

Optimalisere rengjøringsprosess av platevarmevekslere



Bacheloroppgave utført ved Høgskolen Stord/Haugesund avd. Haugesund – Ingeniørfag

Studieretning: Maskin, ”Prosess- og energiteknikk”

Av: Helge Nordal
Alexander Stølås
Heidi Batalden Olsen

Kandidat: 13
Kandidat: 34
Kandidat: 19

BACHELOROPPGAVE

Studentenes navn: Heidi B. Olsen
Helge Nordal
Alexander Stølås

Linje & studieretning Maskin, Prosess- og energiteknikk

Oppgavens tittel: *Optimalisere rengjøringsprosess av
platevarmevekslere*

Oppgavetekst:

I oppgaven skal en undersøke mulighetene for å kunne erstatte eller utbedre dagens rengjøringsprosess, av platevarmevekslerne på FMC Biopolymer. Hensikten er å gjøre renholdet mer kostnadseffektivt og brukervennlig.

Endelig oppgave gitt: Fredag 6. Mars 2015

Innleveringsfrist: Fredag 8. Mai 2015

Intern veileder: Ståle Pettersen – HSH, tlf: 52 70 26 66

Ekstern veileder: Terje Kolbeinsen - FMC Biopolymer, tlf: 971 45 102

Adresse ekstern veileder: Skeisvannsvegen 5B, 5519 Haugesund

**Godkjent av
studieansvarlig:
Dato:**

Brit Jullø
23/4 - 15



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund
Studie for ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

| | | |
|---|----------------------------|---|
| Oppgavens tittel Optimalisere rengjøringsprosess av platevarmevekslere | | Rapportnummer |
| Utført av Helge Nordal Alexander Stølås Heidi Batalden Olsen | | |
| Linje Maskin, "Prosess- og energiteknikk" | | Studieretning Ingeniør |
| Gradering Åpen | Innlevert dato 08.05.15 | Veiledere Intern: Ståle Pettersen Ekstern: Terje Kolbeinsen |

Ekstrakt

Rapporten tar for seg hvordan en kan optimalisere platevarmevekslere og hvilke utfordringer platevarmevekslerne står ovenfor på FMC Biopolymer. Videre beskriver rapporten flere potensielle muligheter, hvor noen anses som mer gunstige enn andre. Arbeidet baserer seg på litteraturstudier, samt bruk av relevant informasjon fra bedrifter med erfaring innenfor rammene til problemstillingen.

Forord

Denne hovedoppgaven er et avslutningsprosjekt for en treårig utdannelse innenfor maskiningeniør ved Høgskolen Stord/Haugesund. Oppgaven har et omfang på 20 studiepoeng hvor meningen er at en skal bruke kunnskaper en har samlet opp gjennom de ulike semestrene. Denne oppgaven baserer seg på kunnskaper fra blant annet "Varme- og strømningslære", "Prosessteknikk I" og "Prosessteknikk II".

Hovedoppgaven fikk vi tildelt av FMC Biopolymer. De ønsket en oppgave som mulig kan gi svar på hvordan en kan optimalisere dagens rengjøringsprosess av platevarmevekslerne.

Oppgaven har vært interessant og lærerik på flere måter. Vi har vært på flere bedriftsbesøk hos FMC Biopolymer, noe som falt godt i smak.

Vi har også erfart at det ikke alltid er like lett å samle relevant informasjon i bøker, på internett og hos eksterne bedrifter.

Vi vil rette en stor takk til:

- Terje Kolbeinsen, ekstern veileder FMC Biopolymer
- Ståle Pettersen, intern veileder Høgskolen Stod/Haugesund

I tillegg vil vi takke:

- Leif Arne Skotterud (ISS), rengjøringsansvarlig av varmevekslerne på FMC Biopolymer
- Fredrik Vangsnes, teknisk sjef ved Scandic Maritim Hotell
- Martin Pihl, Alfa Laval
- Inger Postvoll, skrivesenteret HSH

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|----|
| Forord..... | i |
| Innholdsfortegnelse..... | ii |
| Figurliste | iv |
| Tabelliste | v |
| Sammendrag | vi |
| Ordliste..... | 1 |
| 1 Innledning..... | 2 |
| 1.1 FMC Biopolymer | 2 |
| 1.2 Bakgrunn | 3 |
| 1.3 Målsetting for oppgaven..... | 3 |
| 1.4 Avgrensninger..... | 3 |
| 1.5 Løsningsmetode | 4 |
| 2 Situasjonen | 5 |
| 3 Varmevekslerteori..... | 7 |
| 3.1 Hva er en varmeveksler? | 7 |
| 3.2 Beregningsteori | 8 |
| 3.1 Platevarmeveksler | 11 |
| 3.2 Rørsatsvarmeveksler | 12 |
| 3.5 Sammenligning | 13 |
| 4 Vedlikeholds metoder | 14 |
| 4.1 Dagens metode..... | 14 |
| 4.1.1 1-punkts-leksjon: Rengjøring av vekslere | 15 |
| 4.2 "Clean In Place" - vedlikehold..... | 17 |
| 4.2.1 Tilbakespyling..... | 17 |
| 4.2.2 Valg av pumpe | 21 |
| 4.2.3 Kjemisk vasking | 23 |
| 4.3 Alternative metoder..... | 25 |
| 4.3.1 Elektrisk anti-begroings teknologi | 25 |
| 4.3.2 Overflatemodifikasjon | 26 |
| 4.4 Ultrafiolett stråling | 27 |
| 4.3.1 Ulike typer stråling | 27 |
| 4.3.2 Bruksområder | 28 |
| 4.3.3 UV-stråling i industri..... | 28 |
| 5 Forebyggende tiltak | 29 |



| | |
|--|------|
| 5.1 Filter | 29 |
| 5.1.1 Manuelle filtre | 30 |
| 5.1.2 Automatiske filtre | 30 |
| 5.1.3 Portfilter | 30 |
| 6 Alternative løsninger | 31 |
| 6.1 Lukket sløyfe | 31 |
| 6.2 Hydrosykloner | 37 |
| 6.2.1 Virkemåte | 37 |
| 6.2.2 Anvendelse | 38 |
| 7 Diskusjon | 39 |
| 7.1 Bakgrunn for at noen muligheter anses som mindre gunstige | 39 |
| 7.2 Valg av løsning | 41 |
| 8 Økonomiske betraktninger | 49 |
| 9 Konklusjon | 51 |
| 10 Referanser | 52 |
| Vedlegg I (Informasjon om tilbakespyling fra Graham Engineering Answers) | III |
| Vedlegg II (Utdrag fra rapport mottatt fra Karmøy Kommune) | V |
| Vedlegg III (Kjølevannsdatabaser H1 tilsendt fra FMC Biopolymer) | XV |
| Vedlegg IV (Utdrag av beregninger knyttet til lukket sløyfe) | XVII |
| Vedlegg V (Termorens) | XXXI |
| Vedlegg VI (Filter) | XXXV |
| Vedlegg VII (CIP-tilbud) | XLIV |
| Vedlegg VIII (Alfa Laval CIP) | LIII |

Figurliste

| | |
|--|----|
| Figur 1: Tarehøsting. Hentet fra: http://www.stortare.no/ | 2 |
| Figur 2: Rør fra FMC Biopolymer som er merket med innhold. Lilla etikett indikerer «prosess», mens grønn etikett henviser til «Vormedalsvann». Fotograf: Heidi B. Olsen | 5 |
| Figur 3: Skisse av oppsettet av platevarmevekslerne på H1. Tilsendt fra Terje Kolbeinsen (FMC)..... | 6 |
| Figur 4: Typisk forurensning som oppstår i platevarmevekslerne på FMC, består av organisk materiale som eksempelvis små blader og biofilm. Fotograf: Heidi B. Olsen | 6 |
| Figur 5: Medstrømsarrangement. Hentet fra http://hist-materialer-og-energi.wikispaces.com/Varmeveksler | 7 |
| Figur 6: Motstrømsarrangement. Hentet fra http://hist-materialer-og-energi.wikispaces.com/Varmeveksler | 7 |
| Figur 7: Typisk strømningsmønster til en platevarmeveksler. Hentet fra http://www.wermac.org/equipment/plateheatexchanger.html | 8 |
| Figur 8: Medstrøm med graf. Hentet fra http://ansatte.hin.no/brs/fag/emner/tdyn/docs/vv/varmevekslere.html | 9 |
| Figur 9: Motstrøm med graf. Hentet fra http://ansatte.hin.no/brs/fag/emner/tdyn/docs/vv/varmevekslere.html | 10 |
| Figur 10: Platevarmeveksler. Hentet fra http://www.directindustry.com/prod/ciat/gasketed-plate-heat-exchanger-commercial-industrial-8605-413522.html | 11 |
| Figur 11: Rørsatsvarmeveksler. Hentet fra http://www.askro.no/tl_files/askro/bilder/veksler_0027-k.JPG | 12 |
| Figur 12: Varmeveksler med hydrauliske presser. Fotograf: Heidi B. Olsen | 15 |
| Figur 13: Spyling av plater i en varmeveksler. Fotograf: Heidi B. Olsen | 15 |
| Figur 14: Illustrasjon over hvordan tilbakespyling av kjølevannssiden fungerer. Illustrasjon 1 viser volumstrømsretning under normal produksjon, mens illustrasjon 2 viser hvordan volumstrømsretningen vil være under tilbakespyling. Hentet fra: http://handbooks.swep.net/RefrigerantHandbook/chapter_01/Pages/1-6-Co--versus-Counter-Current-Flow.aspx | 17 |
| Figur 15: Rørtverrsnitt. Hentet fra: <i>Generell fysikk for universiteter og høyskoler, Bind 2 Varmelære og elektromagnetisme.</i> | 18 |
| Figur 16: Ulike pumpetyperes omtrentlige arbeidsområder og spesifikke turtall. Hentet fra: Energi teknikk, 1993 | 22 |
| Figur 17: Illustrasjon av oppsett ved EAF metoden. Hentet fra: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735193397000638 | 25 |
| Figur 18: Illustrasjon av hva som skjer i prosessen. Hentet fra: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735193397000638 | 26 |
| Figur 19: 3 typer UV-stråling. Jo kortere frekvens, desto mer energi. Hentet fra http://www.nrpa.no/fakta/90114/hva-er-uv-straaling | 27 |
| Figur 20: Plassering av portfilter. Hentet fra: http://www.spx.com/en/apv/downloads/data-sheets/ | 30 |
| Figur 21: Tiltenkt lukket sløyfe (blå linje illustrer kjølerør). Hentet fra: http://kart.gulesider.no/ . Redigert av Helge Nordal..... | 31 |
| Figur 22: Hastighets- og temperaturprofilen ut fra et grensesjikt. Hentet fra: <i>Generell fysikk for universiteter og høyskoler, Bind 2 Varmelære og elektromagnetisme</i> | 32 |
| Figur 23: Grovestimat av rørlengde. Hentet fra: http://kart.gulesider.no/ | 34 |
| Figur 24: Effekt av sjøvannskjøling i januar og august ved bruk av DN150 i AISI316, samt ved å benytte aluminium i august. | 35 |



| | |
|--|----|
| Figur 25:Kjøleeffekten i august måned ved å regulere rørdimensjon. | 36 |
| Figur 26:Kjøleeffekten i januar måned ved å regulere rørdimensjon. | 36 |
| Figur 27: Hydrosyklon. Hentet fra http://www.backyardaquaponics.com/forum/viewtopic.php?f=8&t=6419 | 37 |
| Figur 28: Hydrosykloner i industrien. Hentet fra http://www.xkjsb.com/Waterpower_Cyclone_Separator.htm | 38 |
| Figur 29: Svart pil illustrer plassering av filter. | 48 |

Tabelliste

| | |
|---|----|
| Tabell 1: Symbol-, definisjon- og enhetsoversikt..... | 9 |
| Tabell 2: Fordeler og ulemper med platevarmeveksler | 11 |
| Tabell 3: Fordeler og ulemper med rørveksler | 12 |
| Tabell 4: Sammenligning av varmevekslere | 13 |
| Tabell 5: Sammenligning av UVC-stråling og kjemikalier. | 28 |
| Tabell 6: Enhetskostnader ved plate- og rørstatsvarmeveksler | 40 |
| Tabell 7: Kjemiske løsninger | 42 |
| Tabell 8: Sammenligning av filter, kjemisk vasking og tilbakespyling..... | 44 |
| Tabell 9: Sammenligning av ulike anbefalte filtre. | 46 |
| Tabell 10: Sammenligning av de anbefalte CIP-systemene. | 46 |
| Tabell 11: Fordeler og ulemper med stasjonært og mobilt system..... | 47 |

Sammendrag

Denne rapporten har omhandlet temaet rundt hvordan en kan optimalisere rengjøringsprosessen av platevarmevekslere og hvilke utfordringer platevarmevekslerne står ovenfor hos FMC Biopolymer. I produksjonen brukes både sjøvann og ferskvann til å kjøle ned alginat, noe som resulterer i forekomst av organisk materiale og biofilm i platevarmevekslerne. Denne forekomsten fører til et stort behov for vedlikeholdsarbeid. Oppgaven ble gitt på grunnlag av at dagens rengjøringsmetode av platevarmevekslerne blir sett på som svært tidkrevende og lite kostnadseffektivt.

Hensikten med denne oppgaven ble dermed å utarbeide et mulighetsstudie av ulike rengjøringsmetoder, i håp om å kunne erstatte dagens prosedyre. Rapporten tar for seg både alternative vedlikeholdsmetoder av platevarmevekslere, samt forebyggende tiltak som kan resultere i redusert forekomst av organisk materiale.

Opgavens konkluderende del henviser til en mulig løsning som kan erstatte dagens rengjøringsmetode, for å kunne gjøre den mer kostnadseffektiv og brukervennlig. Bakgrunnen for konklusjonen fremkommer av en drøftingsdel, som baserer seg på litteraturstudier samt kontakt med bedrifter med erfaring innenfor rammene til problemstillingen.

Ordliste

| Forkortelse | Forklaring |
|--------------------|--|
| Agitasjon | Bevegelse, uro |
| Akkumulasjon | Oppsamling, opphoping |
| APV | Leverandør av varmevekslere for FMC Biopolymer |
| Backwash | Reversering av strømningsretningen |
| Bypass | Skjer ved at en varmeveksler blir koblet ut ved for eksempel rengjøring. Prosessen vil gå som normalt, men med en varmeveksler mindre i drift. |
| CIP | Clean in Place |
| Deformasjon | Endring i form som er forårsaket av en tilført kraft. En deformasjon kan være plastisk, elastisk eller begge deler |
| HMS | Helse, miljø og sikkerhet |
| Implantasjon | Her: innsetting av ionstråling |
| Induksjon | En metode for å generere spenning ved bruk av et magnetfelt |
| Indusere | Lede, føre inn, frembringe |
| Ion | Elektrisk ladd atom |
| Konduksjon | Overføring av varme |
| Konveksjon | Varmestrømning (forflytning av stoffer/væske) |
| Manetron | Type overflatebehandling av plater |
| Oscillere | Svinge, bevege seg frem og tilbake |
| Solenoid | Sylindrisk, tettviklet spole som brukes som elektromagnet |
| Sputtering | Type overflatebehandling av plater |
| UV | Ultrafiolett |

1 Innledning

1.1 FMC Biopolymer

FMC Biopolymer leverer naturlige ingredienser globalt, hvor ingrediensene kan brukes i mat, biomedisin og farmasøytiske produkter. Firmaet har i over 65 år drevet forskning og utvikling av produkter fra stortare (figur 1) på et internasjonalt nivå. FMC i Norge ligger under FMC Corporation. Landbruks-, industri-, miljø- og forbrukermarkedet mottar ulike produkter fra FMC Corporation. Firmaet hadde en omsetning på ca. 3,4 milliarder dollar i 2011. I hele verden er det 5500 ansatte i selskapet som opererer innen tre segmenter: spesialkjemikalier, landbruksprodukter og industrikjemikalier.

FMC har to avdelinger i Norge. Man finner en fabrikk på Vormedal i Karmøy kommune som produserer alginat fra tang og tare, mens den andre forretningsenheten befinner seg i Sandvika vest for Oslo. Forretningsenheten kalles Nova Matrix og her produseres biomedisinske produkter som baserer seg på alginat og andre biopolymerer (FMC, 2013).



Figur 1: Tarehøsting. Hentet fra: <http://www.stortare.no/>

1.2 Bakgrunn

FMC Biopolymer har platevarmevekslere hvor både sjøvann og ferskvann brukes som kjølemedium. Når en bruker sjøvann eller ferskvann som kjølemedium, vil en få tilkomst av organisk materiale som for eksempel reker, ål, småfisk, blader og lignende i kjølesystemet. Selv om kjølevannet går gjennom en 4 mm perforert plate som er installert før varmevekslerne, vil tilkomsten av organisk materiale likevel være stor. Dette medfører dårlig varmeovergangstall i varmevekslerne og en nødvendig daglig renseprosess. En slik renseprosess tar mye tid på grunn av det teknisk krevende arbeidet, der en må skru varmeveksleren fra hverandre og deretter spyle hver eneste plate før en kan montere den sammen igjen. Det er derfor ønskelig for FMC Biopolymer å se etter nye metoder for å optimalisere rengjøringsprosessen av platevarmevekslerne. Dette kan gjøres gjennom mulige oppgraderinger av renseprosessen eller ved bruk av andre løsninger som kan rense kjølemediet før det kommer inn på platevarmevekslerne.

1.3 Målsetting for oppgaven

Hensikten med denne oppgaven er å presentere ulike alternative vedlikeholdsmetoder av platevarmevekslerne hos FMC Biopolymer, samt forebyggende tiltak som kan erstatte dagens metode. Målsetningen er å anbefale en mer kostnadseffektiv og brukervennlig rengjøringsprosess enn den som blir foretatt i dag.

1.4 Avgrensninger

Rapporten har systemgrense fra når kjølevannet blir pumpet inn i kjølesystemet, og til mediet forlater varmevekslerne. Det fokuseres ikke på den organiske filmen som oppstår på prosess-siden, ettersom denne problemstillingen blir løst ved å tilsette LUT i prosessen. Begrensningen er blitt foretatt for å skape orden og struktur i rapporten, slik at leseren konsekvent har oversikt over det faglige en blir presentert for.

1.5 Løsningsmetode

Det har ikke blitt gjort noen tidligere studier relatert til problemstillingen, som er tilgjengelig fra FMC Biopolymer. Oppgaven vil dermed hovedsakelig basere seg på litteraturstudier, samt bruk av relevant informasjon fra bedrifter med erfaring innenfor rammene til problemstillingen.

2 Situasjonen

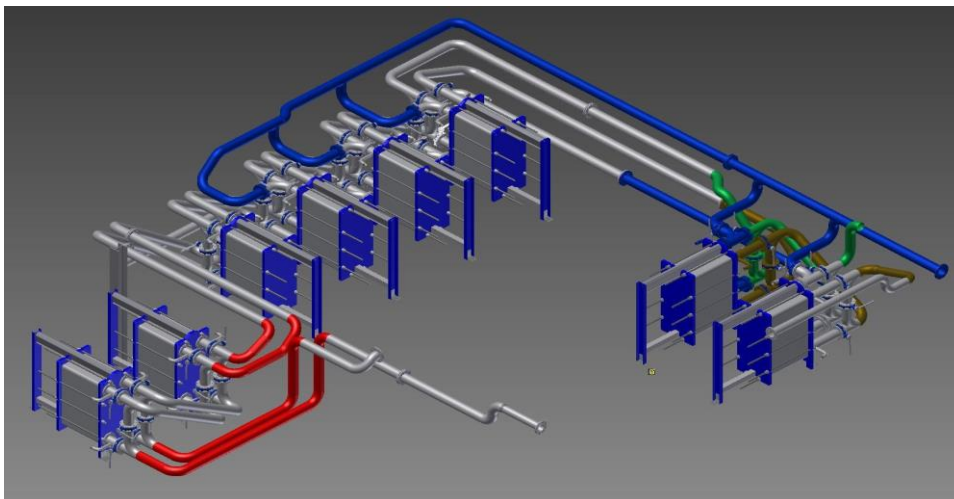
I produksjonen av alginat har FMC Biopolymer to produksjonsavdelinger, H1 og H2. Etter stortaren er høstet, tørket og delt opp i blad og stilk, blir bladene brukt til å produsere alginat på H1, mens stilkene blir tatt i bruk på H2. Hver avdeling har 8 platevarmevekslere som nødvendig verktøy for å kjøle ned satsen, slik at felleprosessen, hvor alginatet tas ut, blir så effektiv som mulig. For en optimal produksjon ønskes det derfor at satsen kjøles ned til 10-12 °C.

Det varierer mellom sjøvann og ferskvann som kjølemedie. Om sommeren brukes sjøvann som kjølemedium på grunn av at ferskvannet ikke er kaldt nok. På vinteren blir ferskvannet tilstrekkelig kaldt og brukes derfor i stedet for sjøvann. Noen av platevarmevekslerne kan bruke både sjøvann og ferskvann, men aldri samtidig. Figur 2 illustrerer rørene på H1, hvor sats og ferskvann strømmer. Dimensjonen på rørene som går inn og ut på platevarmevekslerne er DN150 (Ø168,3x2,0) i AISI 316. H1 har en prosesstrøm på ca. 125 m³/t og en kjølestrøm på ca. 180 m³/t. H2 har tilsvarende prosesstrøm, men her ligger kjølestrømmen på ca. 235 m³/t.



Figur 2: Rør fra FMC Biopolymer som er merket med innhold. Lilla etikett indikerer «prosess», mens grønn etikett henviser til «Vormedalsvann». Fotograf: Heidi B. Olsen

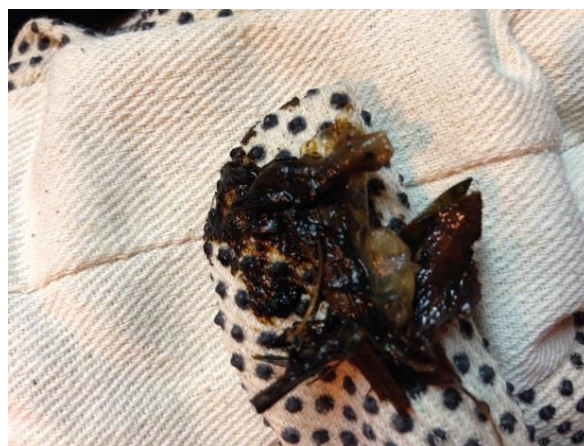
Figur 3 illustrerer hvordan platevarmevekslerne er plassert i produksjonsavdelingen H1. Her strømmer sjøvann (blå rør), ferskvann (grønne rør) og sats (brune rør) inn fra høyre på den første veksleren i rekken. Kjøleprosessen skjer trinnvis hvor prosess og kjølevæske går inn på første platevarmeveksler og deretter inn på neste i rekken. Når rengjøring blir nødvendig kan den aktuelle platevarmeveksleren kobles ut ("bypasses"). Prosessen går dermed videre som normalt, men med en varmeveksler mindre.



Figur 3: Skisse av oppsettet av platevarmevekslerne på H1. Tilsendt fra Terje Kolbeinsen (FMC).

Som nevnt tidligere blir sjøvann hentet inn på ca. 50 meters dyp i Karmsundet, mens ferskvannet kommer fra Vormedalsvannet. Når sjøvann og ferskvann suges inn følger mange uønskede partikler inn i rørene, både organiske og uorganiske. FMC Biopolymer har allerede gjennomført noen tiltak for å stoppe uønskede partikler inn på platevarmevekslerne. På sjøvannssiden er det satt opp et grovfilter som stopper de største partiklene som små greiner, fisk og lignende. På ferskvannssiden ble det tidligere gjort et forsøk ved bruk av 3 filtre, men disse fungerte svært dårlig i praksis, ettersom de raskt ble tettet igjen. Den nye løsningen er kun et grovfilter ved inntaket med hull på 10 cm.

Selv om de største partiklene blir stoppet av grovfiltrene, blir likevel mye av det organiske materiale med inn i platevarmevekslerne. Etter en viss produksjonsperiode blir platene begrodd av organisk film samt tilstoppet av blant annet små blader og lignende, som vist i figur 4. Dette medfører at varmeovergangen mellom sats og kjølemiddel blir mindre effektiv og at produksjonen av alginat ikke blir optimal.



Figur 4: Typisk forurensning som oppstår i platevarmevekslerne på FMC, består av organisk materiale som eksempelvis små blader og biofilm. Fotograf: Heidi B. Olsen

3 Varmevekslerteori

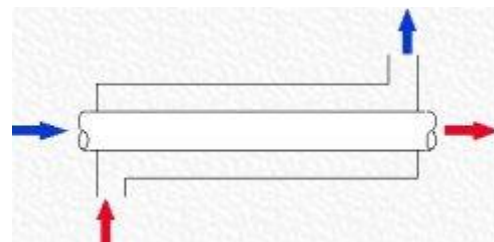
3.1 Hva er en varmeveksler?

En varmeveksler er en innretning som muliggjør varmeoverføring mellom to gass- eller væskestrømmer som har ulik temperatur. Prinsippet går ut på at en fører den ene strømmen gjennom ett eller flere parallelle rør som igjen blir omringet av den andre strømmen på langs og på tvers. Dette foregår uten at fluidene blander seg. For å oppnå god varmeutveksling bør strømmingene være turbulente. Dersom fluidene ikke er blandbare, kan man tillate dem å strømme forbi hverandre i direkte kontakt. Et eksempel på dette kan være gass som bobler gjennom en væske.

Varmevekslere kan brukes i alle typer industri, i klimaanlegg og for å kjøle ned forbrenningsmotorer (Grøn, Ø. 2009).

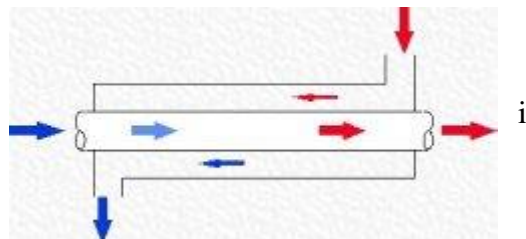
Man har flere typer strømningsarrangement i varmevekslere. Nedenfor ser man figurer som illustrerer medstrøm- og motstrømsprinsippet.

Som vist i figur 5 ser man medstrømsprinsippet. Bildet illustrerer en rørvarmeveksler hvor begge strømmingene blir ført inn fra samme enden av de to rørene.



Figur 5: Medstrømsarrangement. Hentet fra <http://hist-materialer-og-energi.wikispaces.com/Varmeveksler>

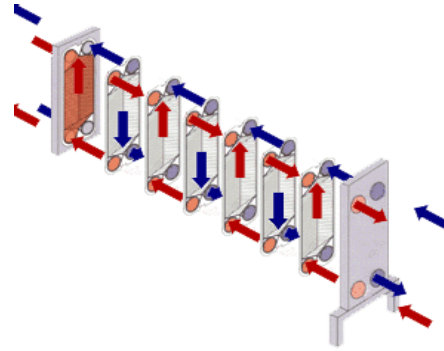
Imotsetning til medstrømsprinsippet blir ikke begge strømmingene ført inn fra samme enden et motstrøms arrangement. Som figur 6 illustrerer, kan en se at disse prinsippene er omvendt av hverandre.



Figur 6: Motstrømsarrangement. Hentet fra <http://hist-materialer-og-energi.wikispaces.com/Varmeveksler>

Figuren til høyre viser et typisk strømningsmønster for en platevarmeveksler. Selv om man har to ulike strømmer, vil ikke disse blande seg.

Formler for overført varme og gjennomsnittlig logaritmisk temperaturdifferanse er like for medstrøms- og motstrømsvarmevekslere (se kapittel 3.2). Generelt kan man si at motstrømsarrangement gir mindre heteflate enn medstrøms arrangement. I praksis ønsker en derfor å oppnå et motstrømsarrangement dersom en ikke møter hindringer (Lund, 2010).



Figur 7: Typisk strømningsmønster til en platevarmeveksler. Hentet fra <http://www.wermac.org/equipment/plateheatexchanger.html>

3.2 Beregningsteori

Det finnes tre grunnleggende ligninger når en skal regne på varmevekslere.

1. Varmebalanse med varmt medium

$$\phi = c_1 \cdot (T_{1,inn} - T_{1,ut})$$

2. Varmebalanse med kaldt medium

$$\phi = c_2 \cdot (T_{2,ut} - T_{2,inn})$$

3. Varmebalanse med varmt og kaldt medium

$$\phi = UA \cdot \Delta T_{lm}$$

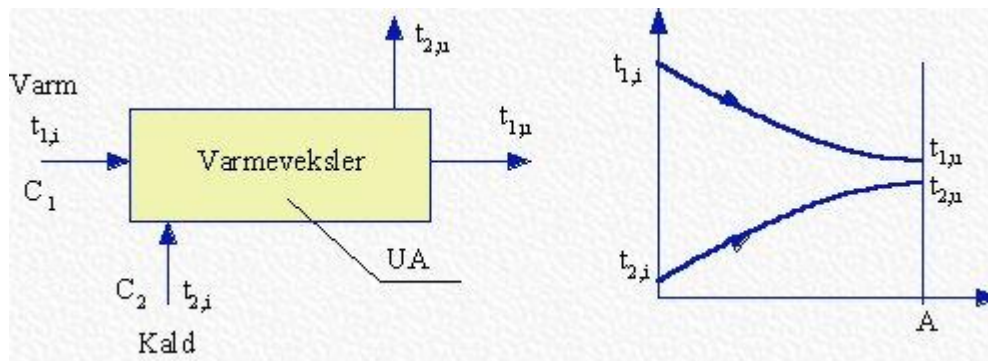
Logaritmisk temperaturdifferanse kan regnes ut ved hjelp av denne formelen:

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\log\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

Tabell 1: Symbol-, definisjon- og enhetsoversikt.

| Symbol | Definisjon | Enhet |
|-----------------|--|-----------|
| ϕ | Varmemengde (effekt) | W |
| c | Varmekapasitet | kJ/kgK |
| T | Temperatur | K |
| U | Varmeovergangskoeffisient | W/m^2K |
| A | Areal | m^2 |
| ΔT_{lm} | Logaritmisk middeltemperaturdifferanse | Enhetsløs |
| ΔT | Temperaturdifferanse | K |

Figur 8 og 9 viser hvordan en kommer fram til de ulike temperaturdifferansene.



