er hvor raskt systemvæsken ekspanderer eller kontraherer. Denne hastigheten må legges til grunn for dimensjonering av ledningen ekspansjonsanlegget kobles til anlegget med. Dersom denne er for liten kan det under oppvarming føre til at trykket i anlegget stiger fordi kapasiteten til ekspansjonsledningen ikke er høy nok. Dette kan føre til at sikkerhetsventilene i anlegget løser ut, og man kan senere få undertrykk i anlegget når systemvæsken kjøles ned og kontraherer. En underdimensjonert ekspansjonsledning kan også føre til undertrykk i anlegget ved nedkjøling, dersom ekspansjonsledningen ikke klarer å tilføre vann tilbake til anlegget raskt nok.

For informasjon om dimensjonering av ekspansjonsanlegg henvises det til NS 12828.

### 9.2.1.2 Statiske ekspansjonskar

Statiske ekspansjonskar er den mest brukte formen for ekspansjonskar. Disse består av et trykkar som enten inneholder en membran som deler karet i to deler, eller en butylgummibag som omslutter væsken i karet. Den ene delen inneholder systemvæsken, mens den andre delen inneholder luft eller nitrogen. Luftdelen av ekspansjonskaret trykkes til et nivå tilsvarende statisk høyde ( $p_{st}$ ) + 0,2 bar.

Når temperaturen i anlegget stiger, presses systemvæsken inn i ekspansjonskaret som illustrert i [figur 7](#). Trykket på luftsiden i karet stiger også, og man vil derfor ha et varierende trykk i anlegget avhengig av temperaturen i anlegget. Når temperaturen i anlegget synker, vil trykket på membranens luftside presse systemvæsken tilbake i anlegget.



**Figur 7 — Ekspansjonskar med og uten forlading (A-B) og ved ulike temperaturer (C-D)**

Ekspansjonskarets volum bestemmes av to faktorer. Den første er anleggets volum og temperaturdifferanse, som bestemmer hvor stor selve volumendringen i anlegget vil være. Den andre faktoren er hvor stor forskjellen mellom høyeste og laveste forekommende driftstrykk er. Jo lavere trykkdifferansen er, jo større ekspansjonskar vil det være behov for. Når luftvolumet i ekspansjonskaret øker, vil trykkendringene i anlegget bli lavere når systemvæsken ekspanderer og trekker seg sammen. Forholdet mellom volumendringen i anlegget og volumet i ekspansjonskaret omtaler vi som karets utnyttelsesgrad, og ligger typisk på 25-40% for statiske ekspansjonskar.

Statiske ekspansjonskar er på luftsiden utstyrt med en luftventil for å etterfylle luft og kontrollere lufttrykk. På vannsiden skal de utstyres med en stenge- og serviceventil for å kunne isolere og tappe ut systemvæsken ved service og vedlikehold. Større ekspansjonskar kan også være utstyrt med utskiftbar membran eller butylgummibag, slik at denne kan byttes ved behov uten å bytte ut hele karet. Dersom trykket i anlegget varierer veldig, sikkerhetsventilene løser ut, eller det er behov for jevnlig etterfylling av anlegget kan dette være tegn på at ekspansjonskaret er defekt, at fortrykket ikke er korrekt eller at ekspansjonskaret er for lite. Dersom det kommer vann ut av lufteventilen kan dette være et tegn på at membranen i ekspansjonskaret er ødelagt.

Alle statiske ekspansjonskar skal vedlikeholdes jevnlig. Minst en gang i året skal fortrykket kontrolleres og justeres ved behov, og man skal undersøke at membranen er intakt. Vedlikehold skal alltid utføres mens ekspansjonskaret er isolert fra resten av anlegget. Systemvæsken skal tappes av for å sikre at ekspansjonskarets vannside er trykkløst. Dersom systemvæsken er tilsatt kjemikalier er det viktig at denne håndteres på korrekt måte. Når karets vannside er trykkløs kan man kontrollere ekspansjonskarets forladingstrykk ved å bruke et manometer som kobles til luftventilen. Ved behov kan lufttrykket justeres ved hjelp av en pumpe eller en kompressor.

#### Fordeler

- Lav pris
- Enkel drift og vedlikehold

#### Ulemper

- Lav utnyttelsesgrad

### 9.2.1.3 Pumpebaserte ekspansjonsanlegg

Pumpebaserte ekspansjonsanlegg brukes i hovedsak på større anlegg med store ekspansjonsvolum. Det er vanskelig å sette en definitiv grense for når man bør benytte dette fremfor et statisk ekspansjonskar, og må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Pumpebaserte ekspansjonsanlegg består av et eller flere trykkløse ekspansjonskar som kobles til anlegget via en kontrollenhet. I kontrollenheten finnes det trykksensor, overløpsventil og pumpe. Ekspansjonskaret er utstyrt med en membran eller butylgummibag for å unngå korrosjon som følge av kontakt mellom systemvæsken og tanken. Dette hindrer også tilførsel av luft til anlegget.

Overløpsventilen justeres til høyest ønskede driftstrykk. Dette må være tilsvarende eller lavere enn  $p_{fin}$ . Deretter stilles ønsket differanse mellom dette trykket og  $p_{ini}$  inn. Når trykket i anlegget stiger over innstilt verdi åpner overløpsventilen og slipper systemvæsken inn i ekspansjonskaret. Når trykket i anlegget synker under den innstilte minimumsverdien starter pumpa, som pumper vannet fra det trykkløse karet tilbake til anlegget.

Nivået i tanken kan måles enten ved hjelp av trykksensorer eller vektcelle. Ved bruk av trykksensorer beregnes nivået ved å hjelp av differansen mellom måleverdiene. Ved bruk av vektcelle beregnes nivået ved at karetets vekt med innhold veies. Et pumpebasert ekspansjonssystem kan enkelt utvides med flere tanker. Det er viktig at tankene installeres på samme nivå og er av lik størrelse, da nivåmåling kun foretas på en av tankene. Da tankene er trykkløse, vil pumpebaserte ekspansjonssystemer kunne utnytte nesten hele volumet i ekspansjonskaret. Dette gjør at denne typen ekspansjonsanlegg kan ta mindre plass enn statiske kar ved større volum.

Pumpebaserte ekspansjonsanlegg responderer noe tregere på plutselige volumendringer enn statiske ekspansjonskar. Det kan derfor være en fordel å inkludere et mindre statisk ekspansjonskar i slike anlegg, for å unngå plutselige trykksvingninger. Dette gjelder særlig i kombinasjon med vakuumavgassere.

Dersom det benyttes løsninger for automatisk etterfylling i anlegg med pumpebaserte ekspansjonssystemer må alltid disse kontrolleres fra ekspansjonsanlegget. Etterfyllingen vil da ta utgangspunkt i ekspansjonskarets fyllingsgrad, slik at man sørger for at det alltid er en tilstrekkelig vannreserve tilgjengelig. Dersom man bruker annet etterfyllingsutstyr som etterfyller basert på trykk vil dette skape problemer for anlegget, siden trykket i anlegg med pumpebasert ekspansjonsanlegg ikke øker ved etterfylling. Etterfylling bør derfor enten gjøres direkte i ekspansjonsanlegget, eller man kan styre en ekstern etterfyllingsenhet med et signal fra ekspansjonsanlegget. For informasjon om hvordan dette gjøres kan leverandøren av ekspansjonsanlegget kontaktes. Pumpebaserte ekspansjonsanlegg kan også kobles til SD-anlegg, slik at man kan ha oversikt over parametere som fyllingsgrad, driftstrykk, etterfylling og lignende.

I større anlegg med store vannmengder og høy effekt er det også viktig å ta hensyn til anleggets ekspansjonshastighet. Dette er den hastigheten systemvæsken utvider seg med under oppvarming, og det er viktig at det tas hensyn til denne ved dimensjonering av tilkoblingsledningen til ekspansjonsanlegget. I pumpebaserte ekspansjonsanlegg kan det ved høye ekspansjonshastigheter være behov for flere overløpsventiler og pumper.

Pumpebaserte ekspansjonsanlegg krever årlig vedlikehold i henhold til produsentens anbefalinger. Dette kan inkludere funksjonskontroll, rensing av filtre, kontroll av trykksensorer for nivåmåling og tømning av kondensvann fra ekspansjonskaret.

#### Fordeler

- Høy utnyttelsesgrad sparer plass
- Kan utstyres med integrert avgassing
- Sikrer jevnt trykk med inntil  $\pm 0,2$  bar nøyaktighet
- Kan kobles til SD-anlegg

#### Ulemper

- Kostbar løsning ved mindre anlegg



- Noe tregere respons enn statiske ekspansjonsanlegg
- Krever strøm for å fungere

#### 9.2.1.4 Kompressorbaserte ekspansjonsanlegg

Kompressorbaserte ekspansjonsanlegg benyttes i likhet med pumpebaserte ekspansjonsanlegg i større anlegg med store ekspansjonsvolum.

Kompressorbaserte ekspansjonsanlegg består av et eller flere trykksatte ekspansjonskar og en kontrollenhet med kompressor. Ekspansjonskaret er utstyrt med en membran eller butylgummibag for å unngå korrosjon som følge av kontakt mellom systemvæsken og tanken. Dette hindrer også tilførsel av luft til anlegget. Kompressoren er koblet til tankens luftsiden, og justerer lufttrykket i tanken etter trykkendringer i anlegget. Når trykket i anlegget stiger, slippes luft ut av karet slik at systemvæsken kan gå fra anlegget over i karet. Når trykket i anlegget synker, starter kompressoren med å fylle luft i karet. Systemvæsken blir da presset tilbake i anlegget, og trykknivået opprettholdes.

I kompressorbaserte ekspansjonsanlegg legges kun  $p_{ini}$  inn. Enheten vil da sørge for at trykket i anlegget holdes på et konstant nivå. Som regel vil ikke trykket i anlegget bli høyere enn  $p_{ini} + 0,2$  bar.

Nivået i tanken overvåkes ofte ved bruk av en trykksensor plassert under en av ekspansjonskarets føtter. Det er derfor viktig at ekspansjonskaret monteres i vater, slik at avlesningen blir riktig.

Et kompressorbasert ekspansjonsanlegg kan enkelt utvides med flere tanker. Det er viktig at tankene installeres på samme nivå og er av lik størrelse, da nivåmåling kun foretas på en av tankene. Tankene kobles sammen både på vannsiden og på luftsiden, for å oppnå likt nivå i tankene.

Dersom det benyttes løsninger for automatisk etterfylling i anlegg med kompressorbaserte ekspansjonssystemer må alltid disse kontrolleres fra ekspansjonsanlegget. Etterfyllingen vil da ta utgangspunkt i ekspansjonskarets fyllingsgrad, slik at man sørger for at det alltid er en tilstrekkelig vannreserve tilgjengelig. Dersom man bruker annet etterfyllingsutstyr som etterfyller basert på trykk vil dette skape problemer for anlegget, siden trykket i anlegg med kompressorbasert ekspansjonsanlegg ikke øker ved etterfylling. Etterfylling bør derfor enten gjøres direkte i ekspansjonsanlegget, eller man kan styre en ekstern etterfyllingsenhet med et signal fra ekspansjonsanlegget. For informasjon om hvordan dette gjøres kan leverandøren av ekspansjonsanlegget kontaktes. Kompressorbaserte ekspansjonsanlegg kan også kobles til SD-anlegg, slik at man kan ha oversikt over parametere som fyllingsgrad, driftstrykk, etterfylling og lignende.

Kompressorbaserte ekspansjonsanlegg krever årlig vedlikehold i henhold til produsentens anbefalinger. Dette kan inkludere funksjonstest, rensing av filtre, kontroll av trykk- og karnivå og tømning av kondensvann fra ekspansjonskaret.

#### Fordeler

- Høy utnyttelsesgrad sparer plass
- Sikrer jevnt trykk med inntil  $\pm 0,1$  bar nøyaktighet
- Kan kobles til SD-anlegg

#### Ulemper

- Kostbar løsning ved mindre anlegg
- Krever strøm for å fungere

### 9.2.2 Utluftningsmetoder

#### 9.2.2.1 Manuelle lufteventiler

Manuelle lufteventiler er ventiler som baserer seg på manuell åpning og lukking for å fjerne frigjort luft. Disse blir nå som regel brukt i forbindelse med radiatorer, gulvvarmefordelere og lignende utstyr, men var tidligere en vanlig måte å fjerne luft på.

Når disse åpnes slippes det ut luft og vann frem til de stenges manuelt. Ettersom de slipper ut vann i tillegg til luft bør disse kun benyttes under første oppfylling for å fjerne større luftmengder. Dersom disse benyttes til senere utlufting, spesielt i større antall, vil man risikere at trykket i anlegget synker og at man kan oppnå undertrykk på toppunkter i anlegget. Dette kan føre til luftinnsug i de delene av anlegget hvor det oppstår undertrykk. For å kompensere for vannmengden som forsvinner som følge av manuell utlufting kan man bli nødt til å fylle på anlegget med friskt vann, og på denne måten tilføre anlegget ytterligere oppløst luft.

Manuelle lufteventiler fjerner kun større mengder frigjort luft som ikke sirkulerer i anlegget, og må kombineres med andre metoder for luftutskilling. Metoden bør så langt mulig ikke benyttes til annet enn under første oppfylling av anlegget.

