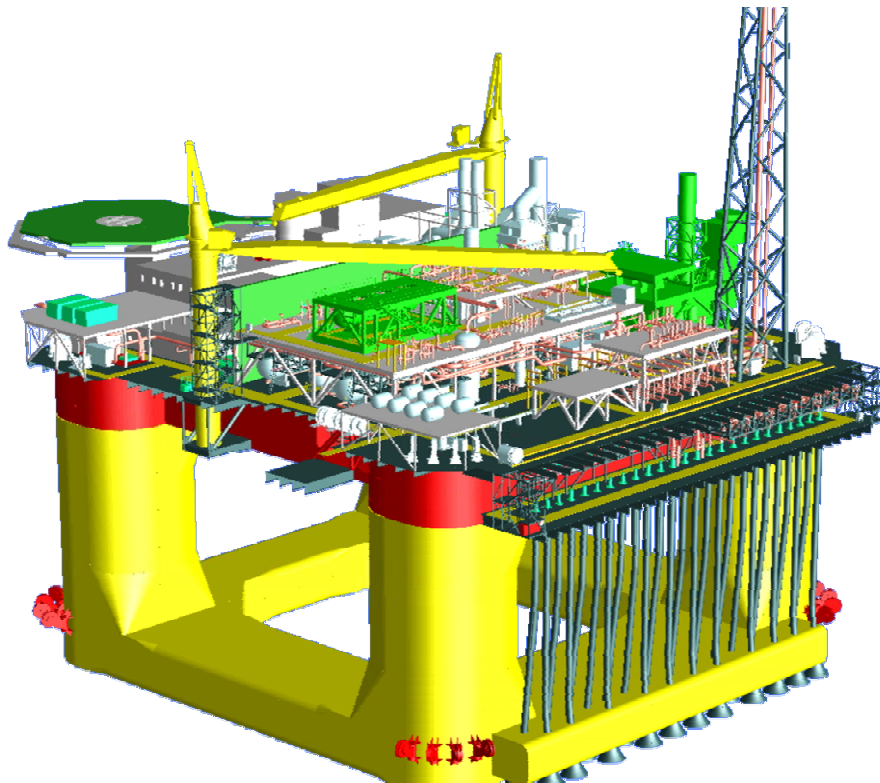




HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

# Drift- og miljøutfordringer ved sjøvannssystemet på Kristin.



Hovedprosjekt utført ved  
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

---

*Sikkerhet, Brannteknikk*  
*Sikkerhet, HMS*  
*Maskin, Energi- og Prosessteknikk*

Av: Katrin Enstad Anglevik  
Kjersti Strømsvold

*Kand.nr.* 38  
*Kand.nr.* 15

## Forord

Oppgaven krevde nye tegninger både av det opprinnelige og de nye røroppleggene til/fra hovedfilteret. Til dette har vi brukt tegneprogrammet Inventor. For lettere å forstå systemets virkemåte tegnet vi en ny forenklet systemtegning, her brukte vi Auto Cad.

Rapporten vil inneholde vedlegg som tar for seg mindre aktuell informasjon i forhold til oppgaven. Her vil det også ligge nye tegninger for røropplegg til/fra hovedfilter.

Vi vil gjerne takke Aker Stord v/ Torvald Litlabø for den gode hjelpen, og Ivar Andersen for de mange omvisningene på Kristin og forklaringer som oppklarte en del problemer for oss. Vi har også fått god hjelp fra Micael Fogestam i Hydac International som har vært svært rask med tilbakemeldinger og informasjon om ulike filtertyper. Monika Metallinou har vært en god veileder og vist oss mulige vinklinger på oppgaven vår. Tusen takk.

Haugesund 4.mai 2005

Katrin E. Anglevik

Kjersti Strømsvold

## Sammendrag

Denne oppgaven tar utgangspunkt i sjøvannssystemet på Kristin, som er et av de viktigste systemene om bord på en plattform. Det er dette systemet som kjøler ned de viktigste komponentene på plattformen.

Det har allerede oppstått problemer ved oppstart av kjølevannssystemet, da sjøvannsfileret ikke fungerte tilfredsstillende. Dette fikk en midlertidig løsning ved hjelp av omløp rundt fileret (bypass). Her er det ingen form for filtrering, noe som kan føre til mye skjell og lignende i systemet. Det burde vært en form for filtrering i omløpet.

Det kan settes inn nytt filter, ("tvilling"-filter), men siden dette ikke er aktuelt vil oppgaven omhandle mulige rørmodifikasjoner i nærheten av hovedfileret, slik at det blir plass til et lite filter i bypass.

Miljøproblematikken har kommet mer i fokus i den senere tid, og i dette systemet forekommer en liten miljøutfordring i forhold til utslipp av klor og kopper.

I kapittelet om materialvalg er det sett nærmere på de ulike materialene som er brukt i sjøvannssystemet.

## Innholdsfortegnelse

Innledning.....	1
Kartlegging av systemet.....	2
Systembeskrivelse.....	2
Komponenter i systemet, og virkemåte.....	5
Drift- og miljøutfordringer.....	18
Drift og vedlikehold av sjøvannssystemet.....	18
Filterproblematikk, og redesign av bypass for filter.....	25
Miljøproblematikk.....	27
Materialvalg.....	28
Konklusjon.....	32

## INNLEDNING

Kristin er en SEMI nedsenkbar plattform med fire undervannsbrønner, som skal ligge på Haltenbanken feltet rett utenfor Sør-Trøndelag. Den skal ta opp kondensat fra 4800 muh, og Kristin er den første HTHT plattformen som produserer ved så høyt trykk (900 bar) og temperatur (170 °C). Plattformen ble sammenstilt og testet (commissioning) på Aker Stord, og var ferdig bygget medio mars 2005. Hovedoperatør på Kristin er Statoil, og Aker er ansvarlig for alle modifikasjoner og større vedlikeholdsoperasjoner etter at plattformen er kommet i drift.

Målsetningen med oppgaven er å få bedre kjennskap til drift, vedlikeholds- og miljøutfordringer som kan oppstå ved et større anlegg. Dette inkluderer også mulige endringer (modifikasjoner).

Videre vil oppgaven gå nærmere inn på kjølevannsystemet på plattformen, fordi dette er et av de viktigste systemene på plattformen og fordi det inngår i nesten alle prosessene som foregår ombord. Ved stans av sjøvannssystemet må også alle andre systemer stanses, dette fører til at plattformen ikke produserer kondensat, og dermed blir det svært store tap for operatør. I kjølevannsystemet inngår i hovedsak sjøvannssystemet (50), ferskvannssystemet (40), og elektroklorineringsystemet (47).

Oppgaven blir avgrenset til å gjelde sjøvanns- og elektroklorineringsystemet.

Rapporten begynner med en inngående beskrivelse av systemet, og noen forenklede tegninger. Den vil også gå nærmere inn på materialutfordringer, og miljøproblemet ved å tilsette klor/kopper i sjøvannet. Klor/kopper blir tilsatt for å forhindre groe i systemet. Sjøvannet med tilsetning vil bli sluppet direkte i sjøen uten rensing.

## KARTLEGGING AV SYSTEMET

### SYSTEMBESKRIVELSE

Sjøvannssystemet på Kristin har mange funksjoner, og hovedfunksjonen er kjøling.

Systemene som får kjøling fra sjøvannssystemet (50-systemet) er;

- Riserene (20/23-systemene)
- Metanolpumpene (46-systemet)
- Ferskvann (53-systemet)
- HVAC (77-systemet)
- Nødkraft (84-systemet) – driver også sjøvannspumper v/nødkjøring
- Essensiell kraft (83-systemet) – driver også sjøvannspumper v/essensiell kjøring
- Elektroklorineringspakken (47-systemet) – renses også sjøvann
- Kjøle/ hjelpemedium (40-systemet)

Andre systemer som blir påvirket av 50-systemet;

- Instrumentluft (63-systemet)
- Hydraulikk (65-systemet)
- Lensepumper+ (56-systemet)
- Varmemedium (41-systemet)
- Hovedkraft (80/82-systemet) – driver både sjøvannspumper og blir kjølt av sjøvannet
- Brannvann (71-systemet) – hovedsakelig sjøvann fra 50-systemet
- SAS, CMS (vibrasjon) (87-systemet)

### Normal drift

Sjøvannet blir sugd inn fra hovedinntaket som ligger 40 meter under havflaten. Det er montert grovfilter før sjøvannspumpene for å unngå at større partikler trenger inn i systemet. Det er også vanligvis et filter/nett eller lignende på selve inntaket for å hindre at større enheter (fisk, dykkere o.s.v.) å bli sugd inn i sjøvannssystemet.

Kvaliteten på sjøvannet må være så bra som mulig, dette oppnår en ved å ta vannet fra en dybde på 30-50m. Da reduseres temperaturvariasjonene, og groingen minimaliseres. Herfra går sjøvannet videre inn på to sjøvannsløftepumper (ABC) og en essensiell sjøvannsløftepumpe (AB). Sjøvannet løftes minst 40 meter. Disse er plassert i skroget, sammen med nød – sjøvannsløftepumpene (A). Systemet skal ha en sjøvannsmengde på 7350 m<sup>3</sup>/h, og et trykk på 11,3 bar g. Sjøvannet går videre til elektroklorineringsystemet, (se tegning), hvor 51 m<sup>3</sup>/h går via en trykkontrollventil som regulerer trykket til 5,9 bar g, og deretter inn på elektroklorineringspakken. Resten går i bypass forbi 47-systemet. Når sjøvannet er tilsatt klor/kopper, går det videre inn på sjøvannfilteret (50CA003) mengden er igjen 7350 m<sup>3</sup>/h, men trykket er fortsatt nede i 6 bar g. Her stoppes alt som sjøvannet evt. måtte dra med seg fra havet/havbunnen, (for eksempel biter av skjell, krabber, fisk, tang etc.)

Filteret blir tilbakevasket automatisk. Normalt er dette initiert via en timer eller alternativt ved høyt differensialtrykk 0,7 bar g over filteret, men det kan også være manuelt initiert. Dersom filteret ikke går/ fungerer, blir sjøvannet kjørt gjennom en bypassventil (omløp rundt filteret). Denne inneholder ingen form for filtrering, og om en bruker denne metoden kan det føre til at partikler og lignende kommer inn i systemet. (Dette kan blant annet føre til at kjølerne blir tette og dermed får dårlig kjøleeffekt). Det filtrerte klor/kopper tilsatte sjøvannet går siden inn på alle brukerne. Blant annet brannringsledningen, kjøler for air condition (fin fan cooler), nød generator, essensiell generator, evaporator, metanolinjeksjonspumpene, instrumentluft o.s.v.

Den største brukeren er kjølemediumskjølerne med hele 80 % av hele sjøvannsmengden. Her er det ingen kontroll av sjøvannsmengden.

En del av sjøvannet går inn på brannringledningen, trykkvedlikeholdspumpene (DE etter sjøvannsfileret), starter når trykket er under 10,8 bar g. Disse pumpene brukes for å opprettholde trykket både i sjøvannssystemet og i brannvannssystemet fordi driftsstabilitet er uhyre viktig. Dersom noe inntreffer med sjøvannssystemet og dette må stoppes, medfører det driftsstans på hele plattformen.

Tilslutt blir alt sjøvannet samlet igjen fra alle brukerne før returlinje samleren. Returlinje samleren er sjøvannets returlinje og her ender også sjøvannsretur fra kjølerne. Returlinje samleren ender opp i en sjøvannsretur caisson, som er et vertikalt ventilert rør, dimensjonert for å unngå å rive med luft til sjø.

Ved direkte sjøvannskjøling anbefales to separate returlinjer til hazard og non-hazard returlinjer.

Det brukte sjøvannet blir dumpet på havoverflaten, uten at klor/kopper blir fjernet først. Det vil aldri bli konflikt mellom retur og sjøvannsinntak, fordi det er så stor høydeforskjell mellom disse.

### **Essensiell drift**

Det er to essensielle sjøvannsløftepumper som går 100 %, men det er kun en pumpe som går om gangen, disse er plassert i skroget sammen med hovedsjøvannsløftepumpene og en nød sjøvannsløftepumpe.

Sjøvannsinntaket til de essensielle pumpene er ved 40 meter under havoverflaten. Det blir tilsatt en klor/kopper løsning i oppstrømsledningen som går til alle pumpene i skroget, for å forhindre groing i systemet. Denne klor/kopper løsningen blir dannet i 47-systemet, (elektroklorineringspakken). Pumpene vil stoppe ved "lav lav mengde" sjøvanns gjennomstrømning.

Plattformen går over til essensiell drift når hovedgeneratoren ikke er i funksjon. Hvis ingen av de to essensielle sjøvannsløftepumpene skulle virke, er det montert en back-up linje fra brannvannets ringledning som kan åpnes manuelt.

De ikke-essensielle brukerne blir stoppet ved hjelp av HV- ventiler, og en av ventilene åpner blant annet for kjøling av essensiellgenerator og kjøler for air condition i boligkvarteret (fin fan cooler).

Ikke-essensielle brukere;

- Kjølemediumskjølerne
- Ferskvannspakken
- Elektroklorinering
- HVAC enheter

I tillegg vil det ikke ved essensiell- eller nødmodus bli tilbakespyling av sjøvannsfileret, dette fordi det ikke er nok vann i systemet til spyling samtidig som andre nød- og essensielle forbrukere skal ha vann. Dersom sjøvannssystemet opererer i essensiellmodus over lengre tid, må det vurderes om det skal bli gjennomført en tilbakespyling av filteret.

Brannvanns trykkvedlikeholdspumpe 2 er knyttet til den essensielle driften og er i kontinuerlig drift for å forhindre frysing i brannvanns ringledningen. Frysing kan forekomme ved lave temperaturer og ved stillestående vann i rør.

På noen plattformer kan sjøvannspumpene benyttes både som brannvannspumper og som back-up for disse.

En crossover linje mellom sjøvannssystemet og brannvannssystemet installeres for å redusere antall pumper.

- Jockeypumpe brukes dersom trykket i brannvannsystemet er høyere enn i sjøvannssystemet.
- Behov for overtrykksbeskyttelse må vurderes.

### Nød drift

Nød drift settes i gang når verken hovedgeneratoren eller den essensielle generatoren fungerer. Nødsjøvannsløftepumpen går 100 % og tar også opp sjøvann fra 16 meter under havoverflaten. Den har ingen minimums strømningsbeskyttelse, og vil derfor gå uansett fluidstrøm. Ikke-nød forbrukere vil bli stengt ved hjelp av HV- ventiler. Kjøling av nødgenerator og fin fan cooler skjer ved hjelp av brannvannssystemet.