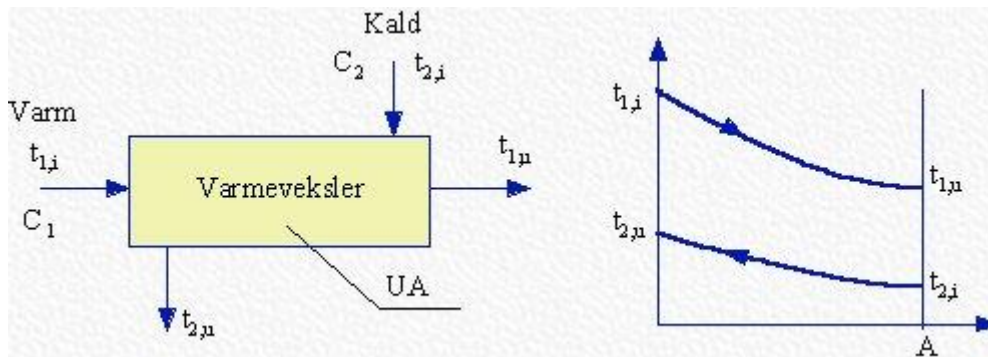
Figur 8: Medstrøm med graf. Hentet fra <http://ansatte.hin.no/brs/fag/emner/tdvn/docs/vv/varmevekslere.html>

Figur 8 viser medstrømsvarmeveksler med grafisk framstilling av temperaturer. Grafen illustrerer hvordan temperaturene til fluidene forandrer seg. En kan se at temperaturdifferansene kan skrives som:

$$\Delta T_1 = T_{1,inn} - T_{2,inn}$$

$$\Delta T_2 = T_{1,ut} - T_{2,ut}$$

Figur 9 viser motstrømsvarmeveksler med grafisk framstilling av temperaturer. Slik som i figur 8 viser også denne grafen hvordan temperaturene endrer seg. Temperaturdifferansen får et annet uttrykk enn vist i medstrømsveksleren (Sørensen, B.R).



Figur 9: Motstrøm med graf. Hentet fra <http://ansatte.hin.no/brs/fag/emner/tdyn/docs/vv/varmevekslere.html>

$$\Delta T_1 = T_{1,inn} - T_{2,ut}$$

$$\Delta T_2 = T_{1,ut} - T_{2,inn}$$

Av varmevekslere som er aktuelle for denne oppgaven finner vi to hovedgrupper, nemlig plate- og rørsatsvarmeveksler. Nedenfor finner man en beskrivelse av de to typene, både fordeler og ulemper. Dette kapitlet henviser til "Prosjektering av prosessanlegg for olje og gass" (kompendiet i Prosessteknikk II, fag ved Høgskolen Stord/ Haugesund).

3.1 Platevarmeveksler

Platevarmeveksleren består av flere metallplater og har åpning i hjørnene, se figur 10. Platene monteres mellom to rammer. Hensikten med rammene er at de skal holde platene sammen. Det er ulik utforming på overflaten på platene, da de kan være rette eller ha kuleformede forhøyninger. Kritisk Reynoldstall er omtrent fra 10 til 400, avhengig av geometrien. Dette gir både svært høy turbulensgrad og gode varmeovergangstall. Mediene kan enten være med- eller motstrøms. Maksimalt arbeidstrykk vil være fra 6 til 21 bar, avhengig av rammestyrke, pakninger og platenes motstand mot deformasjon. Det vil normalt være pakningene som avgjør hvilken temperatur som kan benyttes.



Figur 10: Platevarmeveksler. Hentet fra <http://www.directindustry.com/prod/ciat/gasketed-plate-heat-exchanger-commercial-industrial-8605-413522.html>

Tabell 2: Fordeler og ulemper med platevarmeveksler

| Fordeler | Ulemper |
|---|--|
| Evne til å eksponere væske over en stor overflate | Potensiale for lekkasje |
| Temperaturen forandrer seg mer effektivt i en kortere tidsperiode | Dersom lite vedlikehold vil platene ruste og svekkes på grunn av den lange pakningen som holder platene sammen |
| Økonomiske dersom små vekslere | Rask trykkforandring fører til temperatursynking → mer strøm og dermed større kostnader ved bruk av elektrisitet |
| Enkel installasjon på grunn av design | |

3.2 Rørsatsvarmeveksler

Den mest anvendte varmeveksleren er rørsatsvarmeveksleren, se figur 11. Denne består av en rørbunt som er plassert i en trykktank. Typen er robust og relativt kompakt og egner seg derfor for store arealer. Rørsatsvarmeveksleren er ikke alltid det billigste alternativet for en bestemt prosess, men dersom man har et trykk som er høyere enn 21 bar og en temperatur over 260°C er rørsatsveksleren ofte den eneste typen som kan benyttes. Det oppstår best varmeovergang når ytterstrømmen går 90° på rørene. Det er ledeplatene i trykktanken som bestemmer strømningsmønsteret til ytterstrømmen.



Figur 11: Rørsatsvarmeveksler. Hentet fra http://www.askro.no/tl_files/askro/bilder/veksler_0027-k.JPG

Tabell 3: Fordeler og ulemper med rørveksler

| Fordeler | Ulemper |
|--|--|
| Billigere enn platevarmeveksler | Varmeoverføringseffektiviteten er mindre enn platevarmeveksleren |
| Brukes i systemer med høye trykk og temperaturer | Rengjøring og vedlikehold er mer avansert |
| Kan bruke offeranoder for å beskytte kjølesystemet mot korrosjon | Krever mer plass i forhold til platevarmeveksleren |

(Froz, 2013).

3.5 Sammenligning

Når en skal foreta et valg av type varmeveksler er det flere punkter en bør vurdere (Høgskolen i Sør-Trøndelag u.å.):

- Trykknivå/trykktap
- Temperaturnivå
- Fluidegenskaper (gass, væske, varmeovergang, beleggdannelse, materialvalg)
- Sikkerhetskrav
- Strømmens størrelse
- Korrosjonsforhold: saltvann, ferskvann, pH, organiske væsker
- Økonomi

Tabell 4: Sammenligning av varmevekslere

| | Platevarmeveksler | Rørsatsvarmeveksler |
|-----------------|---|--|
| <i>Fordeler</i> | <p>Evne til å eksponere væske over en stor overflate.</p> <p>Temperaturen forandrer seg mer effektivt i en kortere tidsperiode.</p> <p>Økonomiske dersom små veksler.</p> <p>Enkel installasjon på grunn av design.</p> | <p>Billigere enn platevarmeveksleren.</p> <p>Brukes i systemer med høye trykk og temperaturer.</p> <p>Kan bruke offeranoder for å beskytte kjølesystemet mot korrosjon.</p> |
| <i>Ulemper</i> | <p>Potensiale for lekkasje.</p> <p>Dersom lite vedlikehold vil platene ruste og svekkes på grunn av den lange pakningen som holder platene sammen.</p> <p>Rask trykkforandring fører til temperatursynking → mer strøm og dermed større kostnader ved bruk av elektrisitet.</p> | <p>Varmeoverførings-effektiviteten er mindre enn platevarmeveksleren.</p> <p>Rengjøring og vedlikehold er mer avansert.</p> <p>Krever mer plass i forhold til platevarmeveksleren.</p> |

4 Vedlikeholds metoder

Som nevnt tidligere i rapporten er det høye kostnader relatert til vedlikehold av varmevekslere. FMC Biopolymer foretar vedlikehold først når varmeovergangstallet til platevarmevekslerne er for lavt. Behovet for vedlikehold varierer med årstidene, hvor en har hyppigst vedlikehold om sommeren. Bakgrunnen for dette er at dyre- og plantelivet er størst om sommeren på grunn av varme og sollys.

Det er vanlig å skille mellom graden av vedlikehold en skal foreta, enten om det er ved å tilsette kjemikalier, foreta "på plassen" rengjøring eller om en fysisk må inn i varmeveksleren for å fjerne organismer og andre typer hindringer. Forskjellen i tidsbruken av de ulike vedlikeholdsmetodene varierer. Den fysiske metoden anses som minst kostnadseffektiv, men samtidig mest krevende. En fordel vil dermed være å styre unna mekanisk vedlikehold dersom det er praktisk mulig.

4.1 Dagens metode

Per dags dato foretas vedlikeholdet av platevarmevekslerne på FMC Biopolymer ved at en demonterer hele varmeveksleren. Størrelsen på platevarmevekslerne til produksjonen varierer henholdsvis fra 372 plater og oppover. Først blir de to rammene som holder platene på plass skrudd løs. Deretter må en rengjøre begge sidene på hver respektive plate ved spyling og eventuelt skrubbe med en børste. Børsten bør være av nylon eller annet skånsomt materiale som ikke kan komme pakninger og plater til skade. Dersom det finnes belegg av organisk materiale som for eksempel biofilm og lignende, kan en anvende kjemikalier oppløst i vann (se kapittel 4.2.3).

Etter rengjøring må en montere sammen ytterrammene igjen. Det er viktig at platene og rammene blir skrudd fast med rett moment og i riktig rekkefølge, slik at pakningene ikke kommer til skade.

Ifølge Terje Kolbeinsen fra FMC Biopolymer kan vedlikeholdet på det hyppigste være en platevarmeveksler til dagen, noe som grovt estimert tilsvarer 8 timers arbeid, altså en vanlig arbeidsdag.

4.1. 1 1-punkts-leksjon: Rengjøring av vekslere

1. Skiftleder ”bypasser” vekslere som skal spyles og operatør drenerer 4 ventiler før veksleren åpnes (to oppe og to nede). Utstyret, som er lagret i egen aluminiums boks, rigges på plass og gjøres klar til å løse bolter på vekslere. Veksleren kontrollmåles. Rett mål er: 90 cm for H1 vekslere og 98 cm for H2 vekslere.
2. Det monteres to hydrauliske presser (se figur 12), en på øverste aksling og en nederste på motsatt side, dette for å unngå vridning av platene.
3. Skru på de todelte mutterne til pressene med lik avstand til gjengeendene, før veksler presses sammen for å løsne boltene, med trykk opp til ca. 400 bar. Når boltene til veksleren er løse, åpnes disse med reimen til pressene litt av gangen. (De to øverste og de to nederste boltene tas av). Dette gjøres ved at en drar mutter rundt med reimen et par cm ut på hver side før en slipper presset. Juster ut mutterne til pressen et par cm til og gjenta denne syklusen til det ikke er mer press på veksleren. Husk å løsne alle boltene til veksleren under hver syklus.



Figur 12: Varmevexler med hydrauliske presser. Fotograf: Heidi B. Olsen



Figur 13: Spyling av plater i en varmevexler. Fotograf: Heidi B. Olsen

Når veksleren er åpnet ca. 5 cm, kan to bolter på hver side tas av. Det er viktig at veksleren åpnes bent for å unngå at boltene kommer i spenn.

4. Ta av alle boltene, 3 på hver side + 2 oppe og 2 under, til sammen 10. Start spyling av platene på begge sider til de er rene (se figur 13). Ikke bruk for høyt vanntrykk, da pakningene kan løsne. Sjekk at alle pakninger er på plass.
5. Dra over alle platene til andre siden, kontroller pakningene og start montering av vekslerne igjen. Sett på to bolter først, skru mutterne manuelt inn til ca. 24 cm av bolten er fri. Monter deretter pressene og de delte mutterne. Kjør mutterne inn til det gjenstår ca. 4-5 cm. Monter de resterende bolter og fortsett trekkingen til de respektive mål, 90 og 98 cm. Ettetrekking foretas med fastnøkler. Husk kontrollmåling. Varsle skiftleder for å sette inn igjen veksleren i produksjon.
(Andersen, S.H, FMC, 2007)

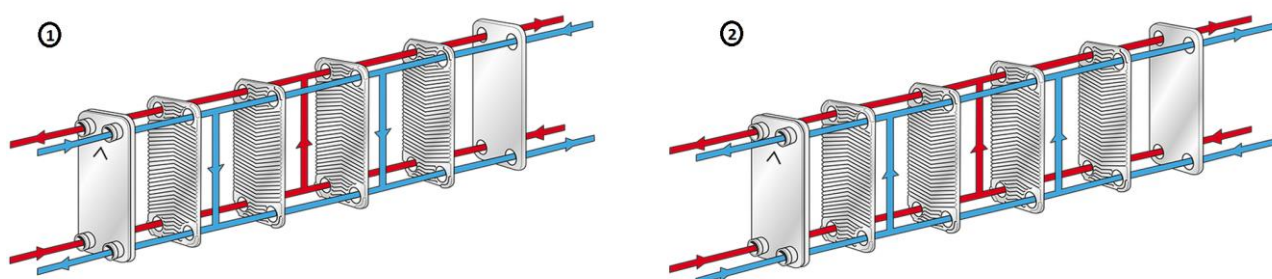
4.2 "Clean In Place" - vedlikehold

"Clean in place"-vedlikehold er som navnet tilsier, en "på plassen" vedlikeholdsmetode. Det betyr at vedlikeholdet blir utført uten behov for demontering av platevarmevekslerne, noe som tidligere nevnt er svært tidkrevende. Dersom det er praktisk mulig med en CIP-løsning, vil tidsbruken for vedlikeholdet reduseres og en vil få en mer kostnadseffektiv prosedyre. Ifølge informasjon hentet fra litteratur og ulike lokale bedriftsbesøk, ønskes det å se nærmere på alternative CIP-metoder, som kan være aktuelle kandidater til en mulig fremtidig løsning av problemstillingen.

Det er flere leverandører av CIP-systemer på markedet i dag. En har gjerne enten et mobilt system eller et system som er stasjonært og alltid tilkoblet, som gjerne blir styrt elektronisk. Aktuelle CIP-løsninger for systemet til FMC kan være et såkalt tilbakespylingssystem, kjemisk vasking eller en kombinasjon av disse to metodene.

4.2.1 Tilbakespyling

Tilbakespyling eller "backwash" vedlikehold betyr reversering av strømningsretningen i varmeveksleren (som illustrert i figur 14) over en kort tidsperiode for å spyle ut akkumulert forurensning fra varmeveksleren. Typisk kobles en pumpe til kjølesystem via en tilbakespylingsventil i rørene, for å kunne reversere strømmingen. For at en skal kunne oppnå en effektiv tilbakespyling, må en ifølge Pål Ørke¹, tilstrebe og få en turbulent volumstrøm slik at en får "løftet" med seg partikler ut av systemet.

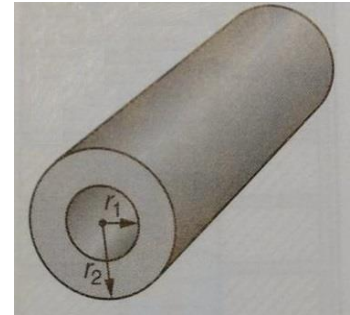


Figur 14: Illustrasjon over hvordan tilbakespyling av kjølevannssiden fungerer. Illustrasjon 1 viser volumstrømsretning under normal produksjon, mens illustrasjon 2 viser hvordan volumstrømsretningen vil være under tilbakespyling. Hentet fra: http://handbooks.swep.net/RefrigerantHandbook/chapter_01/Pages/1-6-Co--versus-Counter-Current-Flow.aspx

¹ Pål Ørke, Markedsdirektør IKM. E-post 13.03.2015

Ifølge "Graham Engineering Answers", som er et verdens kjent design- og produksjonsselskap av blant annet varmevekslere, må tilbakespylingen av platevarmevekslere foretas med en hastighet som er 50 % større enn normal hastighet av produksjonsstrøm (se vedlegg I).

Ut ifra rørddata mottatt av Terje Kolbeinsen ved FMC, er alle rørene som går inn på varmevekslerne av typen DN150 (ø168,3x2,0). For å enklere forstå beregningene under, kan en betrakte figur 15.



Figur 15: Rørtverrsnitt. Hentet fra: *Generell fysikk for universiteter og høyskoler, Bind 2 Varmelære og elektromagnetisme.*

DN150 (ø168,3x2,0):

- Ytre radius (r_2) = $\frac{D_{ytre}}{2} = \frac{168,3mm}{2} = 84,15mm$
- Rørtykkelse (t) = 2,0 mm
- Indre radius (r_1) = $r_2 - t = (84,15 - 2)mm = 82,15mm$

Som nevnt i kapittel 2, er normal volumstrøm av kjølevannet i H1 $180 \text{ m}^3/\text{time}$. Ved å benytte sammenhengen mellom volumstrøm (\dot{V}), areal av rørtverrsnitt (A) og hastighet av kjølemediet (v), kan en finne nødvendig volumstrøm for å kunne oppnå en effektiv tilbakespyling.

$$\dot{V} = A \cdot v$$

$$\dot{V} = \pi r_1^2 \cdot v_n \rightarrow v_n = \frac{\dot{V}_n}{\pi r_1^2} = \frac{180 \frac{m^3}{time}}{\pi \left(\frac{82,15}{1000} m \right)^2} = 8490 \frac{m}{time} = 8490 \frac{m}{time} \cdot \frac{time}{60 \cdot 60s} = 2,358 \frac{m}{s} \approx 2,4 \frac{m}{s}$$

$$\dot{V}_t = A \cdot 1,5v_n = \pi r_1^2 \cdot 1,5v_n$$

$$\dot{V}_t = \pi \left(\frac{82,15}{1000} m \right)^2 \cdot 1,5 \cdot 2,4 \frac{m}{s} \approx 0,0763 \frac{m^3}{s} = 0,0763 \frac{m^3}{s} \cdot \frac{60 \cdot 60s}{time} \approx 275 \frac{m^3}{time}$$

$$\dot{V}_t = 275 \frac{m^3}{time} \cdot \frac{(10dm)^3}{60 \text{ min}} \approx 4500 \frac{dm^3}{min} = 4500 \frac{liter}{min}$$

$$\dot{V}_t = A \cdot v_t \rightarrow v_t = \frac{\dot{V}_t}{A} = \frac{0,0763 \frac{m^3}{s}}{\pi \cdot \left(\frac{82,15m}{1000}\right)^2} \equiv 3,5988 \frac{m}{s} \approx \underline{\underline{3,6 \frac{m}{s}}}$$

Som nevnt tidligere ønskes det en turbulent volumstrøm, noe en kan undersøke nærmere ved hjelp av Reynoldstallet.

Reynolds tall

Ved strømning av væsker oppstår det alltid motstandskrefter på grunn av indre friksjon i væsken. Denne friksjonen skyldes motstand mot bevegelse mellom partikler i væsken og væskesjiktet, og er avhengig av væskens viskositet, enten i form av dynamisk eller kinematisk viskositet.

En skiller vanligvis mellom to typer av krefter som opptrer i strømmingen, som følge av væskens treghet eller viskositet. De to vanligste strømmingstypene, laminær eller turbulent strømning, avhenger av om de dominerende kreftene kommer av væskens treghet eller viskositet.

Laminær strømning karakteriseres ved at væskestrømmen er jevn, rolig, regelmessig og strømningslinjene foregår i parallelle sjikt. Strømmingen domineres av friksjonskrefter, det vil si viskøse krefter som oppstår mellom den faste flaten og væsken. Turbulent strømning derimot, karakteriseres ved at strømning er urolig, virvlende og pulserende og ved at ulike strømningslinjer blandes med hverandre. En slik strømning domineres av "treghetskrefter", som er krefter som oppstår på grunn av hastighetsforandringen (akselerasjonen) partiklene i væsken har fordi dens bevegelse angis i forhold til et rom som er akselerert.

For å kunne avgjøre om en har en laminær eller turbulent strømning, kan en bruke Reynoldstall. I fluidmekanikken er Reynoldstall bedre kjent som et dimensjonsløst forholdstall, mellom væskens akselerasjon (treghetskraft per masseenheter) og friksjonskraften per masseenheter. Dess større Reynoldstall, dess større treghetskrefter dominerer (turbulent strømning), og dermed ved lite Reynoldstall dominerer viskøse krefter (laminær strømning). Et stort Reynoldstall karakteriseres vanligvis som en verdi større enn 2300 (Dahlvig, 1993).

Reynoldstall ved tilbakespyling (Re):

$$\underline{\underline{Re}} = \frac{\rho \cdot v_t \cdot d_i}{\eta} = \frac{v_t \cdot d_i}{\nu} = \frac{3,6 \frac{m}{s} \cdot \left(\frac{164,3}{1000} m\right)}{1,003 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}} \approx \underline{\underline{589711}} \quad Re > 2300 \Rightarrow \text{Turbulent strømming}$$

Hvor:

\dot{V}_n = Nominell volumstrøm [m^3/s]

v_n = Nominell hastighet [m/s]

\dot{V}_t = Nødvendig volumstrøm for tilbakespyling [m^3/s]

ρ = Tetthet av væske [kg/m^3]

v = Kjølervæskens hastighet [m/s]

d_i = Indre diameter [m]

η = Kjølervæskens viskositet

ν = Kjølervæskens kinematiske viskositet [m^2/s]

Ut ifra beregningene kan en se at det ønskes en pumpe med et fortrenningsvolum på minimum 275 $m^3/time$, for å kunne oppnå en effektiv tilbakespyling av varmeveksleren(e).

Videre bør en undersøke om det vil være hensiktsmessig med et mobilt

tilbakespylingssystem for en varmeveksler, et stasjonært system for flere eller et for hele kjølesystemet.

4.2.2 Valg av pumpe

Ifølge Dahlvig har ei pumpe i oppgave å øke energien i en væske. Dette kan skje ved å blant annet tilføre elektrisk energi til en motor som driver pumpen, som pumper væsken fra et lavere til et høyere nivå (stillingsenergi), eller øker væskens hastighet (bevegelsesenergi).

En kategoriserer vanligvis pumper inn i:

- Turbopumper
- Deplasements- eller fortrenningspumper
- Andre pumper

Turbopumper

Karakteriseres ved at en har en kontinuerlig væskestrøm gjennom pumpen, samtidig som en oppnår et høyere trykk. De vanligste turbopumpene er sentrifugalpumpen og propellpumpa.

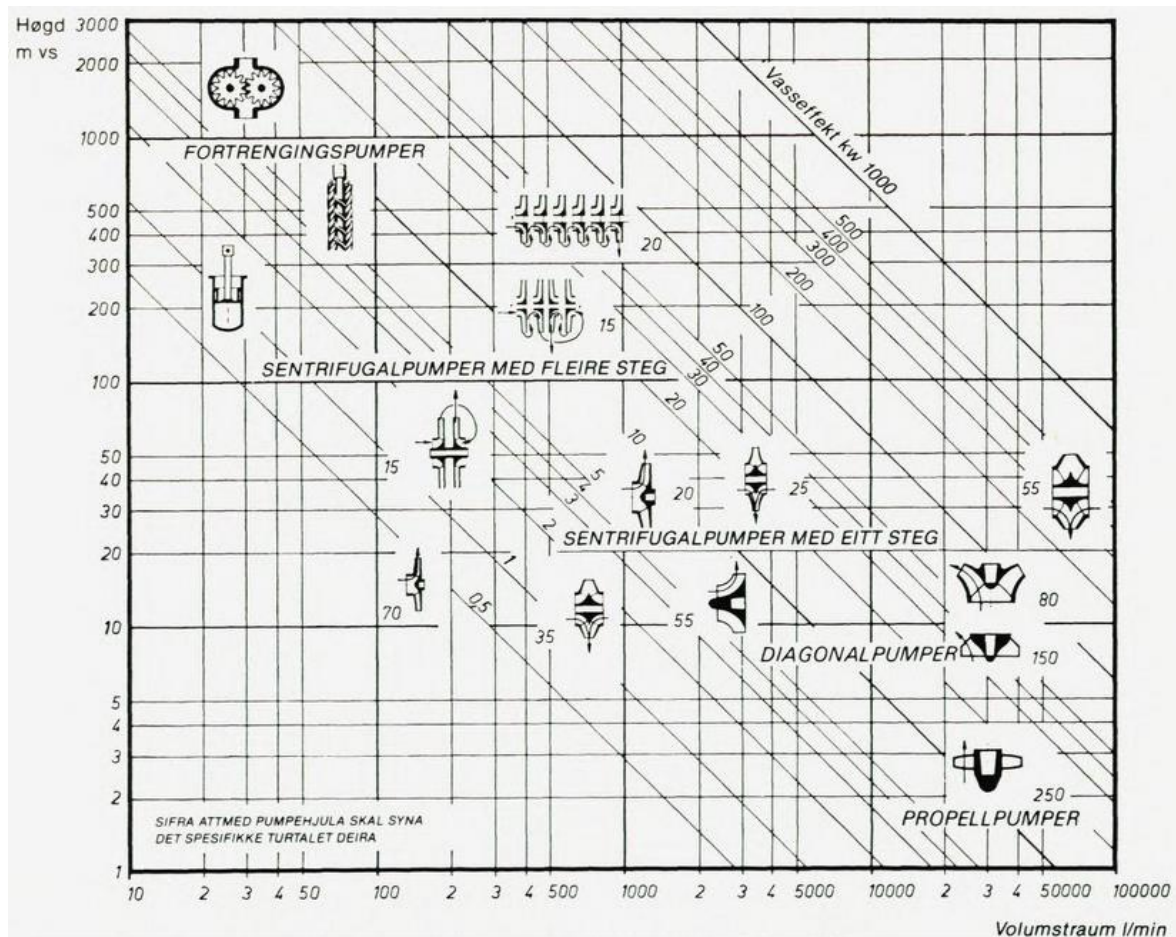
Deplasements- eller fortrenningspumper

I denne type pumpe avgrenses et bestemt væskevolum (deplasement), som deretter blir flyttet fra innløpet til utløpet av pumpen. Væsken oppnår ikke en trykkøkning før den først når utløpet. Av deplasementspumper kan en nevne stempelpumpe, tannhjulspumpe, skruepumpe, kapselpumpe og ringpumpe.

Andre pumper

Her regnes pumper som har et annet arbeidsprinsipp enn de som er nevnt ovenfor. Eksempler er mammutpumpe, væskepumpe og dampstrålepumpe.

For å gjøre valg av en pumpe lettere, kan et diagram som vist i figur 16 være til hjelp. En pumpe som kan anses som best anlagt for FMCs behov, må inneha et fortrenningsvolum på 4500 liter/min, samt en løftehøyde på 1-2m (platevarmevekslerne står på samme plan).



Figur 16: Ulike pumpetypers omtrentlige arbeidsområder og spesifikke turtall.
Hentet fra: Energi teknikk, 1993

Ut ifra figuren over, kan en se at en et trinns sentrifugalpumpe eller en diagonalpumpe, vil være best anlagt dersom en skal oppfylle kravene om fortrenningsvolum og løftehøyde.

4.2.3 Kjemisk vasking

Prosessen omhandler tilsetning av kjemiske løsninger, som har til hensikt å minimere begroing og tetting av varmevekslere. Valg av kjemisk løsning tas på bakgrunn av både begroingsart og generelt hvilke organiske materialer som forurenses varmevekslerne. Prosessen er gjerne kontinuerlig, hvor injeksjon av anti-begroingskjemikalier foregår til enhver tid. Dersom prosessen er mer situasjonsavhengig, vil tilsetning av kjemikalier kun skje ved behov. Valg av kjemisk løsning avhenger også av platematerialet, ettersom noen kjemiske stoffer kan medføre korrosjon og andre uønskede konsekvenser (Sundén & Manglik, 2007).

Platene som brukes i varmevekslerne til FMC er laget av rustfritt stål, noe som medfører begrensninger av aktuelle kjemiske løsninger. Eksempelvis skal en aldri bruke saltsyre på rustfrie stålplater eller flussyre på titaniumsplater fordi platene vil korrodere og må skiftes ut. Kjemiske løsninger som inneholder ammoniakk og oksiderende syrer, som blant annet salpetersyre, bør en ikke anvende på plater av nikkelløst eller kobberloddede varmevekslere, grunnet mulig korrosjon (Sundén & Manglik, 2007).

4.2.3.1 Lover og regler for utslipp av kjemikaler

Med tanke på for eksempel kjemisk vasking er det flere regler en må undersøke før en kan ta i bruk ulike kjemikalier. Selv om noen kjemikalier sies å være miljøvennlige, må en likevel undersøke om det er tillatt med utslipp av disse stoffene. Paragraf 1 beskriver formålet med "Loven om vern mot forurensninger og om avfall":

§1. "Denne lov har til formål å verne det ytre miljø mot forurensning og å redusere eksisterende forurensning, å redusere mengden av avfall og å fremme en bedre behandling av avfall. Loven skal sikre en forsvarlig miljøkvalitet, slik at forurensninger og avfall ikke fører til helseskade, går ut over trivselen eller skader naturens evne til produksjon og selvfornyelse" (Lovdata, 2015).

Av og til kan det være vanskelig å sette grenser over hva som faktisk menes med forurensning. Kapittel 2 i forurensningsloven forteller at dersom punktene nedenfor er til skade eller ulempe for miljøet, regnes det som forurensning:

- Tilførsel av fast stoff, væske eller gass til luft, vann eller i grunnen
- Støy og rystelser
- Lys og annen stråling i den utstrekning forurensningsmyndighetene bestemmer
- Påvirkning av temperaturen

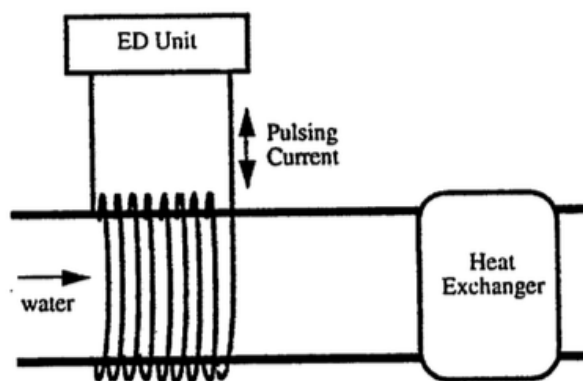
Dersom FMC Biopolymer ønsker å ta i bruk kjemisk vasking for å effektivisere vedlikeholdet av varmevekslerne, bør en også se på "Forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikaler og andre produkter." Paragraf 1-1 forteller at formålet med forskriftene er å forebygge at enkelte skadelige stoff eller stoffblandinger medfører helseskade eller miljøforstyrrelser.

4.3 Alternative metoder

Det arbeides med å utvikle nye rengjøringsmetoder som kan forbedre prosessen og effektiviteten av rengjøringen. To mulige alternativer kan være elektrisk anti-begroings teknologi og overflatemodifikasjon av platene.

4.3.1 Elektrisk anti-begroings teknologi

I følge artikkelen "Theory of electronic anti-fouling (EAF) technology to control precipitation fouling in heat exchangers", er prinsippet for metoden at en isolert ledningstråd pakkes rundt matingsrøret til varmeveksleren, som danner en solenoid, se figur 17. De to endene på solenoidspiralen er videre koblet til den elektroniske anti-begroingskontrollenheten.