#### **Fordeler**

- Lav pris

#### **Ulemper**

- Ingen automatisk avstengning
- Fjerner ikke oppløst luft
- Fjerner ikke sirkulerende luft

### **9.2.2.2 Automatiske luftepotter**

#### *Funksjon*

Automatiske luftepotter går under flere navn, som topputlufte, luftepotter, automatiske lufteventiler og lignende. Disse benyttes for å fjerne større mengder frigjort luft som samler seg i toppunkter i anlegget.

Enheten består av et kammer med en flottørventil øverst. Når det samles luft i kammeret synker flottøren, og ventilen åpner. Vanntrykket vil da presse luften ut gjennom ventilen, og flottøren vil stige med vannivået. Ventilen stenges når flottøren stiger og luften er sluppet ut.

Luftepotter med liten avstand mellom høyeste vannivå og lufteventil er sårbare for lekkasjer som følge av partikler som ligger på vannoverflaten og setter seg i ventilen. Det er derfor utbredt praksis å montere stengeventil foran disse, og fjerne dem etter at oppfylling av anlegget er utført. Luftepotter fjerner kun større mengder frigjort luft som befinner seg på samme punkt som luftepotten eller som sirkulerer med lav hastighet, og må kombineres med andre metoder for luftutskilling.

#### *Plassering*

Luftepotter monteres på alle høypunkter i anlegget hvor luft kan samle seg. For å sikre optimal funksjon bør enheten monteres på et horisontalt strekk, minst 0,5 meter fra nærmeste vertikale bend.

#### **Fordeler**

- Lav pris
- Stenger automatisk
- Fjerner raskt større luftmengder

#### **Ulemper**

- Utsatt for lekkasjer
- Fjerner ikke oppløst luft
- Fjerner ikke sirkulerende luft

### **9.2.2.3 Mikrobobleutskiller**

#### *Funksjon*

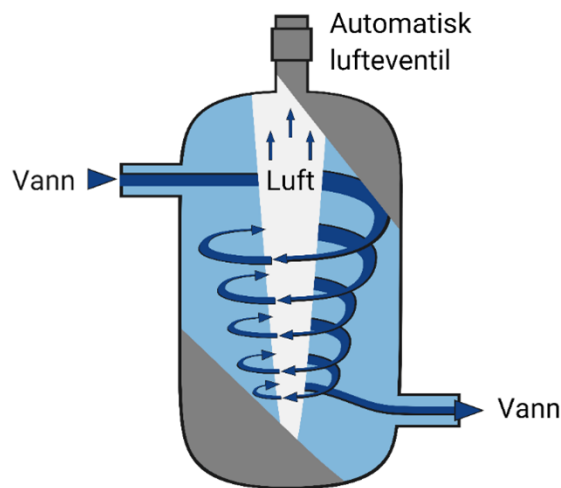
Mikrobobleutskillerer monteres i vannstrømmen, og fjerner luftbobler som sirkulerer i anlegget. Denne luften opptrer ofte som mikrobobler, som er bobler med en diameter på mindre enn 1mm.

Det finnes tre hovedtyper mikrobobleutskillerer. Disse går under navnene absorpsjonsutskillerer, adhesjonsutskillerer og syklonutskillerer. Felles for disse er at de består av et kammer med en topputlufte i toppen av enheten. Luften samles opp i toppen av kammeret, og slippes ut gjennom topputlufte. Absorpsjonsutskillerer har en innmat som skaper en turbulens i vannstrømmen. Dette gjør at hastigheten

senkes, og luftboblene får mulighet til å stige til toppen av enheten. Her samles de til større luftbobler, som så slippes ut gjennom topputlufteren. I tillegg vil også trykket senkes, noe som bidrar til økt luftutskilling og til større luftbobler som lettere kan skilles ut. Absorpsjonsutskillere fungerer best ved lavere hastigheter, inntil 1,5 m/s.

Adhesjonsutskillere har en innmat som er laget for å ha størst mulig overflate. Denne kan for eksempel bestå av metallringer eller lignende. Ved lave vannhastigheter vil mikroboblene feste seg til overflaten av innmaten, og når flere bobler samles vil de kunne stige opp til toppen av kammeret, og slippes ut gjennom topputlufteren. I likhet med absorpsjonsutskillere fungerer adhesjonsutskillere best ved lavere hastigheter, inntil 1,5 m/s.

Syklonutskillere fører vannet inn i enheten på en slik måte at det skapes en sykloneffekt. Dette gjør at trykket i enheten synker, og mikrobobler samles mot midten av enheten. Her samles de til større luftbobler, og slippes ut gjennom topputlufteren. Effekten stiger med hastigheten på vannet, og fungerer best ved hastigheter fra 1,5-3 l/s.



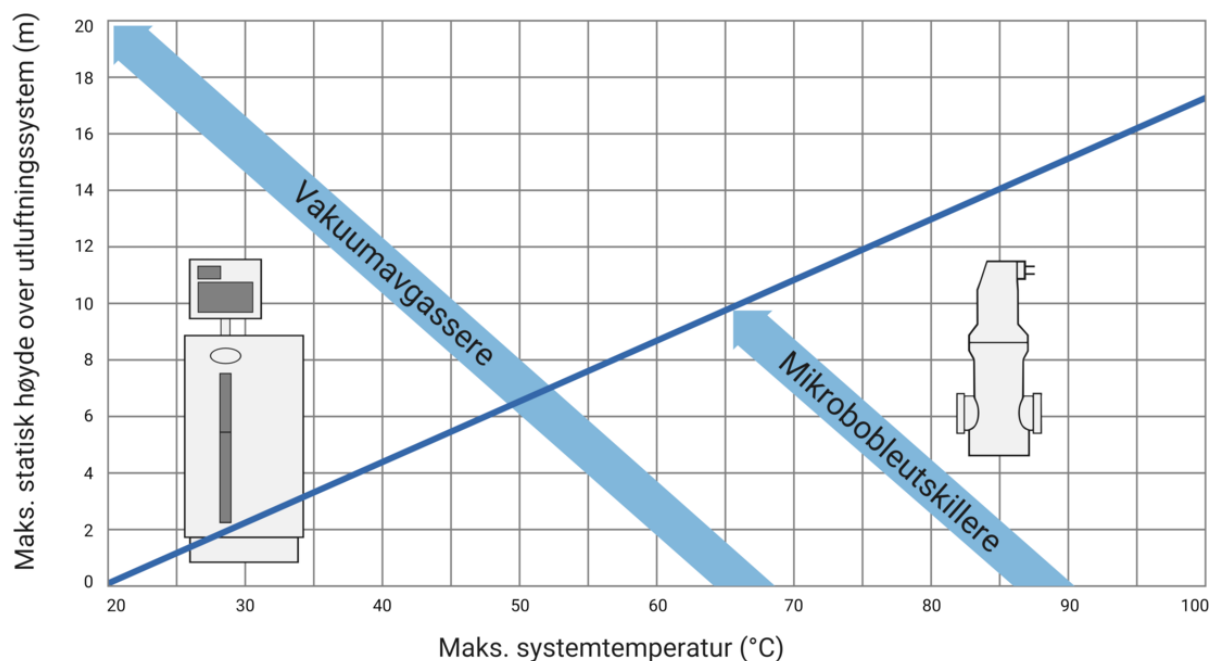
**Figur 8 — Mikrobobleutskiller (syklonutskiller)**

I tillegg til disse finnes det også mikrobobleutskillerer som baserer seg på at en enhet med større tverrsnitt enn røret brukes for å senke hastigheten på vannet. Dette gjør at mikroboblene får tid til å stige til toppen av enheten, hvor de samles til større luftbobler og skilles ut gjennom en topputlufter. Enheten må ha tilstrekkelig lengde og tverrsnitt for å oppnå ønsket funksjon, og vil ikke fungere like godt som alternativene over.

#### *Plassering*

Mikrobobleutskillerer monteres direkte i vannstrømmen, og vil kunne fjerne mikrobobler og større luftansamlinger som passerer gjennom denne. De vil ikke kunne fjerne oppløst luft, og effekten vil derfor avhenge av trykk og temperatur i anlegget, som illustrert i [figur 9](#). Figuren viser at dersom anlegget holder 80 °C der mikrobobleutskiller er installert vil denne kunne fungere med en statisk høyde på inntil 13 meter over utskilleren. Går temperaturen derimot ned til 50 °C kan ikke statisk høyde være mer enn ca 7 meter for å oppnå en tilfredsstillende drift av mikrobobleutskilleren. For å jobbe så effektivt som mulig bør enheten plasseres der det er lavest mulig trykk og høyest mulig temperatur, da det er ved disse forholdene at mest mulig luft frigjøres naturlig.

I anlegg hvor det er lav temperaturdifferanse eller statisk høyde vil mikrobobleutskillerer ha en begrenset effekt. Desto lavere temperaturdifferansen eller den statiske høyden er i et anlegg, desto lavere effekt vil en mikrobobleutskiller ha. I isvannsanlegg vil ikke mikrobobleutskilleren fungere som forutsatt, da luften vil være fullstendig oppløst i vannet, og ikke lenger opptrer som mikrobobler. I slike anlegg skal derfor ikke mikrobobleutskillerer benyttes som løsning for kontinuerlig luftutskilling. Det bør vurderes i hvert enkelt tilfelle om en mikrobobleutskiller vil fungere tilstrekkelig, eller om det må benyttes andre metoder for luftutskilling.



**Figur 9 — Arbeidsområde for mikrobobleutskillere basert på temperatur og trykk**

#### Fordeler

- Lav pris
- Fjerner mikrobobler i tillegg til frie luftbobler
- Fjerner sirkulerende luft

#### Ulemper

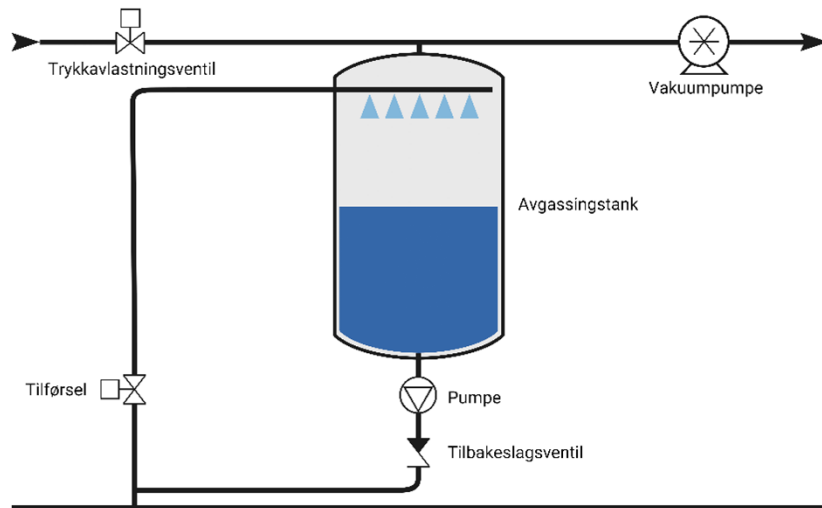
- Fjerner kun luft som passerer gjennom enheten
- Fjerner ikke oppløst luft

#### 9.2.2.4 Vakuumavgasser

##### Funksjon

Vakuumavgassere eller trykksenkingsavluftere monteres i en delstrøm, og fungerer ved at systemmediet utsettes for et undertrykk. Dette gjør at oppløst luft frigjøres, og skilles ut gjennom en topputlifter. Det finnes flere forskjellige typer vakuumavgassere, men fellesnevneren er at de utsetter systemmediet for et trykk lavere enn atmosfærisk trykk. Dette trykkområdet er typisk mellom 0,1 og 0,5 bar(a). Vakuumavgassere kan også leveres med etterfyllingsfunksjon. Man vil da kunne avgasse påfyllingsvannet før det tilføres anlegget, og på denne måten unngå å tilføre luft ved etterfylling.

Avgassingene foregår hovedsakelig ved at en innvendig tank fylles med vann fra anlegget. Tilførselen begrenses så ved hjelp av en motorventil, magnetventil, dyse eller ved regulering av enhetens interne pumpe. Når det tilføres mindre vann enn det hentes ut synker trykket, og oppløst luft frigjøres. Etter at luften er frigjort økes tilførselen inn på enheten igjen, og luften skilles ut gjennom topputlifteren når nivået i tanken stiger. Denne syklusen vil gjentas så lenge enheten går. Enkelte vakuumavgassere går i et gitt tidsintervall daglig, mens enkelte også har sensorer som registrerer om det blir skilt ut luft. Enheten vil da kun jobbe ved behov, og man kan også bruke enhetens driftstatistikk som en indikasjon på om det skilles ut luft.



**Figur 10 — Vakuumavgasser prinsipp**

Ved bruk av vakuumavgasser må man sørge for at ekspansjonssystemet er dimensjonert for å kunne ta opp volumendringen som oppstår når vann hentes ut og føres tilbake til anlegget. Dersom ekspansjonskaret er for lite vil man kunne få undertrykk i anlegget når vakuumavgasseren fylles. Man vil også kunne oppleve at man får en trykkøkning når vannet føres tilbake til anlegget. Dette gjelder i særlig grad mindre anlegg som eneboliger. Kjøleanlegg og energibrønner er også anlegg hvor man kan oppleve at ekspansjonskaret er for lite, da disse har en lavere ekspansjon enn varmeanlegg grunnet lavere temperaturdifferanse mellom høyeste og laveste forekommende driftstemperatur.