Nød forbrukere;

- HVAC kjøling (boligkvarteret, HVAC fan cooler)

### Operasjon:

- Hele sjøvannssystemet er kontrollert av hovedkontrollrommet.
- Start/ stopp av pumpene utføres normalt manuelt fra samme kontrollrom.
- Emergency Shut Down ventiler på tilførsel/retur linje til/fra høytrykk gasskjølere(rørbrudd)
- Tilbakeslagsventil installeres også i forbindelseslinjen mellom sjøvannssystemet og brannvannssystemet.
- Pumpe og rør skal designes for å håndtere trykkstøt ved oppstart og nedstengning.
- Systemet skal designes for å håndtere transiente forhold. Dette kan oppnås ved myk oppstart av pumpene, væskefylt pumpestreng eller pulsdemper i form av tilbakeslagsventil på pumpeutløpet.
- Tilbakeslagsventiler ("non-slam") installeres nær pumpene på utløpet, for å unngå drenering når pumpene stopper. Tilbakeslagsventiler er foretrukket å være plassert under havnivå for å unngå luft i utløpslinje. Luftavlastningsventil må installeres oppstrøms tilbakeslagsventil dersom pumpestreng kan dreneres.

[Kilde: "Prosessteknikk og forståelse" av Roar Høgåsen.](#)



## KOMPONENTER I SYSTEMET, OG VIRKEMÅTE

### Elektroklorineringspakken



Bilde 1 Elektroklorineringspakken

Det er to typer groing: makro-groing (skjell, blåskjell, maneter) som vil redusere strømmingen, blokkere rør og ventiler og øker korrosjonen. Mens mikro-groing (bakterie, mikroalger) vil redusere varmeoverføringen på varmevekslerne, noe som vil medføre økt vedlikehold, og korrosjon.

- Injeksjonspunkt for klor må plasseres ved innløp (sea chest) til pumpene.
- Vannet behandles i en kloreringsenhet/ Cu-Cl enhet. Den består av minst 2x50 % enheter dimensjonert for å levere konstant rate og konsentrasjon.

Sjøvannet kommer inn fra sjøvannssystemet (50-systemet) og inn på elektroklorineringspakken hvor den blir tilsatt en klor-/kopperløsning.

Sjøvannsstrømmen på 51 m<sup>3</sup>/h blir trykkkontrollert til 5,9 bar g før den blir delt i to strømmer, ventilen står under normale omstendigheter fullt åpen.

Hovedstrømmen på 50 m<sup>3</sup>/h går til koppertilsettingsenheten, 47VX001, der kopperioner (Cu<sup>2+</sup>) blir produsert ved hjelp av elektrolyse. Sjøvann med kopperioner går videre til en manuell mengdekontrollventil.

Den resterende strømmen på 1,2 m<sup>3</sup>/h går videre til sjøcellen, 47VX002, hvor hypoklorittioner (OCI<sup>-</sup>) blir produsert ved elektrolyse. Mengden av strømmen blir kontrollert ved at den går igjennom en mengdekontrollventil før den blir tilsatt kopperstrømmen.

Elektrolyse går ut på spalting av kjemiske forbindelser ved hjelp av elektrisk strøm. Dette er en redoksreaksjon, det vil si en reaksjon hvor det blir overført elektroner fra ett atom til et annet.

Kilde: <http://home.no.net/stianbir/elektrolyse.htm>

Ved elektrolyse tilfører vi energi fra en ytre likestrømskilde og slik tvinger en redoksreaksjon til å gå motsatt retning av den spontane retningen til reaksjonen. Dermed kan vi få en reaksjon til å gå den veien vi ønsker.

Elektrolysen skjer i en elektrolytt, for eksempel en vannløsning eller en elektrolytt som inneholder frie ioner. Strømmen blir ført ned i elektrolytten ved hjelp av to elektroder, en positiv og en negativ.

De positive ionene blir trukket mot den negative elektroden, der de mottar elektroner og blir redusert. De negative ionene blir trukket mot den positive elektroden, der de gir fra seg elektroner og blir oksidert.

Kilde: Kjemi og miljökunnskap, Britt Rystad og Odd Lauritzen

Reduksjons - oksidasjonsreaksjoner gir endring i oksidasjonstall. Ved en oksidasjon blir oksidasjonstallet mer positivt (mindre negativt), og ved en reduksjon blir oksidasjonstallet mindre positivt (mer negativt). Vanligvis er en slik reaksjon mellom syre og metall en redoksreaksjon hvor metallet blir oksidert og syren redusert.



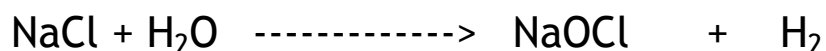
Kopper (Cu) oksiderer til kopperioner, ( $\text{Cu}^{2+}$ ), og nitrat ( $2\text{NO}_3^-$ ) blir redusert til  $\text{NO}_2$ . Bruker man imidlertid en svak salpetersyreløsning blir ikke sluttproduktet nitrogendioksid, men derimot nitrogenoksid (NO). Salpetersyre oksiderer også organiske stoffer svært godt, og gir derfor alvorlige hudskader hvis det søles på huden.

Kilde: <http://www.biologi.uio.no/plfys/haa/chem/binding.htm>

Elektroklorinering er ”på stedet” produksjon av natrium hypokloritt ( $\text{NaOCl}$ ) som foregår ved å passere en elektrisk strøm gjennom saltvann, (elektrolyse).  $\text{NaOCl}$  er en form for klor brukt for å kontrollere marin groing og bakteriell vekst, og er en erstatning for klor gass. Klor er vanligvis brukt i husholdningsbleking, men kan ha en konsentrasjon på 13 % som kan være korrosiv og må bli behandlet med aktsomhet. Men elektroklorinering som produserer  $\text{NaOCl}$  har en ufarlig konsentrasjon.

Alle som bruker sjøvann i kjølesystem forstår problemene ved marin groe i rørene og vet at dette reduserer strømmingen.

- Oksygen fra vannet kombinert med salt vil gi natrium hypokloritt, med hydrogen som et tilleggsprodukt.



### Klorering

Kloreringssystemet skal produsere eller motta, lagre og injisere hypokloritt til sjøvannssystemet, for å forhindre begroing. Har elektroklorineringspakken stoppet eller ute av drift på grunn av vedlikehold så er det en egen hypokloritt pumpe som vil bli startet opp som back-up.

Det er ulike metoder å utvinne hypokloritten på:

- Klor kan utvinnes direkte fra sjøvann ved elektrolyse (unngår et bulklager med natriumhypokloritter)
- Elektroklorinering: elektrolyseprosess, kjemisk reaksjon inne i et elektrolyseelement, som produserer natrium hypokloritt. Mengde produsert hypokloritt er direkte avhengig av elektrisk strøm som går gjennom elementet.
- Kobber- klor system: Elektrolyseprosess som produserer både kobber og klor, som til sammen har en bedre effekt enn hypokloritt alene.

Fordel: Systemet krever mindre plass, er lettere, lavere utslipp og mindre komplisert enn elektroklorinering.

Sjøvannet, som nå er tilsatt en klor-/kopperløsning, blir injisert i den opprinnelige strømmen på 7350 m<sup>3</sup>/h, altså sjøvanns- eller brannvannssystemet for å forhindre groing i systemene. Konsentrasjonen av stoffene vil være på ca 0,72 ppm for kopper og 7,2 ppm for klor.

Det er totalt fire injeksjonspunkter, to i brannvannssystemet og to i sjøvannssystemet, alle er nedstrøms. To injeksjonspunkt er i sjøvannsinntakene, et i hovedsjøvannsinntaket og et i reservesjøvannsinntaket.

Ved alle disse punktene er det satt inn aktuerte ventiler som kontrollerer at det kun blir injisert vann til de pumpene som går, slik at det ikke blir pumpet noe inn der det er stillestående vann. Sjøvannet blir tilsatt klor-/kopperløsning til felleslinjen oppstrøms. Klor-/kopperløsningen blir normalt tilsatt til linjen fra hovedsjøvannsinntaket, men hvis det er reservesjøvannsinntaket som benyttes, vil klor-/kopperløsningen bli tilsatt der.

Når brannvannspumpene ikke er i drift vil brannvannssystemet bli tilsatt klor-/kopperbehandlet sjøvann fra sjøvannssystemet via brannvann trykkvedlikeholdspumpene. Normalt er de aktuerte ventilene i injeksjonslinjene til brannvann stengt. Ved test av brannvannspumpene vil den aktuerte ventilen i injeksjonslinjen til sjøvannssystemet være lukket, mens den aktuerte ventilen til brannvannsinntaket for den aktuelle pumpen som testes vil være åpen. Dette er fordi elektroklorineringspakken kun har kapasitet til å tilføre klor-/kopperløsning til et av systemene om gangen.

Konsentrasjonen av klor og kopper skal være på henholdsvis 50 og 5 ppb i den totale sjøvannsstrømmen som er på 7350 m<sup>3</sup>/h. Når sjøvannsmengden reduseres skal og klor-/kopper konsentrasjonen reduseres, dette gjøres manuelt av en operatør. Denne endringen bør også gjennomføres ved testkjøring av brannvannspumpene. Strømpådraget skal helst justeres manuelt, etter leverandørens anbefaling, dette på grunn av utstyrets levetid. Elektroklorineringspakken opereres fra SAS, (Safety and Automation System).

## Sjøvannspumper



Bilde 2 Hovedløftepumpene

**Krav til sjøvannspumpene:**

- Antall pumper i drift er en funksjon av maksimum leveringsrate, kontinuerlig maksimum/minimum leveringsrate, standard tilgjengelig pumpestørrelse og ”sparingsfilosofi”
- Minimum 2x100 % eller 3x50 % løftepumper.
- Trykket på forbrukermanifolden skal være stabilt og uavhengig av endringer i rate ( $m^3/s$ ) til de ulike forbrukerne.
- Pumper med fast turtall skal ha minimum rate beskyttelse, kontrollert på rate
- Minimum rateventil skal gi et tilstrekkelig tilleggs trykk til pumpene for å hindre undertrykk (svanehals arrangement eller strupeskiye)
- Variabel turtall pumper må vurderes for å optimal system effekt og for å unngå trykkstøt.
- Luftavlastning/vakuumbrytere skal installeres
  - Oppstrøms første blockventil i utløpslinjene for pumpene.
  - Høydepunkt i sjøvanns distribusjon systemet.
- Sugehøyde må evalueres m.h.t. partikler og groing.
- Et ”bypass” skuffefilter bør installeres for vedlikehold.

**Valg av type sjøvannsløftepumper på Kristin:**

- Konvensjonelle tørr monterte sentrifugal pumper, som er montert tørt i skaftet under havnivå (vanlig i flytende installasjoner)

**Løftepumper:**

Tre sentrifugalpumper som alle har en strømningsrate på  $3250 m^3/h$  og trekker 1300 kW ved fullt pådrag. Dimensjoneringstrykket er 10,9 bar g. To av disse går alltid på 50 %, mens en står i backup.

**Essensielle pumper:**

To sentrifugalpumper som begge har en strømningsrate på  $850 m^3/h$  og trekker 400 kW ved fullt pådrag. Dimensjoneringstrykket er 10,9 bar g. Den ene går 100 % hele tiden, mens den andre står i backup.

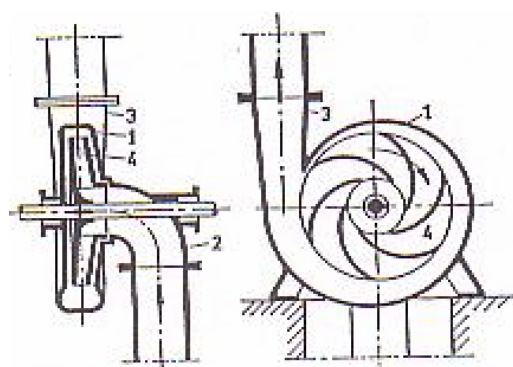
**Backup/Nødpumpe:**

En sentrifugalpumpe som har en strømningsrate på  $215 m^3/h$  og trekker 90 kW ved fullt pådrag. Dimensjoneringstrykket er 7,5 bar g.

**Brannvannstrykkvedlikeholdspumpe:**

En sentrifugalpumpe som har en strømningsrate på  $75 m^3/h$  og trekker 22 kW ved fullt pådrag. Dimensjoneringstrykket er 5,5 bar g.

En sentrifugalpumpe som har en strømningsrate på  $30 m^3/h$  og trekker 12,5 kW. Dimensjoneringstrykket er 5,5 bar g.



Figur 4.3. Prinsippskisse av enhjulet sentrifugalpumpe. 1 pumpehus, 2 sugerør, 3 trykkrør, 4 pumpehjul.

Figur 1 Sentrifugalpumpe

Sentrifugalpumpe er en turbopumpe, og består av pumpehus og pumpehjul (løpehjul). For at pumpa skal fungere må den ved start være fylt med væske. Ved at pumpehjulet roterer vil de væskepartiklene som befinner seg i hjulet bli drevet radielt utover av sentrifugalkraften. Dermed oppstår det et undertrykk ved sentrum av hjulet. Når sugerøret begynner 40m under havflaten vil trykket ved innsugingspunktet presse nytt vann til innløpet av pumpa. Det oppstår da en kontinuerlig væskestrøm og trykket vil øke.

Når væsken forlater pumpehullets periferi, har den oppnådd en energiøkning som til dels består av bevegelsesenergi. Denne omdannes siden til trykkenergi ved at en kontinuerlig lar strømmingstverrsnittet utvide seg (jmfør Bernoullis' ligning). Da sentrifugalkraften er proporsjonal med kvadratet av vinkelhastigheten, vil også trykkøkningen i pumpa følge denne sammenhengen.