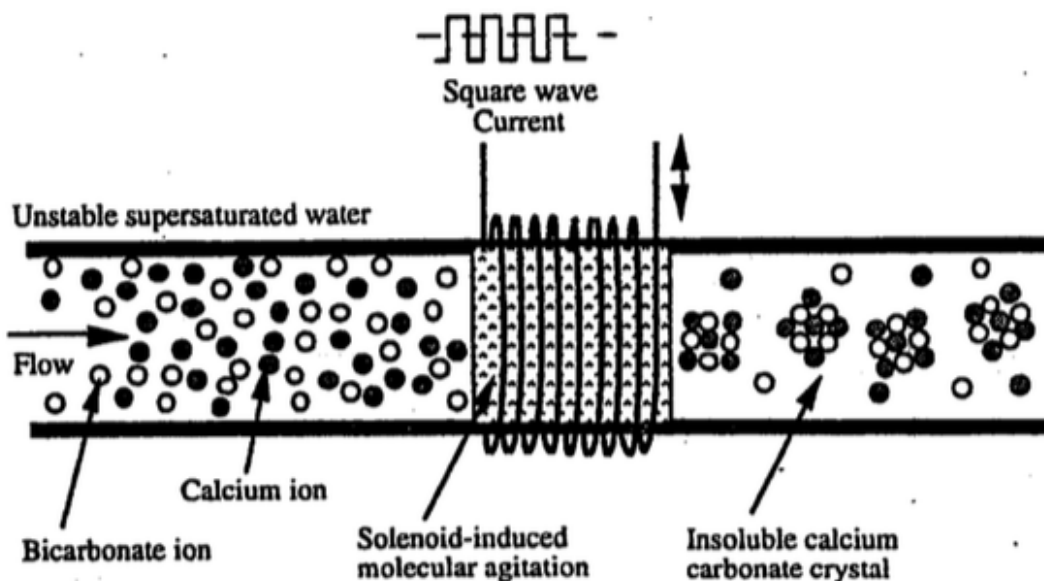
Figur 17: Illustrasjon av oppsett ved EAF metoden. Hentet fra: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735193397000638>

EAF enheten produserer en pulserende strøm for å skape et tidsvarierende magnetisk felt på innsiden av røret. Deretter vil det tidsvarierende feltet skape et induert elektrisk felt inne i røret. Dette er et fenomen som kan forklares gjennom Faraday's lov:

$$\int E \cdot ds = -\frac{\partial}{\partial t} \int B \cdot da$$

E er en induert elektrisk vektor, s er en linje vektor langs omkretsretningen, B er en magnetiskfeltstyrke vektor og A er tverrsnittsarealet til magnetfeltet. For å maksimere induksjonen, brukes en pulserende strøm med firkantet bølgesignal.

Det induerte elektriske feltet, som oscillerer med tiden, gir nødvendig molekylær agitasjon. Dette medfører at mineralioner, som kalsium- og bikarbonationer kolliderer og danner uopløselige kalsiumkarbonatkrystaller (figur 18). Når mineralioner har blitt konvertert til uopløselige mineralkrystaller, vil graden av overmetning av vannet bli betydelig redusert, noe som medfører at nye avleiringer og belegg på varmeoverføringsflatene reduseres eller blir forhindret (Young, Chunfu & Choi, 1997).



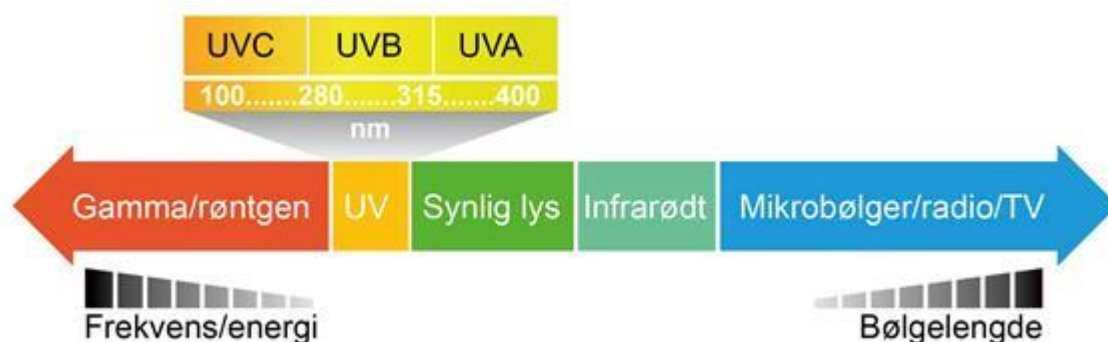
Figur 18: Illustrasjon av hva som skjer i prosessen. Hentet fra: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735193397000638>

4.3.2 Overflatemodifikasjon

For overflatemodifikasjonsmetoden har man funnet ut at plater overflatebehandlet med ionstråle-implantasjon, manetron, sputtering osv, kan redusere begroing betydelig. Effektene av slik overflatebehandling er allerede demonstrert på laboratorienivå og anvendelse i praksis lar seg gjøre, selv om betydelig videre arbeid må gjøres (L. Wang, B. Sundèn & R.M. Manglik, 2007).

4.4 Ultrafiolett stråling

Ultrafiolett stråling er elektromagnetisk stråling som ofte forkortes som UV-stråling. UV-stråling har kortere bølgelengder høyere energi enn synlig lys. Strålingen kommer naturlig fra sola, men kan også finnes i kunstige kilder (Statens Strålevern, 2014).



Figur 19: 3 typer UV-stråling. Jo kortere frekvens, desto mer energi. Hentet fra <http://www.nrpa.no/fakta/90114/hva-er-uv-straaling>

4.3.1 Ulike typer stråling

Det finnes 3 typer UV-stråling: UVA-, UVB-, og UVC-stråling. Inndelingen av disse tre strålingstypene skjer ut i fra hvor energirike de er (se figur 19). Jo kortere frekvens, desto høyere energi.

UVA-stråling er den typen som ligner mest på synlig lys, og har minst energi av de tre typer UV-stråling. Den største delen av UV-strålingen som kommer fra sola og som når frem til jorda er UVA.

UVB-stråling har høyere energi enn UVA-stråling. Det er bare en liten del av UVB-strålingen som når jorda. Ozonlaget hindrer 70-90 % av UVB-strålingen fra sola til å nå jordoverflaten.

UVC-stråling er den av de tre typer UV-stråling som er mest energirik. Man finner ikke denne strålingen ved jordoverflaten, men man kan fremstille den kunstig. Strålingen absorberes av ozonlaget og andre gasser, som for eksempel oksygen.

Bruksområder for den framstilte UVC-strålingen kan være i industrien: sterilisering av overflater og instrumenter eller for å rense drikkevann (Statens strålevern, 2014).

4.3.2 Bruksområder

UVC er et effektivt desinfeksjonsmiddel som inaktiverer og dreper mikrober. Disse mikrobenes kan for eksempel være bakterier, gjær, mugg, virus og alger som befinner seg i luft, på overflater og i vann. Måten UVC virker på er at det skader arvestoffet til organismene, noe som fører til at de ikke klarer å formere seg.

Effektive steder å bruke UVC stråling er ved desinfeksjon av tak, vegger, produksjonsutstyr, gulv, transportbånd, kjøleenheter, luft og vann. Luktfjerning kan også oppnås ved denne type stråling.

4.3.3 UV-stråling i industri

Det er mange fordeler med stråling sammenlignet med kjemiske desinfeksjonsmidler. I tabellen nedenfor ser man hvorfor man foretrekker UVC-stråling:

Tabell 5: Sammenligning av UVC-stråling og kjemikalier.

| UVC-stråling | Kjemikalier |
|---|--|
| Sørger for hygienisk miljø når arbeidet tar til. | Mikrobenes kan formere seg når systemet er slått av. |
| Slipper restkomponenter av væske. | Behøver et skyllesteg for å rense anlegget for overflødig væske. |
| Godt miljøvennlig alternativ til kjemikalier. | |
| Automatisk desinfeksjonsmetode som sparer arbeidsinnsats og sikrer mot menneskelig svikt og skader. | |

Det som er viktig å tenke på er at UVC ikke er et rengjøringsmiddel.

For å oppnå et optimalt resultat av strålingen ønsker en anvendelse etter at vannet er filtrert. Grunnen til det er at en ikke ønsker partikler i vannet under strålingen.

5 Forebyggende tiltak

I kapittel 4 ble det beskrevet ulike vedlikeholdsmetoder som kan være mulige alternativ for FMC Biopolymer. I dette kapitlet skal det fokuseres på hva som kan gjøres før væsken kommer inn i varmeveksleren. Forebyggende tiltak kan føre til sjeldnere demontering av varmevekslerne, noe som reduserer vedlikeholdsfrekvensen.

5.1 Filter

Faste partikler spiller en dominerende rolle når det gjelder driftsforstyrrelser i ulike anlegg. Riktig valg og plassering av filter i et system er avgjørende for både driftssikkerhet og levetid. Periodiske skift av filterelement spiller også en stor rolle for driften. Filterets evne til å fange opp partikler over et gitt størrelsesspekter er et viktig mål.

Dagens marked har mye å tilby når det gjelder filtre. Dette kan være et effektivt tiltak med tanke på å minske mengden av partikler som kommer seg inn i varmevekslerne. En finner flere typer filtre som kan være aktuelle å installere i kjølesystemet.

Det er flere faktorer som må tas hensyn til ved valg av filter (Tekleen INC, 2003):

- **Filtreringsgrad:** Her må en finne et filter som kan stoppe de minste partiklene.
- **Kostnad:** Selv om det gjerne vil oppstå høye kostnader ved et eventuelt kjøp, kan det lønne seg om man tenker langsiktig.
- **Størrelse:** Det er begrenset hvor mye man kan gjøre med plassen i lokalet hvor varmevekslerne befinner seg. Før en eventuelt tar et valg om å installere filtre, kan det være lurt å se om det faktisk er tilstrekkelig med areal.
- **Kjølemediet:** Det vil være optimalt om filteret både kan håndtere sjøvann og ferskvann, med tanke på at begge kjølemediene blir anvendt på FMC Biopolymer.
- **Volumstrøm:** Filteret må kunne håndtere den aktuelle volumstrømmen.
- **Trykk:** Filteret må tåle trykket i prosessen.

5.1.1 Manuelle filtre

Manuelle filtre finnes i flere ulike størrelser og har mange ulike bruksområder. Et slikt filter blir installert før en eventuell varmeveksler for å hindre partikler og organismer i å komme inn i selve veksleren. Filteret må jevnlig kontrolleres og vedlikeholdes, derfor vil behovet for vedlikeholdspersonell være tilstede.

5.1.2 Automatiske filtre

Et automatisk filter vil ha samme hensikt som et manuelt filter. Forskjellen er at det ikke trengs eget personell som jevnlig vedlikeholder filteret. Et slikt filter vil naturligvis være mer kostbart i innkjøp, men en sparer gjerne penger på sikt på grunn av at en ikke trenger eget personell som er ansvarlige for å rense filteret underveis i prosessen. Om det forekommer mye partikler og smuss i filteret vil trykket øke. Når trykket har økt til et visst punkt, vil filteret rense seg selv. På markedet i dag finner en mange varianter som egner seg til ulike behov.

5.1.3 Portfilter

Portfilter er et mer spesifikt type filter, som anvendes i selve varmeveksleren. Som navnet tilsier, er dette et filter som en installerer i "porten" til varmeveksleren, som vist i figur 20. Filteret hindrer dermed akkumulasjon av forurensning mellom platene i varmeveksleren.

Ved vedlikehold av portfilteret, må en først drenere varmeveksleren for kjølevæske. Deretter skrur en av flensen som sitter fast ved hjelp av åtte muttere. Filteret kan så trekkes ut og rengjøres enkelt ved å spyle det rent.



Figur 20: Plassering av portfilter. Hentet fra: <http://www.spx.com/en/apv/downloads/data-sheets/>

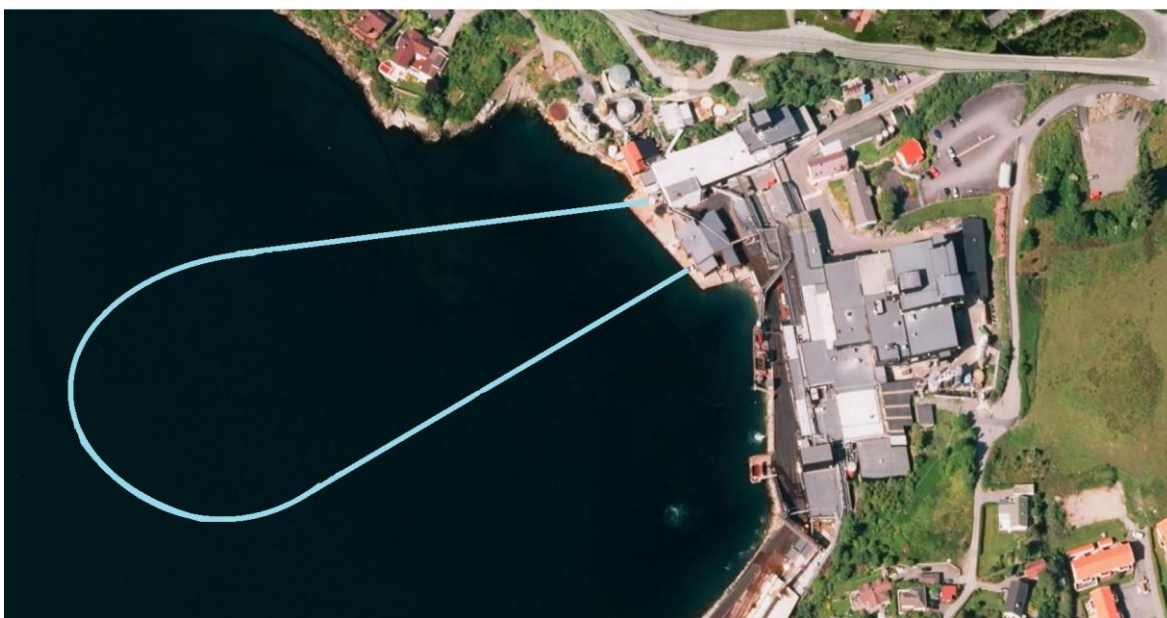
6 Alternative løsninger

6.1 Lukket sløyfe

Av aktuelle løsninger for problemstillingen, så er en lukket sløyfe ikke å utelukke. I den anledning er det tiltenkt en lukket sløyfe som er fylt med destillert vann.

Destillert vann er vann renses ved en eller flere gangers destillasjon. Vann som inneholder forurensninger har høyere kokepunkt enn rent vann. Ved destillasjon vil rent vann være mest flyktig, og vann kan derfor renses ved fordampning etterfulgt av kondensasjon.

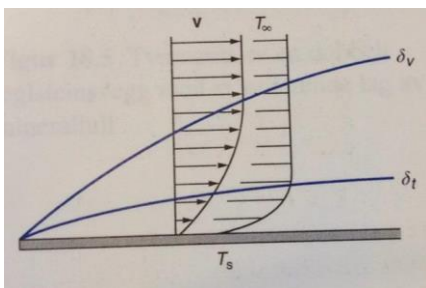
Destillert vann kjennetegnes ved høy elektrisk motstand og brukes til formål der naturlig vanninnhold av løste stoffer (f.eks. ioner og organiske stoffer) er uønsket, som eksempelvis til "forurensningsfrie" løsninger, som er interessant i dette tilfelle (Fjellvåg, 2009).



Figur 21: Tiltent lukket sløyfe (blå linje illustrer kjølerør).
Hentet fra: <http://kart.gulesider.no/>. Redigert av Helge Nordal

Forutsetningen for at en lukket sløyfe kan være en aktuell løsning, er at kjølevannet (det destillerte vannet) får en tilstrekkelig kjøling fra Karmsundet (se figur 21). Ideen er at kjølevannet skal kjøle ned alginatet til mellom 10 °C - 12 °C, for dermed at det oppvarmede kjølevannet blir avkjølt nok i havet til at kjølingen av alginatet kan fortsette uten problematikk. Dersom dette er oppnåelig vil en oppnå et vedlikeholdsritt kjølesystem, sett bort ifra kostnader relatert til korrosjon og lignende på grunn av at ulike komponenter av systemet vil være eksponert for sjøvann.

Det finnes tre grunnleggende mekanismer for varmetransport: varmeledning (konduksjon), konveksjon og varmestråling. I væsker skjer varmetransporten både ved varmeledning ved transport av masse, slik at vi har en kontinuerlig blanding av væskemengder med ulik temperatur. Dette bildet kompliseres i nærheten av faste overflater. Fluidmekanikken forteller oss at strømningshastigheten vil være null på selve overflaten, når en væske strømmer over en fast overflate. Det oppstår derfor et grensesjikt der strømningshastigheten øker fra null ved selve overflaten til en tilnærmet konstant hastighet langt fra overflaten. På samme måten vil et termisk grensesjikt utvikle seg når en væske strømmer forbi en overflate der temperaturen varierer fra temperaturen T_s på selve overflaten til temperaturen T_∞ ute i væsken, som vist i figuren under (Lillestøl, Hunderi og Lien, 2001).



Figur 22: Hastighets- og temperaturprofilen ut fra et grensesjikt. Hentet fra: *Generell fysikk for universiteter og høyskoler, Bind 2 Varmelære og elektromagnetisme*

Det termiske grensesjiktet hindrer varmestrømmen fra en fast overflate til en væske fordi strømningshastigheten her er mindre enn strømningshastigheten i væsken. Grensesjiktet vil derfor virke som en varmetransportmotstand. Ved varmetransport gjennom en rørstruktur må derfor motstanden ved konduksjon og konveksjon adderes sammen, som vist under (Lillestøl, Hunderi og Lien, 2001).

- Varmeledningsmotstand i røret:
$$R_{rør} = \frac{1}{2\pi\lambda} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1}$$

- Konveksjonsmotstand både ved inn- og utsiden av røret:
$$R_{konveksjon} = \frac{1}{H_1 A} + \frac{1}{H_2 A}$$

- Dette gir da en total varmeledningsmotstand, R_{tot} :

$$R_{tot} = R_{rør} + R_{konveksjon} = \frac{1}{2\pi\lambda} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{H_1 A} + \frac{1}{H_2 A}$$

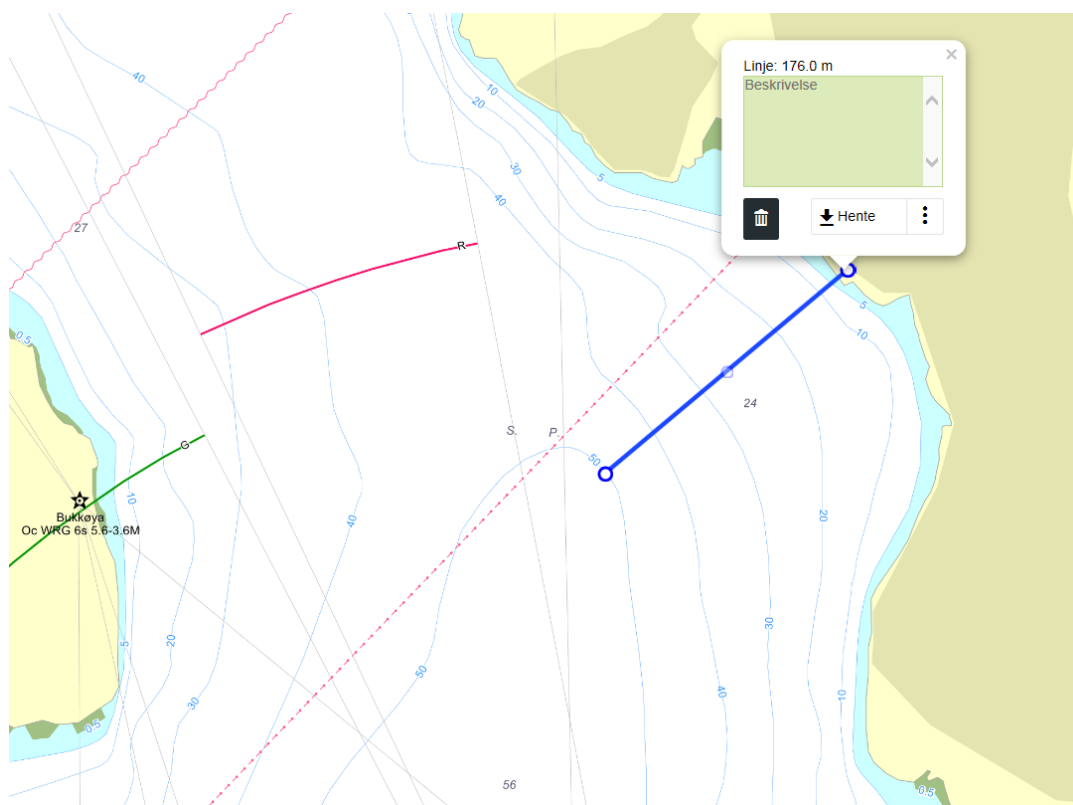
- Ved hjelp av varmeoverføringsmotstanden, kan en dermed finne varmetapet i røret:

$$Q = \frac{T_1 - T_0}{R_{tot}}$$

Videre kan en bruke termodynamikkens første lov for et lukket system, for så å beregne kjøleeffekten sjøvannet har på den lukkede sløyfen:

$$\dot{Q} = m C_p \Delta T = \rho \dot{V} C_p \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\dot{Q}}{\rho \dot{V} C_p}$$

Ifølge en rapport fra Karmøy Kommune (se vedlegg II), viser havtemperaturmålingene som ble utført at august måned hadde høyest havtemperatur i år 2002. Da var temperaturen på ca. 14,76 °C ved havoverflaten og 8,43 °C ved 50 meters dyp. Dersom en ser på sjøkartet fra gulesider (figur 21), kan en ut ifra dette se at røret til sjøinntaket er på rundt 176m langt, grovt estimert. Etersom sjøinntaket er på omtrent 50m dyp, så er det tiltenkt at en aktuell påkobling av den lukkede sløyfen forekommer på det respektive dypet som sjøinntaket er på per dags dato, noe som er blitt tatt i betraktning i beregningene videre. Røret består av rustfritt stål (AISI316) med en varmeovergangskoeffisient på 13,5 W/(m °C).

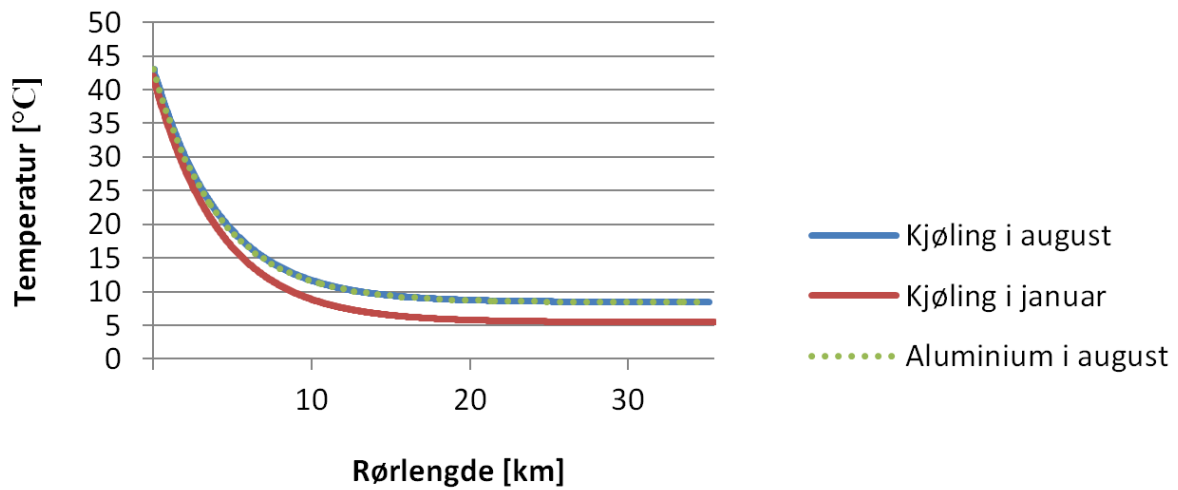


Figur 23: Grovestimat av rørlengde. Hentet fra: <http://kart.gulesider.no/>.

Ut ifra kjølevannsdataba tilsendt fra FMC (se vedlegg III), kan en se at kjølevannstemperaturen ved bruk av sjøvann er nede i 7 °C. Som nevnt i situasjonen tidligere, går dette sjøvannet inn på en varmepumpe. I varmepumpen blir det tatt ut omtrent 2 °C, slik at kjølevannstemperaturen er 5 °C inn på varmevekslerne. For at en lukket sløyfe kan sies å være aktuell, så bør en dermed oppnå en tilstrekkelig sjøvannskjøling ned til 7 °C. Ifølge havtemperaturdataen tilsendt fra Karmøy Kommune vil dette ikke kunne la seg gjøre i august, ettersom havbunnstemperaturen da er 8,43 °C (se figur 23). En tilstrekkelig kjøling vil derimot være praktisk mulig i januar måned, hvor havtemperaturen er nede i 5,45 °C. En slik kjøling vil kreve omtrent 13 km med DN150 (AISI316 stål) rør i januar måned, som vist i figur 23.

For å redusere lengden av kjølerøret, kan en foreta ulike tiltak ved eksempelvis å benytte et annet materiale til kjølerøret. Ifølge figur 24, vil det ha en minimal innvirkning av kjøleeffekten dersom en tar i bruk aluminium ($\lambda = 200 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$) som har et mye høyere varmeledningstall enn AISI316 stål ($\lambda = 13,5 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$).

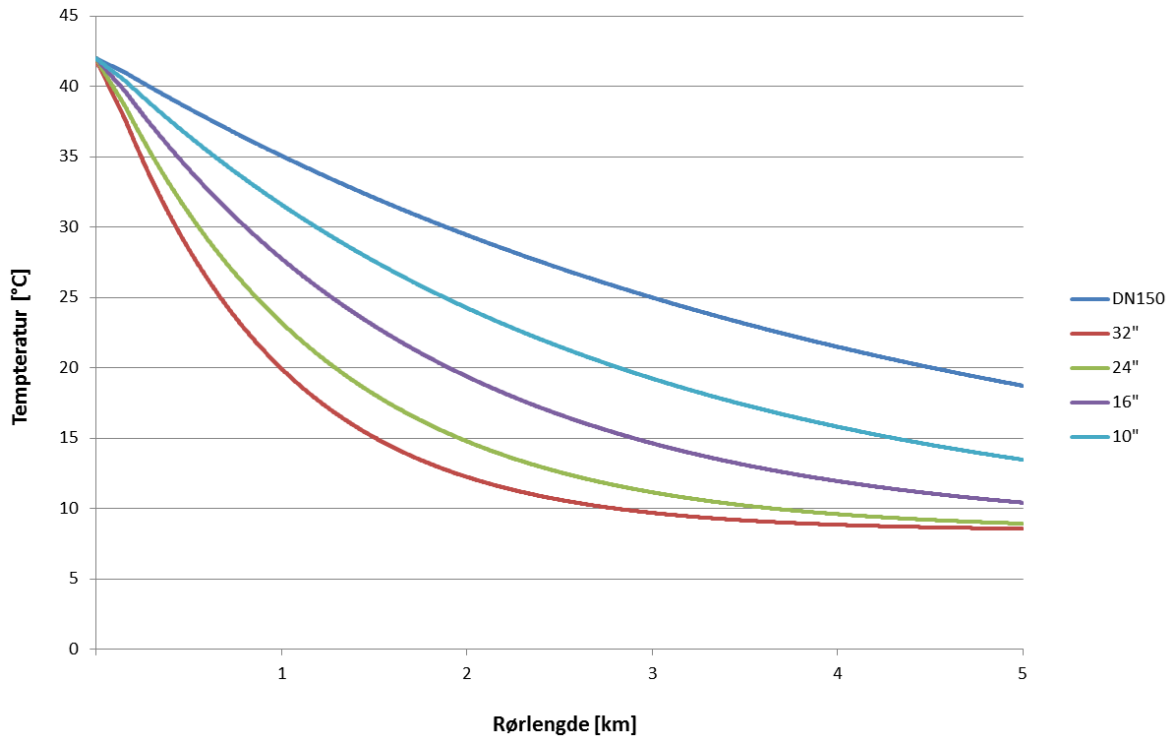
Sjøvannskjøling



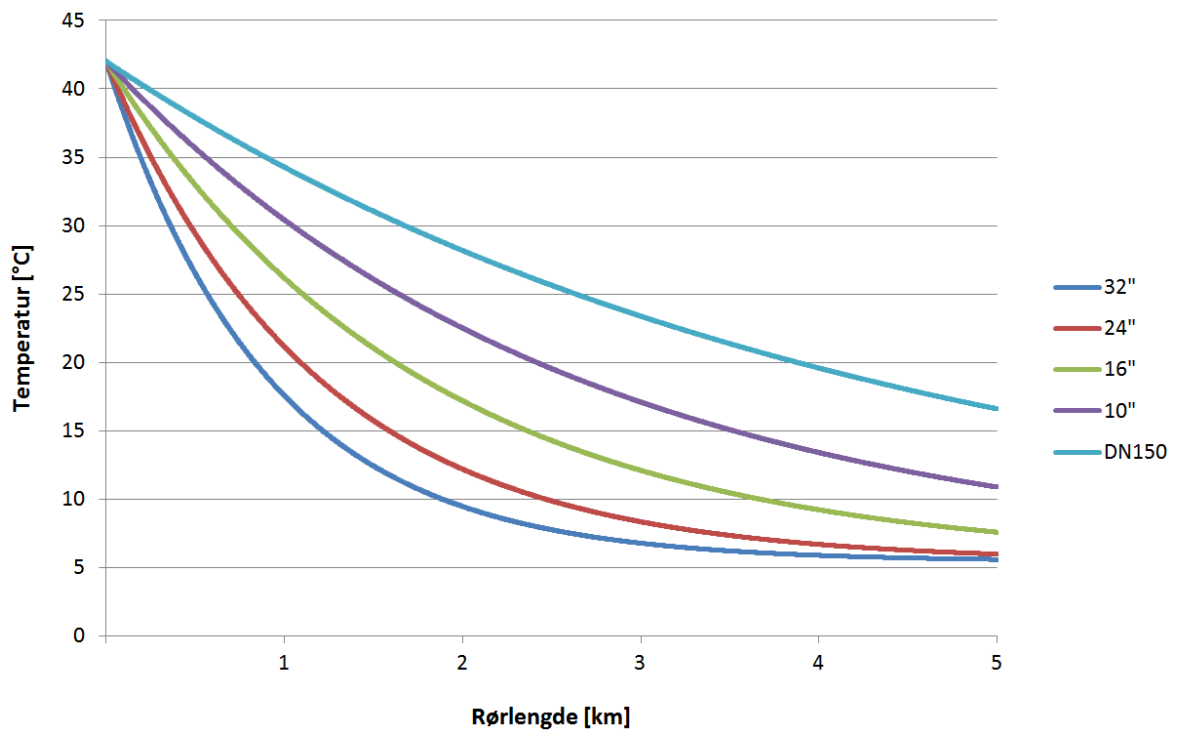
Figur 24: Effekt av sjøvannskjøling i januar og august ved bruk av DN150 i AISI316, samt ved å benytte aluminium i august.

Videre kan effekten av å benytte større rørdimensjon betraktes. Selv om det tidligere ble nevnt at en lukket sløyfe ikke kunne gi tilstrekkelig kjøling i august måned, kan en likevel se at kjøleeffekten vil ha en stor betydning om en eksempelvis bruker et 32" rør, kontra DN150 (vist i figur 25). Som en kan se i figur 26, vil en nedkjøling til 7 °C kreve omtrent 2,4 km med 32" rør i januar. Sammenligner en dette med nødvendig rørlengde som kreves med DN150 rør i samme måned, ser en at en kan redusere rørlengden med

$$\frac{(13 - 2,4)km}{13km} \cdot 100\% \approx \underline{\underline{81,5\%}} .$$



Figur 25:Kjøleeffekten i august måned ved å regulere rørdimensjon.



Figur 26:Kjøleeffekten i januar måned ved å regulere rørdimensjon.