I anlegg med pumpebaserte ekspansjonssystemer kan man også oppleve problemer knyttet til kortvarige trykkendringer, da disse i hovedsak ikke reagerer like raskt som statiske ekspansjonskar. For å unngå dette kan man installere et mindre statisk ekspansjonskar i tillegg. Ekspansjonskarets forladingstrykk settes da til et noe høyere trykk enn ekspansjonssystemet for øvrig, slik at karet absorberer de kortvarige volumendringene.

Vakuumavgassere med etterfyllingsfunksjon bør benyttes med varsomhet i anlegg med kompressorbasert eller pumpebasert ekspansjonssystem. Dersom etterfyllingstrykket vakuumavgasseren stilles på er høyere enn åpningstrykket til ekspansjonssystemet kan man risikere at ekspansjonskaret fylles uten at trykket i anlegget stiger. Når karet fylles vil så ekspansjonskarets sikkerhetsventil kunne løse ut, og man vil få en lekkasje. For å unngå dette bør enten ekspansjonsanlegget utstyres med en etterfyllingsfunksjon, eller man kan la ekspansjonsanlegget styre vakuumavgasserenes etterfyllingsfunksjon. Flere leverandører tilbyr dette som en integrert løsning der ekspansjonsanlegget gir beskjed til vakuumavgasseren om når det skal etterfylles. I slike tilfeller bør leverandøren av utstyret kontaktes for å sikre en korrekt løsning.

#### *Plassering*

Vakuumavgassere skal plasseres i delstrøm. Vannet som føres tilbake inn på anlegget inneholder et minimum av luft, og vil kunne absorbere luft som finnes andre steder i anlegget. Dette gjør at vakuumavgasseren kan fjerne luft fra andre steder i anlegget enn der den er tilkoblet.

#### **Fordeler**

- Fjerner all oppløst luft
- Fungerer uavhengig av trykk- og temperaturdifferanser i anlegget
- Kan tilknyttes SD-anlegg

#### **Ulemper**

- Høyere pris
- Krever tilgang på strøm
- Krever jevnlig vedlikehold

### 9.2.2.5 Kombinert ekspansjons- og avgassingssystem

#### Funksjon

Det finnes enkelte typer pumpebaserte ekspansjonssystemer som også kan leveres med en avgassingsfunksjon. Avgassing utføres enten som atmosfærisk avgassing eller vakuumavgassing. Atmosfærisk avgassing utnytter den trykkløse tanken i ekspansjonsanlegget til å frigjøre luft. Når ekspansjonsanlegget ikke er i drift, skiftes vannet i tanken ut. Når vannet flyttes fra et trykksatt anlegg til et trykkløst kar frigjøres luften som følge av trykkendringen. Karet er utstyrt med en sikkerhetsventil med blåsetrykk 0,5 bar, og luften presses da ut gjennom denne.

Vakuumavgassing i ekspansjonsenheten benytter seg av den innebygde pumpa til å skape undertrykk. Når ekspansjonsanlegget ikke er i drift fylles en intern tank i enheten, og en ventil på inntaket stenges. Pumpa suger vannet ut av karet, og skaper på denne måten et undertrykk. Når ventilen på inntaket åpnes igjen, presses den frigjorte luften ut gjennom en topputlifter montert på tanken.

#### Fordeler

- Lav tilleggs kostnad for installasjon
- Unngår at vakuumavgasser og ekspansjonsanlegg jobber mot hverandre
- Kan tilknyttes SD-anlegg

#### Ulemper

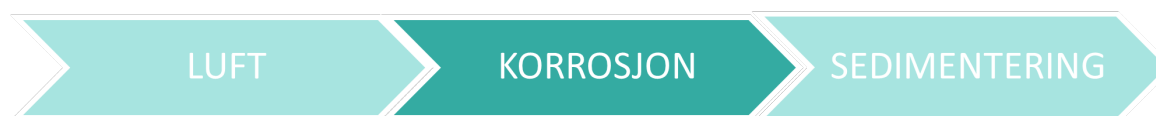
- I en del tilfeller mindre effektiv enn vakuumavgasser, spesielt ved atmosfærisk avgassing
- Kan kun benyttes når ekspansjonsanlegget ikke er i drift
- Forbeholdt større anlegg

### 9.2.2.6 Utkoking

Utkoking eller termisk avgassing benyttes for å fjerne luft i store anlegg, for eksempel i hovedkretsene til fjernvarmeanlegg. Prinsippet går ut på at vanntemperaturen heves til over kokepunktet slik at væsken stripes for gasser, og gassene ledes deretter vekk fra væsken. Utkoking gjennomføres ved temperaturer rett over 100 °C.

Det behandlede vannet egner seg godt som påfyllingsvann i andre mindre kretser. Merk at det alltid skal foreligge dokumentasjon på at væskekvaliteten er god før behandlet vann etterfylles i nye anlegg.

## 9.3 Beskyttelse mot korrosjon



Hensikten med å beskytte et anlegg mot korrosjon er å redusere risikoen for forringelse av anleggets metallkomponenter og dannelse av partikler som kan forårsake skade på vitale deler og beleggdannelse.

Det finnes ulike metoder for korrosjonsbeskyttelse av et lukket anlegg. Uavhengig av metode er målet å stanse katodereaksjonen, anodereaksjonen eller både katode- og anodereaksjonen som forekommer når et metall korroderer.

Merk at korrosjonsbeskyttende systemer som baseres på oksygenfjerning ikke erstatter behovet for et utluftningssystem. Luft inneholder store mengder nitrogen som bør fjernes for å sikre optimal sirkulasjon og effekt.

### 9.3.1 Korrosjonsinhibitor

#### Funksjon

En korrosjonsinhibitor er et stoff eller en blanding av stoffer som når den tilføres systemet danner en beskyttende film på metalloverflaten. Filmen er mikroskopisk tynn og ikke mulig å se med det blotte øyet. Målet med filmen er å hindre reaksjon mellom metall og oksygenet i væskestrømmen.

Inhibitoren som benyttes bør ha følgende egenskaper:

- god fukteffekt (god kontakt og spredning på metalloverflater):
  - kontakten skal opprettholdes over tid;
  - kontakten skal ikke svekkes ved økende vannhastighet.
- evne til å øke pH til ønsket intervall og opprettholde god buffereffekt over tid;
- evne til å beskytte alle metalltyper i systemet;
- kompatibilitet med alle materialer i systemet, inkludert gjengetape, plast og gummi;
- effektiv ved svak fortykning eller svak overdosering;
- både katodisk og anodisk beskyttelse er en fordel;
- kompatibilitet med vanlige frostvæsker er en fordel.

Korrosjonsinhibitoren skal ikke skape et miljø som bidrar til vekst av mikroorganismer som sopp, bakterier eller virus. Dersom det er behov for ytterligere begrensning av bakterievekst skal korrosjonsinhibitoren være kompatibel med et biocid. Bruk av biocider er beskrevet i kapittel [9.5.1](#)

#### *Doseringsmengde*

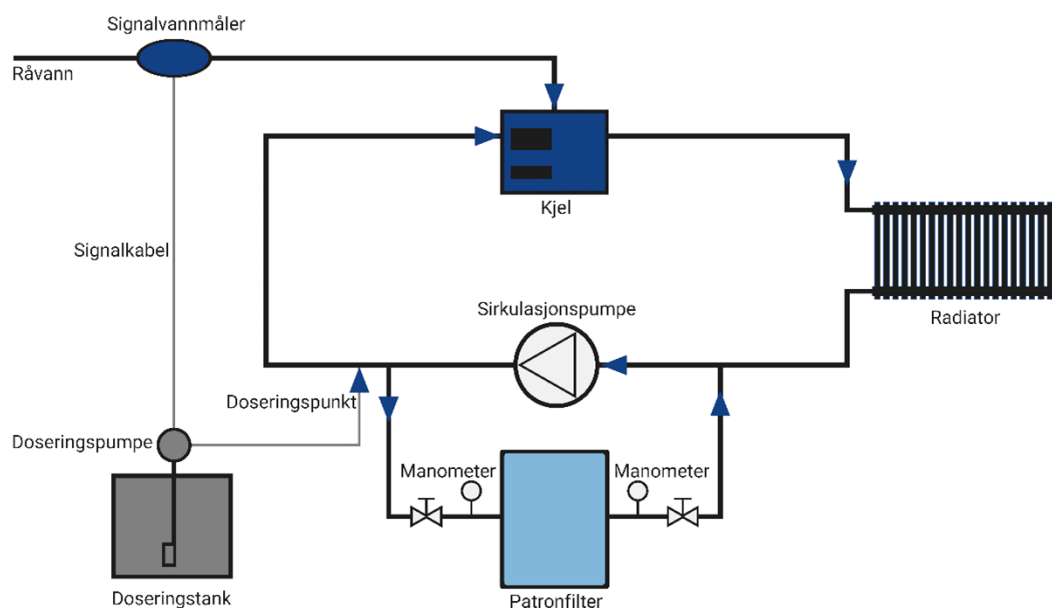
Doseringsmengden som kreves for å oppnå tilstrekkelig høy konsentrasjon skal beregnes med utgangspunkt i totalt systemvolum. Anbefalt konsentrasjon oppgis ofte som et intervall. Intervallets høyeste anbefalte konsentrasjon kan være nødvendig dersom pH i påfyllingsvannet er lav eller væsken har høy konsentrasjon av klorider eller sulfater.

Doseringsmengden skal sørge for at svake fortykninger ikke påvirker vannbehandlingsprogrammets effekt. Da vil frekvensen for etterfylling av inhibitor holdes på et minimum. Dette sikrer at beskyttelse opprettholdes selv om noe inhibitor brytes ned eller adsorberes på forurensninger i anlegget. Det anbefales derimot ikke å tilsette høyere doser enn det som er anbefalt av leverandøren da dette kan gi uønskede utfellinger.

#### *Dosering*

Korrosjonsinhibitor tilsettes etter første gangs oppfylling av anlegget, og etterfylles ved behov. Konsentrasjonen og væskekvaliteten bør kontrolleres ved å foreta en væskeanalyse 3 måneder etter at anlegget er satt i drift. Ofte brukes pH som en indikator på om inhibitor bør etterfylles, men enkelte leverandører tilbyr også måling av konsentrasjonen av inhibitor-komponenten.

Dosering kan gjennomføres manuelt eller automatisk. I et tett anlegg gjennomføres dosering sjelden og manuell dosering er derfor ikke en tidkrevende oppgave. Fordelen med manuell dosering er bedre kontroll over mengden som tilføres. Manuell dosering gjennomføres enklest via anleggets filterhus, eventuelt ved hjelp av en ekstern doseringspumpe. Automatisk dosering kan være tidsbesparende på store anlegg som fjernkjøle- og fjernvarmeanlegg, spesielt dersom anlegget etterfylles store vannmengder. Et automatisk doseringsanlegg består av en vannmåler og en doseringspumpe som pumper kjemikalier inn proporsjonalt med tilført vannmengde.



**Figur 11 — Automatisk doseringsanlegg**

#### *Typer inhibitor*

Korrosjonsinhibitorer kan generelt deles inn i fire kategorier:

- **Anodiske inhibitorer**

Begrenser anodereaksjonen ved å danne en passiv film på anodeoverflaten. Filmen spres over tid utover alle metallflater. Dersom konsentrasjonen av en anodisk inhibitor faller under punktet for kritisk konsentrasjon kan pitting (punktkorrosjon) oppstå;

- **Katodiske inhibitorer**

Begrenser katodereaksjonen ved utfelling av en beskyttende film på katodeoverflaten. Katodiske inhibitorer har ingen kritisk konsentrasjon, men overdosering kan medføre utfelling, og øke risikoen for korrosjon under utfelte partikler;

- **Kat-anodiske inhibitorer**

Har både katodiske og anodiske egenskaper. Denne type inhibitorer er lite utbredt og vanligvis oppnås samme effekt ved å blande anodiske og katodiske inhibitorer i samme produkt;

- **Organisk film inhibitorer**

Organiske inhibitorer som begrenser både anode- og katodereaksjonen. Organiske inhibitorer brukes primært i sure miljøer, og er derfor mindre brukt i lukkede varme- og kjøleanlegg.

Tabellen nedenfor viser de vanligste inhibitorer for lukkede varme- og kjøleanlegg.