De vanligste utregningsmetodene ved slike pumper er:

- Bernoullis' ligning på høydebasis:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{tap}$$

Hvor:

$\rho$	=	væskens densitet	[kg/m <sup>3</sup> ]
$g$	=	tyngdeakselerasjon	[9,81 m/s <sup>2</sup> ]
$h_1$	=	høyde ved innløp	[m]
$h_2$	=	høyde ved utløp	[m]
$h_{tap}$	=	tapshøyde	[m]
$p_1$	=	trykk ved innløp	[Pa]
$p_2$	=	trykk ved utløp	[Pa]
$v_1$	=	fart ved innløp	[m/s]
$v_2$	=	fart ved utløp	[m/s]

- Transporthøyde (løftehøyde):

$$H = H_g + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_{tap}$$

Hvor:

$H$	=	Transporthøyde	[m]
$H_g$	=	Geodetisk transporthøyde	[m]

- Effekt:

$$P = \frac{\rho g q_v H}{\eta}$$

Hvor:

$P$	=	Effekt	[W]
$q_v$	=	Strømningsmengde	[m <sup>3</sup> /s]
$\eta$	=	Vrkningsgrad	

- Anleggs karakteristikk:

$$H = H_g + \frac{1}{2g} * \left( \frac{q_v}{A} \right)^2 * (1 + \Sigma \zeta)$$

Hvor:

$A$	=	Areal	[m <sup>2</sup> ]
$\Sigma \zeta$	=	Summen av motstandskoeffisienter i anlegget	

$$NPSHA = \frac{p_1 - \Delta p_f - p_s}{\rho_l g} + h$$

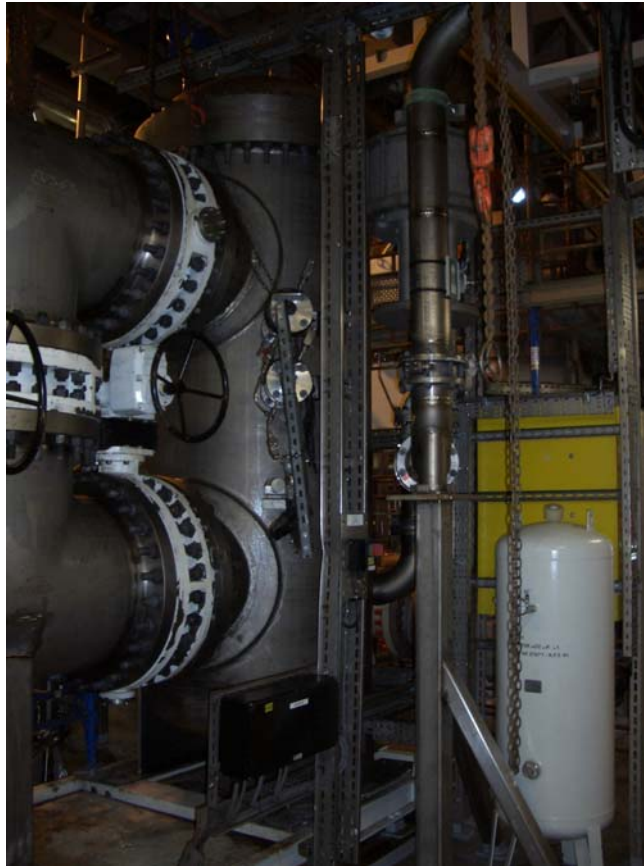
Hvor:

$\Delta p_f$	=	Friksjonstap	[Pa]
$p_s$	=	Metningstrykk	[Pa]

NPSH (Net Positive Suction Head) oppgis av pumpefabrikantene som den minimum statiske trykkehøyden pumpa må ha for å unngå kavitasjon. NPSH oppgis i vannhøyde (meter evt. feet). Omregningsregler fra vann til andre medier oppgis. For å unngå kavitasjon må vi sørge for at den aktuelle trykkehøyden på innløpssiden (NPSHA) alltid er større enn NPSH.

[Kilde: Prosesstekniske komponenter av Jostein Pettersen](#)

## Filter

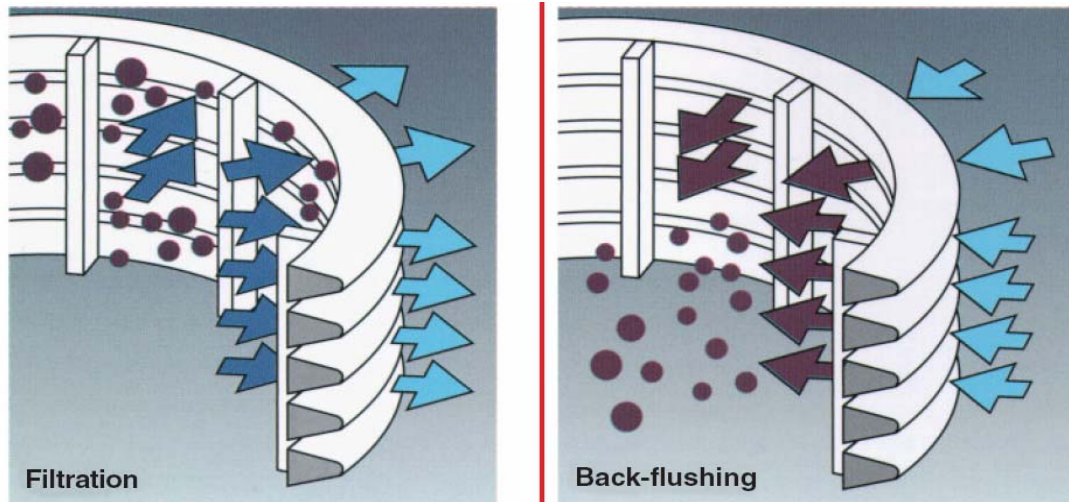


Bilde 3 Hovedfilteret

### Krav til sjøvannsfiler:

- 2x100 % eller online tilbakespyling.
- Automatisk online tilbakespyling av filter. Startes når trykktapet over filteret når en bestemt verdi. Mulighet for manuell tilbakespyling.
- En ”bypass” linje bør installeres for vedlikehold.

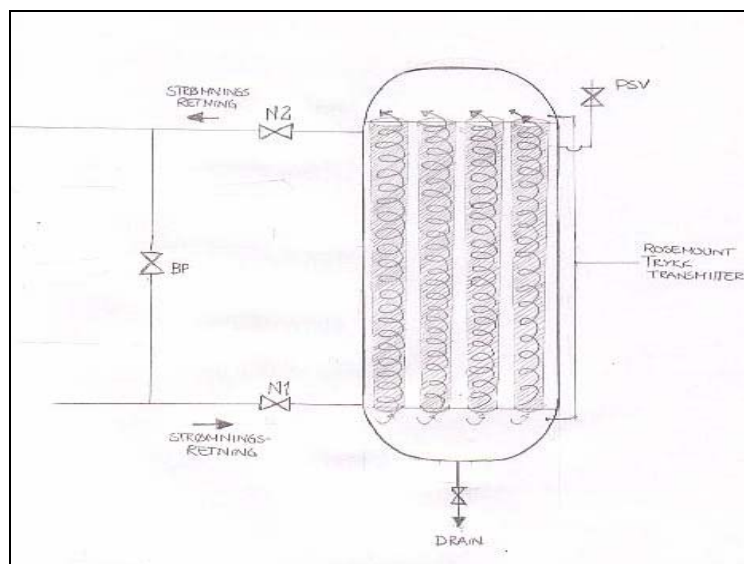
Det er et stort hovedfilter på linja like etter løftepumpene. Her blir alle partikler ned til 1000  $\mu\text{m}$  filtrert bort. Maksimum partikkelstørrelse må evalueres av hvert prosjekt, og er basert på spesifiserte krav til nedstrøms utstyr. Maksimum partikkelstørrelse på 1000  $\mu\text{m}$  er et normalt minimumskrav. Filteret er et selvrensende multipatronfilter som blir drevet av en liten motor på 690 kW. Filteret er et gummiføret rør i karbonstål som inneholder en serie med trådduker i kileform (patroner), som er montert mellom to høgpresisjon monteringsplater. Patronene står vertikalt. Begge endene på filtertuben er åpne for innkommende væske, men hastigheten vil være forskjellig. Farten på sjøvannet er avhengig av om det er vanlig kjøring eller tilbakevask. (Ved vanlig kjøring blir denne redusert på vei gjennom filteret). Det er automatisk online tilbakespyling av filteret (at sjøvannet blir filtrert under tilbakespyling). Den startes når trykktapet over filteret når en bestemt verdi.



Figur 2 Filtrering og tilbakevask

Sjøvannet entrer gjennom N1 (innsugingsventilen nede) og passerer gjennom de konede rørene og partiklene ender opp på innsiden i den V- formede tunnelen. Her blir partiklene liggende inntil enten timeren setter i gang en regelmessig rensesyklus med varighet på to minutt, (en hver 24. time), eller differensialtrykket over hele filteret stiger til over 0,7 bar. Trykket er overvåket ved hjelp av en Rosemount differensialtrykk transmitter. Når rensesyklusen (tilbakevaskingen) har startet, roterer motoren en dragsugsarm. Denne fjerner effektivt alle partiklene som har festet seg på innsiden av sjøvannstilførselen i hvert enkelt rør inne i filteret, og kobler dem til dragsugsforbindelsen som blir åpnet av en automatisk ventil til atmosfæretrykket.

Fordi trykket inne i filteret er høyere enn trykket i dragsugsforbindelsen blir en reversert strøm av rent vann dratt med som effektivt skyller bort alt det oppsamlede avfallet/rusket på innsiden av alle patronene i filteret. Når alle patronene er rensset stanser dragsuget inntil neste rensesyklus. Dersom differensialtrykket fremdeles er for høyt vil det bli startet en ny rensesyklus.



Figur 3 Prinsippskisse for hovedfilter

Ved vanlig drift vil vannet entre filteret gjennom ventilen N1, og går herfra gjennom patronene med en viss hastighet. Alle partikler større enn 1000  $\mu\text{m}$  vil bli hengende igjen på trådnettet som patronene består av. Vannet kommer ut gjennom N2, og er så å si rensset for alle partikler.



Filteret er statisk i ro under normal drift, og er prosessikret med PSV-ventiler fordi for høgt trykk kan føre til at filteret blir sprengt.

Dersom det ikke går noen vannstrøm gjennom sjøvannsfileret over en periode, må vannet i filteret dreneres ut manuelt. Dette må gjøres for ikke å risikere at temperaturen på stillestående vann i filteret stiger over 20°C, noe som kan lede til korrosjon i filteret og bakterievekst av SRB / GRG bakterier.

Foruten det store hovedfilteret er det bl.a. grovfilter ved sjøvannsinntaket. Dette er et trådnett som skal hindre større partikler som fisk og lignende i å trenge inn i systemet.

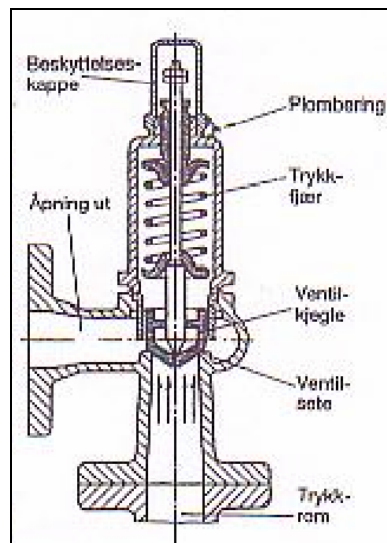
Det er også installert et grovfilter foran hver brannpumpe i linjen fra brannvannssystemet til nød generator. Filtreringsgraden her er 1,5mm.

### Ventiler:

I dette systemet blir det brukt flere forskjellige ventiler:

- **PSV- Pressure safety valve.** Sikkerhetsventil. Dette er armaturer som sørger for at rørledninger og beholdere beskyttes mot skader som kan oppstå ved et utillatelig høyt (over)trykk. De åpner seg automatisk dersom et forutbestemt overtrykk i et anlegg overskrides, og lukker seg igjen etter at trykket har gått ned. Vi skiller mellom direkte belastede og styrte sikkerhetsventiler.

Ved direkte belastede ventiler virker kraften som sørger for åpning direkte fra mediet mot ventilkjeglen.



Figur 4 Prinsippskisse for sikkerhetsventil

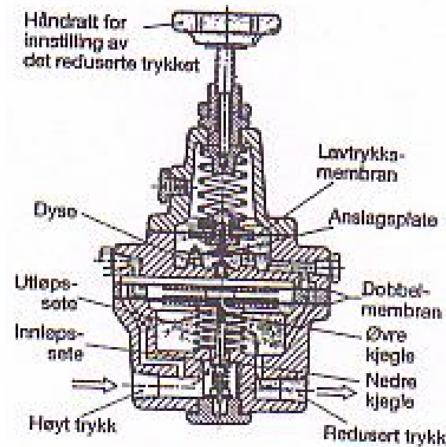
Den mest brukte modellen er den fjærbelastede sikkerhetsventilen. Kraften for lukking besørgeres av en trykkfjær og kan stilles inn på fjærspindelen med en kontringsmutter. Hvis trykket som er innstilt på sikkerhetsventilen som høyeste tillatte trykk overskrides, vil ventilkjeglen løfte seg slik at en stor mengde av væsken i anlegget blåses ut gjennom en stor ringformet åpning. Ventilen er bygd slik at væsken ikke strømmer gjennom det indre av ventilen når ventilen åpner seg, men trykker mot ventilkjeglen nedenfra og går ut på siden gjennom et stort tverrsnitt.

Når trykket har falt igjen ved at væsken har strømmet ut, lukker sikkerhetsventilen av seg selv. Hele prosessen foregår uten at det blir gitt noen form for alarm til kontrollrommet. Men dersom PSV-ventilen åpner ofte fordi trykket blir for høgt, vil en merke det i systemet fordi trykket vil bli lavere hele veien.

Sikkerhetsventilene er nødvendige for å beskytte anleggene og personene som arbeider der. Det er strengt forbudt å forandre på en ventilinnstilling eller sette sikkerhetsventiler ut av

drift. Sikkerhetsventiler er derfor sikret med en plombering som skal forhindre at uvedkommende stiller på dem. Ventilene kalibreres en gang i året.

- **Trykkkontrollventiler = trykkreduksjonsventiler:** Disse er som regel fjærbelastede, med et håndratt for innstilling av det reduserte trykket. Mediet kommer inn i trykkreduksjonsventilen under høyt trykk. Det får redusert trykket ved at det strømmer gjennom strupetverrsnittet mellom den underste kjeglen og innløpssetet, og kommer ut med redusert trykk.