Beregningene som er gjort i dette studiet er et overslag for å se om en lukket sløyfe kan betraktes som praktisk mulig eller ikke, og det anbefales å ikke bruke disse til noe annet enn dette. Sett fra en annen side kan en derimot bruke ideen til å sette et lukket kjølesystem i perspektiv.

6.2 Hydrosykloner

Når trykket i et reservoar blir høyt, vil olje, gass og vann bli gjort om til en blanding som må skilles fra hverandre. På et petroleumfelt går gjerne oljen gjennom en tre fase separator som skiller olje, gass og vann fra hverandre. Alt vil ikke bli helt skilt, derfor går oljen videre til en pumpe. Gassen derimot går enten til gasskompresjon eller en fakkell, imens vannet går videre til en hydrosyklon som skiller resten av vannet fra oljen som er igjen. På FMC Biopolymer er det ønskelig å skille væske og partikler fra hverandre. Som tidligere nevnt drar både sjøvannet og ferskvannet med seg uønskede partikler og organismer. En hydrosyklon kan muligens være til hjelp med dette.

6.2.1 Virkemåte

Dersom en væskestrøm inneholder tyngre partikler og sendes tangensialt i en sylinder, vil partiklene føres mot veggen. Dette skjer på grunn av sentrifugalkraften som oppstår når væsken roterer. Etter det tangensiale innløpet, danner væsken en ytre virvel som går nedover mot spissen, slik som vi ser på figur 27. De faste partiklene vil dermed gli nedover langs veggen og deretter bli tatt ut gjennom bunndysen. I bunndysen vil

det også forekomme litt væske, mens resten av væsken danner en indre virvel som går opp og ut gjennom virvelsøkeren. Virvelsøkeren består av et aksielt rør med innløp litt nedenfor det tangensiale innløpet. Partikler som er revet med i den indre virvelen kan bli slynget ut i ytre virvel på grunn av den store rotasjonshastigheten. Etter væsken har nådd virvelsøkeren, kan den være renses for partikler (Store Norske Leksikon, 2009).



Figur 27: Hydrosyklon. Hentet fra <http://www.backyardaquaponics.com/forum/vi-ewtopic.php?f=8&t=6419>

Illustrasjonen til høyre i figur 25 viser hva som skjer inni syklonen ved behandling av væsker og partikler. Som forklart ovenfor, kan en se at den ytterste virvelen tar partikler og smuss med seg ned i bunndysen, imens "renset" vann sirkulerer oppover.

6.2.2 Anvendelse

Hydrocycloner kan brukes til utskilling og klassifisering. Det som menes med klassifisering er oppdeling av partikler etter partikkelstørrelsen. Syklonene har i senere tid også blitt brukt til å skille gass, olje, saltvann og eventuelt sand i brønnstrømmen på produksjonsfelt.



Figur 28: Hydrocycloner i industrien. Hentet fra http://www.xkjxsb.com/Waterpower_Cyclone_Separator.htm.

Bildet ovenfor viser hydrocycloner i industrien. De krever stor plass, så her må det vurderes om lokalene til FMC Biopolymer er store nok til en eventuell installasjon.

7 Diskusjon

Det er opptil flere faktorer som må tenkes gjennom før det kan anbefales en spesifikk løsning som kan anses som best anlagt til FMCs behov. Tidligere i rapporten ble en introdusert for flere muligheter for å kunne redusere eller hindre innslipp av organisk materiale til platevarmevekslerne. Av ulike årsaker betraktes noen muligheter som mer gunstige enn andre, noe som blir forklart videre i kapitlet.

7.1 Bakgrunn for at noen muligheter anses som mindre gunstige

Lukket sløyfe

Ut ifra beregningene som ble foretatt ved lukket sløyfe i kapittel 6.1, kan denne løsningen betraktes som mindre gunstig. Dette er med bakgrunn av at en lukket sløyfe bare kan anvendes om vinteren, når havtemperaturene er lave. Ved for høy havtemperatur vil en ikke oppnå tilstrekkelig kjøling av alginatet, som igjen medfører dårligere produksjon. En lukket sløyfe kunne dog vært mer aktuell, dersom FMC kunne tillatt en høyere temperatur på alginatet uten å redusere effektiviteten av produksjonen.

Det er også en usikkerhet blant beregningene som har blitt foretatt i dette studiet. Målingene som ble brukt er utført i år 2002, og usikkerheten om blant annet klimaendringer (økt drivhuseffekt) har ført til endringer i havtemperaturen er tilstedeværende.

Elektronisk anti-begroingsmetoden (EAF)

I forskningsartikkel ”*Experimental validation of electronic anti-fouling technology with a plate heat exchanger*” fra 1998, utforsker Cho, Young I. og Choi, Byung-Gap om EAF kan medføre en reduksjon av oppbygning av belegg på platene i varmevekslerne. Resultatet viste en klar reduksjon av belegg når EAF-metoden ble brukt. Under forsøket ble kalsiumkarbonat brukt som eksempel på mineralbelegg. EAF teknologien bruker den elektriske ladningen hos oppløste ioner, men siden alle oppløste ioner er elektrisk ladet, vil teknologien være effektiv på alle typer oppløste ioner.

Selv om EAF teknologien gjennom eksperimentelt arbeid presenterer en tydelig effekt i reduksjon av belegg på platene i varmevekslere, må effekten av metoden likevel ytterligere bekreftes, og en del praktiske problemer må løses før metoden lar seg bruke i industrien (Wang, Sundén & Manglik, 2007).

Overflatemodifikasjon

Det er blitt gjort få studier som utforsker effekten av overflatebehandling når sjøvann eller ferskvann brukes som kjølemiddel. Det er derimot mange forskningsartikler med fokus på å modifisere plater i varmevekslere i melkeindustrien. Det fremkommer derfor ingen klar anbefaling for at denne metoden vil kunne være en mulig løsning til FMCs situasjon.

Varmevekslere

Tidligere i rapporten ble det utført en sammenligning mellom plate – og rørsatsvarmevekslere. Tabell 4 viser både fordeler og ulemper med plate- og rørsatsvarmevekslere. Med tanke på at temperaturendringen på satsen er avgjørende for produksjonskvaliteten, kan en ut ifra sammenligningen se at platevarmevekslerne har en større varmeovergang. Selv om rørsatsvarmevekslere også kan gi den ønskede temperaturen, vil det kreve lengre kontaktid eller flere vekslere.

Økonomisk sett vil det ikke lønne seg å bytte ut alle de 16 vekslerne som brukes i prosessen, når en likevel må investere i vedlikeholdsforbedringer. Renholdet av rørsatsvarmeveksleren er også mer avansert, noe som ikke hjelper bedriften med problemstillingen. I tillegg ble det nylig kjøpt flere helt nye platevarmevekslere, så det vil trolig være uaktuelt for FMC å erstatte de nåværende platevarmevekslere med rørsatsvarmevekslere. I følge APV er rørsatsvarmevekslere mer kostbare, har en mer tidskrevende rengjøringsprosess og tar langt større plass. Et overslag over enhetskostnadene for de to typene er hentet gjennom kommunikasjon med Dag Einar, APV.

Tabell 6: Enhetskostnader ved plate- og rørsatsvarmeveksler

| Varmeveksler | Enhetskostnad (kr) |
|--------------|--------------------|
| Plate | 150 000-200 000 |
| Rørsats | 300 000 |

Ultrafiolett stråling

Som tidligere nevnt, er det viktig å tenke på at UV-stråling ikke er et rengjøringsmiddel. Vannet må filtreres før det går gjennom stråleprosessen. Ved installasjon av eventuelle filtre, vil en ikke få et like stort behov for UV-stråling på grunn av at filtrene vil få bort de fleste uønskede partiklene.

Hydrosykloner

Prinsippet med hydrosykloner kan være aktuelt for FMC Biopolymer med tanke på at syklonen skiller væsker og partikler hver for seg. Grunnen til at det ikke vil være optimalt å installere eventuelle hydrosykloner er at lokalene hvor varmevekslerne befinner seg er for små, samt driftserfaringer fra annen industri enn petroleumssektoren er få.

7.2 Valg av løsning

En potensiell løsning baserer seg på kontakt med leverandører av tidligere presenterte metoder, samt erfaringer fra annen industri med lik problemstilling som FMC Biopolymer. Ut ifra dette anses det å være mest praktisk gjennomførbart med en løsning som inkluderer et CIP system og/eller filtre.

Kjemisk vasking

For å kunne fjerne biofilm og partikler som fester seg på platene, må det brukes kjemikalier gjennom et CIP-system. I følge Martin Pihl (Alfa Laval) vil et CIP system være optimalt for å fjerne organisk film på platene. Det vil være optimalt å bruke kjemikalier som både er sterke nok til å rengjøre platevarmevekslerne, men samtidig miljøvennlige. For å kunne bestemme hvilke kjemikalier som bør brukes, bør en nærme analyse av begroingen på platene gjennomføres. Ønsket resultatet ved endt rengjøring bør være at væskesammensetningen kan pumpes ut i sjøen uten konsekvenser for miljøet. Tabell 7 viser egenskaper og virkeområder til noen alternative kjemikalier som kan være aktuelle.

Tabell 7: Kjemiske løsninger

| Kjemisk løsning | Miljøvennlig | Virkeområde |
|-------------------|---|---|
| Alpacon Degreaser | Ufarlig, vannbasert og lett nedbrytbart. | Unngå skum i en CIP prosess. |
| Alpacon Descalant | Ikke-giftig, vannbasert og lett nedbrytbart. | Fjerne magnetitt, alger, blåskjell, kalk, rust og avleiringer. |
| Alfa Phos | Lett nedbrytbart. | Fjerne metalliske oksider, rust, kalsium karbonat og andre uorganiske belegg. |
| Alfa Caus | Alkalisk middel med kautisk soda base. | Fjerne biologisk materiale, fett, olje og andre organiske avleiringer. |
| Alfa P-Scale | Syrlig pulver med syrebase og korrosjonsinhibitor. | Fjerne kalsium karbonat og andre uorganiske belegg. |
| Alfa Add | Naturlig rengjøringsforsterker laget av overflateaktive midler. | Reduserer skumming. Brukes med Alfa Phos, Alfa Caus og Alfa P-Scale. |
| Scale Break-SS | Syrebasert avkalkningsmiddel. | Oppløser mineralforekomster. |
| Termorens | Biologisk nedbrytbar væske. Inneholder ikke giftstoffer. | Fjerner kalk, magnetitt, oksider, salt og andre avleiringer. |

I løpet av et bedriftsbesøk hos Scandic Maritim Hotell i Haugesund, fikk gruppen innblikk i hvordan hotellet anvender varmevekslere og hvordan personellet foretar vedlikeholdet på en platevarmeveksler og et filter. Som FMC, bruker også hotellet sjøvann som kjølemedium og bedriftene har derfor noen av de samme utfordringene. Fredrik Vangsnes (teknisk sjef ved Scandic Maritim Hotell) introduserte gruppen for Termorens. På grunnlag av bedriftsbesøket og hotellets erfaringer med denne kjemiske løsningen, kan en anse Termorens som et mulig kjemikalie for FMC.

Fjordvarme AS er et selskap som blant annet leverer tjenester innen oppvarming og kjøling ved bruk av termisk energi fra vann. Ved kontakt med selskapet ble det informert at de har beregnet et av anleggene sine til å ha en volumstrøm mellom 260 og 710m³/t. Ifølge Lars Ivar Kjesbu (Fjordvarme AS) vil det være gunstig å gjennomføre kjemisk vasking 3-6 ganger i året på sjøsiden, basert på overvåking av temperaturforhold i varmevekslerne. Med tanke på at FMC har en volumstrøm på 180m³/t kan en grovt estimert sammenligne prosessene. En kan da ta utgangspunkt i at et eventuelt system bestående av kjemisk vasking hos FMC også vil skje omtrent 3-6 ganger i året.

Tilbakespyling

I kontakt med Pål Ørke (IKM), Fredrik Vangsnes (Scandic Maritim Hotell) og Martin Pihl (Alfa Laval) er tilbakespyling en mye anvendt metode for å få fjerne akkumulert rusk i platevarmevekslere. For å kunne oppnå en effektiv tilbakespyling er det, som nevnt tidligere i rapporten, viktig å ha en turbulent strømning. Samtidig som en opprettholder en reversert volumstrøm som er 50 % større enn normal produksjonsstrøm. I henhold til FMCs kjølesystem, vil en et trinns sentrifugalpumpe eller en diagonalpumpe være best anlagt ved en volumstrøm på 270 m³/time og en løftehøyde på 1-2m.

Filter

Det vil være svært aktuelt å integrere et eller flere filtre før kjølevæsken entrer platevarmevekslerne. I følge professor Torleiv Bilstad² vil økt filtreringsgrad føre til økt reduksjon av begroing, som resulterer i et mindre rengjøringsbehov og unødvendig produksjonsstans. Teoretisk sett vil det da være mulig med fullstendig forhindring av organisk begroing gjennom filtrering. En snakker gjerne her om en filtreringsgrad på 0,45 mikron eller mindre. Bakgrunnen for dette er at disse små partiklene gjerne blir omtalt som mat for mikroorganismene, som fører til begroing.

Det finnes ikke filtre på markedet i dag med så høy filtreringsgrad som kan håndtere en så høy volumstrøm som FMC opererer med. Videre forskning kan gjerne åpne for dette i fremtiden. En ønsker likevel å oppnå filtrering for å hindre organisk materiale i varmevekslerne og som nevnt tidligere i rapporten, er det to hovedtyper av filtre en kan velge mellom. En videre sammenligning av disse to kan en se i tabell 8.

² Torleiv Bilstad, Professor ved Universitet i Stavanger. E-post 28.04.15

Kombinert løsning

Tabell 8: Sammenligning av filter, kjemisk vasking og tilbakespyling

| | Bruksområder | Fordeler | Ulemper | Bruksfrekvens |
|------------------------|--|---|---|--|
| Kjemisk vasking | Renseprosess for innsiden av varmevekslerne med bruk av kjemikalier. Renser hovedsakelig plateoverflaten for begroing. | Stor variasjon i kjemikalier, noe som åpner for at metoden fungerer på flere ting, blant annet biofilm. | Fjerner ikke organisk materiale. | 3-6 ganger per år (situasjonsbestemt). |
| Filter | Filtrerer kjølemedium, slik at uønskede partikler kommer inn i varmevekslerne. | Hindrer uønskede partikler og organismer. | Hindrer ikke biofilm i å oppstå i platevarmevekslerne | |
| <i>Manuelt</i> | | Billigere enn automatiske filtre | Vedlikehold må foretas manuelt | Går kontinuerlig, så lenge behovet for vedlikehold ikke er tilstedeværende. Behovet for vedlikehold er situasjonsbestemt, men ikke en nødvendig faktor for automatiske filtre. |
| <i>Automatisk</i> | | Selvrensende Lavere driftskostnader | Dyrere enn manuelle filtre | |
| Tilbakespyling | Renseprosess hvor en spylor bort uønskede partikler. | De uønskede partiklene blir skylt bort. | Fjerner ikke biofilm. | Situasjonsbestemt. |

Ved hjelp av sammenligningen i tabell 8, vil en kombinasjon av mulighetene være å anbefale. Dette med bakgrunn av at kjemisk vasking vil fjerne biofilm og marin begroing, mens tilbakespyling og filter vil kunne fjerne eller forhindre organisk materiale. Ut ifra dette bør en dermed kombinere kjemisk vasking med enten filter, tilbakespylingssystem eller begge deler for å kunne fjerne og forhindre all form for forurensning som kan forekomme i platevarmevekslerne.

Basert på tidligere erfaringer hos FMC Biopolymer, vil en implementering av manuelle filtre i kjølesystemet føre til et stort behov for vedlikeholdsarbeid av disse (prosjekt angående installering av manuelle filtre på ferskvannssiden), og anses derfor som lite gunstige som en fremtidig løsning.

Dersom man tar utgangspunkt i kun et tilbakespylingssystem, vil man ha det samme rengjøringsbehovet som FMC står ovenfor i dag. Usikkerheten bak renssetiden ved bruk av et tilbakespylingssystem, gjør at risikoen for ikke å oppnå en effektivisert rengjøringsprosess er tilstedeværende. Basert på usikkerheten ved tilbakespyling og anbefalinger fra annen industri med lik problemstilling, vil automatiske filtre være best egnet til en reduksjon av organisk materiale.

For å kunne anbefale en mulig kombinert løsning med kjemisk vasking gjennom et CIP-system og et automatisk filter, har de nødvendige dataene for kjølesystemet til FMC blitt lagt frem til ulike leverandører. Med bakgrunn av tilbakemeldinger, anbefales det å kombinere et CIP-system med to filtre, et på sjøvann- og et på ferskvannssiden. For å kunne forholde seg til to filtre, må en fremtidig installasjon bli foretatt før kjølevannet blir separert til H1 og H2. Forslag til produkter som er tilpasset kjølesystemets spesifikasjoner er:

- Filtre:
 - "AG DDF Filterautomat", levert av Alfsen og Gunderson AS
 - "ABW10-LP", levert av Tekleen Automatic Filters INC
- Kjemisk vasking gjennom CIP-system:
 - "APV CIP MIDI System", levert av APV
 - "Alfa Laval CIP 200L", levert av Alfa Laval
 - CIP-system levert av Flexmatic

Ved å betrakte tabell 9 og 10, kan en vurdering av foreslåtte produkter foretas.

Tabell 9: Sammenligning av ulike anbefalte filtre.

| Navn | Volumstrøm [m ³ /time] | Pris [NOK2015] | Filtreringsgrad [µm] | Vedlikehold | Egenskaper |
|-------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------|--|---|
| AG DDF Filterautomat | 300 - 500 | 300 000 – 350 000 Inkluderer: | 5 | Selvrensende tilbakespyling. Rensetid: 4-10 sek | Roterende sil legeme som knuser inngående biologisk materiale uten stans. Inspeksjonsluke som raskt kan brukes til inspeksjon av filterlegemet. Tilnærmet ingen reservedelsbehov |
| ABW10-LP | 597,1 | 163 465 (inkludert styringssystem) | 100 | Selvrensende tilbakespyling. Rensetid: 5-10 sek | Stegvis filtrering. Trykk måler registrerer trykk tap. Ved et bestemt trykk startes tilbakespyllingen |

Tabell 10: Sammenligning av de anbefalte CIP-systemene.

| Navn | Volum [L] | Pris [2015NOK] | Type system |
|---------------------------|-----------|----------------|-------------|
| APV CIP MIDI System | 25 000 | 2 000 000 | Stasjonært |
| Alfa Laval CIP 200L | 200 | 111 250 | Mobilt |
| CIP-system (Flexmatic) | 25 000 | 3 100 000 | Stasjonært |

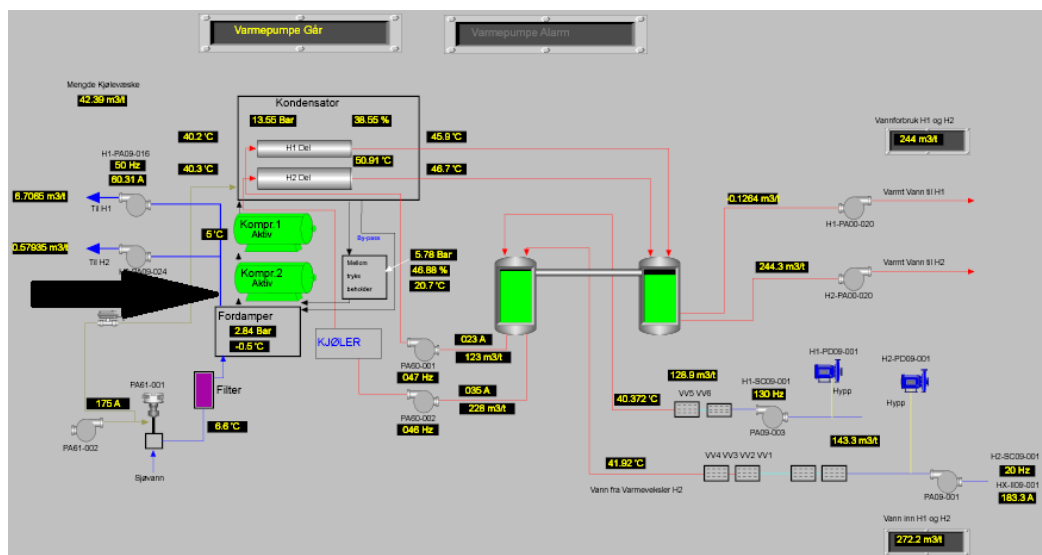
Videre bør en vurdere om det vil være mest hensiktsmessig med et mobilt eller stasjonært rengjøringsystem. I tabell 11 kan en se fordeler og ulemper ved bruk av stasjonære og mobile systemer.

Tabell 11: Fordeler og ulemper med stasjonært og mobilt system.

| Stasjonært system | | Mobilt system | |
|--|---|----------------------|---|
| Fordeler | Ulemper | Fordeler | Ulemper |
| Automatisk prosess | Ikke flyttbart | Flyttbart | Høy driftskostnad |
| Raskere rengjøring av plate-varmevekslerne | Større investeringskostnad Krever større areal | Enkelt å operere | Kan kun rense en og en plate-varmeveksler |

I følge Terje Kolbeinsen er det ønskelig med et vedlikeholdssystem, som skal kunne rengjøre alle varmevekslerne samtidig under produksjonsstans. For å kunne etterkomme dette kriteriet, vil det være hensiktsmessig med et stasjonært CIP-system. Dette med bakgrunn av at et mobilt CIP-system ikke vil inneha tilstrekkelig kapasitet til å kunne rengjøre alle varmevekslerne av gangen.

FMCs platevarmevekslere er levert av APV, noe som resulterer i at de har god kjennskap til blant annet kjølesystemet. Etter å ha vært i kontakt med Jørgen Ingeberg fra APV, vil "APV CIP MIDI System" være egnet som en mulig løsning. For å kunne gjøre en investeringsanalyse av hvor omfattende et nytt rengjøringsystem vil bety kostnadsmessig, tar en utgangspunkt i dette CIP-systemet.



Figur 29: Svart pil illustrer plassering av filter.

Som en kan se ut ifra figur 29, ønskes det å installere et filter etter grov filteret (lilla) og før kjølevannet separeres til H1 og H2. Hensikten med å plassere filteret der, er å slippe ekstrautgiftene ved å installere et filter foran H1 og et foran H2. Et mulig filter som kan egne seg til situasjonen er "AG DDF Filterautomat".

Ifølge Torstein Aanerud³ er "AG DDF Filterautomat" det mest avanserte og robuste automatiske tilbakespylingsfilteret på markedet i dag. Dagens kunder er bedrifter som ønsker kontinuerlig drift uten driftsavbrudd, noe som vil si minimalt med produksjonstap, reparasjonsarbeid og manuell rensing.

Kundene av ADG DDF Filterautomat er bl.a. OSL Gardermoen, som gjenvinner varmen fra kloakken til Nannestad kommune. De tar den rensede kloakken ca. 300-500 m³/time, pumper den opp til AG DDF filterautomat som renser den ned til 100 micron før den væsken går inn i varmevekslerne. Vi erstattet her et Bernoulli filter med filtrering på 200 micron, som personalet måtte rense opptil 3 ganger pr uke manuelt.

AG DDF filterautomat har de hatt i drift fra nov 2014, de har rensed filteret en gang siden dette pga. av at Nannestad Kommune hadde driftsfeil på anlegget og sendte råkloakk inn i filteret.

- Torstein Aanerud

³ Torstein Aanerud, Alfsen og Gunderson. Epost 08.04.15

8 Økonomiske betraktninger

For å kunne fatte en beslutning om et fremtidig rengjøringsystem vil være kostnadsdyktig, må dette betraktes økonomisk. Nedenfor følger derfor en investeringsanalyse av en mulig løsning.

Ved dagens rengjøringsmetode av platevarmevekslerne, har FMC en ansatt som daglig tar seg av vedlikeholdsarbeidet. Dette koster FMC 600 kr/t, hvor arbeidsmengden er omtrent 1750 timer i løpet av et år (inkludert 5 uker ferie og høytids- og helligdager). På bakgrunn av dette, kan en gjøre et grovt anslag av rengjøringskostnadene per år:

$$Kostnad = \frac{kr}{t} \cdot \frac{t}{år}$$

$$Kostnad = 600 \frac{kr}{t} \cdot 1750 \frac{t}{år}$$

$$Kostnad = 1050000 \frac{kr}{år}$$

En ser at det omtrent vil koste 1 050 000 kr i året for FMC (eksklusiv feriepenger etc.) å ha en ansatt som rengjør varmevekslerne daglig.

For å finne investeringskostnader til 2 filtre og et CIP-system, brukes de høyeste kostnadene relatert til de anbefalte produktene. Enhetskostnaden for et automatisk filter hentes fra tabell 9, hvor prisen for 2 enheter av AG DDF Filterautomat blir:

$$\text{Kostnad for 2 filtre} = 2 \cdot 350000kr$$

$$\underline{\text{Kostnad for 2 filtre} = 700000kr}$$

Fra tabell 10, hentes totalkostnaden til APV CIP MIDI System, som består av:

- Pakkeløsning: 1 200 000kr
- To linjer (vaske flere objekter uavhengig av hverandre, samtidig): 300 000kr
- Programmering- og styringskostnad: 500 000kr

$$\text{Kostnad CIP - system} = 1200000kr + 300000kr + 500000kr$$

$$\underline{\text{Kostnad CIP - system} = 2000000kr}$$

Investeringskostnader knyttet til kjemikalier utelukkes ettersom typen kjemisk løsning avhenger av hva begroingen på platene består av (se vedlegg IV). En videre laboratorieanalyse bør derfor gjennomføres, slik at korrekt kjemisk løsning kan bestemmes.

I overslaget av investeringskostnadene er ikke vedlikeholdsutgifter og uforutsette hendelser inkludert, ettersom de vil være situasjonsavhengige.

$$\text{Investeringskostnad} = \text{Total enhetskostnad}$$

$$\text{Investeringskostnad} = 700000kr + 2000000kr$$

$$\underline{\underline{\text{Investeringskostnad} = 2700000kr}}$$

De aktuelle driftskostnader beregnes ved å bruke de maksimale verdiene for årlig rengjøring, rengjøringstid og timelønn til vedlikeholdspersonell:

$$\text{Driftskostnad} = \text{maks antall rengjøringer per år} \cdot \text{rengjøringstid} \cdot \text{timelønn}$$

$$\text{Driftskostnad} = 6 \frac{\text{rengjøringer}}{\text{år}} \cdot 6 \frac{t}{\text{rengjøring}} \cdot 600 \frac{kr}{t}$$

$$\underline{\underline{\text{Driftskostnad} = 21600 \frac{kr}{\text{år}}}}$$

Et grovt estimat kan nå beregnes ut på hvor mange år det vil ta FMC Biopolymer før investeringskostnadene er "tilbakebetalt", på bakgrunn av endringer i driftskostnadene mellom den nye og gamle rengjøringsprosedyren:

$$\text{Antall år før investeringen er "tilbakebetalt"} = \frac{\text{investeringskostnad} + \text{driftskostnad}}{\text{Nåværende metode}}$$

$$\text{Antall år før investeringen er "tilbakebetalt"} = \frac{2700000kr + 21600 \frac{kr}{\text{år}}}{1050000 \frac{kr}{\text{år}}}$$

$$\text{Antall år før investeringen er "tilbakebetalt"} = 2,592 \text{ år} \approx \underline{\underline{3 \text{ år}}}$$

Ut i fra utregningene ovenfor kan en se at det vil ta FMC omtrent 3 år og tjene inn investeringene knyttet til den mulige løsningen bestående av et CIP-system med 2 filtre.

9 Konklusjon

Målsettingen for oppgaven var å undersøke mulighetene for å kunne erstatte eller utbedre dagens rengjøringsprosess av platevarmevekslerne på FMC Biopolymer. Hensikten var da å gjøre renholdet mer brukervennlig og kostnadseffektivt.

Bakgrunnen for oppgaven ble gitt på grunn av at FMC ønsket å undersøke alternative vedlikeholdsmetoder av platevarmevekslere, i håp om å effektivisere renholdet samt kostnadene relatert til dette.

Konklusjonen blir da at studentene har laget et mulighetsstudie, hvor en diskuterer for at noen muligheter kan være mer hensiktsmessige enn andre. Studentene har i kontakt med både ulike leverandører av vedlikeholdssystemer, samt annen industri med erfaringer innenfor lik problemstilling, utarbeidet en anbefalt løsning som kan anses som gunstig for FMC.

For å kunne redusere dagens vedlikeholdsfrekvens, bør en erstatte dette med kjemisk vasking gjennom et CIP-system, og i tillegg installere filter på både sjøvann- og ferskvannssiden. Dette blir sett på som en nødvendighet for å kunne forhindre organisk materiale og samtidig fjerne biofilm.

En mulig løsning kan bestå av kjemisk vasking med "Termorens" gjennom "APV CIP MIDI System". I tillegg til å integrere "AG DDF Filterautomat" i kjølesystemet på både sjøvann- og ferskvannssiden. Til sammen vil dette bestå av en investeringskostnad på 2 700 000kr, grovt estimert. Investeringskostnadene vil dermed være "tjent" inn etter omtrent 3 år.

Minner om at den spesifikke løsningen kun er et mulig forslag som vil kunne være med å effektivisere rengjøringsprosedyren. Det anmodes derfor om at FMC selv tar kontakt med ulike leverandører. Dette for å kunne gi leverandørene tilstrekkelig informasjon om kjølesystemet, slik at de ulike produktene blir optimalt tilpasset.

10 Referanser

FMC (2013) *FMC*. Hentet 15.01.15: http://www.stortare.no/?page_id=293

Grøn, Ø (14.02.2009) *Varmeveksler*. Hentet fra: <https://snl.no/varmeveksler>

”Prosjektering av prosessanlegg for olje og gass”

Sørensen, B.R *Varmevekslere- teoretisk grunnlag*

Hentet fra: <http://ansatte.hin.no/brs/fag/emner/tdyn/docs/vv/varmevekslere.html>

Firoz (19.06.2013) *Home Schooling and Life Experience Education*

Hentet fra: <http://jabelufiroz.hubpages.com/hub/Advantages-and-Disadvantages-of-Shell-and-Tube-Plate-type-Heat-Exchangers>

HiST (Høgskolen I Sør-Trøndelag) (u.å.)

Hentet 02.03.2015 fra: <http://hist-materialer-og-energi.wikispaces.com/Varmeveksler>

Fjellvåg, H. (14.02.2009). *Destillert vann*.