Tabell 5 — Ulike inhibitorer

Komponent	Funksjon	Hensyn
<b>Nitritt</b>	Korrosjonsinhibitor for jern	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Ved høy konsentrasjon av klorid eller sulfat i systemvannet må konsentrasjon økes for å unngå pittingkorrosjon</li> <li>— Må ikke blandes med aminer, amider eller organiske inhibitorer</li> <li>— Kan brytes ned av nitrittreducerende eller nitrittoksiderende bakterier. Bør derfor kombineres med et ikke-oksiderende biocid (oksiderende biocider vil oksidere nitritt til nitrat)</li> </ul>
<b>Nitrat</b>	Korrosjonsinhibitor for aluminium	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Gir ingen beskyttelse på kobber eller kobberlegeringer</li> <li>— Bør kombineres med andre inhibitorer for optimal systembeskyttelse</li> </ul>
<b>Molybdat</b>	Korrosjonsinhibitor	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Dersom molybdat tilsettes til et forurenset anlegg vil komponenten absorberes på partikler/forurensninger. Bør tilsettes i rene systemer</li> </ul>
<b>Azoler</b>	Korrosjonsinhibitor for kobber og kobberlegeringer	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Ved høy konsentrasjon av klorid eller sulfat i systemvannet må konsentrasjon økes for å unngå pittingkorrosjon</li> </ul>
<b>Fosfat</b>	Korrosjonsinhibitor for stål	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Kan forårsake pittingkorrosjon på aluminium ved høy temperatur</li> <li>— Kan forårsake utfellinger i hardt vann</li> </ul>
<b>Polyfosfat</b>	Kalk- og korrosjonsinhibitor	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Hydrolyseres ved sterkt sure eller basiske forhold og høy temperatur</li> </ul>
<b>Fosfonat</b>	Kalk- og korrosjonsinhibitor	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Overdosering kan gi økt kobberløselighet</li> <li>— Ved nedbrytning (oksidasjon) dannes ortofosfat og organiske syrer som kan fungere som næring for bakterier</li> </ul>
<b>Silikater</b>	Korrosjonsinhibitor for stål, kobberlegeringer og aluminium	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Utfellinger kan forekomme ved overdosering eller ved hardt vann og høy temperatur</li> </ul>
<b>Benzoater</b>	Anodisk inhibitor	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Kombineres ofte med nitritt, se hensyn for nitritt</li> <li>— Kan brytes ned raskt, konsentrasjonen bør overvåkes regelmessig</li> </ul>
<b>Trietanolamin, monoetanolamin, alkylkarboksylater, substituerte triaziner</b>	Organisk film inhibitorer	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Ulike typer beskytter ulike metaller</li> <li>— Tilførsel av karbonholdige stoffer kan øke risikoen for bakterievekst</li> </ul>

### 9.3.2 Offeranode

#### Funksjon

Korrosjonssikring ved bruk av offeranode går ut på å plassere et offermetall i systemet som skal korrodere til fordel for annet metall. Offermetallet er et metall med lav edelhet som enkelt korroderer. Ofte benyttes magnesium eller sink, og i noen tilfeller aluminium.

Oksygenet i anlegget reagerer med (oksidere) offermetallet og danner metallhydroksid på samme måte som når jern korroderer. Reaksjonsproduktet kan bidra til å øke pH i systemet, og dermed bidra til å gjøre væsken mindre korrosiv. Partiklene som dannes filtreres ut med et partikkelfilter.

#### *Plassering*

Offeranoder til bruk i lukkede varme- eller kjøleanlegg leveres primært i kombinasjon med et utluftningssystem og/eller filtersystem. Systemet installeres derfor i delstrøm.

#### *Vedlikehold*

Når offeranoden er brukt opp må den skiftes ut. Dersom offeranode benyttes som korrosjonssikring bør regelmessig kontroll av anoden inkluderes i driftsprogrammet for å sikre at systemet til enhver tid er beskyttet. Regelmessig vedlikehold av filtersystemet er viktig for å unngå økt partikkelinnhold og beleggdannelse i anlegget.

### 9.3.3 Alkalisk filter

#### *Funksjon*

Et alkalisk filter behandler og filtrerer vannet ved å presse det gjennom en tank med reaksjonsmasse av magnesium- og kalsiumkarbonat, og eventuell annen reaksjonsmasse. Når vannet passerer reaksjonsmassen filtreres korrosjonsprodukter og forurensninger ut, samtidig som vannet tilføres kalsium, magnesium og bikarbonat. Passeringen gjennom det alkaliske filteret fører til at vannets pH og bufferkapasitet øker. Dette gjør væsken mindre korrosiv og reduserer risikoen for raske pH-endringer.

Alkaliske filtre kan fjerne forurensninger ned til 5 µm. Alkaliske filtre kan også kombineres med sandfiltre for mer effektiv filtrering (alkalisk multifilter).

#### *Plassering*

Alkaliske filtre plasseres alltid i delstrøm, som oftest mellom pumpens trykk og sugeside. Alkaliske filtre skal monteres med stengeventiler foran og etter enheten

#### *Vedlikehold*

Når forurensninger samles i reaksjonsmassen vil differansetrykket over filteret øke. For å rengjøre filteret gjennomføres en tilbakespyling slik at forurensningene løsner og kan dreneres ut. Noen produkter leveres med funksjon for automatisk tilbakespyling. Dersom dette ikke gjennomføres automatisk må differansetrykket kontrolleres regelmessig og tilbakespyling igangsettes manuelt når trykkfallet når en verdi angitt av leverandøren.

Over tid kan det være behov for å etterfylle reaksjonsmassen. En unormal reduksjon i pH er et tegn på at reaksjonsmassen ikke lenger er aktiv og bør etterfylles. Merk at i anlegg med store temperatursvingninger kan kalsium og magnesium felle ut og danne et isolerende belegg på varmeoverflater.

### 9.3.4 Kjemisk oksygenfjerning

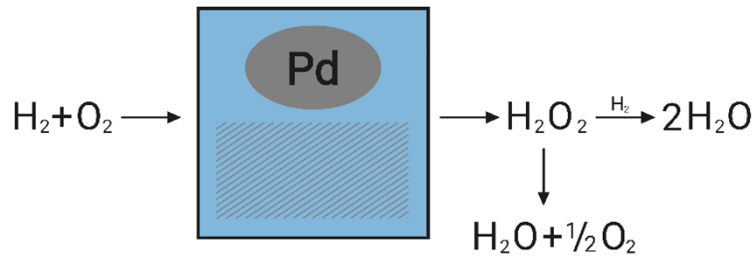
#### *Funksjon*

Kjemisk oksygenfjerning innebærer å tilsette en gass eller et kjemikalie som reagerer med oksygen slik at oksygenkonsentrasjonen reduseres. Fjerning av oksygen hindrer katodereaksjonen i en korrosjonsprosess. Vi kan skille mellom tilsetting av gass og tilsetting av flytende kjemikalier.

#### — **Tilsetting av gass over katalysator**

Anlegget tilsettes hydrogen-gass. Gassen reagerer med oppløst oksygen over en katalysator og danner hydrogenperoksid som reagerer videre med hydrogen-gass og danner vann. Normalt benyttes katalysatorer av palladium eller platina.

I tillegg til hydrogen-gassen som tilføres fra en ekstern kilde kan katalysatoren ta opp og lagre hydrogen-gass som dannes i anlegget når jern(II)hydroksid omdannes til magnetitt under oksygenfrie forhold.



**Figur 12 — Oksygenfjerning med gass over katalysator**

I prosessen tilsettes hydrogengass til anlegget regelmessig. Hydrogen er en svært reaktiv gass som danner eksplosjonsfarlig knallgass i kontakt med luft. Det anbefales derfor at håndtering og etterfylling av gass gjennomføres av leverandør. Dersom gassen skal oppbevares på eiendommen permanent må anleggseier kontrollere at krav beskrevet i «Forskrift om håndtering av brannfarlig, reaksjonsfarlig og trykksatt stoff samt utstyr og anlegg som benyttes ved håndteringen» overholdes.

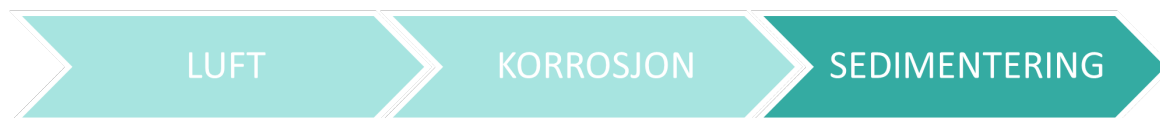
#### Kjemikalier for oksygenfjerning

Det finnes flere typer flytende kjemikalier for oksygenfjerning. Felles for disse er at de reagerer med oksygen og omdannes til andre forbindelser. Et vannbehandlingsprogram som benytter kjemikalier til oksygenfjerning må følges opp tett for å sikre at anlegget til enhver tid har tilstrekkelig mengde sirkulerende kjemikalie. Fordi mekaniske utluftningssystemer effektivt fjerner både oksygen og andre oppløste gasser benyttes denne type kjemikalier i liten grad i lukkede varme- og kjøleanlegg i dag.

De to vanligste stoffene er natriumsulfitt og dietylhydroksylamin (DEHA).

- Natriumsulfitt reagerer med oksygen og danner natriumsulfat. Produktet anbefales kun til bruk ved høye temperaturer der bakterievekst begrenses grunnet termisk desinfeksjon. Ved lavere temperaturer kan kombinasjonen sulfitt og anaerobiske (oksygenfrie) forhold føre til vekst av sulfatreduserende bakterier (SRB).
- DEHA har i stor grad erstattet tidligere bruk av hydrazin i dampanlegg, og er en oksygenfjerner som i tillegg har en passiverende effekt på metaller. Når stoffet reagerer med oksygen dannes eddiksyre, nitrogenogass og vann. Produktet har best effekt under høyt trykk.

#### 9.4 Beskyttelse mot partikler og sedimentering



##### 9.4.1 Hensikten med filter

Hensikten med et filter i et varme- eller kjøleanlegg er å samle opp korrosjonsprodukter, smuss og forurensninger i rørnett. Partikler som ikke fjernes kan medføre skader på pumper og ventiler, eller tetting av rør, vekslere, reguleringsventiler og varmeavgivere. Fjerning av ikke-magnetiske kobber-, aluminium- og sinkforbindelser vil i tillegg redusere risikoen for galvanisk korrosjon i kontakt med stål.

Filtersystemet skal dimensjoneres slik at partikler som eksisterer eller oppstår i anlegget under drift kan fjernes. Urenhetene i et lukket anlegg har forskjellige størrelser, og det finnes ulike filtreringsmetoder for ulike partikkelstørrelser. Urenhetene kan deles i to grupper:

- urenheter med diameter > 0,4 mm;
- urenheter med diameter < 0,4 mm.

De største urenhetene fjernes med et grovfilter, og mindre partikler fjernes med finfilter.

#### 9.4.2 Grovfilter

##### *Funksjon*

Et grovfilter består av en sil i et filterhus. Silen er grovmasket og har som mål å fjerne større partikler eller fremmedlegemer fra væskestrømmen for å beskytte varmevekslere. Grovfiltre har en viktig funksjon for å beskytte komponenter i et anlegg, men har ingen direkte innvirkning på anleggets væskekvalitet.

##### *Plassering*

Grovfiltre har relativt lavt trykkfall og plasseres normalt på returledningen i hovedstrøm før hovedpumpen. Dersom det finnes varmevekslere i anlegget bør det i tillegg monteres grovfiltre før hver veksler.

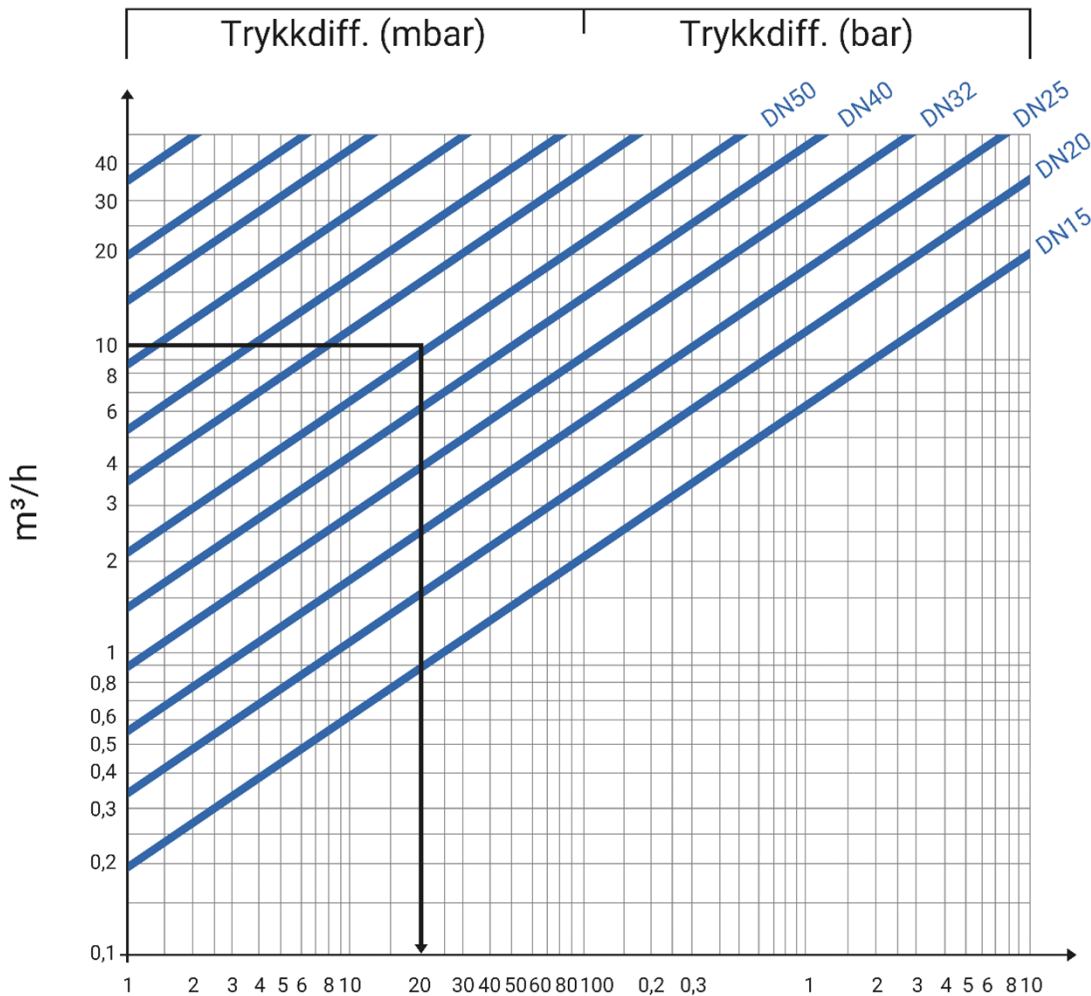
Ved valg av grovfilter er det to forhold som må hensyntas:

- oppsamlingsvolum;
- trykkfall.