Figur 5 Prinsippskisse for trykkvedlikeholdsventil

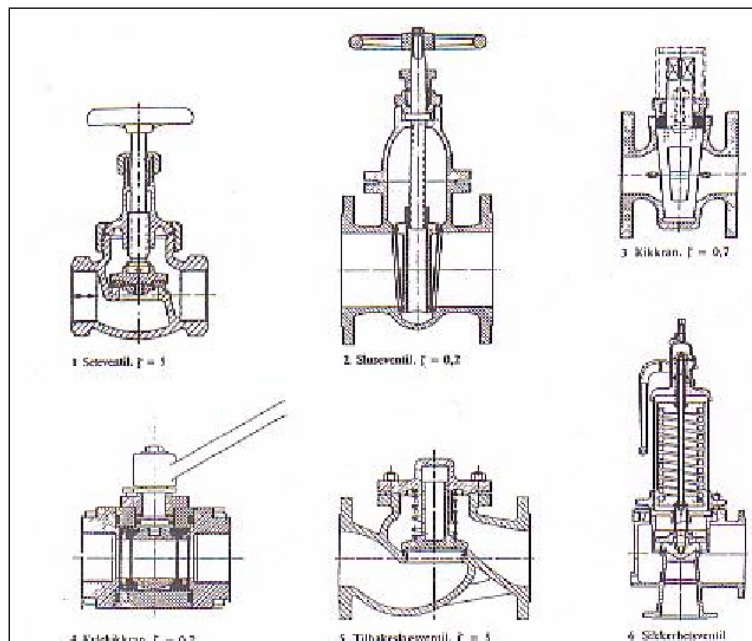
Det ønskede reduserte trykket kan stilles inn ved å dreie på rattet. Med rattet forandres fjærkraften på membranen, og dermed endres også utstrømningsåpningen i dysen.

Dersom det reduserte trykket avtar for eksempel ved stor gjennomstrømning, eller ved at det blir et lavere trykk på høytrykksiden, beveger lavtrykksmembranen med anslagsplaten seg nedover. Dermed blir dyseåpningen mindre, det strømmer mindre medium ut, og trykket i rommet over dobbeltmembranen stiger. Som følge av dette blir strupemembranen med utløpssete lukket av den øvre kjeglen, mens innløpssetet for den underste kjeglen åpner seg mer. Nå strømmer det mer gjennom den forstørrede ventilflate, og det reduserte trykket stiger. Dermed er fallet i det reduserte trykket utliknet.

Når det reduserte trykket øker går prosessen motsatt. Resultatet blir også her at trykket kommer tilbake til det valgte reduserte trykket.

- **Sikkerhetsventiler:** Det er også styrte sikkerhetsventiler i systemet. Dette er ofte en fjærbelastet ventil som i tillegg blir belastet med et forstillingsorgan. Den ekstra lukkekraften blir enten tilført pneumatisk, hydraulisk eller elektromagnetisk. En føler måler trykket i den rørledningen som skal sikres. Dersom det tillatte trykket overskrides, blir en pulsgiver og et styreorgan for innstilling betjent. Styreorganet opphever den kraften som sørger for lukking, slik at sikkerhetsventilen blir åpnet av trykkmediet.
- **Manuelle ventiler:** Herunder strupe- og reguleringsventiler (seteventiler, nåleventiler, ventiler med skrått ventilsete og membranventiler). Med strupe- og reguleringsventiler kan en rørledning sperres og åpnes, og gjennomstrømningsmengden kan reguleres i svært fine trinn. Disse ventilene blir som oftest regulert ved hjelp av et håndratt.
- **Tilbakeslagsventiler:** Forhindrer tilbakestrømning, og tillater gjennomstrømning i bare en retning. I den motsatte retningen stenger de automatisk for gjennomstrømning. Slik kan man forhindre at høyereliggende rørledninger og beholdere blir tømt ved driftsstans, eller man beskytter pumper mot tilbakestrømning og trykkstøt. I dette systemet er det hovedsakelig tilbakestrømning og trykkstøt som skal forhindres, og det ligger også tilbakeslagsventiler mellom systemene (for eksempel mellom det essensielle sjøvannssystemet og hovedsjøvannssystemet) for at det ikke skal sive inn vann på det essensielle systemet når dette ikke går. Dette kan føre til trykkfall i hovedsystemet.

- **Lufteventiler:** Disse har til oppgave å fjerne gass, spesielt luft, som befinner seg i rørledninger og beholdere i et væske- og dampførende anlegg. Når et anlegg skal fylles med væske ved igangsetting, må den lufta som finnes i anlegget fortrennes av væsken. Dette kan være ganske komplisert. Også ved uttetheter og dersom det er oppløste gasser i væsken blir det luft eller andre gasser i anlegget, som kan føre til væskeslag og pumpeskader. Ved å montere utluftere i rørledninger og beholdere kan man sørge for at det skjer en fortløpende utlufting av anlegget. Utluftingen av en rørledning skjer i de enkleste tilfellene med en luftekran som er anbrakt på det høyeste punktet. På dette stedet samler lufta seg. Ved fylling av et anlegg må en, ved å gå ut fra det laveste punktet sørge for at anlegget blir fylt helt opp, slik at man får fortrent all luft. Mekaniske utluftningsventiler arbeider med en flottørkule som lukker eller åpner. Slike ventiler blir benyttet til å lufte ut lukkede apparater.



Figur 6 Skisser av diverse ventiltyper

- Dimensjonering av ventiler:

$$C_v = \frac{q}{N_1 * F_p * F_r * \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{G_f}}}$$

Hvor:

$C_v$	=	Dimensjoneringstall
$N_1$	=	Numerisk konstant
$F_p$	=	Geometrisk faktor
$F_r$	=	Reynolds tall faktor

[Kilde: Prosesstekniske komponenter av Jostein Pettersen](#)

- **Minimumsstrømningsventil:** Dette er en beskyttelsesventil for sjøvannsløftepumper og essensielle sjøvannspumper. Den stenger dersom strømmingen ut fra pumpene blir for lav. Settpunktet for minimum strømming justeres automatisk ut fra hvilke pumper som er i drift. I tillegg vil pumpene stoppe på ”lav lav mengde”.

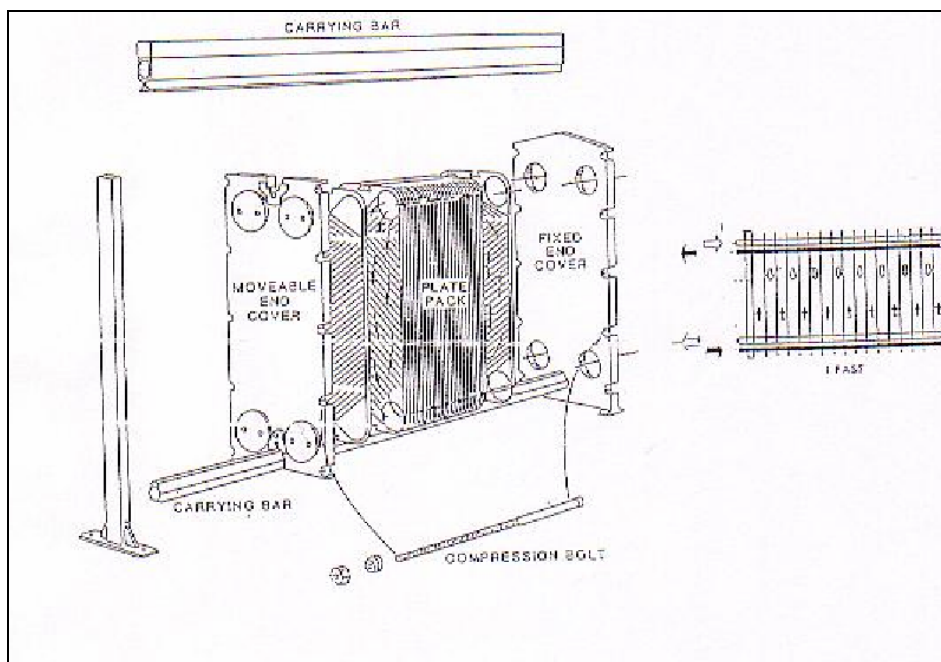
- **HV-aktuerte ventiler:** 100 % stengeventiler, man kan stenge hele system med dem. Ved oppstart er det en forsinkelse på 1-2 sekunder. Virkemåten er stort sett lik som for manuelle ventiler, men HV-aktuerte ventiler blir styrt fra kontrollrommet, og de er hydraulisk styrt.
- **Kontrollventiler:** Strupe- og reguleringsventil, som blir styrt enten manuelt, ved trykk/temperaturmåler eller strømningsmåler. Dersom den er styrt av målere, blir det gitt signal fra måleren om enten mer åpning eller lukking, eller fullstendig åpning eller lukking. Ingen kontrollventiler i sjøvannssystemet har omløpsventil.
- **CSC- ventiler:** Carl seal close ventil er en manuell ventil som blir låst i stengt posisjon med kjetting eller strips.
- **CSO- ventiler:** Carl seal open ventil er en manuell ventil som blir låst i åpen posisjon med kjetting eller strips.
- **XV- ventiler:** Prosess Shut Down (PSD) ventil. Automatiske trykkavlastningsventiler som blir styrt på signal fra Brann og gass avdelingen.  
Samme virkemåte som manuelle ventiler, men blir styrt fra kontrollrommet.

### Kjølere:

**Platekjølere/varmevekslere** fra Alfa Laval. Disse brukes hvor sjøvannet kjøler ferskvannet/glykolvannet. Dette er den største sjøvannsforbrukeren med ca 80% av alt sjøvannet som går gjennom systemet.

Platekjølerne består av flere metallplater med åpning i hjørnene. Platene monteres mellom to rammer som holder platene sammen. Overflaten på platene har forskjellige utforminger, rette eller kuleformede forhøyninger. Dette gir svært høy turbulensgrad, kritisk Re-tall ligger mellom ca 10 og 400 avhengig av geometri. Mediene strømmer mellom platene enten i med eller motstrøm. Avhengig av rammestyrke, pakningene og platenes motstand mot deformasjon, vil maksimalt arbeidstrykk være mellom 6-21 bar g. Normalt vil det være pakningene som avgjør hvilken temperatur som kan benyttes.

I dette tilfellet ligger trykket på rundt 11 bar g, temperaturen er mellom 10 og 50 °C og det er neopren pakninger som er blitt brukt. Disse pakningene er svært gode pakninger på slike varmevekslere, men de tåler ikke høyt trykk og heller ikke noe særlig skitt. Derfor er de den brukeren som er mest sårbar og avhengig av god filtrering.

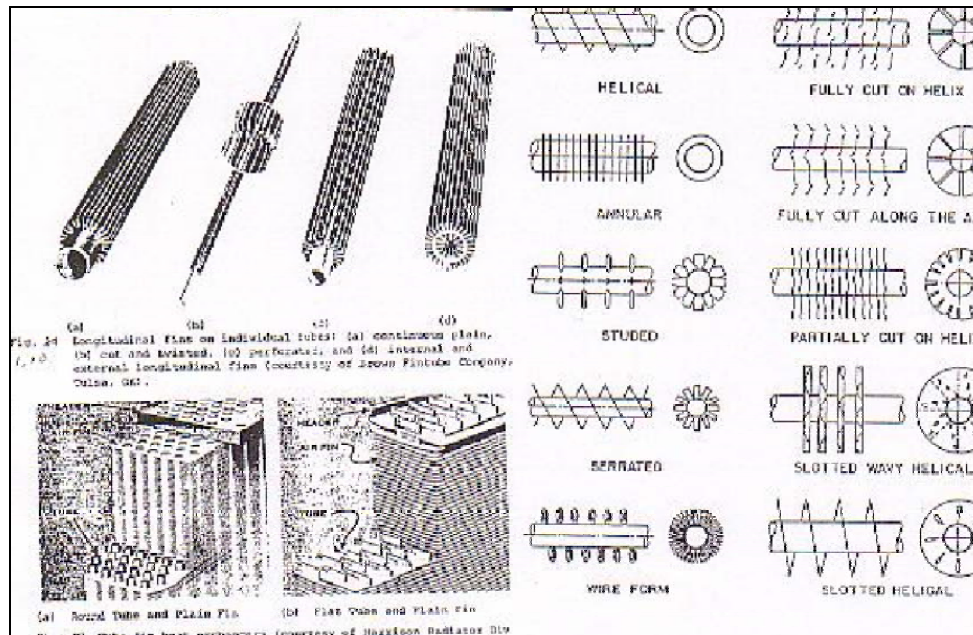


Figur 7 Skisse av platekjøler

**Fin fan cooler:** Kjøler ved HVAC (air condition).

Her går luften fra air conditioningen på utsiden av rørene, og sjøvannet på innsiden. Dette er for å kjøle luften inne i boligkvarteret. Dersom det er svært kaldt kan det også brukes for å varme opp luften.

Fordi varmeovergangskoeffisienten til luft er mye lavere enn får vann, bruker en denne form for varmeveksler. Her går vannet på innsiden av rør med utvendige ribber, og luften går på utsiden. Dermed får vi en mye større varmeovergangsflate på den siden som varmeovergangskoeffisienten er lavest, og vi kan utnytte sjøvannet mye bedre.



Figur 8 Skisse av forskjellige utgaver av fin fan cooler

- Beregning av varmeovergang gjennom vegg:

$$Q = U * A * \Delta T$$

Hvor:

$Q$	=	Varmetransport	[W]
$U$	=	Varmegjennomgangskoeffisient	[W/m <sup>2</sup> *K]
$\Delta T$	=	Temperaturdifferanse	[K]

[Kilde: Industriell varmeteknikk av Erling Næss og Petter Løvland](#)

### Temperatur/trykk-indikatorer:

Måleinstrument som hele tiden måler trykk og temperaturen i systemet, og som gir tilbakemelding til temperatur/trykk- kontrolleren om temperaturen/trykket er på riktig nivå, eller om det må reguleres.

### Temperatur/trykk-kontrollere:

Disse starter opp enten oppvarming eller nedkjøling av strømmen som går gjennom systemet dersom dette trengs. Det blir initiert fra temperatur/trykk-kontroller. Den gir også signal om trykkøkning eller trykksenking. Virkemåten er beskrevet tidligere under kontrollventiler.

**Strømningsmålere:**

Det er installert magnetiske strømningsmålere nedstrøms alle sjøvannsløftepumpene rett på pumpeutløpet. Nøyaktighetskravet på 5 % er tilfredsstillt. Dette er for alltid å kontrollere strømmingen inn på systemet.