Hentet fra: https://snl.no/destillert_vann

Statens Strålevern (14.01.2014). *Hva er UV-stråling?*

Hentet fra: <http://www.nrpa.no/fakta/90114/hva-er-uv-straaling>

L.Wang, B. Sundén & R.M. Manglik (WIT press, 2007)

Hentet fra:

https://books.google.no/books?id=P3gTR8YHLHgC&printsec=frontcover&dq=plate+heat+exchanger&hl=no&sa=X&ei=RJz4VNmGI4isOt_fgdgL&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q=plate%20heat%20exchanger&f=false

Alfa Laval (u.å.) *Alpacon Degreaser*. Hentet fra: http://www.alfalaval.com/service-and-support/service-solutions/cleaning-and-chemicals/cleaning-chemicals/Documents/alpacon_degreaser_EPS00001EN.pdf

Alfa Laval (u.å.). *Alpacon Descalan*. Hentet fra: http://www.alfalaval.com/service-and-support/service-solutions/cleaning-and-chemicals/cleaning-chemicals/Documents/alpacon_descalant_EPS00002EN.pdf

Alfa Laval (u.å.). *Alfa Phos* Hentet fra: http://www.alfalaval.com/service-and-support/service-solutions/cleaning-and-chemicals/cleaning-chemicals/Documents/alfa_phos_PPS00032EN.pdf

Alfa Laval (u.å.). *Alfa Caus*. Hentet fra: http://www.alfalaval.com/service-and-support/service-solutions/cleaning-and-chemicals/cleaning-chemicals/Documents/alfa_caus_PPS00002EN.pdf

Alfa Laval (u.å.) *Alfa P-Scale*. Hentet fra: http://www.alfalaval.com/service-and-support/service-solutions/cleaning-and-chemicals/cleaning-chemicals/Documents/alfa_pscale_PPS00007EN.pdf

Alfa Laval (u.å.). *Alfa Add*. Hentet fra: http://www.alfalaval.com/service-and-support/service-solutions/cleaning-and-chemicals/cleaning-chemicals/Documents/alfa_add_PPS00006EN.pdf

Goodway (u.å.) *Material Safety Data Sheet (Scale Break-SS)*.

Hentet fra: <http://www.goodway.com/sites/default/files/public/Scalebreak-SS%20MAR%2013.pdf>

Termorens AS (2014). *Termorens*. Hentet fra:

<http://www.termorens.no/termorens/TermoRens-Rensev%C3%A6ske/cid/16149/>

Young I. Cho, Chunfu Fan & Byung-Gap Choi (Oktober, 1997)

Hentet fra: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735193397000638>

Cho, Young I. & Choi, Byung-Gap. (August, 1998)

Hentet fra: http://www.ed2000.net/alfalaval/pdf_files/experimental_validation.pdf

Tekleen Filters INC. (Februar 2003)

Hentet fra: http://www.tekleen.com/static/files/filtration-guide/irr_feb_2003.pdf

Lillestøl E, Hunderi O & Lien J.R (mai, 2001)

Generell fysikk for universiteter og høyskoler, Bind 2 Varmelære og elektromagnetisme

Lund, A. (2010). *Termodynamikk og strømningslære (2. utgave)*. Bergen: Fagbokforlaget.

Profinor AS (2013). *Selvrensende partikkelfilter – Trykksiler*. Hentet (03.03.2015) fra:

http://www.profinor.no/index.php?option=com_content&view=article&id=87:selvrensende-partikkelfilter---trykksiler&catid=26:partikkelfilter&Itemid=37

Dahlvig, G. (februar 1993). *Energi teknikk*. Oslo: Universitetsforlaget.

Lovdata (01.10.1983, sist endret 01.01.2015)

Hentet fra: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6/KAPITTEL_1#KAPITTEL_1

Lovdata (01.07.2004, sist endret 12.02.2015)

Hentet fra: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-922/KAPITTEL_9#KAPITTEL_9

Brautaset, K. (2010). *Innføring i oljehydraulikk*. Oslo: Gyldendal Undervisning.

Lydersen, A. K (14.02.2009) *Hydrosyklon*. Hentet fra: <https://snl.no/hydrosyklon>

Åssiden Fornikling AS (2009) *Vakuumsfordamper*. Hentet fra: <http://fornikling.no/Info.htm>

Graham Engineering Answers (2015). *UltraHeat Plate Heat Exchanger Operation, Maintenance and Installation Manual*. [Brosjyre]. Batavia, New York 14020.

Vedlegg I
(Informasjon om tilbakespyling fra Graham
Engineering Answers)



NOTICE!

Always confirm that any cleaning fluid to be used is compatible with the plates and gaskets in the heat exchanger. Consult the local cleaning solution supplier if necessary.

- 1) Apply the cleaning solution to the plates and let stand as necessary. Brush and rinse. If necessary, repeat the process.
- 2) When the final brushing is complete, rinse the plates very well with water and wipe them dry with a clean cloth.
- 3) Reassemble heat exchanger in accordance with section 5.2.

There are some additional considerations that should be taken to avoid damaging the heat exchanger during the cleaning process:

- Do not use hydrochloric acids when cleaning stainless steel plates.
- Plates can be damaged when cleaned using fluids with a chloride concentration greater than 300 ppm.
- Gaskets will be harmed if fluids such as ketones, halogenated hydrocarbons, aromatics and esters are used as cleaning agents.

7.3. Cleaning In Place

One method of keeping a unit prone to clogging from solids and/or sediment clean without opening it is by **backflushing**:

- Backflushing is done by making provisions in the piping to flow the problem fluid in the opposite direction to its normal flow.
- The flow rate during backwashing should be 1.5 times the normal flow.
- When using a fluid known to contain particulate, it should be piped to enter the heat exchanger at a lower port so the particulate would get caught in the port area and not make its way in between the plates.
- Piping the heat exchanger with the ability to reverse the flow direction of both fluids periodically is an alternative to backflushing.

Vedlegg II
(Utdrag fra rapport mottatt fra Karmøy
Kommune)

Kart Karmøy kommune (Verdiene for nr. 4 er utenfor FMC BioPolymer)





Resultater fra hydrografimålinger, Karmøy

Vedleggsskema 1. Radegitt skolestrømfelt fra østenden som ble brukt til hydrografimålinger hver femte (minimale) meter. Ved enkelte vanndyb er det gitt flere etterfølgende registreringer og disse kan bli svært brukte til å vurdere variasjonene i målingene og om omgivelsene er jevnt fordelt. YSI-sensoren måler oksygenmengde i tillegg til salinitet og temperatur, CTD'en oppgir trykk til vannet, som måler ikke oksygen. CTD'en måler hvert sekund, men i tabellen er dataene komprimert til å omfatte femte registreringer (dyb). Trykket er korrigert til 1013 mbar og temperaturen, for YSI målingene, for YSI ble brukt fra 11. januar 2002, og var derfor defekt i resten av målingens løpetid (fra 17. april 15. mai og 6. juni). Ved noen stasjoner ble begge instrumentene benyttet (da er CTD-data brukt der det var mulig). En rask sammenligning av noen resultater fra de to sensorene viser at YSI-sensoren (som opprinnelig ble brukt) måler temperaturen (som i tillegg) som CTD'en. I justert salinitet viser fra de to instrumentene tok like, men i januar målte YSI-sensoren 0,7 høyere salinitet enn CTD'en.

| Stasjon, (dato og kl.) | Tid | Dyp (m) | Temp | Salinitet | Tetthet | O2 mg/l | O2 % | |
|------------------------|------------|------------|----------|-----------|---------|---------|-------|-------|
| Ka 1 | 30.08.2001 | 05:30:51 | 0,4 | 15,50 | 31,87 | 23,33 | 8,49 | 103,0 |
| | 30.08.2001 | 05:40:15 | 4,8 | 15,52 | 31,96 | 23,32 | 8,18 | 99,9 |
| | 30.08.2001 | 05:40:38 | 10,6 | 15,45 | 31,84 | 23,47 | 8,08 | 99,9 |
| | 30.08.2001 | 05:41:00 | 14,8 | 15,35 | 32,08 | 23,67 | 7,84 | 95,0 |
| | 30.08.2001 | 05:41:19 | 20,5 | 15,28 | 32,30 | 23,86 | 7,65 | 92,7 |
| | 30.08.2001 | 05:41:38 | 25,4 | 15,11 | 32,37 | 23,85 | 7,54 | 91,2 |
| | 30.08.2001 | 05:42:00 | 30,2 | 14,93 | 32,31 | 24,02 | 7,50 | 85,4 |
| | 30.08.2001 | 05:42:30 | 31,8 | 14,06 | 33,18 | 24,78 | 6,88 | 82,7 |
| | 30.08.2001 | 05:42:49 | 30,0 | 14,00 | 33,23 | 24,83 | 6,88 | 81,8 |
| | Ka 2 | 30.08.2001 | 06:10:11 | 0,2 | 15,49 | 31,82 | 23,44 | 8,13 |
| 30.08.2001 | | 06:10:34 | 4,7 | 15,43 | 31,81 | 23,52 | 7,88 | 98,8 |
| 30.08.2001 | | 06:11:18 | 10,6 | 15,42 | 31,87 | 23,57 | 7,81 | 94,7 |
| 30.08.2001 | | 06:11:36 | 15,5 | 15,22 | 32,15 | 23,75 | 7,73 | 93,4 |
| 30.08.2001 | | 06:11:57 | 20,1 | 14,82 | 32,62 | 24,24 | 7,59 | 90,9 |
| 30.08.2001 | | 06:12:21 | 25,1 | 13,89 | 33,07 | 24,78 | 7,34 | 86,6 |

| Stasjon, (dato og kl.) | Tid | Dyp (m) | Temp | Salinitet | Tetthet | O2 mg/l | O2 % | | |
|------------------------|------------|------------|----------|-----------|---------|---------|-------|-------|-------|
| Ka 7 | 30.08.2001 | 09:08:31 | 33,6 | 11,71 | 32,80 | 24,46 | 7,21 | 81,5 | |
| | 30.08.2001 | 09:08:20 | 41,0 | 10,64 | 33,32 | 25,15 | 7,28 | 80,7 | |
| | 30.08.2001 | 09:08:44 | 45,2 | 10,11 | 33,87 | 25,84 | 7,30 | 80,1 | |
| | 30.08.2001 | 08:27:56 | 0,5 | 16,50 | 30,83 | 23,54 | 8,47 | 104,2 | |
| | 30.08.2001 | 08:28:02 | 0,5 | 16,51 | 30,82 | 22,53 | 8,43 | 103,8 | |
| | 30.08.2001 | 08:28:23 | 4,8 | 16,17 | 31,14 | 22,77 | 8,41 | 102,8 | |
| | 30.08.2001 | 08:28:54 | 10,7 | 15,96 | 31,26 | 22,89 | 8,16 | 99,7 | |
| | 30.08.2001 | 08:29:12 | 14,9 | 15,71 | 31,53 | 23,25 | 8,03 | 97,7 | |
| | 30.08.2001 | 08:29:33 | 20,4 | 15,22 | 32,06 | 23,71 | 7,66 | 92,6 | |
| | 30.08.2001 | 08:29:51 | 25,1 | 14,33 | 32,39 | 24,13 | 7,53 | 88,5 | |
| Ka 8 | 30.08.2001 | 08:30:06 | 28,9 | 13,76 | 32,48 | 24,31 | 7,48 | 87,8 | |
| | 30.08.2001 | 08:30:34 | 34,5 | 12,16 | 33,10 | 25,15 | 7,44 | 85,1 | |
| | 30.08.2001 | 08:30:50 | 41,9 | 11,65 | 33,50 | 25,36 | 7,38 | 83,6 | |
| | 30.08.2001 | 08:31:00 | 45,3 | 11,03 | 33,76 | 25,83 | 7,27 | 81,4 | |
| | 30.08.2001 | 08:31:37 | 50,2 | 10,70 | 34,28 | 26,28 | 7,12 | 78,4 | |
| | 30.08.2001 | 08:32:03 | 54,9 | 9,48 | 34,22 | 26,45 | 7,10 | 77,2 | |
| | 30.08.2001 | 04:54:42 | 0,4 | 16,18 | 31,75 | 23,24 | 8,41 | 103,4 | |
| | 30.08.2001 | 04:55:16 | 5,0 | 16,09 | 31,81 | 23,30 | 8,47 | 104,0 | |
| | 30.08.2001 | 04:55:34 | 10,0 | 15,82 | 31,81 | 23,44 | 8,45 | 103,3 | |
| | 30.08.2001 | 04:55:50 | 15,9 | 15,73 | 31,87 | 23,50 | 8,31 | 101,4 | |
| Ka 1 | 30.08.2001 | 04:56:05 | 20,0 | 15,66 | 32,04 | 23,57 | 8,18 | 99,9 | |
| | 30.08.2001 | 04:56:37 | 25,2 | 15,54 | 32,19 | 23,71 | 7,85 | 96,8 | |
| | 30.08.2001 | 04:56:50 | 30,3 | 15,54 | 32,28 | 23,78 | 7,84 | 95,4 | |
| | 30.08.2001 | 04:57:10 | 35,3 | 15,33 | 32,59 | 24,07 | 7,72 | 93,8 | |
| | 30.08.2001 | 04:57:30 | 40,0 | 15,01 | 32,81 | 24,31 | 7,48 | 90,2 | |
| | Ka 2 | 12.09.1997 | 10:48:41 | 0,3 | 13,24 | 32,84 | 24,70 | 8,70 | 103,1 |
| | | 12.09.1997 | 10:49:02 | 5,3 | 13,25 | 32,87 | 24,72 | 8,39 | 99,4 |
| | | 12.09.1997 | 10:49:21 | 10,4 | 13,23 | 33,02 | 24,84 | 8,24 | 97,6 |
| | | 12.09.1997 | 10:49:41 | 15,2 | 12,86 | 33,14 | 24,88 | 8,11 | 95,7 |
| | | 12.09.1997 | 10:50:05 | 20,0 | 12,50 | 33,39 | 25,27 | 8,02 | 93,8 |
| 12.09.1997 | | 10:50:23 | 24,8 | 12,29 | 33,44 | 25,33 | 7,86 | 93,0 | |
| 12.09.1997 | | 10:50:44 | 29,8 | 12,09 | 33,54 | 25,46 | 7,86 | 92,4 | |
| 12.09.1997 | | 10:50:59 | 30,8 | 11,85 | 33,62 | 25,55 | 7,83 | 91,9 | |
| 12.09.1997 | | 11:17:24 | 0,4 | 13,02 | 33,01 | 24,87 | 8,75 | 103,3 | |
| 12.09.1997 | | 11:17:50 | 4,9 | 12,88 | 33,05 | 24,83 | 8,38 | 98,6 | |
| Ka 3 | 12.09.1997 | 11:18:10 | 10,1 | 12,71 | 33,09 | 24,66 | 8,22 | 96,5 | |
| | 12.09.1997 | 11:18:34 | 15,4 | 12,62 | 33,15 | 25,05 | 8,02 | 93,8 | |
| | 12.09.1997 | 11:19:05 | 20,0 | 12,40 | 33,19 | 25,13 | 7,80 | 91,0 | |
| | 12.09.1997 | 11:19:41 | 24,5 | 11,88 | 33,36 | 25,34 | 7,63 | 89,5 | |
| | 12.09.1997 | 11:20:06 | 28,7 | 11,56 | 33,45 | 25,49 | 7,57 | 88,9 | |
| | 12.09.1997 | 11:23:16 | 35,8 | 11,23 | 33,50 | 25,59 | 7,50 | 85,6 | |
| | 12.09.1997 | 11:27:08 | 40,2 | 9,51 | 34,21 | 26,44 | 7,35 | 81,2 | |
| | 12.09.1997 | 11:27:26 | 45,2 | 9,04 | 34,25 | 26,55 | 7,36 | 80,4 | |
| | 12.09.1997 | 11:28:02 | 46,4 | 8,26 | 34,07 | 26,89 | 7,30 | 78,6 | |
| | 12.09.1997 | 11:28:05 | 45,8 | 8,33 | 34,09 | 27,00 | 7,26 | 78,4 | |
| Ka 3 | 12.09.1997 | 12:58:04 | 0,5 | 12,91 | 32,83 | 24,76 | 8,44 | 99,3 | |
| | 12.09.1997 | 12:58:40 | 5,1 | 12,45 | 33,05 | 25,01 | 8,00 | 93,3 | |
| | 12.09.1997 | 12:59:54 | 9,9 | 12,34 | 33,08 | 25,06 | 7,80 | 90,9 | |
| | 12.09.1997 | 12:59:21 | 14,6 | 12,30 | 33,10 | 25,08 | 7,69 | 89,5 | |

| Stasjon, (dato og kl.) | Tid | Dyp (m) | Temp | Salinitet | Tetthet | O2 mg/l | O2 % | |
|------------------------|------------|----------|-------|-----------|---------|---------|------|-------|
| Ka 3 | 30.08.2001 | 06:13:46 | 31,1 | 13,26 | 33,21 | 25,52 | 7,54 | 82,4 |
| | 30.08.2001 | 06:13:50 | 34,9 | 13,10 | 33,28 | 25,26 | 6,80 | 81,0 |
| | 30.08.2001 | 06:13:31 | 35,1 | 13,12 | 33,30 | 25,07 | 6,83 | 79,7 |
| | 30.08.2001 | 06:48:50 | 0,4 | 15,51 | 31,92 | 23,51 | 8,26 | 101,4 |
| | 30.08.2001 | 06:50:12 | 4,5 | 15,40 | 31,93 | 23,55 | 7,94 | 98,2 |
| | 30.08.2001 | 06:50:30 | 10,1 | 15,32 | 31,97 | 23,59 | 7,82 | 96,0 |
| | 30.08.2001 | 06:50:49 | 14,5 | 15,10 | 32,05 | 23,70 | 7,76 | 92,5 |
| | 30.08.2001 | 06:51:04 | 21,2 | 14,83 | 32,20 | 23,85 | 7,56 | 91,0 |
| | 30.08.2001 | 06:51:17 | 27,0 | 14,63 | 32,32 | 24,01 | 7,45 | 89,1 |
| | 30.08.2001 | 06:51:40 | 30,8 | 13,81 | 32,91 | 24,63 | 7,20 | 85,0 |
| Ka 4 | 30.08.2001 | 06:51:54 | 34,9 | 13,86 | 33,00 | 24,73 | 7,08 | 82,4 |
| | 30.08.2001 | 06:52:15 | 41,0 | 13,58 | 33,05 | 24,79 | 6,84 | 81,7 |
| | 30.08.2001 | 06:52:31 | 44,7 | 13,29 | 33,07 | 24,82 | 6,89 | 80,9 |
| | 30.08.2001 | 06:52:55 | 44,9 | 13,50 | 33,09 | 24,84 | 6,81 | 80,1 |
| | 30.08.2001 | 06:53:13 | 49,4 | 13,40 | 33,09 | 24,84 | 6,78 | 79,7 |
| | 30.08.2001 | 06:53:29 | 56,1 | 13,48 | 33,11 | 24,86 | 6,78 | 79,5 |
| | 30.08.2001 | 06:53:50 | 59,4 | 13,40 | 33,14 | 24,80 | 6,75 | 78,1 |
| | 30.08.2001 | 06:53:52 | 59,5 | 13,40 | 33,14 | 24,80 | 6,74 | 78,0 |
| | 30.08.2001 | 07:17:25 | 0,2 | 14,79 | 32,13 | 23,83 | 8,77 | 105,1 |
| | 30.08.2001 | 07:17:52 | 4,9 | 14,76 | 32,13 | 23,84 | 7,99 | 91,0 |
| Ka 5 | 30.08.2001 | 07:18:10 | 10,2 | 14,76 | 32,16 | 23,86 | 7,96 | 89,3 |
| | 30.08.2001 | 07:18:25 | 15,2 | 14,78 | 32,18 | 23,87 | 7,90 | 87,5 |
| | 30.08.2001 | 07:18:43 | 20,6 | 14,76 | 32,19 | 23,87 | 7,88 | 87,1 |
| | 30.08.2001 | 07:19:01 | 24,8 | 14,77 | 32,19 | 23,88 | 7,85 | 86,9 |
| | 30.08.2001 | 07:19:23 | 29,9 | 14,77 | 32,19 | 23,88 | 7,83 | 86,7 |
| | 30.08.2001 | 07:19:57 | 34,4 | 14,54 | 32,27 | 23,89 | 7,16 | 85,5 |
| | 30.08.2001 | 07:20:15 | 41,3 | 14,04 | 32,01 | 24,12 | 7,22 | 85,4 |
| | 30.08.2001 | 07:20:36 | 44,8 | 11,19 | 33,14 | 25,32 | 7,19 | 80,6 |
| | 30.08.2001 | 07:21:01 | 48,5 | 9,43 | 33,77 | 26,11 | 7,02 | 78,0 |
| | 30.08.2001 | 07:21:47 | 54,5 | 8,93 | 33,88 | 26,35 | 6,72 | 72,1 |
| Ka 6 | 30.08.2001 | 07:48:59 | 0,2 | 16,05 | 31,32 | 22,94 | 8,40 | 102,7 |
| | 30.08.2001 | 07:50:19 | 5,5 | 15,81 | 31,41 | 23,06 | 8,38 | 102,1 |
| | 30.08.2001 | 07:50:31 | 8,3 | 15,52 | 31,47 | 23,24 | 8,30 | 100,8 |
| | 30.08.2001 | 07:50:59 | 15,2 | 15,21 | 31,80 | 23,49 | 7,74 | 93,4 |
| | 30.08.2001 | 07:51:17 | 19,2 | 14,82 | 31,98 | 23,60 | 7,62 | 91,5 |
| | 30.08.2001 | 07:51:37 | 24,4 | 14,16 | 32,21 | 24,02 | 7,44 | 88,1 |
| | 30.08.2001 | 07:51:52 | 28,6 | 13,38 | 32,24 | 24,21 | 7,28 | 84,9 |
| | 30.08.2001 | 07:52:48 | 33,6 | 11,36 | 32,96 | 25,15 | 7,40 | 79,0 |
| | 30.08.2001 | 07:53:04 | 40,4 | 10,42 | 33,37 | 25,83 | 7,10 | 78,4 |
| | 30.08.2001 | 07:53:19 | 45,6 | 9,70 | 33,58 | 26,32 | 7,13 | 77,6 |
| Ka 6 | 30.08.2001 | 07:53:42 | 50,5 | 9,04 | 33,05 | 26,31 | 7,16 | 76,9 |
| | 30.08.2001 | 07:54:08 | 55,3 | 8,36 | 34,24 | 26,84 | 7,17 | 76,0 |
| | 30.08.2001 | 09:04:03 | 0,3 | 16,34 | 31,19 | 22,77 | 8,47 | 104,1 |
| | 30.08.2001 | 09:04:45 | 5,2 | 16,12 | 31,28 | 22,80 | 8,49 | 104,0 |
| | 30.08.2001 | 09:05:09 | 10,1 | 15,88 | 31,38 | 23,02 | 8,37 | 102,1 |
| | 30.08.2001 | 09:05:37 | 14,8 | 15,65 | 31,50 | 23,16 | 8,08 | 98,2 |
| | 30.08.2001 | 09:06:03 | 18,7 | 15,38 | 31,68 | 23,36 | 7,80 | 95,5 |
| | 30.08.2001 | 09:06:59 | 24,8 | 14,23 | 32,60 | 23,80 | 7,87 | 91,1 |
| | 30.08.2001 | 09:06:46 | 24,6 | 13,86 | 32,64 | 24,19 | 7,42 | 87,4 |
| | 30.08.2001 | 09:07:39 | 30,1 | 11,38 | 32,41 | 24,34 | 7,15 | 83,1 |
| 30.08.2001 | 09:08:01 | 35,6 | 11,71 | 32,80 | 24,86 | 7,21 | 81,5 | |

| Stasjon, (dato og kl.) | Tid | Dyp (m) | Temp | Salinitet | Tetthet | O2 mg/l | O2 % | |
|------------------------|------------|----------|------|-----------|---------|---------|--------|------|
| Ka 4 | 12.09.1997 | 12:59:48 | 20,3 | 12,17 | 33,16 | 25,15 | 7,59 | 88,1 |
| | 12.09.1997 | 13:00:23 | 24,6 | 12,02 | 33,25 | 25,29 | 7,53 | 87,2 |
| | 12.09.1997 | 13:00:30 | 30,3 | 11,75 | 33,36 | 25,58 | 7,47 | 86,0 |
| | 12.09.1997 | 13:00:50 | 34,7 | 11,59 | 33,43 | 25,47 | 7,42 | 85,3 |
| | 12.09.1997 | 13:01:10 | 39,8 | 11,42 | 33,49 | 25,55 | 7,39 | 84,6 |
| | 12.09.1997 | 13:01:43 | 45,3 | 10,87 | 33,74 | 25,84 | 7,34 | 83,2 |
| | 12.09.1997 | 13:02:00 | 49,7 | 10,71 | 33,80 | 26,02 | 7,28 | 82,6 |
| | 12.09.1997 | 13:02:16 | 55,2 | 10,44 | 33,81 | 26,07 | 7,28 | 81,4 |
| | 12.09.1997 | 13:02:33 | 58,4 | 10,11 | 33,87 | 26,15 | 7,28</ | |



| Stasjon (dato og kl) | Tid | Dyp (m) | Temp | Salinitet | Vetthet | O2 mg/l | O2 % |
|--|------|---------|-------|-----------|---------|---------|------|
| 12.09.1997 13:50:55 | 30.1 | 13.11 | 33.96 | 25.59 | 7.47 | 88.8 | |
| 12.09.1997 15:50:51 | 34.8 | 13.04 | 33.98 | 25.62 | 7.45 | 88.5 | |
| 12.09.1997 15:51:23 | 38.8 | 12.13 | 34.07 | 25.66 | 7.35 | 85.7 | |
| 12.09.1997 15:51:38 | 49.2 | 12.10 | 34.13 | 25.81 | 7.28 | 85.0 | |
| 12.09.1997 15:51:52 | 51.2 | 11.89 | 34.26 | 26.04 | 7.23 | 84.2 | |
| 12.09.1997 15:52:12 | 55.0 | 11.54 | 34.20 | 26.07 | 7.19 | 82.7 | |
| 12.09.1997 15:52:37 | 59.9 | 10.81 | 34.13 | 26.18 | 7.18 | 81.2 | |
| Ka 8 | | | | | | | |
| 12.09.1997 09:58:15 | 0.3 | 13.41 | 32.55 | 24.44 | 8.82 | 105.9 | |
| 12.09.1997 09:58:19 | 0.3 | 13.42 | 32.54 | 24.43 | 8.77 | 104.1 | |
| 12.09.1997 09:58:24 | 0.4 | 13.43 | 32.53 | 24.42 | 8.57 | 101.7 | |
| 12.09.1997 09:58:25 | 0.4 | 13.43 | 32.53 | 24.42 | 8.57 | 101.7 | |
| 12.09.1997 09:58:44 | 4.7 | 13.43 | 32.54 | 24.43 | 8.32 | 98.7 | |
| 12.09.1997 09:59:07 | 10.2 | 13.41 | 32.66 | 24.54 | 8.20 | 97.4 | |
| 12.09.1997 09:59:28 | 14.7 | 13.01 | 32.81 | 24.80 | 8.12 | 95.8 | |
| 12.09.1997 09:59:29 | 14.7 | 13.01 | 32.81 | 24.80 | 8.08 | 95.4 | |
| 12.09.1997 09:59:44 | 19.8 | 13.10 | 33.32 | 25.08 | 7.83 | 94.2 | |
| 12.09.1997 10:00:04 | 25.5 | 12.82 | 33.28 | 25.10 | 7.89 | 93.1 | |
| 12.09.1997 10:00:18 | 30.0 | 12.78 | 33.40 | 25.22 | 7.83 | 92.2 | |
| 12.09.1997 10:00:26 | 36.0 | 12.85 | 33.32 | 25.24 | 7.81 | 91.7 | |
| 12.09.1997 10:00:27 | 36.8 | 12.84 | 33.33 | 25.25 | 7.81 | 91.7 | |
| 12.09.1997 10:01:03 | 40.7 | 11.87 | 33.75 | 25.65 | 7.83 | 90.8 | |
| 12.09.1997 10:01:09 | 40.4 | 11.87 | 33.84 | 25.73 | 7.80 | 90.4 | |
| 12.09.1997 10:01:28 | 48.3 | 11.25 | 33.73 | 25.78 | 7.82 | 89.3 | |
| 12.09.1997 10:01:32 | 45.9 | 10.82 | 33.89 | 25.88 | 7.81 | 88.5 | |
| Ka 1, viktig vær, endret stasjonsplassering | | | | | | | |
| Mørgler data | | | | | | | |
| 21.11.2001 12:43 | 10.8 | 9.88 | 32.36 | 24.84 | 9.57 | 104.0 | |
| 21.11.2001 12:43 | 15.8 | 9.85 | 32.42 | 24.86 | 9.50 | 102.3 | |
| 21.11.2001 12:44 | 20.8 | 9.83 | 32.78 | 25.27 | 9.40 | 102.3 | |
| 21.11.2001 12:44 | 23.8 | 9.80 | 32.81 | 25.37 | 9.29 | 101.3 | |
| 21.11.2001 12:44 | 31.0 | 9.81 | 33.22 | 25.80 | 9.05 | 99.0 | |
| 21.11.2001 12:44 | 33.6 | 9.87 | 33.44 | 25.76 | 8.96 | 98.2 | |
| 21.11.2001 12:45 | 33.6 | 9.88 | 33.45 | 25.77 | 8.85 | 97.0 | |
| Ka 2 | | | | | | | |
| 21.11.2001 13:08 | 0.7 | 9.48 | 31.78 | 24.55 | 9.78 | 104.9 | |
| 21.11.2001 13:08 | 0.7 | 9.46 | 31.78 | 24.55 | 9.58 | 102.7 | |
| 21.11.2001 13:09 | 5.8 | 9.51 | 31.89 | 24.71 | 9.29 | 99.9 | |
| 21.11.2001 13:09 | 10.8 | 9.53 | 32.07 | 24.77 | 9.18 | 99.0 | |
| 21.11.2001 13:09 | 15.3 | 9.55 | 32.22 | 24.88 | 9.13 | 98.4 | |
| 21.11.2001 13:09 | 21.1 | 9.64 | 32.60 | 25.18 | 9.05 | 98.0 | |
| 21.11.2001 13:10 | 25.3 | 9.71 | 32.75 | 25.27 | 9.02 | 97.9 | |
| 21.11.2001 13:10 | 29.9 | 9.75 | 32.78 | 25.28 | 9.02 | 98.0 | |
| 21.11.2001 13:10 | 34.2 | 9.75 | 33.40 | 25.77 | 8.97 | 97.9 | |
| 21.11.2001 13:10 | 35.8 | 9.75 | 33.41 | 25.78 | 8.88 | 96.8 | |
| 21.11.2001 13:11 | 40.8 | 9.75 | 33.83 | 26.10 | 8.71 | 95.3 | |
| 21.11.2001 13:11 | 45.8 | 9.86 | 34.07 | 26.30 | 8.53 | 93.3 | |
| 21.11.2001 13:11 | 50.5 | 9.84 | 34.10 | 26.33 | 8.44 | 92.3 | |
| 21.11.2001 13:11 | 50.5 | 9.83 | 34.11 | 26.34 | 8.33 | 91.1 | |
| 21.11.2001 13:12 | 50.5 | 9.83 | 34.10 | 26.33 | 8.31 | 90.8 | |
| Ka 3, oksygenensor feil | | | | | | | |
| 26.11.2001 17:41 | 0.3 | 9.04 | 31.87 | 24.77 | | | |
| 26.11.2001 17:42 | 5.0 | 9.06 | 31.87 | 24.76 | | | |