Oppsamlingsvolum er en relevant parameter for større anlegg, for eksempel fjernvarme- eller fjernkjøleanlegg. For mindre anlegg velges grovfiltre hovedsakelig basert på tillatt trykkfall. [figur 13](#) viser trykkfall gjennom rene grovfiltre ved ulik volumstrøm. Merk at ved prosjektering må det tas hensyn til at trykkfallet øker når filteret blir tilsmusset.

##### *Vedlikehold*

Grovfiltre skal monteres med stengeventiler foran og etter slik at de enkelt kan isoleres for rutinemessig rengjøring og utskiftning om nødvendig. Dersom driften av anlegget ikke kan avbrytes bør det installeres en by-pass forbi grovfilteret som kan benyttes i vedlikeholdsperioden. Frekvensen for rengjøring av et grovfilter avhenger av mengden forurensninger og trykkfall over filteret, og ved hvilket trykkfall filteret bør rengjøres er normalt oppgitt i filterets driftsinstruks. Behovet for rengjøring kontrolleres enklest ved å installere et differansetrykkmanometer over filteret.



Figur 13 — Trykfall i rene grovfilter ved ulike volumstrøm

### 9.4.3 Partikkelfilter (finfilter)

#### Funksjon

Hensikten med et finfilter er å fange opp mindre partikler som ikke fjernes med et grovfilter. Vanlige korrosjonspartikler er normalt i størrelsesorden 5 – 10  $\mu\text{m}$ . Når andelen forurensninger i et anlegg er høy vil forurensningene kolliderer og danne større partikler slik at filteret raskt går tett. Det er derfor viktig å tilpasse filtreringsgraden etter anleggets væskekvalitet, og redusere filtreringsgraden i takt med reduksjon i partikkelinnhold.

De vanligste partikkelfiltertypene er patronfilter, posefilter, sandfilter og syklonfilter. Sandfilter og syklonfilter er beskrevet i kapitlene [9.4.5](#) og [9.4.7](#). Den videre beskrivelsen i dette kapitlet tar utgangspunkt i patron- og posefiltere.

#### Kapasitet

Filterets kapasitet er et mål på hvor mye væske som kan filtreres per tidsenhet og oppgis ofte i liter per minutt. Kapasiteten påvirkes av flere faktorer:

- **Filterets størrelse og antall filtre**

Patron- og posefiltere er plassert i et filterhus. Filterhuset kan romme et eller flere filtre, og filterene kan ha ulike størrelser. Et lite filter har mindre kapasitet enn et stort filter, og flere filtre i samme filterhus gir større kapasitet. Delstrømmengden for anlegg < 1 MW er normalt 5% av totalvolumet, og 4% for anlegg mellom 1 og 10 MW;

- **Filtermateriale**

Ulike filtermaterialer og typer kan kreve ulike vannhastigheter for å oppnå tilstrekkelig filtrering. Dette gjelder primært filtre med filtermasser som kullfilter, kalkfilter eller sandfilter;

### — Filtreringsgrad

Et filter med lav filtreringsgrad har mindre kapasitet enn et filter med høy filtreringsgrad, ettersom porestørrelsen er mindre. I lukkede anlegg benyttes filtreringsgrader mellom 5 og 20  $\mu\text{m}$ . Disse filterstørrelsene fjerner korrosjonsprodukter og mindre forurensninger, men ikke bakterier og virus.

Dersom væsken har et lavt partikkelinnhold er det hensiktsmessig å bruke lav filtreringsgrad for å få fjernet de minste partiklene. Dersom partikkelnivået er høyt bør det benyttes høy filtreringsgrad i en periode, og legges en plan for reduksjon basert på væskens partikkelinnhold. Partikkelinnholdet kan måles ved å gjennomføre en turbiditetsanalyse. Verdiene nedenfor kan brukes som veiledning for hvilken filtreringsgrad som skal benyttes.

- < 20 FNU: Filtreringsgrad 5  $\mu\text{m}$
- 20 – 80 FNU: Filtreringsgrad 10  $\mu\text{m}$
- > 80 FNU: Filtreringsgrad 20  $\mu\text{m}$

\*Ved svært høyt partikkelinnhold kan utskiftning av vann, økt filterkapasitet eller rens være nødvendig.

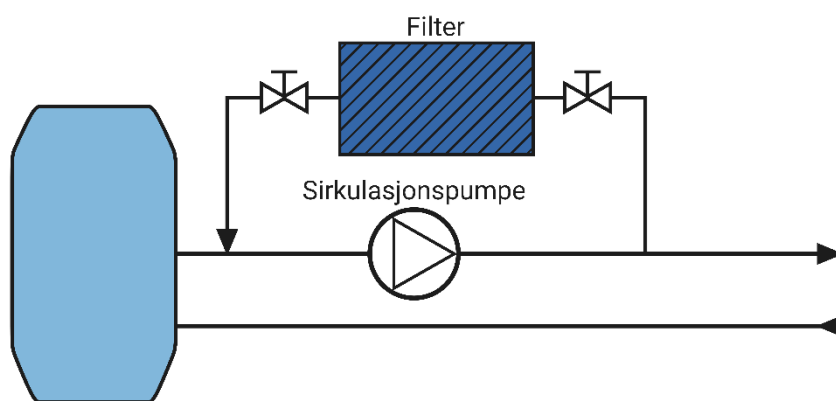
### Plassering

Et finfilter plasseres i delstrøm for å unngå trykkfall på hovedstrømmen dersom filteret går tett. I delstrøm vil en del av den totale vannmengden filtreres hver gang vannet passerer filteret, og over tid vil all sirkulerende væske filtreres.

Det finnes tre alternativer for plassering av finfiltre:

- i delstrøm mellom pumpens trykk- og sugeside:
  - denne installasjonsmetoden vil stjele løftehøyde samt vannmengde fra hovedpumpen.
- i delstrøm på returledningen med egen sirkulasjonspumpe;
- i delstrøm mellom tur- og returledningen:
  - denne installasjonsmetoden vil medføre økt temperatur på returledningen, og er ikke anbefalt dersom energikilden er en varmepumpe.

Ved valg av plassering bør det vektlegges at filteret skal være lett tilgjengelig for regelmessig vedlikehold. Filteret skal monteres med stengeventiler foran og etter slik at det enkelt kan isoleres for rutinemessig rengjøring og utskiftning av filterpatroner eller poser.



**Figur 14 — Eksempel på delstrømfiler plassert mellom pumpens trykk- og sugeside**

Ved installasjon av nye filtersystemer skal følgende dokumenteres:

- filterets plassering i henhold til kravspesifikasjon;
- gjennomført funksjonstest;
- forsvarlig festing til rørr nettet;
- driftsinstruks.

*Vedlikehold*

Frekvensen for rengjøring av et partikkelfilter avhenger av mengden forurensninger og trykkfall over filteret. Ved hvilket trykkfall filteret bør rengjøres eller skiftes ut er oppgitt i filterets driftsinstruks. Normalt er vedlikehold nødvendig når trykkfallet når verdier mellom 0,5 og 0,8 bar. Behovet for rengjøring kontrolleres enklest ved å installere et differansetrykkmanometer over filteret. Som minimum bør filteret kontrolleres to ganger i driftssesongen, eller kvartalsvis for anlegg med helsårsdrift.

**9.4.4 Magnetfilter***Funksjon*

Et magnetfilter består av en eller flere magnetiske staver i et filterhus og har som hensikt å fjerne magnetiske korrosjonsprodukter (magnetitt). I magnetfilteret trekkes forurensningene til magneten og fjernes fra sirkulasjonsvannet. Magnetitt kan også fjernes med et partikkelfilter dersom filtreringsgraden er lav nok, men den mest effektive fjerningen av korrosjonsprodukter oppnås ved å benytte partikkelfilter og magnetfilter i kombinasjon.

*Kapasitet*

Magnetfilterets kapasitet avhenger primært av tre faktorer:

- antall magneter;
- magnetenes styrke;
- plassering (hovedstrøm/delstrøm).

*Plassering*

Magnetfiltre kan plasseres både i hovedstrøm og i delstrøm. Plassering i hovedstrøm kan gjennomføres dersom et anlegg er svært forurensset med magnetitt, men for nye anlegg er plassering i delstrøm normalt tilstrekkelig. Et magnetfilter i hovedstrøm kan kombineres med et partikkelfilter i delstrøm for å oppnå reduksjon av både magnetiske- og ikke-magnetiske korrosjonsprodukter.

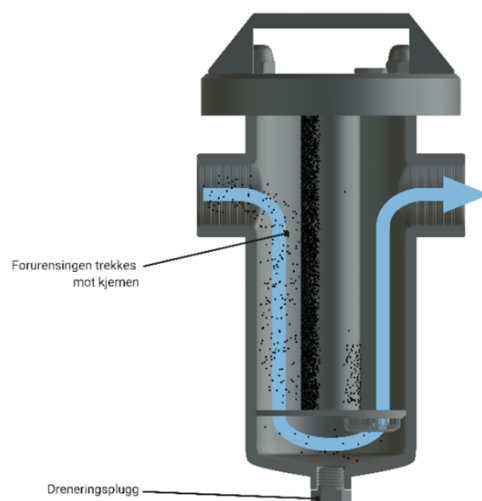
Ved plassering i hovedstrøm anbefales det å benytte filtre med lavest mulig trykkfall. For større anlegg anbefales det å montere en bypass forbi filteret for å unngå stans av sirkulasjon ved vedlikehold.

Dersom magnetfilter og partikkelfilter skal kombineres i delstrøm kan det benyttes to frittstående seriekoblede filtersystemer, eller et kombinasjonssystem. Et eksempel på et kombinasjonssystem er posefilter med magnetstav i sentrum av filterposen. Ved seriekobling av filtersystemer bør magnetfilteret plasseres etter partikkelfilteret.

*Vedlikehold*

Når magnetitt filtreres ut bygges det opp et lag av magnetitt på magnetstaven. Hvor mye magnetitt magnetstaven kan holde på avhenger av magnetstyrken. Når staven er mettet må den tas ut av filterhuset og rengjøres. Sirkulasjon opprettholdes dersom det er montert bypass forbi filteret i hovedstrøm.

Hvor ofte magnetstaven må rengjøres avhenger av mengden magnetitt i systemet, men som et minimum bør filteret ettersees 2 ganger i driftssesongen. Enkelte systemer leveres med et vindu for enkel inspeksjon av forurensningsmengde.



Figur 15 — Magnetfilter

#### 9.4.5 Sandfilter

##### *Funksjon*

Et sandfilter for lukkede energianlegg filtrerer vannet ved å presse det gjennom en tank fylt med sand og eventuell annen filtermasse. Når vannet passerer filtermassen filtreres korrosjonsprodukter og forurensninger ut.

##### *Plassering*

Sandfiltre plasseres alltid i delstrøm, som oftest mellom pumpens trykk og sugeside. Sandfiltre skal monteres med stengeventiler foran og etter filteret.

##### *Vedlikehold*

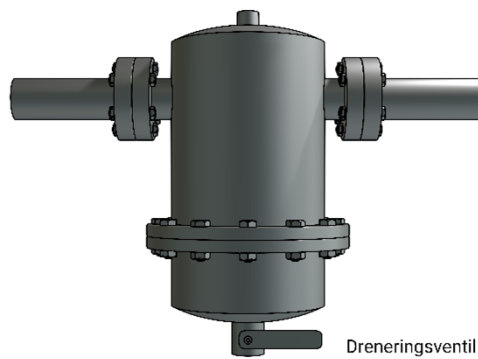
Når forurensninger samles i filtermassen vil differansetrykket over filteret øke. For å rengjøre filteret gjennomføres en tilbakespyling slik at forurensningene løsner og kan dreneres ut. Noen produkter leveres med funksjon for automatisk tilbakespyling. Dersom dette ikke gjennomføres automatisk må differansetrykket kontrolleres regelmessig og tilbakespyling igangsettes manuelt når trykkfallet når en verdi angitt av leverandøren.

#### 9.4.6 Smussutskiller

En smussutskiller er en oppsamlingstank med et maskefilter som har som hensikt å lage en stagnasjonssone slik at forurensningene i væskestrømmen sedimenterer. De sedimenterte partiklene dreneres periodevis fra bunnen av oppsamlingstanken.

Smussutskillere leveres med ulike filtreringsrader, og kan leveres i kombinasjon med en mikrobobleutskiller, et magnetfilter eller begge deler. For å fjerne de minste partiklene i væskestrømmen er det nødvendig å kombinere en smussutskiller med et partikkelfilter med lavere filtreringsgrad.