## DRIFT- OG MILJØUTFORDRINGER

### DRIFT OG VEDLIKEHOLD AV SJØVANNSSYSTEMET

Kravene som stilles til drift, overvåking og vedlikehold av sjøvannssystem på en plattform, blir best beskrevet i deler av Aktivitetsforskriften (vedlegg 4), Innretningsforskriften (vedlegg 5) og OLFs retningslinje 070. Har begrenset disse til paragrafene som gjelder kontroll, overvåking og vedlikehold.

### Utdrag fra OLFs retningslinje 070 (fritt oversatt fra engelsk)

#### **10: Sikkerhets Instrument System: operasjon og vedlikehold (SIS)**

##### **10.3: Drifts og vedlikeholdsprosedyrer.**

Drifts og vedlikeholdsprosedyrene skal utvikles ved å ta forbehold til alle nedenstående faktorer for å forsikre at SIS fungerer tilfredsstillende under hele levetiden til installasjonen, i samsvar med Spesifikasjoner om Krav til Sikkerhet. Disse prosedyrene skal inkludere, men ikke begrenses til følgende:

- Rutiner som må utføres for å opprettholde forutsatt sikkerhetsfunksjon i henhold til SIS;
- Grenser for sikker drift og tryggheten som medfølger ved å holde seg innenfor disse;
- Hvordan SIS fører prosessen til en sikker tilstand;
- Tidskrav for SIS funksjoner inkludert produksjonsinnretning;
- Korrekt bruk av drifts- eller vedlikeholdsomløp, nullstilling av systemet o.s.v. for å forhindre en usikker tilstand, og/eller redusere konsekvensene av en risikabel hendelse. (For eksempel når en trenger å kjøre omløp om et system for testing eller vedlikehold, må en ha som forholdsregel å ha en gjennomført god erstatning i dette omløpet);
- Korrekt reaksjon på SIS alarmer og når systemet utløses;
- Informasjonen som trengs for vedlikehold ved systemfeil og for å gjøre nye vurderinger;
- Informasjonen som trengs for vedlikehold som kommer frem ved testresultater og oppsyn;
- Vedlikeholdsprosedyrene som skal følges dersom feil eller svikt oppstår i systemet;
- Prosedyrer for å kunne følge opp allerede utførte vedlikeholdsrutiner;
- Prosedyrer for å kunne følge opp aktivitet og feilmeldinger i SIS;
- Prosedyrer for å forsikre at testutstyr som blir brukt under vanlig vedlikehold er; ordentlig kalibrert og vedlikeholdt.
- Dokumentasjon på alle nevnte punkter;

##### **10.4: Drift.**

Denne delen gjelder nødvendige betraktninger når en opererer SIS.

#### 10.4.1: Kompetanse og opplæring av operatører.

Alle aktiviteter vedrørende drift av SIS skal bli utført av personell som er formelt opplært, og vurdert som kompetente til dette.

Alle operatørene skal få periodisk opplæring i funksjoner og drift av SIS i sine ansvarsområder.

Denne opplæringen skal inneholde følgende:

- Forståelse for hvordan SIS fungerer ("trippunkt" og etterfølgende handling utført av SIS);
- Forståelse for farene som SIS skal beskytte mot;
- Drift og konsekvenser av all operasjon av omløpsbrytere/ventiler og under hvilke omstendigheter disse omløpene skal brukes og loggføres;
- Driften av alle manuelle driftsstopp brytere/ventiler og når disse manuelle driftsstopp bryterne/ventilene skal aktiveres;
- Oppførsel ved aktivisering av hvilken som helst av de diagnostiske alarmene (for eksempel hvilken handling som skal utføres dersom en SIS alarm blir aktivisert og som indikerer at det er problemer i selve SIS);

#### 10.4.2: Overkobling av alarmer.

Det skal være et system som skal kontrollere, godkjenne og loggføre anvendelsen av all overkobling av alarmer på SIS. De kumulative effektene av slike overkoblinger skal vurderes og kontrolleres. Det skal tas hensyn til forskjeller mellom SIL-klassene (Safety Instrument Level), for å overveie innvirkning på sikkerheten. Det er større fare ved å overkoble en alarm fra et SIL3 system enn for eksempel et SIL1 system. Dette kan bety svært store forskjeller i forutsetningene for å kunne foreta en bedømming av hvilke redskap en skal bruke, og til å definere øvre grense for tillatt overkoblings lengde\*, avhengig av integritetsnivået på de SIS systemene som er under overveielse.

Dersom en manuell innblanding representerer en erstatning for bedømmelse under en SIS overkobling, skal en vurdere responstiden til den tilgjengelige operatøren. Da må en ta med i betraktningen den tiden en vil bruke på å avsløre den unormale situasjonen, i tillegg til tiden en bruker på å utføre korrekt handling.

En bør også ta i betraktning bruken av midlertidige overkoblinger. Dette innebærer at en overkobling automatisk blir tilbakestillt etter et forutbestemt tidsintervall. Dette krever en grundig overveielse siden en automatisk tilbakestilling av overkoblinger på et system som fremdeles er under vedlikehold kan representere en risiko i seg selv. Imidlertid kan bruken av slike tidsinnstilte automatiske overkoblinger, som en del av en oppstarts rekkefølge forbedre sikkerheten, da den fjerner muligheten for operatørfeil som å glemme å tilbakestille en overkobling.

\*Den tillatte overkoblingsstiden skal ideelt sett være basert på de tilgjengelige sikkerhetskrav som er relevante for forskjellige helhetsnivå.

#### 10.4.3: Hvordan en behandler episoder som ikke samsvarer med kravene.

For å forsikre at SIS opptrer i henhold til hensikten med et slikt system er det nødvendig å loggføre episoder som ikke samsvarer mellom forventet oppførsel og egentlig oppførsel.

Disse skal bli loggført og analysert, og når det er nødvendig skal modifikasjoner utføres slik at de nødvendige SIL kravene opprettholdes.

Følgende hendelser skal overvåkes og loggføres:

- Handlinger utført for å opprettholde krav til/fra systemet;
- Feil på utstyr som fører til at kun deler av SIS utfører i henhold til kravene;
- Feil på utstyr som forandrer innholdet på deler av SIS under rutine tester;
- Årsaken til krav om reparasjoner;

- At hyppigheten av kravene samsvarer med antagelsene som er foretatt i de opprinnelige SIL rådene.

Det skal gis preferanser til system som sørger for automatisk loggføring og rapportering av episoder som ikke samsvarer med vanlige krav i SIS.

### 10.5: Vedlikehold

Det skal etableres et vedlikeholdsprogram som inkluderer skriftlige prosedyrer for vedlikehold, testing og reparasjoner av SIS for å opprettholde nødvendig helhetsnivå. Dette programmet skal designes for å avsløre feil som ikke automatisk blir registrert av SIS. Det må tas hensyn til utilgjengelighet ved rutinetesting, og den effekten som tilgjengeligheten vil ha på tiden en vil bruke på å reparere komponenter over hele systemet.

SIS vedlikehold skal inkludere, men ikke begrenses til:

- Planlagt regelmessig funksjonstesting av SIS;
- Regelmessig inspeksjon av områdets utstyr for å forsikre at det ikke er noen synlig forverring, for eksempel: korrosjon eller mekanisk skade, skader på kabler eller klemmearrangement, ineffektiv varmesøking, blokkering av brann- eller gassdetektorer o.s.v.;
- Planlagt regelmessig forebyggende vedlikehold som pålagt (for eksempel utskiftning av ventilasjonsfilter, smøring, utskiftning av batteri, kalibrering o.s.v.)
- Reparasjon av oppdagede feil, etterfulgt av hensiktsmessig testing.

Dersom en skifter en komponent i SIS – systemet ut med en annen som har ulikt kjennetegn, skal dette behandles som en modifikasjon.

#### 10.5.1: Testing, inspeksjon og vedlikehold.

Leverandørmanualer som beskriver SIS vedlikehold og testkrav (for eksempel vedlikehold av batteri, utskiftning av sikringer osv.) kan bli inkludert i vedlikeholdsprosedyrene.

Dersom en må kjøre et omløp om en SIS funksjon mens prosessen er i en risikabel tilstand, skal først administrative kontroller og skrevne prosedyrer skaffes for å opprettholde sikkerheten i prosessen. Det bør spesielt tas hensyn til nullstilling av hindringer og overkobling som kan være nødvendig under testing, inspeksjon og vedlikehold av SIS.

#### 10.5.2: Funksjonstesting.

Ikke alle systemfeil er åpenbare. Skjulte feil kan ha en hemmende effekt på den krevde SIS prosessen, og kan bare oppdages ved å teste hele systemet.

Periodiske funksjonstester skal gjennomføres ved en dokumentert prosedyre for å oppdage feil som hindrer SIS fra å operere i følge spesifikasjonene om krav til sikkerhet. Hele SIS skal testes, inkludert sensorer, sekvensstyring og de siste element(ene), for eksempel stengeventiler og motorer.

Det anbefales å loggføre og analysere aktivisering av SIS funksjoner for å inkludere aktivisering som en del av funksjonstesting. Dersom drift og dokumentasjonen er etter kravene over en periode, kan de manuelle sikkerhetstestene i denne perioden utelates. Legg merke til at den kunstige aktiviseringen av ESV (Nød Sikkerhetsventil) som skyldes en PSD(Prosess Shut Down), ikke tester hele funksjonen for den samme ventilen under ESD (Emergency Shut Down) drift.

#### 10.5.3: Hyppighet av funksjonstesting.

SIS skal testes ved spesifikke intervaller, basert på hyppigheten som er beskrevet i Spesifikasjoner om Krav til Sikkerhet.

Legg merke til at forskjellige deler av SIS kan ha forskjellige periodiske test intervaller.



På noen av de periodiske intervallene (fastsatt av bruker), skal hyppigheten på testing av SIS, eller deler av SIS re - evalueres basert på historiske data, installasjonserfaringer, mekanisk forringelse på komponenter, softwarens pålitelighet o.s.v.

Forandring av slike intervaller blir sett på som en modifikasjon.

Alle forandringer på sekvensstyringsprogrammet krever full funksjonstesting, og skal behandles som en modifikasjon. Unntak fra dette er tillatt dersom en har foretatt en egnet gjennomgåelse og særskilt testing av forandringer på forhånd, for å forsikre seg om at SIL ikke kommer på akkord.

#### 10.5.4. Funksjonstestingsprosedyrer.

En dokumentert funksjonstestprosedyre som beskriver hvert steg som skal utføres, skal forutsettes for hver SIS.

Funksjonstestingsprosedyrene skal inneholde, men ikke begrenses til å teste følgende:

- Drift av alle informasjonsinnretninger, inkludert hovedsensorer og SIS informasjonsmoduler;
- Bruk i forbindelse med hver enkelt informasjonsinnretning;
- Bruk i forbindelse med kombinerte informasjonsinnretninger;
- (Alarm) utløser startverdier (sett punkt) for alle informasjonsinnretninger;
- Alarm funksjoner;
- Rask respons til SIS når dette er nødvendig;
- Drifts sekvens for sekvensstyringsprogrammet;
- Funksjon av alle endelige kontrollelementer og SIS produksjonsmoduler;
- PC funksjoner utført av SIS;
- Justering og fart til produksjons innretninger;
- Funksjonen hvor den manuelle utløseren skal tilbake stille systemet til en sikker tilstand;
- Funksjonen av bruker diagnoser;
- Komplette systemfunksjoner;
- At SIS opererer etter testing.

#### 10.5.5: Direktekoblet funksjonstesting.

Prosedyrer skal være skriftlige for å tillate direktekoblet funksjonstesting dersom dette er nødvendig. For de anvendelser hvor aktivering av de siste\*\* utløsende elementene ikke er praktiske, skal prosedyren skrives for å inkludere:

- Testing av de siste elementer under seksjons stans; og
- Utførelse av utgående alarmer så langt som praktisk mulig (for eksempel utgående feiltrinns relé, nedstengningsmagnet, delvis ventilbevegelse) under direktekoblet testing.

Det må legges merke til at selv om delvis ventilbevegelse reduserer nødvendigheten av å teste ventilen fullt ut, må fremdeles hele sløyfa testes fullt ut ved fastsatte intervaller.

#### 10.5.6: Dokumentasjon av funksjonstesting.

En fullstendig beskrivelse av alle testene som er utført skal dokumenteres. Brukeren skal vedlikeholde referatene for å forsikre at tester og inspeksjoner er blitt utført.

Dokumentasjon, som kan registreres i en elektronisk vedlikeholdsdatabase, skal inneholde følgende informasjon som et minimum:

- Dato for inspeksjon;
- Navnet på personen som har utført testen eller inspeksjonen;
- Serienummer eller andre unike identifikasjoner på utstyr (sløyfenummer, merkenummer, utstyrsnummer, brukergodkjent nummer osv.);

- Resultatene fra inspeksjonen/testen(”som antatt”, eller ”som tillatt”);
- Detaljer om alle feil som er funnet, og forbedrende tiltak som er utført.

Det er viktig at teknikerne som utfører disse oppgavene, forstår betydningen av å loggføre korrekt data som er relatert til SIS testing.

\*\* Siste elementer kan være ventiler, brannrører, fordampere o.s.v.

## Vedlikehold av komponenter på Kristin

Det er et eget data/kontrollsystem ombord på plattformen som oppdateres hver time, og dette teller antall driftstimer på de forskjellige komponentene. Systemet er levert av Kongsberg Maritime. Her er alle vedlikeholdspunkt programmert inn, med tilsvarende intervaller. Alle leverandører leverer komplette vedlikeholdsretningslinjer, inkludert tegninger.

Det er også programmert inn intervaller kun for inspeksjon av komponentene, slik at en alltid vet hvilken tilstand alle komponentene er i. Alle intervallene er satt opp i samarbeid med leverandører, men kontrollene og vedlikeholdet blir utført av egne ansatte. Alle intervaller, kontroller, inspeksjon og vedlikehold utføres i henhold til krav fra Petroleumstilsynet og retningslinjene fra Oljeindustriens landsforbund.

Komponenter med høy påkjenning og som er viktige for systemet, skal ha intervaller godt innenfor kritisk arbeidsperiode, slik at inspeksjonene blir foretatt oftere og vedlikeholdet blir utført i god tid før komponentenes levetid egentlig er over. Dette for å være ”på den sikre siden” i forhold til utskiftninger, og driftstans. Det siste skal unngås i det lengste da det er svært dyrt for firmaet.