5

| Stasjon (dato og kl) | Tid | Dyp (m) | Temp | Salinitet | Vetthet | O2 mg/l | O2 % |
|--------------------------------|------|---------|-------|-----------|---------|---------|------|
| 26.11.2001 17:42 | 10.2 | 9.12 | 32.17 | 24.81 | | | |
| 26.11.2001 17:42 | 15.3 | 9.12 | 32.32 | 25.02 | | | |
| 26.11.2001 17:43 | 20.0 | 9.20 | 32.47 | 25.13 | | | |
| 26.11.2001 17:43 | 25.3 | 9.25 | 32.73 | 25.35 | | | |
| 26.11.2001 17:43 | 30.3 | 9.32 | 32.88 | 25.43 | | | |
| 26.11.2001 17:43 | 34.8 | 9.44 | 33.15 | 25.62 | | | |
| 26.11.2001 17:44 | 39.4 | 9.45 | 33.27 | 25.72 | | | |
| 26.11.2001 17:44 | 39.2 | 9.46 | 33.27 | 25.71 | | | |
| 26.11.2001 17:44 | 45.2 | 9.41 | 33.48 | 25.86 | | | |
| 26.11.2001 17:44 | 48.8 | 9.40 | 33.66 | 26.03 | | | |
| 26.11.2001 17:44 | 48.8 | 9.40 | 33.67 | 26.04 | | | |
| Ka 4, oksygenensor feil | | | | | | | |
| 26.11.2001 17:12 | 0.2 | 8.74 | 30.81 | 23.99 | | | |
| 26.11.2001 17:12 | 5.1 | 8.82 | 31.07 | 24.19 | | | |
| 26.11.2001 17:12 | 10.1 | 8.97 | 31.54 | 24.44 | | | |
| 26.11.2001 17:13 | 15.4 | 9.01 | 33.24 | 25.58 | | | |
| 26.11.2001 17:13 | 20.2 | 9.08 | 33.60 | 25.93 | | | |
| 26.11.2001 17:14 | 25.7 | 9.00 | 34.05 | 26.27 | | | |
| 26.11.2001 17:14 | 30.2 | 9.07 | 34.68 | 26.59 | | | |
| 26.11.2001 17:15 | 35.5 | 9.07 | 34.15 | 26.33 | | | |
| 26.11.2001 17:15 | 45.3 | 9.02 | 34.17 | 26.36 | | | |
| 26.11.2001 17:15 | 50.2 | 9.01 | 34.18 | 26.36 | | | |
| 26.11.2001 17:16 | 54.0 | 9.02 | 34.31 | 26.50 | | | |
| 26.11.2001 17:16 | 54.0 | 9.07 | 34.36 | 26.55 | | | |
| 26.11.2001 17:16 | 54.0 | 9.06 | 34.38 | 26.56 | | | |
| Ka 5, oksygenensor feil | | | | | | | |
| 26.11.2001 18:47 | 0.2 | 8.60 | 30.79 | 23.87 | | | |
| 26.11.2001 18:47 | 5.3 | 8.68 | 30.82 | 23.82 | | | |
| 26.11.2001 18:48 | 10.3 | 8.77 | 31.34 | 24.29 | | | |
| 26.11.2001 18:48 | 15.3 | 8.77 | 33.03 | 25.54 | | | |
| 26.11.2001 18:48 | 20.0 | 9.00 | 33.46 | 25.88 | | | |
| 26.11.2001 18:48 | 26.0 | 10.02 | 34.20 | 26.34 | | | |
| 26.11.2001 18:48 | 30.1 | 10.21 | 34.16 | 26.28 | | | |
| 26.11.2001 18:48 | 35.1 | 10.00 | 34.26 | 26.42 | | | |
| 26.11.2001 18:49 | 40.4 | 9.88 | 34.30 | 26.43 | | | |
| 26.11.2001 18:50 | 45.8 | 9.89 | 34.32 | 26.46 | | | |
| 26.11.2001 18:50 | 50.1 | 9.81 | 34.35 | 26.50 | | | |
| 26.11.2001 18:50 | 55.0 | 9.72 | 34.33 | 26.50 | | | |
| 26.11.2001 18:50 | 59.1 | 9.60 | 34.45 | 26.62 | | | |
| 26.11.2001 18:51 | 59.1 | 9.51 | 34.46 | 26.63 | | | |
| Ka 6 | | | | | | | |
| 21.11.2001 15:30 | 0.3 | 9.24 | 29.50 | 22.88 | 10.66 | 112.2 | |
| 21.11.2001 15:30 | 5.2 | 9.24 | 29.50 | 22.88 | 10.21 | 108.5 | |
| 21.11.2001 15:31 | 10.2 | 9.30 | 31.62 | 24.44 | 10.00 | 107.0 | |
| 21.11.2001 15:31 | 15.8 | 9.69 | 32.82 | 25.17 | 9.66 | 104.3 | |
| 21.11.2001 15:31 | 21.1 | 9.78 | 33.21 | 25.81 | 9.32 | 101.8 | |
| 21.11.2001 15:31 | 25.3 | 9.82 | 33.48 | 26.32 | 9.10 | 98.5 | |
| 21.11.2001 15:31 | 30.8 | 9.87 | 33.75 | 26.82 | 8.88 | 97.3 | |
| 21.11.2001 15:32 | 36.5 | 10.14 | 34.17 | 26.90 | 8.80 | 95.0 | |
| 21.11.2001 15:32 | 40.7 | 10.53 | 34.23 | 26.98 | 8.44 | 94.1 | |
| 21.11.2001 15:32 | 45.3 | 10.85 | 34.22 | 26.25 | 8.34 | 93.2 | |
| 21.11.2001 15:32 | 49.5 | 10.82 | 34.24 | 26.27 | 8.31 | 92.9 | |
| 21.11.2001 15:32 | 56.0 | 10.49 | 34.25 | 26.30 | 8.25 | 91.9 | |
| 21.11.2001 15:32 | 56.5 | 10.38 | 34.31 | 26.37 | 8.18 | 91.0 | |
| Ka 7 | | | | | | | |

6

| Stasjon (dato og kl) | Tid | Dyp (m) | Temp | Salinitet | Vetthet | O2 mg/l | O2 % |
|--|------|---------|-------|-----------|---------|---------|------|
| 21.11.2001 15:34 | 0.2 | 8.42 | 29.53 | 22.81 | 10.67 | 112.7 | |
| 21.11.2001 15:34 | 5.8 | 9.44 | 29.82 | 23.11 | 10.27 | 108.8 | |
| 21.11.2001 15:34 | 10.3 | 9.87 | 31.85 | 24.65 | 9.93 | 107.1 | |
| 21.11.2001 15:34 | 15.8 | 9.85 | 32.51 | 25.07 | 9.80 | 104.3 | |
| 21.11.2001 15:35 | 20.6 | 9.82 | 33.30 | 25.66 | 9.15 | 100.1 | |
| 21.11.2001 15:35 | 26.3 | 9.81 | 33.38 | 25.73 | 8.82 | 97.8 | |
| 21.11.2001 15:35 | 30.5 | 10.17 | 33.84 | 26.12 | 8.71 | 96.2 | |
| 21.11.2001 15:35 | 35.4 | 10.81 | 34.23 | 26.11 | 8.52 | 95.0 | |
| 21.11.2001 15:35 | 40.6 | 10.73 | 34.17 | 26.29 | 8.40 | 94.0 | |
| 21.11.2001 15:36 | 45.7 | 10.65 | 34.18 | 26.22 | 8.31 | 92.9 | |
| 21.11.2001 15:36 | 50.8 | 10.45 | 34.28 | 26.33 | 8.28 | 92.2 | |
| 21.11.2001 15:36 | 56.5 | 10.35 | 34.33 | 26.39 | 8.21 | 91.2 | |
| 21.11.2001 15:36 | 57.8 | 10.29 | 34.39 | 26.45 | 8.16 | 90.7 | |
| Ka 8, viktig vær, endret stasjonsplassering | | | | | | | |
| 21.11.2001 11:52 | 0.1 | 9.68 | 30.00 | 24.40 | 12.63 | 113.7 | |
| 21.11.2001 11:53 | 0.4 | 9.71 | 31.84 | 24.41 | 10.02 | 108.0 | |
| 21.11.2001 11:54 | 5.8 | 9.72 | 31.85 | 24.43 | 9.77 | 105.3 | |
| 21.11.2001 11:54 | 11.3 | 9.78 | 31.89 | 25.26 | 9.74 | 105.0 | |
| 21.11.2001 11:55 | 14.8 | 10.02 | 32.81 | 25.66 | 9.49 | 103.7 | |
| 21.11.2001 11:55 | 20.8 | 10.29 | 33.23 | 25.88 | 9.20 | 101.3 | |
| 21.11.2001 11:55 | 26.2 | 10.41 | 33.43 | 25.84 | 9.05 | 100.1 | |
| 21.11.2001 11:56 | 30.0 | 10.36 | 33.82 | 25.82 | 8.99 | 99.2 | |
| 21.11.2001 11:56 | 34.5 | 10.35 | 33.73 | 25.63 | 8.85 | 98.1 | |
| 21.11.2001 11:56 | 41.7 | 10.30 | 33.86 | 26.23 | 8.75 | 96.8 | |
| 21.11.2001 11:57 | 49.0 | 10.18 | 34.29 | 26.37 | 8.60 | 95.1 | |
| 21.11.2001 11:57 | 50.0 | 10.08 | 34.24 | 26.41 | 8.42 | 93.0 | |
| 21.11.2001 11:57 | 55.0 | 10.03 | 34.28 | | 8.24 | 91.8 | |
| Ka 1 | | | | | | | |
| 12.12.2001 14:50 | 0.6 | 8.42 | 31.76 | 24.75 | 10.06 | 105.5 | |
| 12.12.2001 15:00 | 5.1 | 8.59 | 31.89 | 24.77 | 9.89 | 102.0 | |
| 12.12.2001 15:00 | 10.0 | 8.67 | 31.84 | 24.80 | 9.69 | 102.2 | |
| 12.12.2001 15:01 | 15.4 | 8.70 | 31.84 | 24.80 | 9.60 | 101.5 | |
| 12.12.2001 15:01 | 19.5 | 8.71 | 31.85 | 24.80 | 9.50 | 100.3 | |
| 12.12.2001 15:01 | 25.8 | 8.75 | 31.89 | 24.83 | 9.43 | 99.7 | |
| 12.12.2001 15:02 | 30.0 | 8.80 | 32.17 | 24.84 | 9.35 | 98.3 | |
| 12.12.2001 15:02 | 36.5 | 8.91 | 32.12 | 24.80 | 9.31 | 98.9 | |
| Ka 2 | | | | | | | |
| 12.12.2001 14:30 | 0.3 | 9.39 | 31.01 | 24.72 | 10.42 | 109.6 | |
| 12.12.2001 14:30 | 4.9 | 8.81 | 31.83 | 24.72 | 9.83 | 103.5 | |
| 12.12.2001 14:30 | 10.2 | 8.82 | 31.83 | 24.72 | 9.59 | 100.9 | |
| 12.12.2001 14:31 | 15.2 | 8.85 | 31.87 | 24.78 | 9.42 | 99.3 | |
| 1 | | | | | | | |



Table with columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for Ka 7, Ka 8, Ka 1, and Ka 2.

Table with columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for Ka 3, Ka 4, Ka 5, and Ka 6.

9

10

Table with columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for Ka 7, Ka 1, and Ka 2.

Table with columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for Ka 3, Ka 4, and Ka 6.



Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Saltnhet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

7. og 25 februar var YSI defekt/ data mistet

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Saltnhet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Saltnhet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Saltnhet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Saltnhet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Saltnhet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %



Table with 8 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for stations Ka 4, Ka 5, Ka 6, and Ka 7.

17

Table with 8 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for stations Ka 8 and CTD kkes brukt 17.04.02.

Table with 8 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for stations Ka 2 and Ka 3 mangler.

Table with 8 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for stations Ka 4 and Ka 5.

18

Table with 8 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for stations Ka 5, Ka 6, and Ka 7 mangler, ctd.

Table with 8 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for stations Ka 2, Ka 3, Ka 4, and Ka 5.



Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for stations Ka 6, Ka 7, Ka 8, and Ka 1.

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for stations Ka 2, Ka 3, Ka 4, and Ka 5.

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for stations Ka 6, Ka 7, and Ka 8.

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %. Rows include data for stations Ka 2, Ka 3, Ka 4, and Ka 5.



Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Ka 6
YSI defekt 27. juni 02

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Ka 7, like luri GTD

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Ka 6

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

Table with 7 columns: Stasjon, (dato og kl), Tid, Dyp (m), Temp, Salinitet, Tetthet, O2 mg/l, O2 %

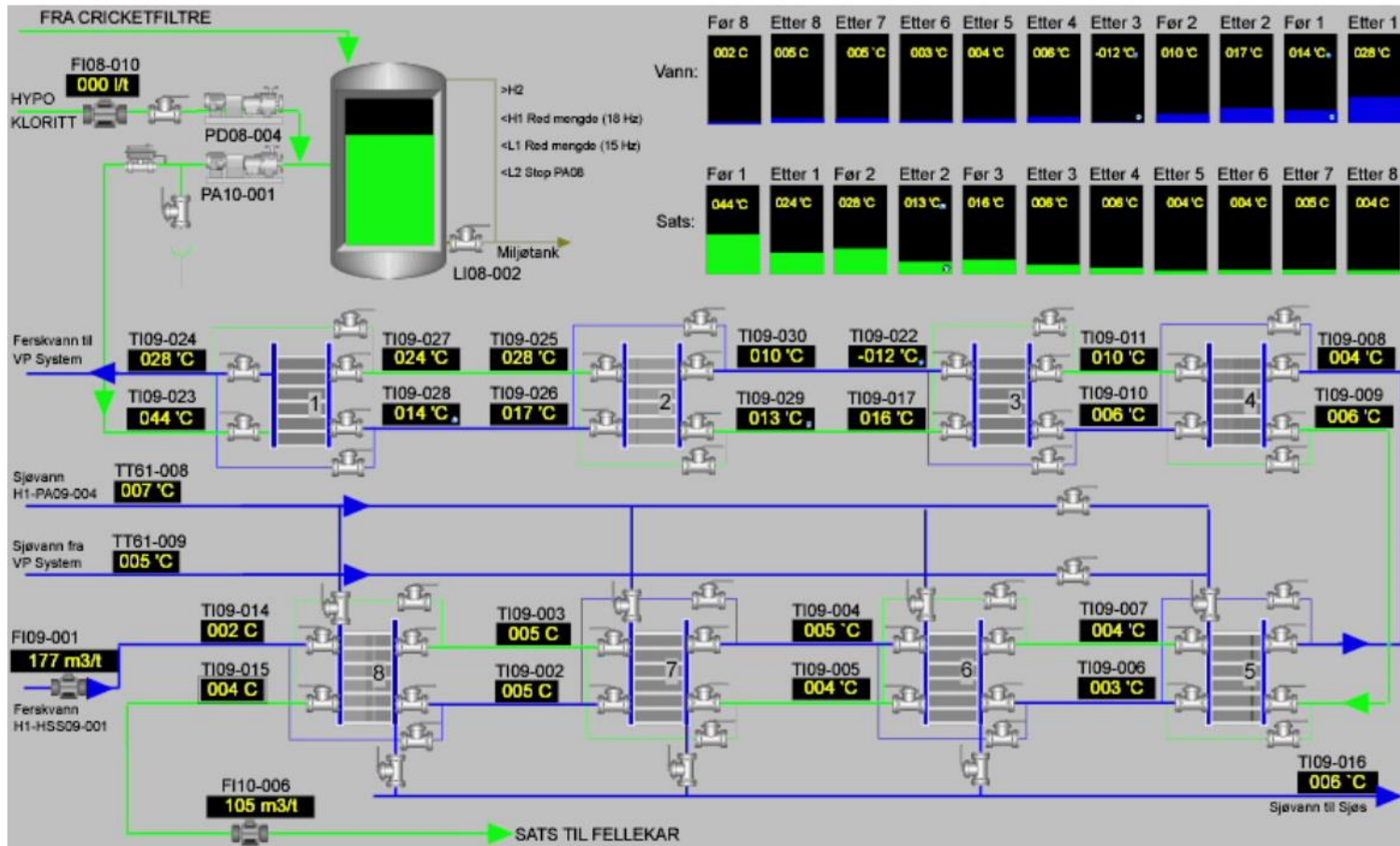


| Stasjon, (dømt og kl.) | Tid | Dyp (m) | Temp | Salinitet | Tetthet | O2 mg/l | O2 % |
|------------------------|----------|---------|-------|-----------|---------|---------|------|
| 10.07.2002 | 12:16:14 | 10,0 | 12,97 | 38,50 | 21,55 | | |
| 10.07.2002 | 12:16:27 | 15,2 | 11,73 | 30,53 | 23,24 | | |
| 10.07.2002 | 12:16:35 | 20,3 | 11,08 | 31,14 | 23,85 | | |
| 10.07.2002 | 12:16:42 | 24,7 | 10,47 | 31,85 | 24,37 | | |
| 10.07.2002 | 12:16:50 | 30,0 | 10,39 | 31,71 | 24,46 | | |
| 10.07.2002 | 12:16:57 | 34,6 | 9,34 | 32,85 | 25,31 | | |
| 10.07.2002 | 12:20:05 | 40,1 | 8,37 | 33,31 | 25,08 | | |
| 10.07.2002 | 12:20:13 | 45,0 | 8,15 | 33,49 | 25,27 | | |
| 10.07.2002 | 12:20:21 | 49,9 | 8,09 | 33,82 | 25,33 | | |
| 10.07.2002 | 12:20:29 | 55,3 | 8,02 | 33,59 | 25,42 | | |
| Na 5, bane 01 ca 53 m | | | | | | | |
| 10.07.2002 | 11:41:08 | 0,4 | 14,32 | 28,37 | 19,47 | | |
| 10.07.2002 | 11:41:11 | 2,0 | 14,30 | 28,37 | 19,48 | | |
| 10.07.2002 | 11:41:14 | 4,0 | 14,25 | 28,41 | 19,53 | | |
| 10.07.2002 | 11:41:17 | 6,1 | 13,82 | 26,84 | 19,64 | | |
| 10.07.2002 | 11:41:20 | 8,3 | 13,37 | 27,91 | 20,68 | | |
| 10.07.2002 | 11:41:22 | 9,7 | 13,04 | 28,35 | 21,28 | | |
| 10.07.2002 | 11:41:29 | 14,8 | 11,33 | 30,73 | 23,46 | | |
| 10.07.2002 | 11:41:37 | 20,5 | 10,84 | 31,41 | 24,14 | | |
| 10.07.2002 | 11:41:44 | 25,0 | 9,86 | 32,05 | 24,70 | | |
| 10.07.2002 | 11:41:51 | 29,7 | 9,11 | 32,89 | 25,43 | | |
| 10.07.2002 | 11:41:58 | 34,7 | 8,63 | 33,07 | 25,82 | | |
| 10.07.2002 | 11:42:06 | 40,2 | 8,31 | 33,35 | 26,12 | | |
| 10.07.2002 | 11:42:13 | 45,5 | 8,04 | 33,37 | 26,25 | | |
| 10.07.2002 | 11:42:20 | 49,8 | 7,91 | 33,65 | 26,46 | | |
| 10.07.2002 | 11:42:32 | 54,0 | 7,78 | 33,82 | 26,47 | | |
| Na 6 | | | | | | | |
| 10.07.2002 | 11:17:40 | 0,7 | 14,45 | 28,06 | 18,21 | | |
| 10.07.2002 | 11:17:44 | 2,4 | 14,45 | 28,06 | 18,21 | | |
| 10.07.2002 | 11:17:46 | 3,8 | 14,28 | 28,25 | 18,40 | | |
| 10.07.2002 | 11:17:49 | 6,0 | 14,13 | 28,50 | 18,63 | | |
| 10.07.2002 | 11:17:52 | 8,2 | 13,24 | 28,06 | 21,02 | | |
| 10.07.2002 | 11:17:54 | 9,7 | 12,32 | 29,70 | 22,46 | | |
| 10.07.2002 | 11:18:01 | 14,8 | 11,88 | 30,66 | 23,50 | | |
| 10.07.2002 | 11:18:08 | 19,9 | 11,02 | 31,65 | 24,25 | | |
| 10.07.2002 | 11:18:15 | 25,1 | 9,87 | 32,36 | 25,03 | | |
| 10.07.2002 | 11:18:22 | 30,2 | 9,01 | 33,00 | 25,69 | | |
| 10.07.2002 | 11:18:29 | 35,1 | 8,70 | 33,27 | 25,97 | | |
| 10.07.2002 | 11:18:36 | 39,7 | 8,31 | 33,47 | 26,21 | | |
| 10.07.2002 | 11:18:44 | 45,1 | 8,20 | 33,65 | 26,38 | | |
| 10.07.2002 | 11:18:52 | 50,5 | 7,87 | 33,74 | 26,52 | | |
| 10.07.2002 | 11:18:58 | 55,2 | 7,80 | 33,82 | 26,81 | | |
| 10.07.2002 | 11:19:06 | 59,8 | 7,84 | 33,81 | 26,70 | | |
| 10.07.2002 | 11:19:13 | 64,8 | 7,87 | 33,65 | 26,70 | | |
| 10.07.2002 | 11:19:21 | 70,2 | 7,83 | 34,03 | 26,86 | | |
| 10.07.2002 | 11:19:28 | 74,8 | 7,83 | 34,01 | 26,89 | | |
| 10.07.2002 | 11:19:36 | 80,2 | 7,47 | 34,05 | 26,97 | | |
| 10.07.2002 | 11:19:43 | 85,1 | 7,40 | 34,08 | 27,03 | | |
| 10.07.2002 | 11:19:50 | 90,2 | 7,25 | 34,12 | 27,09 | | |
| 10.07.2002 | 11:19:58 | 94,8 | 7,27 | 34,17 | 27,16 | | |
| 10.07.2002 | 11:20:06 | 99,7 | 7,18 | 34,18 | 27,21 | | |
| 10.07.2002 | 11:20:21 | 109,8 | 7,15 | 34,26 | 27,32 | | |
| 10.07.2002 | 11:20:35 | 119,7 | 7,07 | 34,31 | 27,41 | | |
| 10.07.2002 | 11:20:50 | 130,2 | 6,96 | 34,42 | 27,56 | | |
| Na 7 | | | | | | | |

| Stasjon, (dømt og kl.) | Tid | Dyp (m) | Temp | Salinitet | Tetthet | O2 mg/l | O2 % |
|------------------------|----------|---------|-------|-----------|---------|---------|------|
| 10.07.2002 | 10:51:17 | 0,5 | 14,53 | 26,11 | 18,23 | | |
| 10.07.2002 | 10:51:22 | 1,7 | 14,44 | 26,13 | 18,27 | | |
| 10.07.2002 | 10:51:25 | 3,6 | 14,41 | 26,17 | 19,31 | | |
| 10.07.2002 | 10:51:28 | 6,0 | 14,05 | 27,78 | 20,83 | | |
| 10.07.2002 | 10:51:31 | 8,1 | 14,08 | 28,37 | 21,00 | | |
| 10.07.2002 | 10:51:34 | 10,1 | 14,05 | 28,61 | 22,06 | | |
| 10.07.2002 | 10:51:41 | 14,8 | 13,31 | 30,83 | 23,25 | | |
| 10.07.2002 | 10:51:49 | 19,8 | 11,62 | 32,35 | 24,84 | | |
| 10.07.2002 | 10:51:57 | 25,1 | 11,29 | 32,81 | 25,21 | | |
| 10.07.2002 | 10:52:04 | 29,9 | 9,90 | 33,18 | 25,73 | | |
| 10.07.2002 | 10:52:11 | 35,1 | 9,74 | 33,45 | 26,11 | | |
| 10.07.2002 | 10:52:17 | 39,6 | 8,81 | 33,63 | 26,29 | | |
| 10.07.2002 | 10:52:24 | 44,0 | 8,51 | 33,72 | 26,40 | | |
| 10.07.2002 | 10:52:31 | 49,9 | 8,55 | 33,81 | 26,48 | | |
| 10.07.2002 | 10:52:38 | 55,0 | 9,38 | 34,07 | 26,58 | | |
| 10.07.2002 | 10:52:45 | 60,2 | 9,06 | 34,14 | 26,71 | | |
| 10.07.2002 | 10:52:51 | 64,8 | 8,81 | 34,13 | 26,76 | | |

Vedlegg III

(Kjølevannsdatab H1 tilsendt fra FMC Biopolymer)



Vedlegg IV

(Utdrag av beregninger knyttet til lukket sløyfe)

Formlene og dataen under (som ikke er spesifisert til FMCs kjølesystem) er blitt hentet fra:
 Lillestøl E, Hunderi O & Lien J.R (mai, 2001)
 Generell fysikk for universiteter og høgskoler, Bind 2 Varmelære og elektromagnetisme

Varmeledningsmotstand per lengdeenhet for røret:
$$R_{Rør} = \frac{1}{2\pi\lambda} \cdot \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$

Varmeledningsmotstand grunnet konveksjon på begge sider av røret:
$$R_{konveksjon} = \frac{1}{H_1 \cdot A} + \frac{1}{H_2 \cdot A}$$

Totale varmemotstand per lengdeenhet:
$$R_{tot} = \frac{1}{H_1 \cdot A} + R_{Rør} + \frac{1}{H_2 \cdot A} = \frac{1}{H_1 \cdot A} + \frac{1}{2\pi\lambda} \cdot \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) + \frac{1}{H_2 \cdot A}$$

Varmetapet per lengdeenhet / Kjøling per lengdeenhet:
$$Q = \frac{T_1 - T_0}{R_{tot}}$$

T_0 – Temperatur av sjøvann (omgivelsestemperatur) [°C]
 T_1 – Temperatur av kjølevann [°C]
 $D1$ - Indre diameter av røret [mm]
 $D2$ - Ytre diameter av røret [mm]
 R_1 – Indre radius av røret [mm]
 R_2 – Ytre radius av røret [mm]
 A – Areal per lengdeenhet av den *indre* flaten av stålrøret ($A=2\pi R_1$) stålrøret [m²/m]
 λ - Varmeledningstallet [W/m °C]
 H_1 – Varmerovergangstallet mellom sjøvannet og innsiden av stålrøret [W/m²°C]
 H_2 – Varmerovergangstallet mellom sjøvannet og innsiden av stålrøret [W/m²°C]
 Q - Varmetapet i røret per lengdeenhet [W/m]
 ρ - Tettheten til sjøvannet og kjølevannet [Kg/m³]
 C_p - Spesifikk varmekapasitet sjøvann [J/kg °C]
 - Volumstrøm [m³/s]

Felles data for all videre beregning:

$$H_1 = 200 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\rho = 1024,5 [\text{kg/m}^3]$$

$$C_p = 4180 \text{ J}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$$

$$H_2 = 200 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Volumstrøm} (\dot{V}) = 180 \frac{\text{m}^3}{\text{time}} = 180 \frac{\text{m}^3}{\text{time}} \cdot \frac{\text{time}}{60 \cdot 60 \text{ s}} \equiv 0,05 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

T_0 = Avhenger av årstid og havdypet (denne temperaturen referer til resultatene Karmøy Kommune fikk ved målingene sine)

T_1 = Synker med lengden av røret, men $42 \text{ } ^\circ\text{C}$ ut av varmepumpe ($L=0\text{m}$)

Spesifikk data for DN150 i AISI316 stål:

$$D1 = 164,3 \text{ mm}$$

$$t = 2 \text{ mm}$$

$$D2 = 168,3 \text{ mm}$$

$$R1 = 82,15 \text{ mm}$$

$$\lambda = 13,5 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

$$R2 = 84,15 \text{ mm}$$

Areal per lengdeenhet av den *indre flaten av stålørret* (A):

$$A = 2\pi R1 = 0,515902 \text{ m}^2/\text{m}$$

Total motstand (R_{tot}):

$$R_{\text{tot}} = 0,01966725 \text{ m } ^\circ\text{C}/\text{W}$$

Kjøleeffekt i august ved bruk av DN150 i AISI316:

| Lengde [m] | ρ [kg/m ³] | C_p [J/(kg °C)] | Volumstrøm [m ³ /s] | A [m ² /m] | H1 [W/m ² °C] | H2 [W/m ² °C] | λ [W/m °C] | D1 [mm] | D2 [mm] | T0 [°C] | T1 [°C] | Q [J] | ΔT [°C] |
|------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| 0 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 42,00 | 1384,54 | 0,00646615 |
| 1 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 41,99 | 1384,21 | 0,00646461 |
| 2 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 41,99 | 1383,88 | 0,00646308 |
| 3 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 41,98 | 1383,55 | 0,00646154 |
| 4 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 41,97 | 1383,22 | 0,00646001 |
| 5 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 41,97 | 1382,89 | 0,00645848 |
| 6 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 41,96 | 1382,56 | 0,00645694 |
| 7 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 41,95 | 1382,24 | 0,00645541 |
| 8 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 41,95 | 1381,91 | 0,00645388 |
| 9 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 41,94 | 1381,58 | 0,00645234 |
| 10 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 41,94 | 1381,25 | 0,00645081 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|------|----------|-----|-----|------|-------|-------|------|------|------|------------|
| 34990 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,42 | 1,975E-06 |
| 34991 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,42 | 1,9746E-06 |
| 34992 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,42 | 1,9741E-06 |
| 34993 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,42 | 1,9736E-06 |
| 34994 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,42 | 1,9732E-06 |
| 34995 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,42 | 1,9727E-06 |
| 34996 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,42 | 1,9722E-06 |
| 34997 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,42 | 1,9718E-06 |
| 34998 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,42 | 1,9713E-06 |
| 34999 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,42 | 1,9708E-06 |
| 35000 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,42 | 1,9703E-06 |

Kjøleeffekt i januar ved bruk av DN150 i AISI316 :

| Lengde [m] | ρ [kg/m ³] | C_p [J/(kg °C)] | Volumstrøm [m ³ /s] | A [m ² /m] | H1 [W/m ² °C] | H2 [W/m ² °C] | λ [W/m °C] | D1 [mm] | D2 [mm] | T0 [°C] | T1 [°C] | Q [J] | ΔT [°C] |
|------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| 0 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 42,00 | 1858,42 | 0,00867932 |
| 1 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 41,99 | 1857,98 | 0,00867725 |
| 2 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 41,98 | 1857,54 | 0,00867519 |
| 3 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 41,97 | 1857,10 | 0,00867313 |
| 4 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 41,97 | 1856,65 | 0,00867107 |
| 5 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 41,96 | 1856,21 | 0,00866902 |
| 6 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 41,95 | 1855,77 | 0,00866696 |
| 7 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 41,94 | 1855,33 | 0,0086649 |
| 8 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 41,93 | 1854,89 | 0,00866284 |
| 9 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 41,92 | 1854,45 | 0,00866078 |
| 10 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 41,91 | 1854,01 | 0,00865873 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|------|----------|-----|-----|------|-------|-------|------|------|------|------------|
| 34990 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 5,46 | 0,46 | 2,1358E-06 |
| 34991 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 5,46 | 0,46 | 2,1353E-06 |
| 34992 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 5,46 | 0,46 | 2,1348E-06 |
| 34993 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 5,46 | 0,46 | 2,1343E-06 |
| 34994 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 5,46 | 0,46 | 2,1338E-06 |
| 34995 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 5,46 | 0,46 | 2,1333E-06 |
| 34996 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 5,46 | 0,46 | 2,1328E-06 |
| 34997 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 5,46 | 0,46 | 2,1322E-06 |
| 34998 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 5,46 | 0,46 | 2,1317E-06 |
| 34999 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 5,46 | 0,46 | 2,1312E-06 |
| 35000 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 13,5 | 164,3 | 168,3 | 5,45 | 5,46 | 0,46 | 2,1307E-06 |