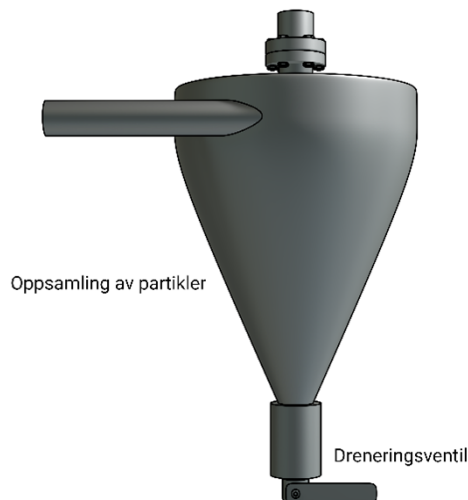


**Figur 16 — Smussutskiller**

#### 9.4.7 Syklonfilter

Et syklonfilter utnytter sentrifugalkraften til å skille masse med ulik tetthet. I et syklonfilter skilles den lettere massen (vann) fra den tyngre massen (partikler) når væsken settes i en sirkulerende bevegelse. Dette fører til at partikler presses ut mot filterveggen og vannet samles i sentrum av filterhuset og kan ledes ut. De tyngre partiklene ledes mot et oppsamlingskammer i nedre del av filterhuset og dreneres.

Behov for vedlikehold av et syklonfilter kan ikke måles med manometer. Det anbefales derfor at drenering gjennomføres med bestemte intervaller, og at frekvensen justeres basert på mengden forurensning i anlegget.



**Figur 17 — Syklonfilter**

#### 9.4.8 Elektromagnetisk vannbehandling med filtrering

Elektromagnetisk vannbehandling med filtrering er en metode for å fjerne belegg og redusere risikoen for ny beleggdannelse i lukkede energianlegg. Vannet passerer en rørspole som ved hjelp av elektromagnetisme ioniserer væsken og danner nanobobler. Nanoboblene fraktes med væskestrømmen og utøver en mekanisk kraft mot overflatene som hindrer sedimentering. Kraften bidrar også til å redusere eksisterende beleggdannelse. Nanoboblens levetid i væsken er avhengig av trykk og temperatur, og varierer fra 12 timer til 5 døgn.

Behandlingsenheten består av en mikroprosessor og en rørspole plassert i hovedstrøm eller delstrøm. Enheten kombineres med et kombinert partikkel- og magnetfilter i delstrøm for å filtrere ut løsnede forurensninger.

Elektromagnetisk vannbehandling er kompatibelt med bruk av utluftningssystemer som for eksempel mikrobobleutskillere og vakuuavgassere.

## 9.5 Beskyttelse mot bakterievekst

Vekst av mikroorganismer i lukkede energianlegg kan gi store utfordringer under drift dersom organismene får vokse fritt. Som beskrevet i kapittel 7.4 kan dette medføre både omfattende beleggdannelse og bakteriell korrosjon. Dersom forholdene ligger til rette for bakterievekst kan det være hensiktsmessig å behandle systemet for å redusere vekstrisikoen. Dette gjelder spesielt anlegg med driftstemperaturer mellom 20 og 50 °C.

Det finnes flere måter å kontrollere bakterievekst på. De vanligste metodene er beskrevet nedenfor.

### 9.5.1 Biocider

Biocider er en samlebetegnelse på kjemiske stoffer som dreper levende organismer. Det finnes mange ulike typer biocider på markedet, og det er viktig å avklare om biocidet som skal benyttes er egnet for lukkede energianlegg. Korrosive biocider eller biocider som danner gasser som restprodukt bør ikke benyttes da dette kan føre til økt korrosjon og/eller ustabil trykk. Biocidet som benyttes må være virksomt i det aktuelle temperaturområdet anlegget opererer i.

Ved bruk av biocider må det påses at produktet er godkjent i henhold til biocidregelverket. Dette innebærer at det aktive stoffet i blandingen skal være til vurdering eller godkjent av det europeiske kjemikaliebyrået ECHA i den produkttypen biocidproduktet tilhører. For lukkede varme- og kjøleanlegg er dette produkttype PT 11.

Den mest utbredte komponenten i biocider for lukkede energianlegg er bronopol. Produktet tilsettes anlegget i lave konsentrasjoner og trenger ikke skylles ut etter tilsetning. Ved behov for desinfeksjon og rengjøring av svært kontaminerte anlegg kan det benyttes en høyere dose som skylles ut av systemet etter rens. I slike tilfeller kan det også være aktuelt å benytte andre desinfeksjonsmidler. Andre biocider for lukkede energianlegg inkluderer isotiasolin, DBNPA, gluteraldehyd, THPS og triazin.

Enkelte frostvæsker vil være naturlig bakteriehemmende, og blir ofte feilaktig omtalt som biocider. Dette gjelder blant annet glykol som hemmer bakterievekst ved konsentrasjoner over 20%. Saltlaker gir også et mindre trivelig vekstmiljø ettersom bakterienes evne til overlevelse og formering svekkes ved økt saltinnhold.

### 9.5.2 Termisk desinfeksjon

Termisk desinfeksjon er betegnelsen på naturlig desinfeksjon ved høye temperaturer. Når vanntemperaturen når 60 grader vokser ikke lenger bakteriene. Ved temperaturer over dette dør også eksisterende bakterier.

I tappevannsanlegg er det vanlig å benytte termisk desinfeksjon til kontroll av for eksempel *Legionella*. I lukkede systemer som operer med temperaturer > 60 grader vil ikke bakterievekst være en utfordring. Dersom returledningen derimot har lavere temperatur, eller anlegget inneholder soner med blandet vann til for eksempel gulvvarmeanlegg, kan lokal bakterievekst oppstå i deler av anlegget. I slike tilfeller er det hensiktsmessig å redusere vekstrisikoen ved å øke pH-verdien eller benytte et egnet biocid.

Utover dette benyttes ikke temperaturøkning som metode for å redusere risikoen for bakterievekst i lukkede energianlegg.

### 9.5.3 Kontroll av bakterievekst ved pH-regulering

De aller fleste bakterier trives best i miljøer med en nøytral pH på ca. 7, selv om enkelte arter også kan leve og reproducere seg i miljøer med veldig lav eller veldig høy pH. Å øke pH verdien kan derfor være et godt verktøy for å både hemme bakterievekst og redusere korrosjonsraten. Ved å øke pH til intervallet 9.0 - 10.5 vil risikoen for oppblomstring av bakterier reduseres betraktelig, og korrosjonshastigheten for stål og kobber vil være på sitt laveste.

Å redusere pH for å hemme bakterievekst er derimot ikke anbefalt, ettersom lav pH øker korrosjonshastigheten. Rask reduksjon i pH kan derimot være et tegn på bakterievekst. Dette kan du lese mer om i kapittel [7.4.1](#).

## 10 Væskeanalyser

### 10.1 Hensikten med en væskeanalyse

En væskeanalyse fra et lukket varme- eller kjøleanlegg benyttes til å undersøke om væsken er korrosiv, og om eksisterende vannbehandlingsprogram fungerer optimalt. Analysen vil normalt gi svar på om forholdene ligger til rette for korrosjon, og/eller om det pågår korrosjon i anlegget.

Det kan være utfordrende å fastslå alle prosesser som foregår i et lukket anlegg basert på kun én analyse. Ved å kjenne anleggets historikk og væskens utvikling over tid kan man derimot se hvordan parameterne utvikler seg, og hvor fort dette skjer. Dersom man ikke overvåker væskekvaliteten kan man risikere at korrosjonsproblemer oppdages sent. Dette kan medføre at nødvendige tiltak blir mer omfattende og kostbare, og at anlegget driftes med lavere virkningsgrad enn nødvendig.

For å ha kontroll på væskekvaliteten i et lukket anlegg anbefales det å gjennomføre en væskeanalyse ved et akkreditert laboratorium minimum én gang årlig. Ved å benytte en akkreditert laboratorietjeneste er man sikret at testmetoder og resultater holder optimal standard, og at laboratoriet arbeider i henhold til et dokumentert kvalitetssystem.

Den årlige analysen bør tas når anlegget er i drift, henholdsvis vinterstid for varmeanlegg og sommerstid for kjøleanlegg. Dersom anlegget har helårsdrift kan prøven tas når som helst i løpet av året, men det er ofte hensiktsmessig å gjøre dette samtidig som det utføres service. Dersom prøvetaking skal gjennomføres når anlegget ikke er i drift bør sirkulasjon igangsettes minimum 1 time før prøvetaking.

Dersom det er gjennomført tiltak for å bedre væskekvaliteten anbefales det vanligvis å gjennomføre oppfølgingsprøver en periode etter utførte tiltak for å dokumentere at væskekvaliteten bedres. Oppfølgingsprøver bør gjennomføres 3 – 6 måneder etter gjennomførte tiltak for å sikre at tiltakene har hatt tilstrekkelig virkningstid før endringer dokumenteres.

En væskeanalyse bør gjennomføres minimum en gang årlig.

### 10.2 Parametere og væskekvalitet

Når en vannprøve skal analyseres er det viktig at det analyseres for parametere som kan fortelle noe om situasjonen i anlegget. Normalt er målet å undersøke om det er tegn til pågående korrosjon, og i hvor stor grad anlegget korroderer. Det kan også være nødvendig å undersøke nivået av bakterievekst, eller tilstanden til ulike frostvæsker.

#### 10.2.1 Standard parametere i en væskeanalyse

Parameterne listet nedenfor bør alltid inkluderes i en væskeanalyse. I noen tilfeller er det behov for analyse av ytterligere parametere for å kunne gi en helhetlig vurdering av tilstanden i anlegget. I tilfeller der det er usikkert hva utfordringene i anlegget er, kan det være hensiktsmessig å starte med standard parametere, og deretter gjennomføre ytterligere analyser ved behov.

#### Løst metall

Innholdet av løst metall i væsken er en viktig indikator på om korrosjon foregår, ettersom metall løses opp til metallioner underveis i korrosjonsprosessen. Det er vanlig å analysere for de metallene det finnes mest av i anlegget, og normalt er dette jern og kobber. Det er ikke nødvendig å analysere for metaller som ikke finnes i anlegget.

Løst metall analyseres med filtrert metode, der partikler filtreres bort før analysen gjennomføres. Dette sikrer at man får undersøkt hvor mye metall som er *løst* i væsken, og ikke den samlede mengden løst og partikulært materiale. Ved å analysere løst metall og partikkelinnhold i to ulike analyser får man dermed informasjon om både hvor mye metall som er løst i væsken, og hvor mye som har felt ut som partikler. Løst metall oppgis i µg/l eller mg/l.

### Partikkelinnhold

#### *Turbiditet*

For å kunne undersøke hvor mye av metallet som har felt ut som partikler gjennomføres en turbiditetsanalyse. I en turbiditetsanalyse sendes en lysstråle gjennom en kyvette med prøvemateriale, og deretter måles det hvor mye lyset spres av partiklene i væsken. Desto mer spredning, desto høyere partikkelinnhold i prøven. Turbiditet oppgis i FNU eller FTU, og i praksis er disse samme enhet (1 FNU = 1 FTU).

Innholdet av partikler i væsken kan også måles med suspendert stoff analyse.

#### *Suspendert Stoff*

Innholdet av suspendert stoff er et mål på væskens innhold av faste partikler som kan fjernes ved sedimentering. En suspensjon er en heterogen miks av en væske med innhold av faste partikler som har høy nok masse til at de kan sedimentere. Partiklene er normalt så store at de er synlige med det blotte øye. I en suspendert stoff analyse filtreres suspensjonen, og innholdet av partikler fanget opp av filteret tørkes og veies. En suspendert stoff analyse kan ha bedre evne til å fange opp store mengder av magnetitt enn en turbiditetsanalyse. Dette skyldes at magnetitt har svært høy tetthet og enklere sedimenterer i prøvekyvetten under turbiditetsmålinger.

### pH

pH verdien er et mål på væskens surhetsgrad der  $\text{pH} < 7$  er surt og  $\text{pH} > 7$  er basisk. Ved  $\text{pH} = 7$  er væsken nøytral. I sure miljøer øker korrosjonshastigheten betraktelig, som beskrevet i kapittel 6.2.2. Det er derfor viktig å overvåke at pH verdien holdes stabil over tid. Store reduksjoner i væskens pH-verdi kan skyldes for eksempel tilstedeværelse av bakterievekst eller degradering av frostvæske. For jern og kobber er korrosjonshastigheten lavest mellom pH 9.0 - 10.5 Dette er derfor det anbefalte pH-intervallet for lukkede varme- og kjøleanlegg. For anlegg med aluminium må derimot pH ikke overstige 8.5, da dette kan føre til alvorlig aluminiumskorrosjon.

Parameterne filtrert jern, filtrert kobber, pH og turbiditet eller suspendert stoff bør inngå i den årlige væskeanalysen.

### 10.2.2 Tolkning av standard parametere

Resultater av standard parametere forteller oss mye om hvilke prosesser som foregår, og kombinasjonen av verdiene er viktig for å gjøre en korrekt vurdering. Generelt anbefales det at verdiene minimum ligger innenfor "Godkjent intervall" som oppgitt i tabellen nedenfor. Innenfor dette intervallet er væsken lite korrosiv. For optimal væske kvalitet bør verdiene ligge innenfor «Optimalt intervall» i tabell 6. Ved disse verdiene er det ingen indikasjon på korrosjon, og korrosjonsrisikoen er lav. Den gode væske kvaliteten er et godt utgangspunkt for energiøkonomisk drift og opprettholdelse av anleggets levetid.

Dersom en eller flere av verdiene er utenfor det godkjente intervallet må det gjennomføres tiltak for å bedre væske kvaliteten. Vurderingen bør gjøres av fagkyndige med kunnskap om tolkning av væskeanalyser.