Komponenter med lavere påkjenning har lengre intervaller, men skal kontrolleres og utføres vedlikehold på i henhold til data/kontrollsystemet.

## Vedlikehold av pumper

Ved normal drift er det alltid bare to hovedløftepumper og en essensiell løftepumpe som går. Men det er tre løftepumper og to essensielle pumper om bord. Det vil normalt bli foretatt vedlikehold på disse etter antall timer/døgn de har gått, og dette kommer det opp lister på etter hvert som driften blir opprettholdt.

Siden det alltid er en løftepumpe og en essensiell pumpe som står, kan vedlikehold og kontroller alltid utføres selv om systemet er i full drift. En starter da opp den pumpen som står og kjører den opp (trykk og strømning), etter hvert som en kjører ned den som trenger vedlikehold. Dette gjøres for å opprettholde trykk og gjennomstrømning under hele fasen.

Deretter blir pumpen isolert (ved hjelp av å stenge alle ventiler inn og ut på pumpa), trykkavlastet og drenert, og en kan ta fatt på vedlikeholdet.

Vedlikeholdet utføres i henhold til pumpeleverandørens beskrivelser, som blir levert sammen med pumpa. Her står det steg for steg hvordan vedlikeholdet skal utføres, og slitedeler og pakninger som skal skiftes kommer i pakker fra pumpeleverandør. Disse pakkene ligger enten på hovedlageret på land, eller er lagret om bord. Etter utskiftning blir pumpa testet, før alle ventilene blir åpnet, pumpa trykkes, blir luftet og satt inn i drift igjen på samme måte som den ble satt ut av drift.

Inspeksjoner utføres under drift.

## Vedlikehold av hovedsjøvannsfiler

Det er kun et hovedsjøvannsfiler om bord, mye p.g.a. liten plass. Dette er lite bra for driften av plattformen dersom det må utføres kritisk vedlikehold på filteret. Det er bare et direkte omløp (bypass) ved filteret. Det direkte omløpet har ingen form for filtrering, og dermed må en installere sil oppstrøms alle sjøvannsløftepumpene før en kan starte med vedlikeholdet. Men sjøvannet blir dermed ikke like godt filtrert, og det er fare for at en kan få større partikler

gjennom systemet, noe som kan være kritisk for pumper, kjølere og andre komponenter i systemet. Derfor skal dette helst unngås og filteret blir automatisk renses en gang i døgnet, eller dersom trykkfallet over filteret blir for høyt.

Vedlikehold på dette filteret vil ta flere dager og blir helst utført ved shut down\*\*\*. Før vedlikehold på filteret åpnes omløpet, og filteret blir isolert ved å stenge ventilene på innløp og utløp. Alle patronene inne i filteret kan skiftes ut, og dersom det må utføres vedlikehold vil alle bli skiftet samtidig. Disse blir levert fra filterleverandør og skal være enten på hovedlager, eller lagret om bord. Dersom det trengs ytterligere vedlikehold og delene ikke er på hovedlageret må filterleverandør kontaktes og delene sendes derfra. Dette kan ta ekstra tid, noe som er svært kritisk både for driften av sjøvannsystemet, og dersom produksjonen må stanses.

Det er også satt opp inspeksjonsrutiner i samarbeid med filterleverandør, med intervaller som er satt inn i data/kontrollsystemet, og som blir utført av egne ansatte. Det er svært viktig at disse rutinene blir overholdt og utført grundig hver gang.

\*\*\* Shut down – nedstenging av plattform

### **Vedlikehold av platekjølere**

Det er sju platekjølere i systemet, som er levert med inspeksjons/vedlikeholdsintervaller. Her er ikke alle i drift samtidig. Det er alltid en eller flere kjølere som ikke går avhengig av produksjonsmengde, men som blir startet dersom det trengs vedlikehold på noen av kjølerne som går. Vedlikehold av disse foregår etter anvisninger og intervaller fra leverandør.

Dersom det skal foretas vedlikehold på noen av disse blir ventilene til den kjøleren som skal settes inn åpnet, og ventilene inn og ut av den som skal renses/vedlikeholdes blir stengt. Slik isoleres kjøleren før vedlikehold. Når kjøleren blir åpnet er det som regel litt fluid igjen, som blir drenert ut ved åpning av kjøleren. På platekjølere går vedlikeholdet mest ut på å rengjøre platene for groe og partikler. Dette gjøres enklest ved å åpne kjøleren og (høytrykk)spyle platene med vanlig vann. Pakningene mellom platene blir også sjekket og skiftet ut dersom det trengs. Siden blir kjøleren satt sammen igjen, og her må en være svært nøyaktig for å få kjøleren helt tett. Alle boltene må være trekt jevnt, slik at ikke monteringsplata kommer skeivt på for dette kan føre til lekkasje ved kjøring. Dette unngås ved å krysstrekke boltene, slik at det alltid er like mye tiltrukket over hele plata. Når alle platene er på plass og kjøleren er helt tett, kan ventilene åpnes igjen og kjøleren settes tilbake i drift.

### **Vedlikehold av elektroklorineringspakken**

Ved vedlikehold av klortilsetningsenheten og koppertilsetningsenheten må systemet stenges ned og strømmen må skrues av.



Bilde 4 Sjøcellen

I sjøcellen, hvor hypoklorittioner blir produsert, hvis både strømmingen og strømmen er overholdt veldig nøye, er det bare sjøcellen som må skiftes ut på lang sikt. Skulle strømmen avta til tross for økende spenning, bruker dette å indikere at sjøcellen bør byttes ut. Denne utskiftningen bør skje når klorproduksjonen er redusert til et nivå der doseringsraten på 50 ppb ikke kan bli opprettholdt. En normal sjøcelle har en beregnet levetid på 5 år, hvis den er drevet og vedlikeholdt som vist i manualen som er levert av Petreco: Operating and Maintenance, (Drift og vedlikehold).

Når det er på tide å bytte ut sjøcellen, noe som blir indikert ved et strømfall, må brukeren anskaffe seg en ny celle, yteevnene kan bli garantert av den forrige cellen.

[Kilde: Petreco; supplier user manual uncluding operating and maintenance instructions Dokument; C074-NP-R-MA-0003](#)

### Vedlikehold av ventiler

Ventilene har samme vedlikeholdsplan som resten av systemet, men kun med intervaller for kontroll. Det blir ikke utført vedlikehold på disse, men de blir skiftet ut dersom de ikke fungerer tilfredsstillende.

Utskiftning av ventiler skjer stort sett etter samme fremgangsmetode:

En avgrenser ventilen ved å stenge tilførselen til denne. Deretter trykkavlastes linjen, (ventilen ligger som regel på en linje som inneholder sjøvann og en kan ikke ta ut ventilen uten at hele linjen er stengt, eller sjøvannet går i omløp rundt ventilen) som ventilen står på, før en drenerer ut vannet. Så tar en ut ventilen som skiftes ut med en ny. Pakningene blir også kontrollert og skiftet med det samme. Pakningene/pakningsstoff er lagret på verkstedslageret om bord. Ventiler blir sendt fra hovedlageret, eller det blir bestilt nye fra leverandør. Når ventilen er skiftet og har fått nye pakninger settes den inn i systemet igjen, og når den er helt tett og trykksatt settes linja i drift igjen.

**Vedlikehold av PSV- ventiler:** Sikkerhetsventilen på brannlinjen kan demonteres under drift når brannvannslinjen ikke er i drift. Det er Carl Seal Close- ventiler i brannvannslinjen. Sikkerhetsventilen på sjøvannsfileret kan demonteres under drift hvis filteret er isolert, trykkavlastet og filteromløpet (bypassen) er i drift. Dette blir derfor gjort i samarbeid med vedlikehold av filteret.

**Vedlikehold av kontrollventiler:** Ingen av kontrollventilene i sjøvannssystemet har omløpsventil. Trykk kontrollventilen på linjen fra brannvannssystemet kan vedlikeholdes under drift når brannvannslinjen ikke er i drift. Trykk kontrollventilen nedstrøms kjølemediemålerne

kan ikke vedlikeholdes under drift. Minimumstrømningsventilen kan vedlikeholdes under drift fordi det er nok forbrukere i systemet til å dekke minimum strømning for pumpene.

Kilder: <http://www.ptil.no/regelverk/r2002/Aktivitetsforskriften>

[http://www.ptil.no/regelverk/r2002/Aktivitetsforskriften\\_Veiledning\\_n.htm](http://www.ptil.no/regelverk/r2002/Aktivitetsforskriften_Veiledning_n.htm)

<http://www.ptil.no/regelverk/r2002/Innretningsforskriften>

<http://www.olf.no/?6489.doc&langid=3>

## **FILTERPROBLEMATIKK, OG REDESIGN AV BYPASS FOR FILTER**

Det har vært litt oppstartsproblemer med hovedsjøvannsfileret fordi motoren ikke ville starte. Denne feilen er nå rettet opp, men har lagt for dagen et annet problem: det finnes ikke noen annen form for filtrering dersom sjøvannet må gå i omløp rundt hovedfilteret.

Det er lagt inn syklus for tilbakevasking på filteret en gang hver 24. time, og det er installert en differensialtrykkmåler som setter samme syklus i gang dersom differensialtrykket overstiger 0,7 bar g. Dermed unngår en at filteret går tett, og det trengs ikke vedlikehold.

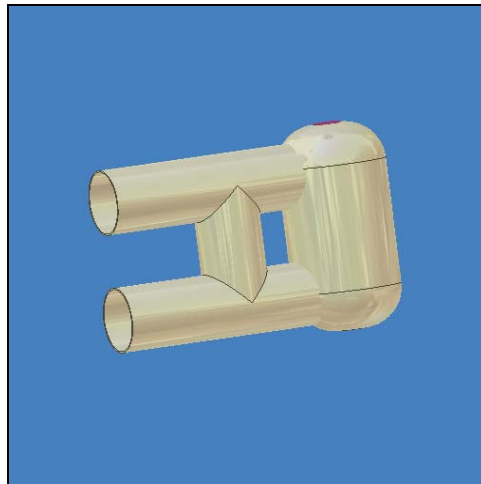
Men dersom det oppstår en mekanisk feil og det må foretas vedlikehold eller filteret av en annen grunn må stoppes, er det mulig å installere sil oppstrøms alle sjøvannsløftepumpene. Dette vil ta tid og fører til at det vil komme partikler inn i systemet som er alt for store og kan føre til at komponentene videre i systemet kan få problemer. Dette gjelder spesielt kjølerne som ikke tåler så mye større partikler enn 1000  $\mu\text{m}$ . Partiklene kan sette seg fast, eller de kan begynne å danne groe.

Når filteret blir stoppet må sjøvannet gå i omløp forbi dette, og her er det foreløpig ingen form for filtrering. De har valgt denne løsningen fordi den tar liten plass, men også på grunn av at vekten spiller inn.

Den beste løsningen hadde vært å sette inn et "tvilling"-filter, fordi det da alltid er et filter i standby dersom noe skulle inntreffe det filteret som er i drift. Dette er det dessverre ikke plass til, det vil fordyre systemet mye og det skal heller ikke være nødvendig fordi dette filteret er ganske driftssikkert. Men dersom det skulle oppstå problemer bør det være en form for filtrering også i omløpet.

Vårt forslag er derfor å sette inn et skuffefilter i dette omløpet. Filteret skal ha små masker, slik at sjøvannet også blir filtrert ved omløp. En av fordelene med et skuffefilter er at det også kan brukes til sampling, (ta ut tester) av sjøvannet. Dette kan man gjøre så lenge sjøvannet går gjennom hovedfilteret, og det ikke er trykk over eller gjennomstrømning gjennom skuffefilteret. Man tar ut filteret og kan dermed ta en prøve av innholdet. Dersom det trengs, rengjøres filteret med det samme.

Grunnen til at vi har valgt et skuffefilter er hovedsakelig fordi det er et filter som tar liten plass, men allikevel samler opp de partiklene som kommer med sjøvannet. Det er også enkelt å rengjøre, samtidig som det er enkelt å ta prøver med det og det trenger svært lite vedlikehold. Det blir heller ingen forandring av strømningshastighet eller volum i den utførelsen vi har valgt, fordi det ikke blir noen forandring av de installerte rør som går til og fra filteret.

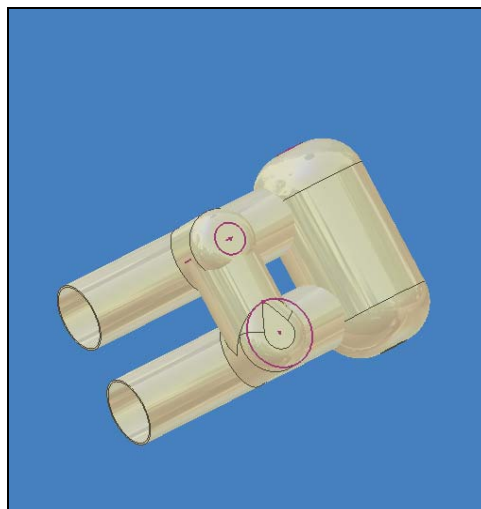


**Figur 9 Opprinnelig rørkonstruksjon**

Vi har satt opp to forskjellige modifikasjoner fordi vi ikke har tilgang til eksakte mål rundt filteret. Dermed er vi ikke helt sikre på hvor god plass det er mellom rørene, og heller ikke hvor stort rom det er over og ved siden av de opprinnelige rørene. Vi må foreta modifikasjonene mot øst, noe som kan føre til at vi kommer inn over rømningsvei. Derfor kan det også godt være mulig at vi må flytte den ca en halv meter mot øst, nærmere skottet.

Modifikasjon nr 1 på dagens rørkonstruksjon innebærer kun at vi roterer t-stykkene  $90^\circ$  mot øst, setter inn to  $90^\circ$  bend som peker mot hverandre, og setter to ventiler og skuffefilteret inn mellom disse. Vi må ha to ventiler her pga. at vi må stanse strømmen på begge sider av filteret når det skal rengjøres eller tas ut for prøver.