Kjøleeffekt i august ved bruk av DN150 aluminiumsrør:

Nytt varmeledningstall: $\lambda = 200 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$

| Lengde [m] | ρ [kg/m ³] | C_p [J/(kg °C)] | Volumstrøm [m ³ /s] | A [m ² /m] | H1 [W/m ² °C] | H2 [W/m ² °C] | λ [W/m °C] | D1 [mm] | D2 [mm] | T0 [°C] | T1 [°C] | Q [J] | ΔT [°C] |
|------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| 0 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 43,00 | 1454,95 | 0,00679502 |
| 1 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 42,99 | 1454,60 | 0,00679339 |
| 2 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 42,99 | 1454,25 | 0,00679175 |
| 3 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 42,98 | 1453,90 | 0,00679012 |
| 4 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 42,97 | 1453,55 | 0,00678848 |
| 5 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 42,97 | 1453,20 | 0,00678685 |
| 6 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 42,96 | 1452,85 | 0,00678522 |
| 7 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 42,95 | 1452,50 | 0,00678358 |
| 8 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 42,95 | 1452,15 | 0,00678195 |
| 9 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 42,94 | 1451,80 | 0,00678032 |
| 10 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 14,77 | 42,93 | 1451,46 | 0,00677868 |
| <hr/> | | | | | | | | | | | | | |
| 34990 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,39 | 1,8405E-06 |
| 34991 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,39 | 1,8401E-06 |
| 34992 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,39 | 1,8396E-06 |
| 34993 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,39 | 1,8392E-06 |
| 34994 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,39 | 1,8388E-06 |
| 34995 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,39 | 1,8383E-06 |
| 34996 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,39 | 1,8379E-06 |
| 34997 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,39 | 1,8374E-06 |
| 34998 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,39 | 1,837E-06 |
| 34999 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,39 | 1,8365E-06 |
| 35000 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 0,515902 | 200 | 200 | 200 | 164,3 | 168,3 | 8,43 | 8,44 | 0,39 | 1,8361E-06 |

Videre kan en undersøke kjøleeffekten ved å benytte en større rørdimensjon for å oppnå større kontaktflate mellom kjøle- og sjøvannet i den lukkede sløyfen. Temperaturmålingene som er blitt brukt i de videre beregningene er fra august måned. Rørdimensjonene er hentet ut fra:

<http://www.atlassteels.com.au/>

Rørdimensjon: 32"

D2= 800 mm

t = 6,35 mm

D1 = 787,3 mm

R2 = 400 mm

R1 = 393,65 mm

Areal per lengdeenhet

A = $2\pi R1 = 2,472122 \text{ m}^2/\text{m}$

Total motstand (Rtot)

Rtot = 0,004233859 m °C/W

| Lengde [m] | ρ [kg/m ³] | Cp [J/(kg °C)] | Volumstrøm [m ³ /s] | A [m ² /m] | H1 [W/m ² °C] | H2 [W/m ² °C] | λ [W/m °C] | D1 [m] | D2 [m] | T0 [°C] | T1 [°C] | Q [J] | ΔT [°C] |
|------------|-----------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------------|
| 0 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 14,77 | 42,00 | 6431,48 | 0,03003675 |
| 1 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 14,77 | 41,97 | 6424,39 | 0,03000362 |
| 2 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 14,77 | 41,94 | 6417,30 | 0,02997053 |
| 3 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 14,77 | 41,91 | 6410,23 | 0,02993747 |
| 4 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 14,77 | 41,88 | 6403,15 | 0,02990444 |
| 5 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 14,77 | 41,85 | 6396,09 | 0,02987146 |
| 6 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 14,77 | 41,82 | 6389,04 | 0,0298385 |
| 7 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 14,77 | 41,79 | 6381,99 | 0,02980559 |
| 8 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 14,77 | 41,76 | 6374,95 | 0,02977271 |
| 9 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 14,77 | 41,73 | 6367,92 | 0,02973987 |
| 10 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 14,77 | 41,70 | 6360,89 | 0,02970707 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|------|----------|-----|-----|------|-------|-----|------|------|-------|------------|
| 4990 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 8,43 | 8,57 | 33,25 | 0,00015531 |
| 4991 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 8,43 | 8,57 | 33,22 | 0,00015513 |
| 4992 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 8,43 | 8,57 | 33,18 | 0,00015496 |
| 4993 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 8,43 | 8,57 | 33,14 | 0,00015479 |
| 4994 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 8,43 | 8,57 | 33,11 | 0,00015462 |
| 4995 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 8,43 | 8,57 | 33,07 | 0,00015445 |
| 4996 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 8,43 | 8,57 | 33,03 | 0,00015428 |
| 4997 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 8,43 | 8,57 | 33,00 | 0,00015411 |
| 4998 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 8,43 | 8,57 | 32,96 | 0,00015394 |
| 4999 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 8,43 | 8,57 | 32,93 | 0,00015377 |
| 5000 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 8,43 | 8,57 | 32,89 | 0,0001536 |

Rørdimensjon: 24" rør

D2= 610 mm t = 5,5 mm
R2 = 305 mm

D1 = 599 mm
R1 = 299,5 mm

Areal per lengdeenhet
A = 2πR1 = 1,88086 m²/m

Total motstand (R_{tot})
R_{tot} = 0,005531359 m °C/W

| Lengde [m] | ρ [kg/m ³] | Cp [J/(kg °C)] | Volumstrøm [m ³ /s] | A [m ² /m] | H1 [W/m ² °C] | H2 [W/m ² °C] | λ [W/m °C] | D1 [m] | D2 [m] | T0 [°C] | T1 [°C] | Q [J] | ΔT [°C] |
|------------|------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|------------|--------|--------|---------|---------|---------|------------|
| 0 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 14,77 | 42,00 | 4922,84 | 0,02299098 |
| 1 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 14,77 | 41,98 | 4918,68 | 0,02297157 |
| 2 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 14,77 | 41,95 | 4914,53 | 0,02295218 |
| 3 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 14,77 | 41,93 | 4910,38 | 0,0229328 |
| 4 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 14,77 | 41,91 | 4906,24 | 0,02291343 |
| 5 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 14,77 | 41,89 | 4902,09 | 0,02289409 |
| 6 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 14,77 | 41,86 | 4897,95 | 0,02287476 |
| 7 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 14,77 | 41,84 | 4893,82 | 0,02285544 |
| 8 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 14,77 | 41,82 | 4889,69 | 0,02283615 |
| 9 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 14,77 | 41,79 | 4885,56 | 0,02281687 |
| 10 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 14,77 | 41,77 | 4881,43 | 0,0227976 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|------|----------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-------|------------|
| 4990 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 8,43 | 8,94 | 91,93 | 0,00042935 |
| 4991 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 8,43 | 8,94 | 91,86 | 0,00042899 |
| 4992 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 8,43 | 8,94 | 91,78 | 0,00042863 |
| 4993 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 8,43 | 8,94 | 91,70 | 0,00042827 |
| 4994 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 8,43 | 8,94 | 91,62 | 0,00042791 |
| 4995 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 8,43 | 8,94 | 91,55 | 0,00042755 |
| 4996 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 8,43 | 8,94 | 91,47 | 0,00042718 |
| 4997 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 8,43 | 8,94 | 91,39 | 0,00042682 |
| 4998 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 8,43 | 8,94 | 91,31 | 0,00042646 |
| 4999 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 8,43 | 8,93 | 91,24 | 0,0004261 |
| 5000 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 8,43 | 8,93 | 91,16 | 0,00042574 |

Rørdimensjon: 16" rør

D2= 406,4 mm
R2 = 203,2 mm

t = 4 mm

D1 = 398,4 mm
R1 = 199,2 mm

Areal per lengdeenhet

$$A = 2\pi R1 = 1,250976 \text{ m}^2/\text{m}$$

Total motstand (R_{tot})

$$R_{tot} = 0,008228264 \text{ m}^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

| Lengde [m] | ρ [kg/m ³] | C _p [J/(kg °C)] | Volumstrøm [m ³ /s] | A [m ² /m] | H1 [W/m ² °C] | H2 [W/m ² °C] | λ [W/m °C] | D1 [mm] | D2 [mm] | T0 [°C] | T1 [°C] | Q [J] | ΔT [°C] |
|------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| 0 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 14,77 | 42,00 | 3309,33 | 0,01545543 |
| 1 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 14,77 | 41,98 | 3307,45 | 0,01544666 |
| 2 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 14,77 | 41,97 | 3305,57 | 0,01543789 |
| 3 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 14,77 | 41,95 | 3303,69 | 0,01542913 |
| 4 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 14,77 | 41,94 | 3301,82 | 0,01542037 |
| 5 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 14,77 | 41,92 | 3299,94 | 0,01541162 |
| 6 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 14,77 | 41,91 | 3298,07 | 0,01540287 |
| 7 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 14,77 | 41,89 | 3296,20 | 0,01539413 |
| 8 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 14,77 | 41,88 | 3294,33 | 0,01538539 |
| 9 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 14,77 | 41,86 | 3292,46 | 0,01537666 |
| 10 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 14,77 | 41,85 | 3290,59 | 0,01536793 |
| <hr/> | | | | | | | | | | | | | |
| 4990 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 8,43 | 10,44 | 244,04 | 0,00113971 |
| 4991 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 8,43 | 10,44 | 243,90 | 0,00113906 |
| 4992 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 8,43 | 10,44 | 243,76 | 0,00113842 |
| 4993 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 8,43 | 10,43 | 243,62 | 0,00113777 |
| 4994 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 8,43 | 10,43 | 243,48 | 0,00113713 |
| 4995 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 8,43 | 10,43 | 243,34 | 0,00113648 |
| 4996 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 8,43 | 10,43 | 243,21 | 0,00113584 |
| 4997 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 8,43 | 10,43 | 243,07 | 0,00113519 |
| 4998 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 8,43 | 10,43 | 242,93 | 0,00113455 |
| 4999 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 8,43 | 10,43 | 242,79 | 0,00113391 |
| 5000 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 8,43 | 10,43 | 242,65 | 0,00113326 |

Rørdimensjon: 10" rør

D2= 273,1 mm t = 3,4 mm
R2 = 136,55 mm

D1 = 266,3 mm
R1 = 133,15 mm

Areal per lengdeenhet
A = $2\pi R1 = 0,836182 \text{ m}^2/\text{m}$

Total motstand (Rtot)
Rtot = 0,01225653 m °C/W

| Lengde [m] | ρ [kg/m ³] | Cp [J/(kg °C)] | Volumstrøm [m ³ /s] | A [m ² /m] | H1 [W/m ² °C] | H2 [W/m ² °C] | λ [W/m °C] | D1 [mm] | D2 [mm] | T0 [°C] | T1 [°C] | Q [J] | ΔT [°C] |
|------------|-----------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| 0 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 14,77 | 42,00 | 2221,67 | 0,01037581 |
| 1 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 14,77 | 41,99 | 2220,83 | 0,01037185 |
| 2 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 14,77 | 41,98 | 2219,98 | 0,0103679 |
| 3 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 14,77 | 41,97 | 2219,13 | 0,01036395 |
| 4 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 14,77 | 41,96 | 2218,29 | 0,01036 |
| 5 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 14,77 | 41,95 | 2217,44 | 0,01035605 |
| 6 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 14,77 | 41,94 | 2216,60 | 0,01035211 |
| 7 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 14,77 | 41,93 | 2215,75 | 0,01034816 |
| 8 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 14,77 | 41,92 | 2214,91 | 0,01034422 |
| 9 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 14,77 | 41,91 | 2214,07 | 0,01034028 |
| 10 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 14,77 | 41,90 | 2213,22 | 0,01033634 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|------|----------|-----|-----|------|-------|-------|------|-------|--------|------------|
| 4990 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 8,43 | 13,50 | 413,46 | 0,00193096 |
| 4991 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 8,43 | 13,50 | 413,30 | 0,00193023 |
| 4992 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 8,43 | 13,49 | 413,14 | 0,00192949 |
| 4993 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 8,43 | 13,49 | 412,99 | 0,00192876 |
| 4994 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 8,43 | 13,49 | 412,83 | 0,00192802 |
| 4995 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 8,43 | 13,49 | 412,67 | 0,00192729 |
| 4996 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 8,43 | 13,49 | 412,51 | 0,00192655 |
| 4997 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 8,43 | 13,48 | 412,36 | 0,00192582 |
| 4998 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 8,43 | 13,48 | 412,20 | 0,00192509 |
| 4999 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 8,43 | 13,48 | 412,04 | 0,00192435 |
| 5000 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 8,43 | 13,48 | 411,89 | 0,00192362 |

Videre kan en undersøke kjøleeffekten ved ulike rørdimensjoner i januar måned.

Rørdimensjon: 32"

D2= 800 mm t = 6,35 mm D1 = 787,3 mm
R2 = 400 mm R1 = 393,65 mm

Areal per lengdeenhet Total motstand (R_{tot})
A = 2πR1 = 2,472122 m²/m R_{tot} = 0,004233859 m °C/W

| Lengde [m] | ρ [kg/m ³] | Cp [J/(kg °C)] | Volumstrøm [m ³ /s] | A [m ² /m] | H1 [W/m ² °C] | H2 [W/m ² °C] | λ [W/m °C] | D1 [mm] | D2 [mm] | T0 [°C] | T1 [°C] | Q [J] | ΔT [°C] |
|------------|------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| 0 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 42,00 | 8632,79 | 0,04031742 |
| 1 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 41,96 | 8623,26 | 0,04027295 |
| 2 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 41,92 | 8613,75 | 0,04022852 |
| 3 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 41,88 | 8604,25 | 0,04018415 |
| 4 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 41,84 | 8594,76 | 0,04013982 |
| 5 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 41,80 | 8585,28 | 0,04009555 |
| 6 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 41,76 | 8575,81 | 0,04005132 |
| 7 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 41,72 | 8566,35 | 0,04000714 |
| 8 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 41,68 | 8556,90 | 0,03996301 |
| 9 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 41,64 | 8547,46 | 0,03991892 |
| 10 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 41,60 | 8538,03 | 0,03987489 |
| <hr/> | | | | | | | | | | | | | |
| 4990 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 5,60 | 35,02 | 0,00016356 |
| 4991 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 5,60 | 34,98 | 0,00016338 |
| 4992 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 5,60 | 34,94 | 0,00016319 |
| 4993 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 5,60 | 34,90 | 0,00016301 |
| 4994 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 5,60 | 34,87 | 0,00016284 |
| 4995 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 5,60 | 34,83 | 0,00016266 |
| 4996 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 5,60 | 34,79 | 0,00016248 |
| 4997 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 5,60 | 34,75 | 0,0001623 |
| 4998 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 5,60 | 34,71 | 0,00016212 |
| 4999 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 5,60 | 34,67 | 0,00016194 |
| 5000 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 787,3 | 800 | 5,45 | 5,60 | 34,64 | 0,00016176 |

Rørdimensjon: 24"

D2= 610 mm t = 5,5 mm
R2 = 304,8 mm

D1 = 599 mm
R1 = 303,3 mm

Areal per lengdeenhet

A = 2πR1 = 1,88086 m²/m

Total motstand (R_{tot})

R_{tot} = 0,005531359 m °C/W

| Lengde [m] | ρ [kg/m ³] | Cp [J/(kg °C)] | Volumstrøm [m ³ /s] | A [m ² /m] | H1 [W/m ² °C] | H2 [W/m ² °C] | λ [W/m °C] | D1 [mm] | D2 [mm] | T0 [°C] | T1 [°C] | Q [J] | ΔT [°C] |
|------------|------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| 0 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 42,00 | 6607,78 | 0,0308601 |
| 1 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 41,97 | 6602,20 | 0,03083404 |
| 2 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 41,94 | 6596,63 | 0,03080801 |
| 3 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 41,91 | 6591,06 | 0,030782 |
| 4 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 41,88 | 6585,49 | 0,03075601 |
| 5 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 41,85 | 6579,93 | 0,03073004 |
| 6 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 41,82 | 6574,38 | 0,03070409 |
| 7 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 41,78 | 6568,82 | 0,03067817 |
| 8 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 41,75 | 6563,28 | 0,03065226 |
| 9 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 41,72 | 6557,74 | 0,03062638 |
| 10 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 41,69 | 6552,20 | 0,03060053 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|------|----------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-------|------------|
| 4990 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 5,99 | 97,62 | 0,00045589 |
| 4991 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 5,99 | 97,53 | 0,00045551 |
| 4992 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 5,99 | 97,45 | 0,00045512 |
| 4993 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 5,99 | 97,37 | 0,00045474 |
| 4994 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 5,99 | 97,29 | 0,00045435 |
| 4995 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 5,99 | 97,20 | 0,00045397 |
| 4996 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 5,99 | 97,12 | 0,00045359 |
| 4997 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 5,99 | 97,04 | 0,0004532 |
| 4998 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 5,99 | 96,96 | 0,00045282 |
| 4999 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 5,99 | 96,88 | 0,00045244 |
| 5000 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 599 | 610 | 5,45 | 5,99 | 96,79 | 0,00045206 |

Rørdimensjon: 16"

D2= 406,4 mm t = 4 mm
R2 = 203,2 mm

D1 = 398,4 mm
R1 = 199,2 mm

Areal per lengdeenhet

A = $2\pi R1 = 1,250976 \text{ m}^2/\text{m}$

Total motstand (Rtot)

Rtot = 0,008228264 m °C/W

| Lengde [m] | ρ [kg/m ³] | Cp [J/(kg °C)] | Volumstrøm [m ³ /s] | A [m ² /m] | H1 [W/m ² °C] | H2 [W/m ² °C] | λ [W/m °C] | D1 [mm] | D2 [mm] | T0 [°C] | T1 [°C] | Q [J] | ΔT [°C] |
|------------|-----------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| 0 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 42,00 | 4442,01 | 0,02074536 |
| 1 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 41,98 | 4439,49 | 0,02073358 |
| 2 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 41,96 | 4436,97 | 0,02072181 |
| 3 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 41,94 | 4434,45 | 0,02071005 |
| 4 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 41,92 | 4431,93 | 0,0206983 |
| 5 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 41,90 | 4429,41 | 0,02068655 |
| 6 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 41,88 | 4426,90 | 0,02067481 |
| 7 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 41,86 | 4424,39 | 0,02066307 |
| 8 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 41,83 | 4421,88 | 0,02065135 |
| 9 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 41,81 | 4419,37 | 0,02063962 |
| 10 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 41,79 | 4416,86 | 0,02062791 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|------|----------|-----|-----|------|-------|-------|------|------|--------|------------|
| 4990 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 7,60 | 261,33 | 0,00122049 |
| 4991 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 7,60 | 261,18 | 0,0012198 |
| 4992 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 7,60 | 261,04 | 0,0012191 |
| 4993 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 7,60 | 260,89 | 0,00121841 |
| 4994 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 7,60 | 260,74 | 0,00121772 |
| 4995 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 7,59 | 260,59 | 0,00121703 |
| 4996 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 7,59 | 260,44 | 0,00121634 |
| 4997 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 7,59 | 260,30 | 0,00121565 |
| 4998 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 7,59 | 260,15 | 0,00121496 |
| 4999 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 7,59 | 260,00 | 0,00121427 |
| 5000 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 398,4 | 406,4 | 5,45 | 7,59 | 259,85 | 0,00121358 |

Rørdimensjon: 10"

D2= 273,1 mm t = 3,4 mm D1 = 266,3 mm
 R2 = 136,55 mm R1 = 133,15 mm

Areal per lengdeenhet Total motstand (Rtot)
 A = 2πR1 = 0,836182 m²/m Rtot = 0,01225653 m °C/W

| Lengde [m] | ρ [kg/m ³] | Cp [J/(kg °C)] | Volumstrøm [m ³ /s] | A [m ² /m] | H1 [W/m ² °C] | H2 [W/m ² °C] | λ [W/m °C] | D1 [mm] | D2 [mm] | T0 [°C] | T1 [°C] | Q [J] | ΔT [°C] |
|------------|------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| 0 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 42,00 | 2982,08 | 0,01392713 |
| 1 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 41,99 | 2980,95 | 0,01392182 |
| 2 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 41,97 | 2979,81 | 0,01391652 |
| 3 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 41,96 | 2978,68 | 0,01391121 |
| 4 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 41,94 | 2977,54 | 0,01390591 |
| 5 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 41,93 | 2976,41 | 0,01390062 |
| 6 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 41,92 | 2975,27 | 0,01389532 |
| 7 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 41,90 | 2974,14 | 0,01389002 |
| 8 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 41,89 | 2973,01 | 0,01388473 |
| 9 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 41,87 | 2971,87 | 0,01387944 |
| 10 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 41,86 | 2970,74 | 0,01387415 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|------|----------|-----|-----|------|-------|-------|------|-------|--------|------------|
| 4990 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 10,91 | 445,24 | 0,00207938 |
| 4991 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 10,90 | 445,07 | 0,00207859 |
| 4992 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 10,90 | 444,90 | 0,00207778 |
| 4993 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 10,90 | 444,73 | 0,00207701 |
| 4994 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 10,90 | 444,56 | 0,00207621 |
| 4995 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 10,90 | 444,39 | 0,00207542 |
| 4996 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 10,89 | 444,22 | 0,00207463 |
| 4997 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 10,89 | 444,05 | 0,00207384 |
| 4998 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 10,89 | 443,88 | 0,00207305 |
| 4999 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 10,89 | 443,71 | 0,00207226 |
| 5000 | 1024,5 | 4180 | 0,05 | 2,858656 | 200 | 200 | 13,5 | 266,3 | 273,1 | 5,45 | 10,89 | 443,54 | 0,00207147 |

Vedlegg V (Termorens)

Termorens

Blandingsforhold når det gjelder rens av vannbårede rør og varmevekslere vil ligge på 10%.

Når det gjelder pris på rensesvæske så er det avhengig av hvor mye væske man skal bruke (K. Doksrød, salgssjef Termorens AS).

Termorens væske selges i 1 – 5 – 10 – 25 liter og i palletank opp til 1000 liter.

Pris:

| Mengde [liter] | Pris (eks. mva) [kr] |
|---------------------------|---------------------------------|
| 1 – 10 | 110 |
| 25 | 92 |
| 600 | 85 |
| 1000 | 75 |

TermoRens

Ren energi



Vannrør før og etter rens

Rensevæske til fjerning av kalk, magetitt, oksider (rust), humus, salt og andre avleiringer.

Produktbeskrivelse:

Termorens er en væske som er biologisk nedbrytbar og ikke inneholder noen giftstoffer. Væsken er sammensatt av sitronsyre, fosforsyre, inhibitor og vann. Den er en lettblandelig, gulbrun væske uten særegen lukt. Egenvekt 1,3 og pH 1,5



Vannrør med humus, oksider og kalk

Bruksanvisning og dosering

Rørsystemer som har fått dårlig gjennomstrømning etter tids bruk må renses for å opprettholde sin effekt. Ved å rens med Termorens, løses alle belegg opp og tilbake til væskeform på en enkel måte og anlegget får tilbake full ytelse.

Termorens doseres inn i anlegget med egen pumpe. I varmeanlegg beregn 10 % av anleggets volum. I kjøleanlegg beregn 15 % av anleggets volum. Rens går raskest ved oppvarming til ca 40 – 60 grader C. Man kan også rens med kald blanding hvor det er iblandet glycol.



Vakuumpumpe med urinsalter

Når væske er blandet inn sirkuleres denne med anleggets egne pumper. Pass på å ha alle ventiler åpne så væsken kommer til overalt. Om man kun vil rens vekslere, enkle varmekurser, enkle radiatorer, spiraler, kondensatorer eller andre ting uten egne sirkulasjon benyttes sirkulasjonspumpe. Tid for rens avhenger av hvor mye belegg det er i anlegget og på konsistensen av dette. Normalt vil de fleste anlegg ha full effekt tilbake etter kun et døgn. Ved rens av enkeltkomponenter er renseprosessen ofte kun noen få timer.



Vi forhandler Promax pumper

Fast belegg som kalk, rust etc blir omdannet til væskeform som skylles ut av anlegget etter rens. Skyll ut all væske av anlegget etter rens

TermoRens kan brukes på alle typer plast og metaller uten å skade disse. Den skader ikke pakninger og foringer i anlegget.

Rens av anlegg gir tilbake optimale forhold som sparer penger i form av lavere energiforbruk samt unødvendige og dyre driftstans.

Anvendelsesområder:

- Varme og kjøleanlegg
- Gulvvarme
- Kjøletak
- Fyrkjeler og varmtvannsberedere
- Kondensatorer og Evaporatorer
- Varme og kjølebatterier
- Varmepumper
- Kjøling i bil og båtmotorer

Effektiv også på glycol-, sjø- og saltvannsbaserte anlegg.

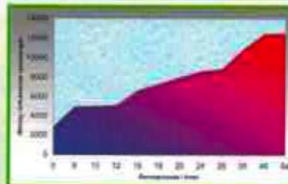


Diagram som viser utvikling ved rens av varmeveksler

TermoRens as

Postboks 25 35 Kjørbekk
3702 SKIEN
Tlf: 35 59 21 77 Fax: 35 59 85 43
E-post: sale@termorens.no
www.termorens.no

Arbeidsbeskrivelse ved rens av kjøleanlegg

1. Termorens rensevæske er beregnet til å rense kjølesystemenes vannside. Væsken kan også benyttes selv om glycol er tilsatt anlegget.

2. Beregn eller få oppgitt av byggherre / konsulent anleggets vannvolum. Erstatt 15 – 20 % av anleggets volum med Termorens. Tapp først ut tilsvarende volum som skal inn og doser inn med jekkepumpe eller annen pumpe Termorens i anlegget. Om det er åpen tank kan væsken helles direkte i her.

3. Når dette er gjort kjøres anleggets hovedpumpe i gang og anlegget kan gå som ved normal drift. Pass på at alle kraner er åpne til kjølebatterier, konvektorer, kjøletak etc. slik at man får rensert hele anlegget.

4. Normalt vil anlegget være ferdig rensert i løpet av et døgn. Har problemene vært så store at det bare har vært litt gjennomstrømming kjøres renseprosessen i to døgn. Har anlegget vært helt tett kan det ta noen dager før væsken jobber seg igjennom proppene. Ikke prøv å få disse ut med trykkluft først da dette kun vil komprimere proppene og gjøre de nesten umulige å løse opp.

5. Når rensen er kjørt tappes alt vann av anlegget. Om anlegget ikke har vært tilsatt glycol kan vannet tappes rett i sluk. Om anlegget har vært tilsatt glycol skal væsken tappes på tanker og leveres til nærmeste spesialmottak da glycol er spesialavfall.

6. Når anlegget er tomt fylles det opp igjen. Deretter skal anlegget skylles godt. Dette er en viktig del av prosessen så vær nøye med dette. Gjør som følger: Åpne nettvannskranen inn på kjøleanlegget for fullt. Om anlegget ikke har direkte tilkobling til nettet så koble til en slange som tåler trykk på mer enn 7 bar. Finn et punkt du er sikret sirkulasjon for uttapping av anlegget. *Legg slange til avlop herifra. Juster*

slik at det går like mye vann inn på anlegget som det går ut av anlegget. Følg med vannsøylemåleren en tid til dette er stabilt. La så skylleprosessen gå over natten. Normalt finner du disse punktene i tekniske rom hvor kjølemaskinen står.

7. Test med pH måler (vanligvis pH indikatorpapir du får kjøpt på apoteket med skala 1 – 13) at pH i vannet fra anlegget er lik med pH i nettvannet. Om vannet fra anlegget er surere, dvs lavere pH enn nettvannet så la skylleprosessen gå til verdiene er like.

8. Anlegget er nå rensert og klar til igangkjøring. Om glycol skal tilsettes så tapp av tilsvarende mengde vann som du skal ha inn glycol. Vanligvis 30 % som vil holde 16 grader minus. Øker du til 50% vil det holde 30 grader minus. Om anlegget kjøler noe som har med mat eller næringsmidler å gjøre benytt glycol av type monopropylen.

9. For å hindre gode forhold for at groing starter på nytt så tilsett 2 % Termosafe i anlegget. Denne justerer pH verdien til 9 og forebygger anodisk og katodisk korrosjon samt avleiringer i anlegget.

10. Husk at når man renser anlegg fjernes alle oksider i anlegget. Om disse holder tilbake en lekkasje kan denne komme i løpet av renseprosessen. Ta forbehold om dette overfor kunden og reparer slike lekkasjer for egen regning. Lekkasjene ville kommet for eller siden uansett. Slike lekkasjer er vanligvis ikke noe stort problem i kjøleanlegg.

11. Om du vil se hvor mye avfall som er fjernet fra anlegget kan du ta ut en vannprøve å tilsette Natronlut til pH er høyere enn 7. Belegget som har løst seg helt opp vil da skille seg ut og kan sees fysisk i prøven.

Arbeidsbeskrivelse ved rens av varmeanlegg

1. Før rens, varm gjerne vannet i anlegget opp til 40 – 50 grader. Pass så å SLÅ AV KJELEN og la denne være avstengt under hele renseprosessen. Dette gjelder både oljekjele og eventuell el. kjele.

2. STENG VENTILER TIL FYRKJELE OG FORRÅDSBEREDERE. DISSE RENSES FOR SEG. Grunnen til dette er at det i disse er lavere vannhastighet og det kan dannes bunnslam tidlig i renseprosessen fra større groinger i radiatorer og annet utstyr.

3. Tapp ned anlegget med tilsvarende mengde rensevæske som skal inn. Bruk gjerne vannmåler eller kanner som mål. Normalt skal det inn 10 – 15 % av anleggets totale vannvolum. Er anlegget svært grodd kan det behøves mer rensevæske. Sjekk dette ved å måle pH i anlegget. Den skal være 2 etter inndosering. Om den neste dag har steget til 3-4 tilsett mer rensevæske.

4. Doser inn væsken i anlegget med doseringspumpe. Om du ikke har dette så doser inn fra f.eks. en plast-tank via f.eks. en hyttepumpe videre inn i anlegget. Pass på at pumpen kan trykke tilsvarende høyde du har i anlegget eller mer. (1 bar pr. 10m vannsøyle)

5. Når all væsken er inne fyll etter med vann til vannsøylemåleren står på riktig nivå. (tilsvarende normal drift i anlegget) luft så øvre etasje/ øvre del av anlegget og etterfyll eventuelt med vann.