Tabell 6 — Anbefalte verdier for standard parameter

Parameter	Enhet	Optimalt intervall	Godkjent intervall
Jern (Fe) filtrert	mg/l	< 0,1	< 0,5
Kobber (Cu) filtrert	mg/l	< 0,1	< 0,5
pH <sup>a</sup>	-	9.0 - 10.5	8.0 - 10,5
Turbiditet <sup>b</sup>	FNU	< 4	< 20
Suspendert stoff <sup>b</sup>	mg/l	<5	< 10

<sup>a</sup> Gjelder ikke anlegg som inneholder komponenter av aluminium. I anlegg med aluminium må pH ikke overskride 8.5.

<sup>b</sup> Kun en av parameterne turbiditet eller suspendert stoff er nødvendig.

### 10.2.3 Andre parametere

#### Kimtall

En kimtallsanalyse måler væskens generelle forekomst av bakterier. Analysen benyttes til å overvåke bakterieaktivitet i systemer der forholdene ligger til rette for vekst, for eksempel i gulvvarmesystemer eller lavtemperaturanlegg. Mikroorganismer danner biofilm som ofte er festet til rørveggen, dette er beskrevet i kapittel 7.4.1. Et negativt resultat i en kimtallsanalyse kan derfor bety at bakterienivået er lavt i sirkulasjonsvannet og ikke samles opp i flasken, til tross for betydelig bakterievekst i anlegget. Dersom man ikke får utslag ved en kimtallsanalyse og det likevel er mistanke om bakterievekst kan det være hensiktsmessig å gjennomføre repeterende prøver over tid.

En kimtallsanalyse bør gjennomføres med dyrkingsmetode for å påvise nivået av levende bakterier. I et varme- eller kjøleanlegg bør verdien ikke overstige 1000 cfu/ml.

#### Konduktivitet

Konduktivitet, også kalt ledningsevne, er et mål på væskens evne til å lede strøm. Økt konduktivitet gir økt korrosjonshastighet fordi elektronene som inngår i korrosjonsprosessen beveger seg raskere. Konduktiviteten øker med økende innhold av salt eller andre ioner. Når kommunalt nettvann fra overflatekilder benyttes til påfylling ligger normalt konduktiviteten mellom 50 - 500 µS/cm, og tilsats av inhibitorer eller biocider kan gi noe økning. Brønnvann har normalt høyere konduktivitet grunnet salter i berggrunnen. Fordi konduktiviteten kan variere mye basert på vannkilden, anbefales det å se denne i sammenheng med en referanseverdi fra påfyllingsvannet. Rask økning eller høy konduktivitet (> 1000 µS/cm) kan tyde på at væsken er forurenset.

#### Klorid

Innholdet av klorid i væsken har stor betydning for væskens korrosivitet. Klorider bidrar til å øke konduktiviteten, og kan samtidig bidra til skader på metallenes beskyttende barrierer. I norske vannkilder fra overflatevann ligger normalt kloridkonsentrasjonen under 25 mg/l, men verdier opp til 250 mg/l er lovlig i henhold til drikkevannsforskriften. Avherdet vann eller vannkilder fra områder med høy grad av veisalting har ofte høyere kloridkonsentrasjon.

I lukkede varme- og kjøleanlegg bør kloridkonsentrasjonen ikke overskride 100 mg/l for å redusere risikoen for korrosjon.

#### Glykol

En glykolanalyse kan fortelle hvilke typer glykol som finnes i væsken (etylenglykol eller propylenglykol) og konsentrasjonen av disse. Normalt gjennomføres en glykolanalyse dersom man er usikker på hvilken type glykol som er benyttet, eller dersom det er mistanke om degradert frostvæske og redusert konsentrasjon. Glykolanalyser trenger ikke gjennomføres årlig dersom resultatet av standard parametere er innenfor anbefalt intervall, men bør gjennomføres minimum hvert 5 år for å sikre tilstrekkelig frostsikring av anlegget.

Ved tolkning av en glykolanalyse bør resultatet vise tilstedeværelse av kun én type glykol, eventuelt med kun spormengder av den andre typen. Dersom resultatet viser en blanding av de to glykolytypene bør det vurderes å deponere væsken for å unngå utfellinger og alvorlige driftsproblemer.

## Etanol

En etanolanalyse måler konsentrasjonen av etanol i væsken. Analysen kan gjennomføres i kombinasjon med en glykolanalyse dersom det er usikkerhet rundt hvilken type frostvæske som er benyttet, eller alene dersom det er nødvendig å undersøke om konsentrasjonen er tilstrekkelig for å oppnå ønsket frostsikring. Etanolanalyser trenger ikke gjennomføres årlig dersom resultatet av standard parametere er innenfor anbefalt intervall, men bør gjennomføres minimum hvert 5 år for å sikre tilstrekkelig frostsikring av anlegget.

Etanolanalyser kan eventuelt erstattes av en frysepunktsanalyse.

## Frysepunkt

Frysepunktanalyser måler frysepunktet i væsken, og kan benyttes til å bestemme konsentrasjon av frostvæsken hvis frostvæsketypen er kjent.

### 10.3 Prøvetakingsinstruks

Ved uttak av vannprøve er det avgjørende at prøvetaking gjennomføres korrekt. I stussene ligger ofte større mengder sedimenterte partikler, og dersom disse inkluderes i prøveflasken vil analyseresultatene indikere at anleggets væskekvalitet er dårligere enn hva som er reelt.

Ved prøvetaking skal det alltid benyttes standardiserte prøveflasker levert av laboratoriet. Brusflasker eller lignende skal ikke benyttes. De fleste laboratorier krever at prøver sendes inn samme dag for å oppnå akkrediterte analyser.

Metode for prøvetaking:

- 1) Lokaliser en egnet stuss/tappeventil i teknisk rom.
- 2) Åpne forsiktig og slipp ut forurensningene i ventilen ved å tappe i maksimalt 10 sekunder.
- 3) Fyll opp hele prøveflasken og sett på korken.
- 4) Merk prøveflasken tydelig med påkrevd informasjon. Denne informasjonen kan variere ved de ulike laboratoriene, og enkelte leverandører kan ha egne retningslinjer for merking.
- 5) Send eller lever prøveflasken til laboratoriet samme dag for å oppnå akkrediterte analyser.

Merk at enkelte analyseparametere kan kreve andre typer flasker. Kontroller alltid at du benytter riktig prøveflaske før prøven leveres til laboratoriet.

Tapp alltid ut det første smusset før du fyller prøveflasken.

## 11 Rens

### 11.1 Skylling og rens før igangsettelse

#### 11.1.1 Generelt

Rengjøring før igangsettelse av et varme- eller kjøleanlegg har som mål å sikre rene overflater slik at anlegget oppnår best mulig utgangspunkt for innregulering, igangkjøring og god væskekvalitet. Rengjøringen skal fjerne støv, sveiseslagg, korrosjonsprodukter, oljer, bakterier og andre forurensninger som av ulike årsaker finnes i anlegget etter montering. Anbefaling om rengjøring før oppstart er gitt i EN 14336.

Rengjøringen gjennomføres med vann eller et mildt rensekjemikalie. Allerede ved prosjektering bør det vurderes hvilken metode for rengjøring det er hensiktsmessig å benytte, samt eventuelle designelementer som må inkluderes for å kunne gjennomføre rens ved oppstart og under drift. Dette bør prosjekteres samtidig som øvrige vannbehandlingskomponenter.

Som et minimum anbefales det at alle nye anlegg skylles med vann før igangsettelse. Behov for bruk av rensemidler vurderes i hvert enkelt tilfelle basert på:

**1. Systemvolum**

Mengden forurensninger i anlegg øker med økende systemvolum.

**2. Systemmaterialer og materialbeskyttelse**

Materialer som normalt er resistente mot korrosjon, for eksempel syrefast stål og plast, er som regel mindre forurenset med korrosjonsprodukter etter installasjon. Denne type materialer har sjelden behov for kjemisk rens. Noen materialer beskyttes med oljer under lagring og transport. Oljen kan gi grobunn for mikrobiologisk vekst etter oppfylling og bør derfor fjernes med et mildt renskemikalie.

**3. Fabrikkeringsmetode**

Modulbaserte eller prefabrikkerte systemer er mindre utsatt for kontaminering under installasjon og har derfor sjeldnere behov for kjemisk rens.

**4. Systemsensitivitet**

Reguleringsventiler, blendeventiler, små varmevekslere og kjølemaskiner er eksempler på komponenter som kan forstyrres eller blokkeres av mindre mengder partikler. Hvis anlegget inneholder mange sensitive komponenter vil en kjemisk rens redusere risikoen for driftsforstyrrelser etter igangsettelse.

**5. Ombygging eller oppgradering av eksisterende anlegg**

Dersom et anlegg utvides eller bygges om er det viktig at eksisterende rørføringer rengjøres før det kobles til nye deler. Ved sammenkobling av et rent og et skittent anlegg vil forurensningene raskt spres og potensielt gjøre skade på den nye delen av anlegget.

**6. Lengde på byggeperiode**

Lange byggeperioder øker risikoen for dannelse av korrosjonsprodukter og tilsmussing av røroverflater. I et fuktig miljø øker også risikoen for bakterievekst og dannelse av biofilm.

Som et minimum anbefales det at alle nye anlegg skylles med vann før igangsettelse.

**11.1.2 Planlegging av rens**

Den ansvarlige for igangsettelse (rørlegger, entrepenør) skal sørge for at renseprosedyren planlegges, gjennomføres, dokumenteres og kvalitetssikres. Ved behov for kjemisk rens bør dette gjennomføres i samarbeid med spesialister innen kjemisk rengjøring.

Følgende bør defineres/fremlegges:

- bakgrunn for rensen, omfanget av arbeidet og rensemetode;
- type renskemikalie;
- stegene i renseprosessen, inkludert estimert tidsbruk;
- beskrivelse av stegene og den ansvarlige for gjennomføring (kunde, entrepenør, rørlegger, konsulent, rengjøringsspesialist, andre);
- systemskisse;
- vurdering av behov for hjelpemidler;
- nøyaktig systemvolum eller nøye estimater av dette;
- kort beskrivelse av komponenter og systemer som skal ivareta væskekvaliteten etter rens (prosjektert vannbehandlingsprogram);

- plan for oppfølging av væskekvalitet;
- HMS-krav ved gjennomføring;
- SJA skjema.

### 11.1.3 Metode

Det finnes flere metoder for rengjøring før igangsettelse, og normalt inkluderes en eller flere av følgende steg:

1. Skylling
2. Desinfeksjon / sanering
3. Fjerning av metalloksider
4. Drenering / avsluttende skylling
5. Nøytralisering
6. Passivering
7. Korrosjonssikring

#### 1. *Skylling*

Skylling kan enten være første eller eneste steg i en rengjøringsprosess. Når anlegget skylles er målet å redusere forurensningsnivået mest mulig slik at risikoen for blokkeringer, erosjonskorrosjon og beleggdannelse etter igangsettelse reduseres. Skylling skal alltid gjennomføres etter at anlegget er trykktestet og fylt opp med vann.

Ved skylling er det viktig at vannet har høy nok hastighet til å løsne og transportere forurensningene til dreneringspunktet. En tommelfingerregel er at vannhastigheten ved skylling skal være lik prosjektert vannhastighet ved anleggets største rørdiameter + 10%. Normalt er dette mulig å gjennomføre uten bruk av hjelpepumper. [tabell 7](#) nedenfor oppgir eksempler på vannhastighet som erfaringsmessig gir god skylleeffekt.



Tabell 7 — Vannhastigheter ved skylling

Nominell rørdimensjon (mm)	Indre diameter (mm)	Hastighet (m/s) skylling	Volumstrøm (l/s) skylling
15	16,1	0,96	0,20
20	21,7	1,00	0,37
25	27,3	1,03	0,60
32	36,0	1,06	1,08
40	41,9	1,08	1,49
50	53,2	1,11	2,47
65	68,9	1,15	4,29
80	80,9	1,17	6,01
100	105,3	1,21	10,5
125	129,7	1,24	16,4
150	155,1	1,26	23,8
200	206,5	1,31	43,9
250	260,4	1,35	71,9
300	309,7	1,37	103,2

I de fleste tilfeller vil det være nødvendig å skylle ulike deler av anlegget i tur og orden. Før skylling igangsettes skal det lages en plan for hvordan skylleprosessen skal gjennomføres. Når et anlegg skylles sonevis vil sonene som ikke skylles ha stillestående vann i en periode. Dette vil øke nivået av løst jern. Siste steg i en skylleprosess skal derfor alltid være en skylling av alle kurser samtidig for å oppnå homogen vannkvalitet med laveste mulige nivå av forurensninger. For mer detaljer om hvordan en skylleprosess kan gjennomføres henvises det til *BG 29/2021 Pre-Commision Cleaning of Pipework Systems*.

## 2. Desinfeksjon

Dersom bakterievekst eller biofilm har fått etablere seg på røroverflater under installasjon kan det være hensiktsmessig å inkludere desinfeksjon som en del av rengjøringsprosessen. Hvorvidt bakterier etableres kommer i stor grad an på hvor lang tid det tar fra ferdigstilling og oppfylling til rengjøring igangsettes. Det er en fordel at denne perioden er så kort som mulig. Normalt vil en vannanalyse som inkluderer parametere for bakterievekst gi en indikasjon på om desinfeksjon er nødvendig.