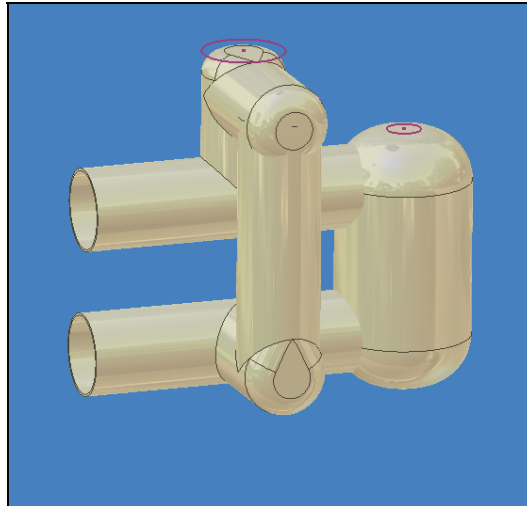
Problemet vårt her blir, i tillegg til rømningsveien, om det er nok avstand mellom de to bendene til at vi kan sette inn alle komponentene som trengs for at systemet fortsatt skal fungere. Både ventilene og skuffefilteret vil bygge en del ekstra. I opprinnelig konstruksjon er det bare en stengeventil her. Dersom dette er mulig vil det bli det enkleste og billigste alternativet. Det vil også være enkelt å komme til de nye komponentene for inspeksjon og vedlikehold/ rengjøring. Her trenger vi da to  $90^\circ$  bend, en ekstra ventil, og selve skuffefilteret.



**Figur 10 Modifikasjon 1**

Modifikasjon nr 2 går ut på å rotere det nederste t-stykket  $90^\circ$  mot øst, mens vi roterer t-stykket oppe  $180^\circ$ . Her må vi sette inn tre  $90^\circ$  bend, to oppe og et nede, slik at vi får ventilene og skuffefilteret i samme stilling som i den andre løsningen, mot øst. Dette er fordi det kun er her det er plass. Fordi vi ikke vet helt eksakt hva som ligger over det øverste røret, må vi ta forbehold om at det kanskje må foretas noen små modifikasjoner på evt. rørgater, eller

kabelgater her. Det skal være plass til dette, men det er et usikkerhetsmoment. Vi får i tillegg opp igjen problemet med rømningsvei, men har god plass både til ventiler og skuffefilter. Vi vil heller ikke få noe særlig mer omkostninger, da det er få deler som må bestilles ekstra. Vi trenger nå tre 90° bend, en lengde med rør, en ventil og et filter. Pga. at vi ikke har tilgang til eksakte mål, har vi ikke funnet prisene på disse komponentene. Men det blir billig i forhold til driftsstans.



Figur 11 Modifikasjon 2

## MILJØPROBLEMATIKK

”Flere kobberforbindelser er meget giftige for vannlevende organismer. Kobber gir kroniske giftvirkninger for mange vannlevende organismer. Kobber kan akkumuleres i organismer og antas å påvirke tilvekst og reproduksjon hos enkelte vannlevende dyr. Kobber er et nødvendig stoff for alle organismer i små mengder.”

Kilde:<http://sft.no/publikasjoner/kjemikalier/1774/ta1774.htm>

Det at det blir brukt en klor/kopper-løsning i sjøvannssystemet på Kristin har både negative og positive virkninger. Den blir brukt for å forhindre groing i systemene og slik opprettholde den strømmingen som plattformen er beregnet for. Men på den annen side blir denne løsningen sluppet rett ut i havet med sjøvannet uten at sjøvannet har vært igjennom noen form for rensing. Giftighetsgraden på dette utslippet vet vi ikke, og vet heller ikke om det fører til at noen vannlevende organismer kan bli forgiftet. Ut i fra SFT skal ikke utslippsmengdene være store nok til å føre til forgiftning av organismer.

Hovedsynderen i petroleumsindustrien er prosessvannet som inneholder veldig mye kjemikalier. Derfor er det svært lite informasjon om utslipp av klor og kobber til sjø og hvordan vi kan redusere dette. Men vi vil allikevel konsentrere oss om utslippet av klor og kobber fordi dette kommer fra ”vårt” system.

Nå har det seg slik at Kristin plattformen holder seg innenfor alle regelverk når det gjelder utslipp av kjemikalier, og dette burde da ikke være noe problem. Fordi både klor og kobber finnes i sjøvannet i små doser, og det ikke blir sluppet miljøfarlige mengder av disse kjemikalierne til sjø er dette utslippet godkjent fra SFT. Slik vi ser det burde det allikevel være en form for rensing, da det igjennom et år blir sluppet ut nesten en kg klor/kopper løsning i havet.

Et alternativ for rensing av sjøvannet er et filtreringssystem. Vi har fått informasjon om et filtreringssystem som er levert av Pall, kalt Aria Water Treatment Systems. Dette er egentlig lagd for å produsere drikkevann og det filtrerer vekk blant annet gjørmethet, bakterier, jern og mangan. Men slik vi forsto produsenten skulle dette også virke på kobber.

Hvis vi tenker økonomisk vil nok ikke dette lønne seg, men skulle vi få strengere utslippskrav

i fremtiden er dette absolutt noe å tenke på.

Vi har ikke kommet frem til noen bedre løsninger i forbindelse med andre metoder for å forhindre groing i systemet, og vil gjerne forholde oss til det som allerede er.

Det er ikke lønnsomt samt svært vanskelig å gjennomføre resirkulering i dette systemet da returen kommer ned på havoverflaten, mens innsuget ligger 40 meter under havoverflaten. I returen blir blant annet lensevannet slippet ut og det er ikke særlig aktuelt å la lensevann gå i resirkulering i sjøvannssystemet. Da måtte det i så fall blitt konstruert en ny retur for dette.

Etter det vi har funnet ut har klor/kopper løsningen lite å si på økosystemet i forhold til andre kjemikalier/industrier. I henhold til SFT utgjør offshoreindustrien ikke mer en 1 % av utslippet av kobber i Norge.

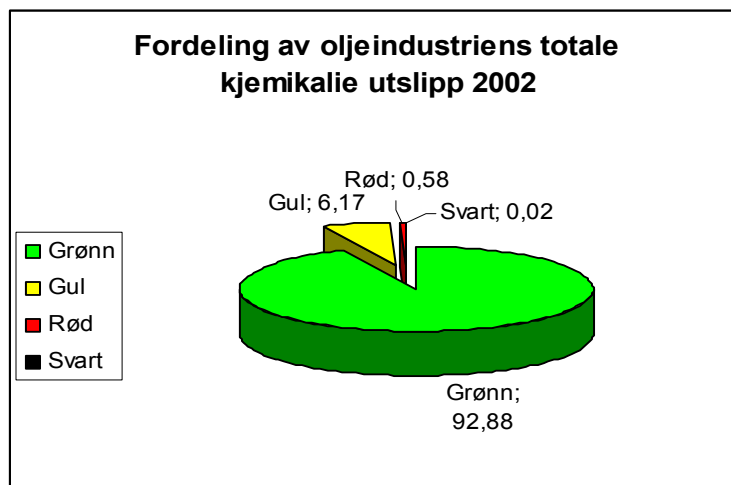
Krav til kjemikalieutslipp i petroleumsindustrien

Olje- og gassindustrien har en målsetting om null miljøskadelige utslipp innen 2005.

SFT, OLF og PTIL har i samarbeid kommet frem til å dele kjemikaliene inn i fire kategorier.

Kategori 1 er grønne kjemikalier som finnes naturlig i sjøvann eller så har de ingen miljømessig effekt. Herunder kommer også PLONOR listen, se vedlegg. Kategori 2 er gule kjemikalier og disse blir klassifisert som miljømessig akseptable etter SFTs definisjon. Røde og svarte går som kategori 3 og 4, disse kan bare brukes hvis det er nødvendig av sikkerhetsmessige eller tekniske årsaker, og da kun etter tillatelse av SFT. Men det må velges kjemikalier med minst mulig risiko for forurensing. Utslipp av røde og svarte kjemikalier skal stanses eller reduseres vesentlig innen 2020.

Fordi de fleste organisasjoner konsentrerer seg mest om de store miljøsynderne som arsen, bly, kadmium, krom osv, vil vi kun legge ved utdrag fra dokumentet "Nullutslipp til sjø fra petroleumsvirksomheten: Status og anbefalinger 2003" og "NORSOK S-003". Vi legger også ved utdrag fra Statoils "Søknad om utslippstillatelse for planlagte utslipp i forbindelse med produksjon fra Kristinfeltet". Vi legger disse dokumentene ved for å gjøre leser kjent med de viktigste kravene som må følges for å få drive petroleumsvirksomhet. Det er ikke særlig relevant for oppgaven vår, men er allikevel svært viktig å få med.



Figur 12 Totalt utslipp til sjø; 176000 tonn

## MATERIALVALG

- Sjøvann er korrosivt og dette må tas hensyn til ved valg av material.



- Titan er foretrukket brukt i sjøvannsystemet. 6Mo, GRP/GRE eller superduplex kan vurderes.
- For design av sjøvannsystem med levetid mer enn 10 år, benyttes normalt Titan, 6Mo eller GRP (glassfiber). For GRP gjelder spesielle forhold m.h.t. support og layout for å redusere trykkstøt.
- 6Mo bør ikke brukes for temperaturer over 15°C. Offeranoder kan evt. benyttes.

Alle materialene som finnes om bord på Kristin plattformen er rustbestandige.

I blant annet 6Mo finnes krom, og dette grunnstoffet er det blitt bevist at det overfører sin passiviserende evne til legeringen.

Der hvor hypoklorittioner blir injisert er det montert hastelloyrørstykker, fordi det ikke skal være konsentrerte kjemikalier mot titan.

I penetreringene er det ikke titan fordi titan ikke kan sveises mot stål. Titan er brukt hvor rørtemperaturen kan komme over 20 °C, enten via omgivelser eller på grunn av mediets temperatur.

Her er priser på ulike metaller som blant annet blir brukt offshore. Selv om prisene er fra 1988 ser vi sånn noenlunde hvordan de ulike metallprisene står i forhold til hverandre. Da ser vi at titan ikke er så dyrt, med tanke på at det ellers blir brukt mye 6Mo (254 Som) som og er tatt med her. Titan er heller ikke så dyrt når vi tenker på hva som blir spart med hensyn på vedlikehold og utskifting pga korrosjon. Titan er svært korrosjonsbestandig og trenger derfor ingen form for maling eller lignende vedlikehold.

Legering	Pris kr/kg	Tetthet kg/dm <sup>3</sup>	Pris kr/dm <sup>3</sup>	Relativ kostnad i forhold til AISI 316
AISI 316	45 – 50	7,9	355 – 395	1
254 SMO	70 - 80	8,0	560 – 640	1,5 - 1,7
90/10 CuNi	60 – 70	8,9	534 - 623	1,4 - 1,7
NiAl-bronse	60 – 70	7,6	456 - 532	1,2 - 1,4
Monel 400	70 - 80	8,8	616 – 704	1,6 - 1,9
Monel K-500	70 - 80	8,8	616 – 704	1,6 - 1,9
Inconel 625	170 – 240	8,4	1428 – 2016	3,8 - 5,4
Titan(ulegert)	150	4,5	675	1,8

(1988-priser)

### 6Mo/254SMO

Dette er et austenittisk rustfritt stål, som på grunn av sitt høye innhold av molybden har en god motstand mot pitting og spaltekorrosjon. 6Mo ble framstilt for bruk i sjøvannsmiljøer, og har også vist seg motstandsdyktig mot generell korrosjon.

Innhold i 6Mo; C 0,01%, Cr 20%, Ni 18%, Mo 6,2%, N 0,20% + noe Cu

Kopperen gjør at 6Mo tåler bedre enkelte syrer, men de høye verdiene av krom og molybden har gitt metallet god resistans mot spenningskorrosjonssprekking. På grunn av nitrogen har metallet en høyere mekanisk styrke enn enkelte andre materialer, 6Mo er karakterisert ved sin duktilitet og slagfasthet, like bra som sveisbarhet.

Det bør ikke være ”slipende” kontakt med kopper/messing komponenter i framstillingsprosessen. Hvis disse substansene er til stede i metallisk form på overflaten, kan de lage overflatesprekker i sammenheng med sveising, varmedeformasjon og varmebehandling.

En av grunnene til at det blir brukt så mye 6Mo på plattformer er at metallet er resistent mot spaltekorrosjon i sjøvann, også ved reduserte temperaturer. Det er svært få andre rustfrie stål som innehar denne egenskapen.

AISI 316 og 6MO må ikke brukes i sammen, dette er fordi 6MO vil virke som en katode og vil bli tært vekk av AISI 316. Dette er lite gunstig, fordi 6MO er mye mer motstandsdyktig i et offshoremiljø enn det AISI 316 er.

Eksempel: Grafitt pakning med AISI 316 innlegg installert i 6mo rørsystem har skapt store korrosjons problemer på Snorre TLP / Veslefrikk plattformene i Nordsjøen.

Verken 6MO eller AISI 316 er akseptable materialer til å bruke i brannvannssystemer. Dette kommer av at det har vært store problemer mhp. spaltekorrosjon og groptæring selv ved relativt lave temperaturer. Mange av spaltekorrosjonsproblemene skyldes bruk av feil pakninger og mangelfull tiltrekking av flenser. Korrosjonsskadene har oppstått etter relativt korttidsbruk.

**Kilde: Avesta 254 SMO UNS 31254 (information 9150; supersedes inf. 9051)**

## Titan

Titan er et forholdsvis nytt konstruksjonsmateriale. Noen av grunnene til at det er så pass nytt kan være titans sterke tilknytning til oksygen, men også at Ti danner kjemiske forbindelser med hydrogen, karbon og nitrogen. De viktigste titanmineraler er titanjernstein (ilmenitt –  $\text{FeOTiO}_2$ ) og rutil ( $\text{TiO}_2$ ). Malmen oppredes gjennom knusing, flotasjon og magnetiske/elektrostatiske anrikingsmetoder. Den videre framstilling baseres på Krolls prosess;

- Konsentratet blir tilsatt klor → Titanklorid

- Titanklorid blir redusert med magnesium → magnesiumklorid + svampeformet Ti

Det er veldig viktig at titan-svampen ikke inneholder noe  $\text{TiO}_2$  eller  $\text{TiN}$ , på grunn av at dette kan føre til sprøhet i materialet.

Videre blir den rene titan-svampen smeltet om til støpeblokker, hvor eventuelle legeringer blir tilsatt. Blokkene blir så støpt om til tråd, stenger, rør, plater osv.

Titan er et lett materiale som har en tetthet på  $4,5 \text{ g/cm}^3$ , mens for eksempel stål har en tetthet på  $7,85 \text{ g/cm}^3$ . Re (spesifisert flytegrense ved romtemperatur): 170-480 MPa,  $R_m$ (minimum strekkfasthet): 400-700 MPa. Ved romtemperatur har metallet en hexagonal struktur ( $\alpha$ -struktur), men dersom en øker temperaturen  $833 \text{ }^\circ\text{C}$  går denne over til en kubisk romsentrert struktur, ( $\beta$ -struktur). Titans smeltepunkt er ved  $1672 \text{ }^\circ\text{C}$ , elastitetsmodulen  $E = 105000\text{-}110000 \text{ N/mm}^2$ . Materialet er meget godt egnet mot glass og keramer.

I vanlig(kommersielt) titan finnes det mellom 0,1-0,4 % ”forurensning”. Denne øker metalllets strekkfasthet og flytegrense, men reduserer duktiliteten (seighet).

I luft overtrekkes titan med et oksidbelegg som beskytter metallet mot korrosjon, og dermed blir metallet spesielt motstandsdyktig mot sjøvann og kjemikalier. Dette oksidbelegget kan variere mellom  $\text{TiO}_2$  på overflaten til  $\text{TiO}$  og  $\text{Ti}_3\text{O}_3$  på metallgrenseflaten. I sterkt oksiderende, tørre omgivelser dannes en sprø film som ikke er beskyttende og dermed blir metallet utsatt for korrosjon.

**Kilde: <http://www.its-learning.com/main.aspx> Titan mappen**

Titan grad 1-4 er ren titan, alt fra grad 5 og oppover er legeringer. Ren titan brukes grunnet de gode korrosjonsegenskapene, legeringene brukes på grunn av deres ekstremt gode styrke/vekt forhold.

- Grad 1 Ren titan. Relativt lav styrke og høy strekkbarhet. Brukes mest til plate-varmevekslere.

- Grad 2 Den mest brukte typen av de rene titangradene. Gir den beste kombinasjonen mellom styrke, strekkbarhet og sveiseegenskaper. Brukes mye til rørsystemer.
- Grad 3 Ren titan med høy styrke. brukes til matrise-plater i rør-varmevekslere.
- Grad 5 Den mest brukte titanlegeringen. Utrolig høy styrke. God varmebestandighet. Brukes mye til fly- og undervannsindustrien.
- Grad 7 Overlegne korrosjonsegenskaper i sure og oksyderende miljøer. Mest brukt til kjemisk industri.
- Grad 9 Meget gode styrke og korrosjonsegenskaper. Brukes til hydraulikkør, og i undervannsinstallasjoner.
- Grad 11 Som for gr 7. Velegnet for dyptrekking.
- Grad 12 Bedre varmeegenskaper enn ren titan. Bruksområder som for grad 7 og 11, og dessuten til varmevekslere.

[Kilde: http://www.gmttitanium.com/norsk/titanium.html](http://www.gmttitanium.com/norsk/titanium.html)

Grad 2 er den typen som er mest brukt av de ulegerte titanmaterialene. Denne kvaliteten benyttes mye i sjøvannsførende systemer, varmevekslere og utstyr i kjemisk industri. Grad 2 har  $Re(min) = 280 \text{ MPa}$ ,  $Rm(min) = 340 \text{ MPa}$  og  $max O = 0,25 \%$ .

Denne typen inneholder kun  $\alpha$ -struktur, og er legeringer hvor transformasjonstemperaturen for overgang mellom hexagonal og kubisk romsentrert blir hevet. Disse legeringene oppnår ingen styrkeøkning ved varmebehandling, men oppnår styrkeøkning ved at legeringselementene går i oppløsning.

Metallet har høy styrke/vektforhold som gir små veggtykkelser på rør, lav vekt, og pga høy duktilitet egner metallet seg til kaldbøyning og utkraging av rørender på flens. Dette reduserer antall sveiser og sikrer derved materialkvalitet. Lav elastitetsmodul gir fleksible rørsystemer, men også risiko for vibrasjonsproblemer og tilhørende utmatting.

[Kilde: OLF anbefalte retningslinjer for vannbaserte brannbekjempelsessystemer kap 4.2](#)

## Hastelloy

Hastelloy-rør er ekstremt korrosjonsbestandige, og de anbefales hvor andre rør ikke tåler belastningen. Rørene er laget av en legering bestående av nikkel, krom og molybden som også tåler et sterkt oksiderende miljø.

[Kilde: http://www.teknolab.no/ror.html](http://www.teknolab.no/ror.html)

Hastelloy tåler godt oksidering som for eksempel ledig klor, men og vannholdige løsninger av jern- og kobbersalter. Hastelloy tåler veldig godt syrer som eddiksyre, maursyre, hydroklorisyre, hydrofluorsyre salpetersyre, fosforsyre og sulfuric. Metallet er også resistente mot sink og aluminiumsklorider.

[Kilde: http://www.salemball.com/hastel.htm](http://www.salemball.com/hastel.htm)

Materialene bør bli valg med stort omhu slik at de kan tåle både prosess mediet og prosess betingelsene. For ventiler må materialet også tåle mekanisk stress ved for eksempel rask åpning og stenging.

## KONKLUSJON

Ved å utføre denne oppgaven har vi fått svært god kjennskap til sjøvannssystemer generelt, men spesielt sjøvannssystemet på Kristin.

Vi har gått gjennom krav som blir stilt fra myndighetene i forbindelse med installering av nye system, og komponentene i disse. Kristin tilfredstiller alle krav.

Filterproblematikken (filtermangel i bypass) er et problem som installatør ikke fikk gjort noe med før utskipping til Haltenbanken. Vi har kommet opp med to gode løsninger som kan være en aktuell modifikasjon ved første driftstans, både vi og installatør er godt fornøyde med denne.

Etterhvert som vi har blitt satt inn i problemer som kan oppstå i forhold til materialvalg, spesielt korrosjon, vil vi konkludere med at operatør og installatør har tatt svært gode forholdsregler ved sine valg.

## REFERANSELISTE

### Dokumenter;

- C074-NB-J-RA-5001 SAS Functional specification system 50 seawater system
- C074-NB-J-RA-4701 SAS Functional specification system 47 el. chlorination system
- C074-NP-R-NA-0003 Petreco supplier user manual including operating & maintenance instructions
- C074-KY-R-RA-0007 Mento AS Technical and functional descriptions
- C074-KY-R-DS-0006 Filter data sheet
- Avesta 254 SMO UNS 31254 (information 9150; supersedes inf. 9051)
- OLF anbefalte retningslinjer for vannbaserte brannbekjempelsessystemer kap 4.2
- The AutoFilt RF3 automatic back-flushing filter for prosess technology

### Tegninger;

- Alle P&ID over sjøvannssystemet og elektroklorineringspakken

### Bilder;

- Hydac international

### Bøker;

- Høgåsen, Roar; Prosessteknikk og forståelse
- Næss, Erling & Løvland, Petter; Industriell varmeteknikk; kompendium
- Pettersen, Jostein; Prosesstekniske komponenter; kompendium
- Rystad, Britt & Lauritzen, Odd; Kjemi og miljøkunnskap; utgave 3; NKI forlaget; Bekkestua; 2002

### Internett adresser;

- <http://home.no.net/stianbir/elektrolyse.htm>
- <http://www.biologi.uio.no/plfys/haa/chem/binding.htm>
- <http://www.ptil.no/regelverk/r2002/Aktivitetsforskriften>
- [http://www.ptil.no/regelverk/r2002/Aktivitetsforskriften\\_Veiledning\\_n.htm](http://www.ptil.no/regelverk/r2002/Aktivitetsforskriften_Veiledning_n.htm)
- <http://www.ptil.no/regelverk/r2002/Innretningsforskriften>
- <http://www.olf.no/?6489.doc&langid=3>
- <http://sft.no/publikasjoner/kjemikalier/1774/ta1774.htm>
- <http://www.its-learning.com/main.aspx> Titan mappen
- <http://www.gmttitanium.com/norsk/titanium.html>
- <http://www.teknolab.no/ror.html>
- <http://www.salemball.com/hastel.htm>

## **Aktivitetsforskriften**

### § 42

#### Vedlikehold

Den ansvarlige skal sikre at innretninger eller deler av disse holdes ved like, slik at de er i stand til å utføre sine tiltenkte funksjoner i alle faser av levetiden.

#### Veiledning til § 42

##### Vedlikehold

Med vedlikehold menes kombinasjonen av alle tekniske, administrative og styremessige tiltak som i løpet av levetiden til en enhet har til hensikt å holde enheten i eller føre den tilbake til en tilstand der den kan oppfylle sine tiltenkte funksjoner.

Vedlikeholdet omfatter blant annet aktiviteter som overvåking, inspeksjon, prøving og reparasjon, og det å holde orden.

Med funksjoner menes også sikkerhetsfunksjonene. For disse funksjonene innebærer kravet til vedlikehold at ytelsen skal være ivaretatt til enhver tid, jf. innretningsforskriften § 7 om sikkerhetsfunksjoner.

Med innretninger eller deler av disse menes også midlertidig utstyr.

Med alle faser menes også perioder der innretningen eller deler av denne er midlertidig eller permanent nedstengt.

### § 43

#### Klassifisering

Innretningers systemer og utstyr skal klassifiseres med hensyn til de helse-, miljø- og sikkerhetsmessige konsekvensene av potensielle funksjonsfeil.

For funksjonsfeil som kan føre til alvorlige konsekvenser, skal den ansvarlige identifisere de ulike feilmodiene med tilhørende feilårsaker og feilmekanismer, og anslå feilsannsynligheten for den enkelte feilmodusen.

Klassifiseringen skal legges til grunn ved valg av vedlikeholdsaktiviteter og vedlikeholds-frekvens, og ved prioritering av ulike vedlikeholdsaktiviteter.

### § 44

#### Vedlikeholdsprogram

Feilmodi som utgjør en helse-, miljø- eller sikkerhetsrisiko, jf. § 43 om klassifisering, skal forebygges systematisk ved hjelp av et vedlikeholdsprogram.

I programmet skal det inngå aktiviteter for overvåking av ytelse og teknisk tilstand, som sikrer at feilmodi som er under utvikling eller har intrådt, blir identifisert og korrigert.

Programmet skal også inneholde aktiviteter for overvåking og kontroll av feilmekanismer som kan føre til slike feilmodi.

#### Veiledning til § 44

##### Vedlikeholdsprogram

Vedlikeholdsprogrammet kan bestå av delprogrammer for inspeksjon, prøving, forebyggende vedlikehold og liknende, jf § 42 om vedlikehold.

Kravet til forebygging som nevnt i første ledd, innebærer også at programmene skal foreligge ved oppstart, jf § 18 om oppstart av innretninger andre ledd bokstav b.

Ved utarbeiding av vedlikeholdsprogrammet som nevnt i første ledd, kan standarden NORSOK Z-016, kapittel 8.4. ( se vedlegg) brukes på området helse, arbeidsmiljø og sikkerhet. For aktiviteter som nevnt i andre og tredje ledd, bør følgende brukes på området helse, arbeidsmiljø og sikkerhet:

a) standardene ISO 13702 vedlegg C7 og IEC 61508, og OLFs retningslinje 070 brukes for **sikkerhetssystemer**,

b) **nødavstengingssystemet** verifiseres i henhold til sikkerhetsintegritetsnivåene som er satt ut fra standarden IEC 61508 og OLFs retningslinje 070.

For anlegg som ikke er omfattet av denne standarden og denne retningslinjen (herunder sjøvannssystemet på Kristin), bør funksjonsevne verifiseres ved en fullskala funksjonsprøve minst én gang i året. Prøven bør omfatte alle deler av sikkerhetsfunksjonen, inklusive lukking av ventiler. Prøven bør også omfatte måling av innvendig lekkasje gjennom stengt ventil. Registrering av anleggets eller utstyrets funksjon i situasjoner der funksjonen utløses eller tas i bruk, kan erstatte prøving av anlegget eller utstyret,

#### § 47

Særskilte krav til tilstandskontroll av konstruksjoner og rørledningssystemer

Det skal utføres tilstandskontroll av nye konstruksjoner i løpet av det første bruksåret.

For bærende konstruksjoner av ny type skal det samles inn data i to vintersesonger for å sammenlikne dem med konstruksjonsberegningene, se innretningsforskriften § 16 om instrumentering for overvåking og registrering.

På rørledningssystemer der feilmodi kan utgjøre en miljø- eller sikkerhetsrisiko, jf. § 43 om klassifisering, skal det utføres inspeksjoner for å kartlegge mulig korrosjon av rørveggen. Deler av rørledningssystemet, der liggetilstanden eller andre forhold kan gi høy belastning, skal også kontrolleres.

Den første inspeksjonen skal utføres etter vedlikeholdsprogrammet som nevnt i § 44 om vedlikeholdsprogram, men senest to år etter at systemet er tatt i bruk.

## Innretningsforskriften

### § 7

#### Sikkerhetsfunksjoner

Innretninger skal være utstyrt med nødvendige sikkerhetsfunksjoner som til enhver tid kan

- a) oppdage unormale tilstander,
- b) hindre at unormale tilstander utvikler seg til fare- og ulykkessituasjoner,
- c) begrense skadene ved ulykker.

Det skal fastsettes krav til ytelsen for sikkerhetsfunksjoner.

Status for sikkerhetsfunksjoner skal være tilgjengelig i det sentrale kontrollrommet.

### § 16

#### Instrumentering for overvåking og registrering

Innretninger skal utstyres med nødvendig instrumentering for overvåking og registrering av tilstander og parametere som kan ha betydning for å verifisere resultatene fra analyser og beregninger samt parametere som er av betydning for innretningens integritet.

Innretninger skal i tillegg utstyres med instrumentering for registrering av data om naturforhold som kan ha betydning for petroleumsvirksomheten.

### § 18

#### Oppstart og drift av innretninger

Før innretninger og deler av disse startes opp første gang eller etter tekniske modifikasjoner skal ferdigstillingen som nevnt i § 14 om installering og ferdigstilling, være gjennomført.

Ved oppstart som nevnt i første ledd, og under drift, skal i tillegg

- a) styringssystemet med tilhørende prosesser, ressurser og driftsorganisasjon være etablert,
- b) styrende dokumenter, deriblant tekniske driftsdokumenter, foreligge i oppdatert versjon og være kjent av driftspersonellet.

Den første innretningen av en ny type skal instrumenteres for å samle inn data for å verifisere beregningene. Faste referanseelektroder skal installeres på den første innretningen i områder der korrosjonsforholdene avviker fra områder som en har erfaring med.