## 3. Fjerning av metalloksider

Det finnes to metoder for kjemisk fjerning av metalloksider:

- syrerens;
- rens med pH-nøytrale renskemikalier.

### Syrerens

Ved en syrerens brukes en lav konsentrasjon organiske syrer, for eksempel sitronsyre. Syren løser opp metalloksider og eventuell kalk fra overflaten. Når syrer benyttes til rengjøring er det høy risiko for korrosjon på røroverflater så fort belegget som skal fjernes er løst opp. Bruk av syrer anbefales derfor ikke for store eller uoversiktlige systemer der det er risiko for at restprodukter av renskemikallet stagnerer og forblir i systemet. I de fleste tilfeller benyttes syrer kun ved rengjøring av isolerte komponenter der man har full kontroll på skylleprosessen.

Fordi syrer i seg selv er korrosive skal de alltid brukes i kombinasjon med en inhibitor som beskytter anlegget under rens. Syren blandes med inhibitoren før den tilsettes systemet. Ved en syrerens må temperaturen kontrolleres i henhold til leverandørens anbefalinger for å unngå økt risiko for korrosjon.

#### Rens med pH-nøytrale renskemikalier

pH-nøytrale renskemikalier er mindre aggressive, og et tryggere valg for fjerning av oksider. Renskemikaliene inneholder ofte en blanding av flere stoffer med ulike egenskaper for å oppnå god spredning på overflatene, effektiv fjerning av oksider, rengjøring og samtidig beskyttelse mot korrosjon.

Det bør alltid etterstrebtes å skylle anlegget helt fritt for kjemikalier etter rens, men der er mindre risiko for påfølgende korrosjon dersom det benyttes et pH-nøytralt renskemikalie enn dersom det benyttes syre.

#### 4. *Drenering / avsluttende skylling*

Dersom det er benyttet desinfeksjonsmidler eller renskemikalier i rengjøringsprosessen skal anlegget skylles grundig etter rens. Dette gjøres etter samme prosedyre som i steg 1. Når skylling avsluttes skal vannet som dreneres være helt klart og ha samme pH som påfyllingsvannet.

#### 5. *Nøytralisering*

Nøytralisering gjennomføres kun dersom det tidligere i rengjøringsprosessen har blitt benyttet syrer. Nøytraliseringen gjennomføres med et basisk produkt som sørger for at eventuell gjenværende syre ikke medfører korrosjon. Produktet kan enten være et rent nøytraliserende stoff, eller et kombinasjonsprodukt med passiverende og inhiberende egenskaper.

#### 6. *Passivering*

Helt rene overflater kan være utsatt for korrosjonsreaksjoner. Det anbefales derfor å tilsette et stoff som passiverer og beskytter metalloverflatene fra direkte kontakt med væskestrømmen. Normalt inneholder en korrosjonshinhibitor passiverende egenskaper. Dersom det skal benyttes andre former for vannbehandling ved oppstart er det viktig å påse at metallet beskyttes mot korrosjon umiddelbart etter rens.

#### 7. *Korrosjonssikring*

Vannbehandlingsprogrammet skal beskytte anlegget mot korrosjon under drift. Når anlegget er rengjort må den valgte metoden for korrosjonssikring sørge for at anlegget er beskyttet fra første dag. Tilsetning av inhibitor eller oppstart av enheter for alkalisering, offeranode eller oksygenfjerning skal derfor igangsettes snarest etter skylling.

### 11.2 Skylling og kjemisk rens under drift

Anlegg med et godt vannbehandlingsprogram og god væskekvalitet trenger i utgangspunktet aldri å skylles eller renses underveis. Unødvendig skylling av anlegg vil medføre tilførsel av luft som kan øke korrosjonsraten. I noen tilfeller er derimot væskekvaliteten så dårlig at skylling eller rens av anlegget kan være nødvendig for å redusere forurensningsnivået før vannbehandlingsprogrammet implementeres eller oppgraderes. Kjemisk rens kan også kombineres med mekanisk rens beskrevet i kapittel [11.3](#).

Årsaken til at et anlegg har behov for skylling eller rens, kan være:

- vedvarende tilførsel av luft (oksygen) til anlegget som har bidratt til korrosjon og høyt nivå av korrosjonsprodukter;
- stagnasjon eller lav vannhastighet som har medført mikrobiologisk vekst og/eller redusert passivering av overflaten;
- lekkasjer som har medført høy grad av etterfylling og fortynning av inhibitor/biocid;
- manglende oppfølging, kontroll eller forankring av gjeldende vannbehandlingsprogram;
- ukorrekt bruk av kjemikalier, for eksempel feil type eller over-/ underdosering;
- ekstern kontaminering, for eksempel tilførsel av annen gass/væske grunnet lekkasje i varmeveksler eller etterfylling med kontaminert nettvann.

Selv om man kan sjekke av for et eller flere av punktene ovenfor må det gjøres en individuell vurdering for det enkelte anlegg før skylling og rens gjennomføres. Arbeidet kan være kostbart og det er viktig at den utførende har erfaring, god oversikt over anlegget og kan agere raskt dersom avvik oppstår underveis. En rens som ikke gjennomføres korrekt kan ende med å gjøre større skade på anlegget enn de skadene som var utgangspunktet for rensen. Det anbefales å rådføre seg med et selskap som spesialisere seg på dette.

Tegn på at skylling eller rens kan være nødvendig:

- redusert varme- eller kjøleeffekt;
- avleiringer i varme- eller kjøleavgivere;
- redusert gjennomstrømming;
- tette ventiler og redusert/hindret regulering;
- store mengder forurensninger i grovsilen;
- blokkeringer/ redusert gjennomstrømming eller redusert varmeoverføring i varmevekslere;
- gjentatte lekkasjer;
- tilbakevinnende reduksjon av inhibitor konsentrasjon;
- tilbakevinnende bakterievekst tross behandling med biocid;
- svært misfarget væske.

Dersom det vedtas å gjennomføre en kjemisk rens bør følgende dokumenteres:

- 1) årsak til behov for rens;
- 2) detaljert plan for gjennomføring der oppgaver, utførende og tidspunkt for utførelse spesifiseres;
- 3) kontaktperson for varsling av avvik;
- 4) behov for kontroll av automasjon;
- 5) dokumentasjon på valgt renskemikalie, sikkerhetsdatablad og nødvendig verneutstyr;
- 6) sluttokumentasjon med beskrivelse av utført arbeid og eventuelle avvik som har oppstått underveis;
- 7) væskeanalyse som dokumenterer væskekvalitet etter rens;
- 8) eventuelle gjenstående/anbefalte tiltak for videre oppfølging av anleggets vannbehandlingsprogram.

I tillegg bør følgende punkter evalueres før oppstart:

- hensyn til brukere av bygget:
  - det må påses at renseprosessen ikke skaper unødvendige perioder med for mye eller lite varme, spesielt i svært varme eller kalde perioder;
  - det må påses at ingen uvedkommende har tilgang til området der kjemikalier oppbevares, spesielt barn.
- tilgang til alle deler av anlegget, inkludert private leiligheter dersom dette er nødvendig;
- muligheter for forlengelse av prosjektperioden dersom avvik oppstår.

### 11.3 Mekanisk rens under drift

I tilfeller der væsken inneholder et høyt partikkelinnhold, men det er lite beleggdannelse i anlegget kan det være hensiktsmessig å gjennomføre en mekanisk rens. Ved en mekanisk rens oppgraderes anleggets filterkapasitet i en periode for å øke hastigheten på filtrering av partikler. Dersom anlegget ikke har installert filtersystem fra før bør et permanent filtersystem installeres for å ivareta væskekvaliteten etter at den mekaniske rensen er utført.

Ved en mekanisk rens benyttes normalt en mobil rensetralle bestående av et filterhus med høy filterkapasitet, ofte i kombinasjon med magnetfilter. Mobile rensetraller plasseres primært i delstrøm, men det finnes også rensetraller dimensjonert for plassering i hovedstrøm.

Den mekaniske renseprosessen kan ha en varighet fra uker til måneder, avhengig av forurensningsgraden i anlegget. Under renseprosessen er det avgjørende at filtrene ettersees regelmessig og skiftes eller rengjøres etter behov for å oppnå en effektiv filtreringsprosess. Desto raskere partiklene filtreres ut av systemet, desto lavere er risikoen for at partiklene sedimenterer og danner belegg som ikke lar seg fjerne mekanisk.

I noen tilfeller tilsettes et mildt renskemikalie for å løse forurensningene før en mekanisk rens. Ettersom renskemikalier bidrar til å løse opp forurensninger og holde disse i løsning kan dette samtidig gjøre at

filtreringsprosessen tar lengre tid. Dersom innholdet av løste forurensninger er høyt vil det være hensiktsmessig å opprettholde en pH mellom 9.5 og 10.5 for å akselerere utfellingsprosessen. Bruk av lut (natriumhydroksid) kan være hensiktsmessig dersom utfellingsprosessen går langsomt eller stopper opp. Ved bruk av lut er det viktig å påse at det ikke overdoseres, da dette kan medføre økt korrosjonshastighet.

Dersom anlegget inneholder noe belegg kan det alternativt benyttes elektromagnetisk vannbehandling til å løsne forurensningene slik at disse kan fjernes av filtersystemet. Elektromagnetisk vannbehandling er beskrevet i kapittel [9.4.8](#).

## 12 Vedlikeholdsrutiner

### 12.1 Rutiner

Når et vannbehandlingsprogram er implementert er oppfølging og vedlikehold de viktigste oppgavene for å sikre stabil væske kvalitet over tid. Alle anlegg har ulik oppbygning og ulike driftsbetingelser, og det er derfor ikke tilstrekkelig å anta at siden ett anlegg har god væske kvalitet, vil dette også gjelde for andre med tilsvarende vannbehandlingsprogram.

For å sikre at alle relevante vedlikeholdsrutiner ivaretas bør det utarbeides en komplett vedlikeholdsplan for vannbehandlingsprogrammet som tydeliggjør oppgaver, frekvens for utførelse og ansvarlig utførende. Ofte vil vedlikeholdsoppgaver tilfalle både drifter og leverandører/rørleggere.

[tabell 8](#): Vedlikeholdsrutiner for vannbehandlingsprogram gir en oversikt over generelle anbefalte rutiner for et vannbehandlingsprogram, samt anbefalt minimum frekvens. Merk at det kan være behov for hyppigere gjennomføring av rutiner dersom avvik er detektert. Andre rutiner kan tilkomme basert på valgt vannbehandlingsprogram. Følg alltid leverandørens anbefalinger for service og oppfølging.

**Tabell 8 — Vedlikeholdsrutiner for vannbehandlingsprogram**

Rutine	Frekvens (minimum) <sup>a</sup>
Kontroll/service av ekspansjonssystem	Årlig
Kontroll/service av utluftningssystem <i>Gjelder vakuumentlufter, mikrobleutskiller, kombinert ekspansjons- og utluftningssystem o.l.</i>	Årlig
Kontroll/service av korrosjonssikring	Årlig
Væskeanalyse (standard parametere)	Årlig
Væskeanalyse (frostvæskekonsentrasjon)	Hvert 5. år
Kontroll/vedlikehold av partikkelfilter	To ganger i sesong / Kvartalsvis for anlegg med helårsdrift
Kontroll/vedlikehold av magnetfilter	To ganger i sesong / Kvartalsvis for anlegg med helårsdrift
Tilbakespyling av sandfilter	To ganger i sesong / Kvartalsvis for anlegg med helårsdrift
Kontroll av påfylling (etterfylt volum)	Månedlig
<sup>a</sup> Eller etter leverandørens anbefaling.	

## Litteratur

### Standarder

- [1] prEN 17671, *Heating systems and water based cooling systems in buildings — Design for water based cooling systems*
- [2] EN 14336, *Varmesystemer i bygninger — Installasjon og ferdigstilling av vannbaserte varmesystemer*
- [3] EN 12828, *Varmesystemer i bygninger — Utforming av vannbaserte varmesystemer*

### Annen Litteratur

- [4] BSRIA BG 50/13 Water treatment for Closed Heating and Cooling Systems
- [5] BSRIA BG 29/2021 Pre-Commission Cleaning of Pipework Systems
- [6] Prenøk, kapittel 5
- [7] Varmenormen (2017), kapittel 6





- Norsk Standard fastsettes av Standard Norge og er varemerkebeskyttet.
- Andre leveranser fra Standard Norge, som tekniske spesifikasjoner, workshopavtaler og veiledninger, utgis etter ferdigstilling uten formell fastsetting.
- Standard Norge kan gi opplysninger om innholdet og svare på faglige spørsmål.
- Spørsmål om gjengivelse rettes til Standard Online AS.
- Inntektene fra salg av standarder utgjør en stor og avgjørende del av finansieringen av standardiseringsarbeidet i Norge.
- Mer informasjon om standardisering, standarder, kurs og andre produkter finnes på [www.standard.no](http://www.standard.no).

Standard Norge  
Postboks 242  
1326 Lysaker

Telefon 67 83 86 00

[info@standard.no](mailto:info@standard.no)  
[www.standard.no](http://www.standard.no)

Standard Online AS  
Postboks 252  
1326 Lysaker

Telefon 67 83 87 00

[salg@standard.no](mailto:salg@standard.no)  
[www.standard.no](http://www.standard.no)

Besøksadresse:

Lilleakerveien 2A  
0283 Oslo