6. PASS PÅ AT SAMTLIGE KRANER OG VENTILER STÅR I ÅPEN STILLING.

7. Sett i gang anleggets pumper for normaldrift. Væske og vann blandes da og renseprosessen starter

umiddelbart. La rensen gå min. 12 - 24 timer. Det gjør ikke noe om det kjøres lenger om det er behov for dette.

8. Når rensen er kjørt skal anlegget skylles. DETTE ER DEN VIKTIGSTE DELEN AV JOBBEN. Tapp ned alt vannet i anlegget. Fyll opp anlegget igjen og tapp det ned igjen. Fyll så opp igjen. Når vannsøylemåleren nå viser normalt trykk åpne uttapping til sluk samtidig som det fylles innpå vann. Balanser denne prosessen slik av det kommer like mye vann inn som det går ut. Pumpene kjøres og skyling skal gå til pH i vannet ved uttapping er lik pH i byggets forbruksvann. Sjekk f.eks. ved slangekran i fyrhus. Når pH er lik, er rensen ferdig.

9. HUSK AT EN RENS AVDEKKER SVAKE PUNKT I ANLEGGET SOM ER OKSIDERT. FØLG DERFOR MED ANLEGGET DEN FORSTE DELEN AV RENSEPROSESSEN (FORSTE DAGEN).

10. Utseende på væsken under rens varierer veldig avhengig av belegg. Fra helt svart til lys brun. Om det dannes mye skum skyldes dette forkalkninger. I slike tilfeller kan trykket øke og sikkerhetsventil i fyrhus slå ut. Lukt avhenger også av avleiringer. Fra luktfritt til en noe råtten lukt. Denne vil kun merkes hvor det lufes eller i fyrhuset ved nedtapping. Det er ingen farlige gasserforbundet med rensingen. Væsken er heller ikke farlig. Om du får den i øyet så skyll med vann eller blunk den ut.

11. Sølør du væske på biler, belegg, tapet, etc så vaske vekk med rent vann for den tørker.

Vedlegg VI (Filter)

Dango & Dienenthal Filterautomat



DANGO & DIENTHAL
Filtertechnik GmbH

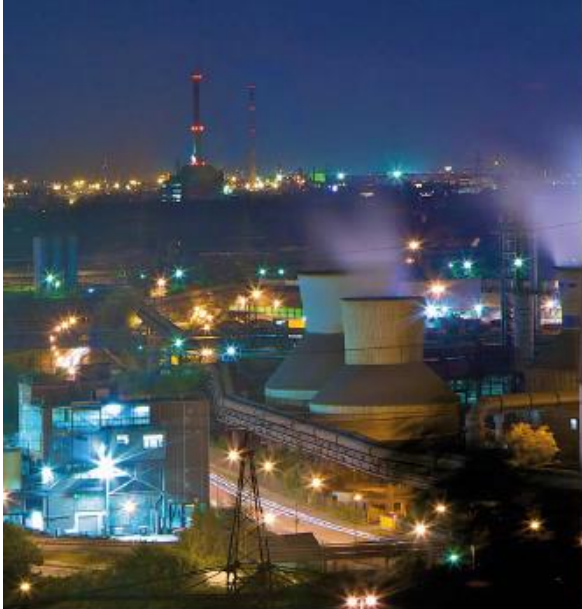


Filterautomat



GB

The Filterautomat



The New Definition of Purity for Your Medium

-  Cooling Water
-  River Water
-  Sea Water
-  Sinter and Scale Separation
-  Emulsions
-  Process Water
-  Mussel / Mussel Larvae Separation

Our Filter Systems Protect

-  Plate Heat Exchangers
-  Spray Nozzles
-  Piping Systems
-  Mechanical Seals
-  Pumps
-  Micro Filtration

| | |
|---------------------------------|--|
| flow rate | 5 m ³ /h to 4,000 m ³ /h |
| filter fineness | ≥ 5 µm |
| operating pressure | 0.8 to 63 bar |
| pressure loss with clean filter | 0.1 to 0.3 bar |
| flange | DN 50 to DN 1,000 |
| temperature | - 10 to + 110 °C |
| automatic backwash | ✓ |

Scope of Delivery



Fig. 1

| | |
|---|-----|
| voltage 230 V or 400 V | • |
| voltage 110 V to 690 V | Δ |
| Pressure Equipment Directive (PED) | • |
| ASME | Δ |
| explosion protection | Δ |
| differential pressure gauging | • |
| differential pressure as 4 - 20 mA-signal | Δ |
| automatic filter control | • |
| self-medium backwash | • |
| backwash with suction pump | Δ |
| electric or pneumatic backwash valve | • |
| signal exchange with PLC | • |
| electrical cabling incl. connectors | • |
| documentation | • |
| certificates | • Δ |
| functional test at manufacturer's works | • |
| <hr/> | |
| <i>included in the scope of delivery</i> | • |
| <i>available at extra charge</i> | Δ |

| | standard design | sea water resistant design | special design |
|----------------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| filter housing | grey-cast iron | nickel resist | steel, stainless steel |
| filter element | stainless steel | stainless steel | stainless steel |



Fig. 2

filter system on skid incl. backwash pump



Fig. 3 river water filtration for cooling plant



Fig. 4 sealing water filtration in power plant

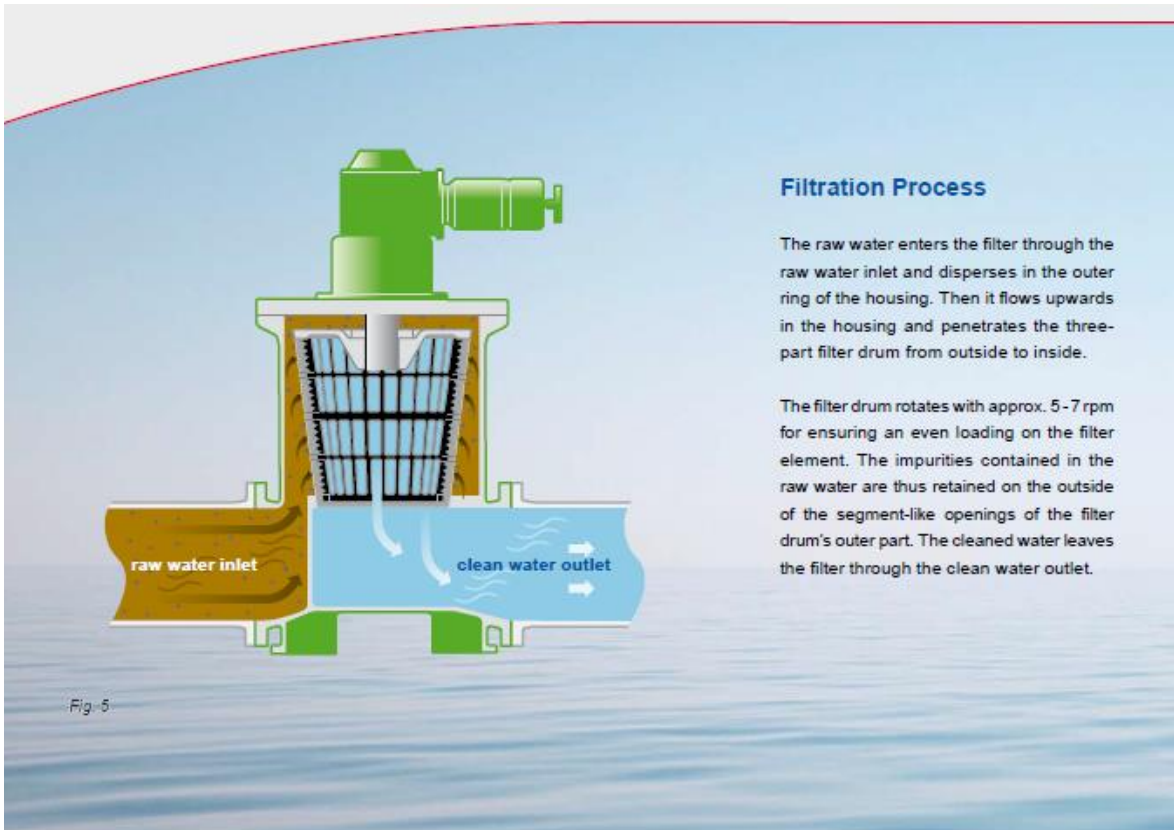


Fig. 5

Filtration Process

The raw water enters the filter through the raw water inlet and disperses in the outer ring of the housing. Then it flows upwards in the housing and penetrates the three-part filter drum from outside to inside.

The filter drum rotates with approx. 5-7 rpm for ensuring an even loading on the filter element. The impurities contained in the raw water are thus retained on the outside of the segment-like openings of the filter drum's outer part. The cleaned water leaves the filter through the clean water outlet.

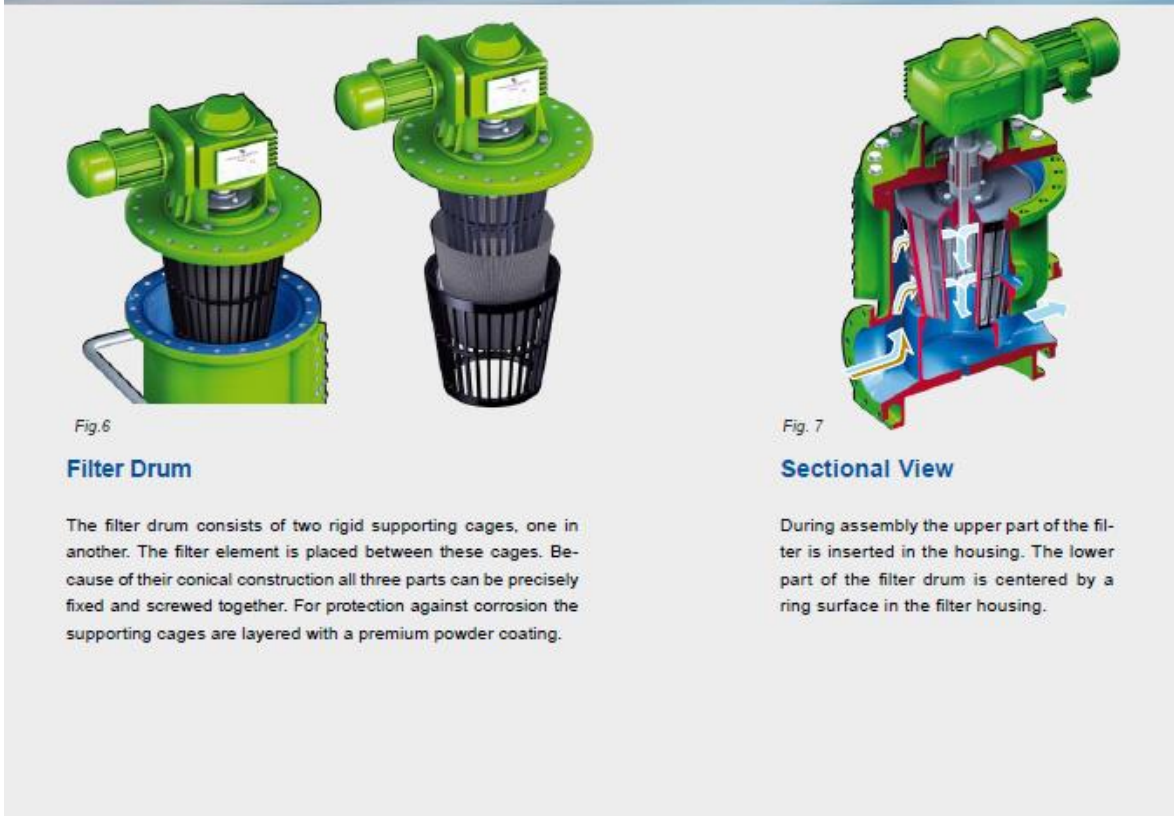


Fig. 6

Filter Drum

The filter drum consists of two rigid supporting cages, one in another. The filter element is placed between these cages. Because of their conical construction all three parts can be precisely fixed and screwed together. For protection against corrosion the supporting cages are layered with a premium powder coating.

Fig. 7

Sectional View

During assembly the upper part of the filter is inserted in the housing. The lower part of the filter drum is centered by a ring surface in the filter housing.

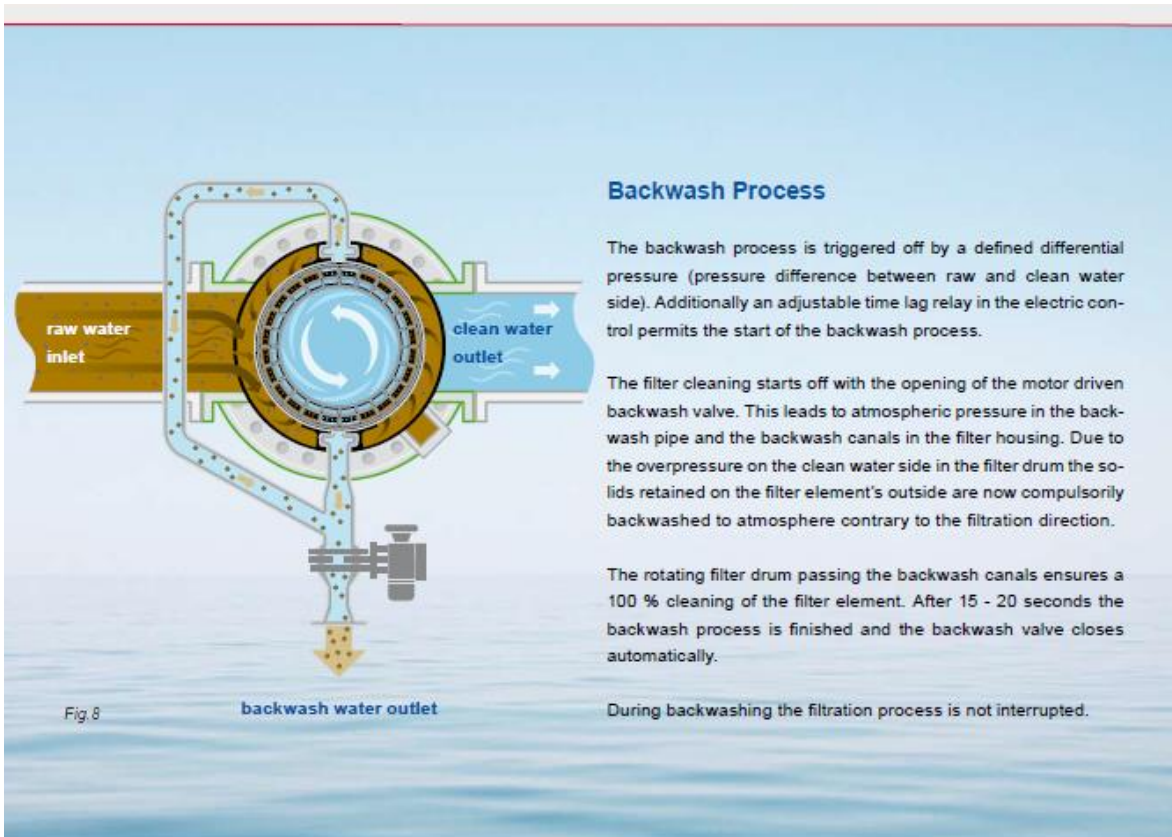


Fig. 8

Backwash Process

The backwash process is triggered off by a defined differential pressure (pressure difference between raw and clean water side). Additionally an adjustable time lag relay in the electric control permits the start of the backwash process.

The filter cleaning starts off with the opening of the motor driven backwash valve. This leads to atmospheric pressure in the backwash pipe and the backwash canals in the filter housing. Due to the overpressure on the clean water side in the filter drum the solids retained on the filter element's outside are now compulsorily backwashed to atmosphere contrary to the filtration direction.

The rotating filter drum passing the backwash canals ensures a 100 % cleaning of the filter element. After 15 - 20 seconds the backwash process is finished and the backwash valve closes automatically.

During backwashing the filtration process is not interrupted.



Fig. 9

Filter Drum Segments

Even rougher parts can be retained in the segment-like openings of the filter drum's outer part. During backwashing these are then flushed out of the system.



Fig. 10

Filter Housing

The filter housing is coated with a two-component epoxy resin as standard. Two backwash canals are situated on opposite sides of the filter housing. Their backwash ports are entirely closed off by seal surfaces, which prevent the raw water from entering the backwash canals during backwashing.



Filter Element

The Slotted Sieve

- on the basis of welded stainless steel triangular support rods
- very sturdy design
- manufacturable in different stainless steel qualities
- filter fineness $\geq 30 \mu\text{m}$

The Wire-Cloth Screen

- the cloth is clamped in sandwich structure by two supports
- better utilization of the net filter area
- manufacturable in different stainless steel qualities
- filter fineness $\geq 5 \mu\text{m}$

The Perforated Plate

- rolled perforated plate with staggered perforations
- manufacturable in different stainless steel qualities
- filter fineness $\geq 350 \mu\text{m}$

Fig. 11



Fig. 12

Inspection Port

The filter housing's construction with an inspection port along the length of the whole filter element provides insight into the interior. Due to the slow rotation of the filter drum the complete filter element can be inspected.




Fig. 13

Venturi Nozzle and Backwash Valve

The venturi nozzle is dimensioned according to the conditions at site for regulating the necessary backwash water amount and for avoiding pressure fluctuations in the piping system. As standard the backwash valve is equipped with an electric or a pneumatic drive.

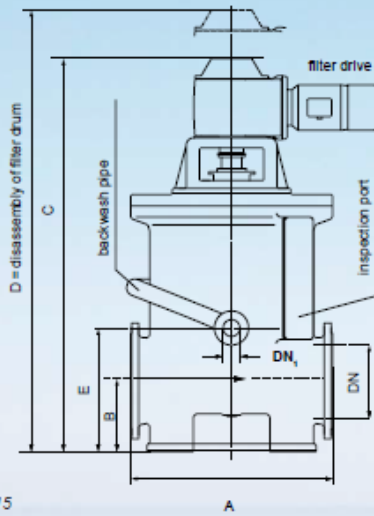


Fig. 14

Differential Pressure Gauging

Consisting of:

- optical inlet-pressure indicator
- optical indicator of the differential pressure
- 2 adjustable micro-switches
- start filter backwash
- alarm signal



| Type | DN | dimensions | | | | | | weight in kg | motor output in kW |
|-------|-----|------------|-----|------|------|-----|-----------------|--------------|--------------------|
| | | A | B | C | D | E | DN ₁ | | |
| 50-1 | 50 | 320 | 125 | 791 | 1020 | 192 | 32 | 160 | 0.37 |
| 80-1 | 80 | 400 | 150 | 879 | 1150 | 241 | 50 | 250 | 0.55 |
| 100-1 | 100 | 470 | 180 | 978 | 1300 | 275 | 50 | 320 | 0.55 |
| 150-1 | 150 | 530 | 225 | 1121 | 1470 | 362 | 50 | 450 | 0.75 |
| 200-1 | 200 | 600 | 225 | 1221 | 1670 | 381 | 50 | 500 | 0.75 |
| 250-1 | 250 | 660 | 240 | 1306 | 1800 | 416 | 80 | 660 | 0.75 |
| 300-1 | 300 | 800 | 280 | 1560 | 2320 | 475 | 80 | 1250 | 1.50 |
| 400-1 | 400 | 915 | 318 | 1805 | 2750 | 600 | 100 | 1800 | 1.50 |
| 500-1 | 500 | 1145 | 490 | 2040 | 3000 | 775 | 100 | 2770 | 1.50 |
| 600-1 | 600 | 1320 | 425 | 2610 | 4160 | 939 | 100 | 3600 | 1.50 |

Fig. 16

Filter Size Determination

The filter size depends on the flow rate, the choice of filter element, its fineness, the maximal admissible pressure loss, and the raw water's degree of contamination. The performance chart (fig. 18) shows the filter sizes as a function of the flow rate per hour and the related pressure loss.

The shown lines are valid for a filter fineness of 400 µm. For other finenesses please contact us. We will then quote an economical filter.



Fig. 17

Electric Control

The backwash process is started off depending on time and /or differential pressure thus ensuring a fully automatic filter operation.

The standard control includes the following signal exchanges with the customer's control system (PLC):

- collective fault indication
- ready for operation
- filter is backwashing
- external starting of the backwash process
- external release of the backwash process

Performance Chart for 400 µm filter fineness

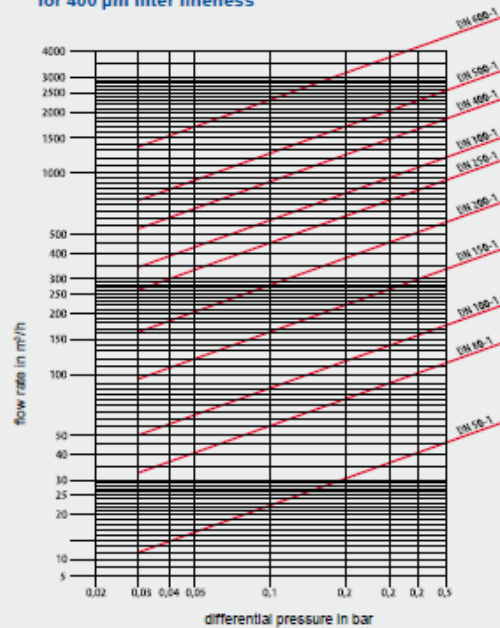


Fig. 18

Process Diagram

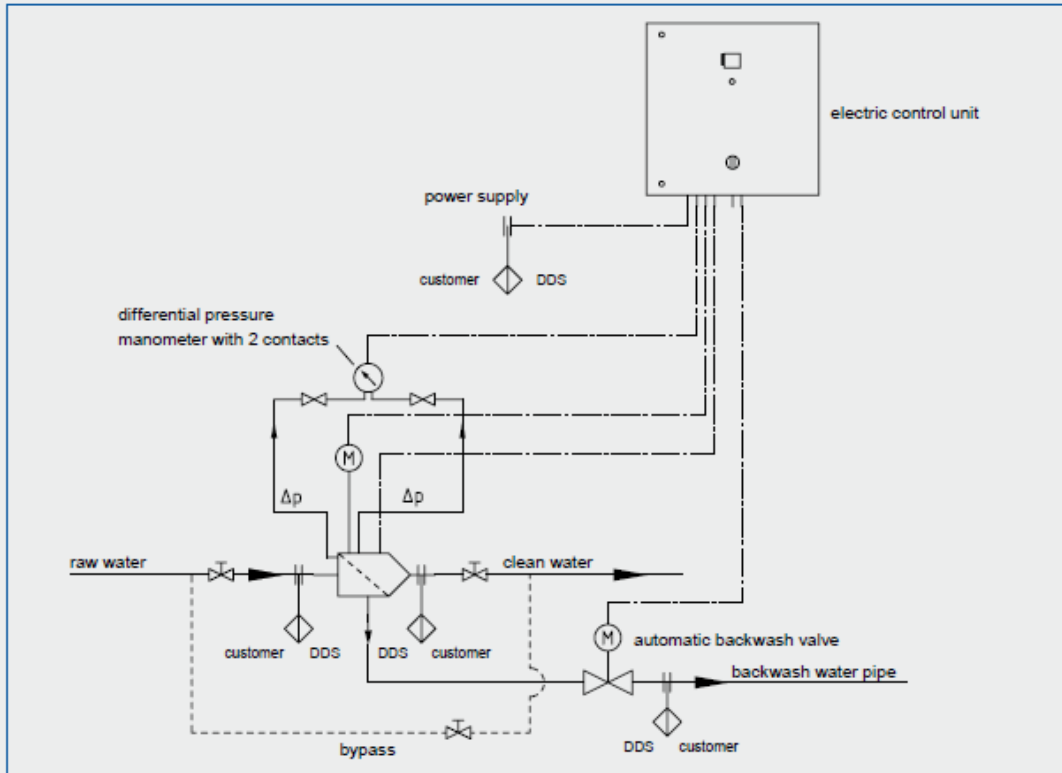


Fig. 19

Advantages

- high backwash speed (up to 4 - 10m/s)
- 100 % cleaning of the whole filter surface
- small water loss for backwashing
- robust construction
- crushing of coarse particles
- fine filtration $\geq 5 \mu\text{m}$ possible
- constant charging of the whole filter surface
- insert of slotted sieve, wire-cloth screen or perforated plate
- easy to maintain because of the inspection port
- inline construction
- tested unit with ready-made cabling



DANGO & DIENENTHAL
Filtertechnik GmbH

P.O. Box 100203 · 57002 Siegen, Germany · Hagener Straße 103 · 57072 Siegen, Germany
Phone ++49 271 401-0 · Telefax ++49 271 401-135 · E-mail: filter@dds-gmbh.com
www.dds-filter.com

01/2011 © Nutzwert Design

Vedlegg VII (CIP-tilbud)

Flexmatic CIP-tilbud



Pilevej 12 – 14
8850 Bjerringbro. Danmark
Tlf.: +45 87 99 01 00
Mail: mail@flexmatic.dk
www.flexmatic.dk

FMC BioPolymer A.S
Vormedalsveien 301-309
N-5504 Haugesund,
Norge

ATT: Helge Nordal (ekstem)

Bjerringbro d. 4. maj 2015
Vor ref.: Niels Peter Catling
BUDGETTILBUD NPC 51911-1

BUDGETTILBUD

Hej Helge

I henhold til aftale fremsendes hermed budgettilbud på CIP anlæg til rengøring af kølesiden på 8 pladevarmevekslere ved FMC BioPolymer i Haugesund, Norge.

Leverancen omfatter CIP tanke, pumper, ventiler og styring af komponenter specificeret i dette tilbud. Montage og materialer til rørføringer er for indværende ikke inkluderet.

Styringen til anlæggene er baseret på Siemens S7 ET200S PLC og Siemens MP377 12" operatør panel i rustfri udførsel.
Programmering foretages med Siemens STEP7 og Siemens WinCC Flexible.

Vi håber at have fortolket jeres ønsker korrekt og at tilbuddet er i henhold til jeres forventninger, tøv ikke med at vende tilbage i tilfælde af eventuelle spørgsmål eller kommentarer.

Med venlig hilsen

Niels Peter Catling



**FMC
BioPolymer**

CIP anlæg

til

**Rengøring af
pladevarmeveksler**

Tilbud vedr.
Mail
korrespondance
april 2015

1. Omfang

Leverancen omhandler komplet CIP anlæg til FMC BioPolymer AS i Haugesund.

Leverancen består af følgende hovedelementer:

- Tankanlæg
- Ventiler og styring
- Rørvarmeveksler
- Centrifugalpumpe

Specifikation af ovenstående er nærmere beskrevet i de efterfølgende positioner.

Projekt underlag

Specifikationen består af følgende:

- Mail korrespondance april 2015 med Helge Nordal
- Diverse deluddrag af PI samt tegninger og billeder

Følgende dokument er specifikt antaget specifikationer da det ikke er afklaret i dokumenter

- Vi forudsætter at vekslerne skal tryksættes på produktsiden, mens der rengøres på køle siden- det virker umiddelbart mest sandsynlig, men der er en lille sandsynlighed for at det ikke er nødvendigt.
- Vi forudsætter at der er et medie til rådighed til denne tryksætning det kan være det kan være nitrogen, sterilluft eller vand.
- Vi forudsætter at der er damp til rådighed til opvarmning af lud og syre.
- I forbindelse med dimensioneringen af tanke til CIP er der nogle forhold omkring rørføring som er meget vanskelige at fastsætte – især længder af rør. Vi er gået ud fra at rørføringerne er begrænsede (dvs. at tanke kan stå i umiddelbar nærhed af vekslerne, samt at indtag og udledning af kølevand er i umiddelbar nærhed af vekslerne)
- Vi har ikke forholdt os til om lud og syre er det rigtige valg til at fjerne det biolag som opbygges i anlægget, men blot antaget at dette er korrekt.

2. Dokumentation

Den samlede dokumentation består af:

- Opdateret PI diagram
- Opdateret 3D layout
- Eltegninger
- PLC fil på CD-rom

Dokumentationen udleveres i mappe indeholdende CD med al dokumentation elektronisk. Der leveres 2 sæt komplet dokumentation. Al tekst på tavler, PLC og evt. displays etc. udføres på dansk, eventuelt kan FMC oversætte tekster til Norsk under projektering og i så fald vil tekst være på Norsk

3. Anlægsbeskrivelse

Det følgende beskriver komponenter inkluderet i dette tilbud:

IKKE UDARBEJDET I FORBINDELSE MED BUDGETTILBUD

Ovenstående skal ses som indikativ og der vil kunne forekomme mindre afvigelser uden at det vil have indflydelse på prisen. GAS måler TAMS1000 er IKKE indeholdt i tilbudet

AI betjening er baseret på Siemens MP377 i 12”.

4. Beskrivelse hardware

4.1 Tanke

I har forudsat et flow på 180m³/h, hvilket vi finder meget passende, vi forudsætter en flowhastighed på 1,5-2m/s. For at undgå turbolens i tankene for lud, syre og skyllevand, skal disse have en diameter på mindst 3m og en højde på mindst 2m – volumen af den enkelte tank skal være 20 – 25m³, det er vigtigt at der tages stilling til placeringen af tankene – da rørtrækket fra disse og frem til vekslerne har stor indflydelse på om volumen er stort nok. I forbindelse med tankene opstilles der også udstyr til automatisk justering af pH inden opstart af rengøring. Der skal i forbindelse med tankene være mulighed for at foretage dræn.

4.2 Ventiler og styring

Ved hver veksler skal der bygges en del om så der kan lækage sikres, både på produkt og kølesiden. Dette kræver at der er dobbelte automatiskeventiler med dræn imellem, samt tilkoblinger for hhv tryksætning og CIP. I alt er det nødvendigt med 64 DN150 ventiler samt et antal mindre ventiler i forbindelse med dræn og tryksætning. Løsningen vil gøre det muligt at rengøre pladevarmevekslerne, mens rørstregende mellem de enkelte veksler ikke vil blive rengjort med denne løsning. En fuldstændig løsning der også kan rengøre rørstrengene vil kræve at vi gennemgår anlægget og har det komplette PI diagram. Styringen af ventilerne er opbygget i en Siemens PLC, og anlægget leveres komplet med Styring, HMI samt eltavler.

4.3 Rørvarmeveksler

Til opvarmning af lud og syre bruges der en rørvarmeveksler på ca 200kW, veksleren sættes i serie med centrifugalpumpen der cirkulere lud og syre i forbindelse med rengøringen, løsningen spare en rørvarmeveksler i forbindelse med anlægget, men rengøringen vil tage lidt ekstra tid. Lud opvarmes til 80° og syre til 60°.

4.4 Centrifugalpumpe

En centrifugalpumpe cirkulere væsker i forbindelse med rengøringen fra de 3 tanke og gennem en rørvarmeveksler og frem til den pladevarmeveksler der skal rengøres. Centrifugalpumpen kan levere den påkrævede volumen på 180m³/h

5. Montage og indkøring (billigst efter regning)

Der foretages I/O test på anlægget hos slutkunden. Nødvendig assistance hos slutkunden aftales nærmere og faktureres billigst efter regning i henhold til satserne i nedenstående position.

Formålet med indkøringen er at sikre den komplette funktionalitet af anlægget.

Indkøring omfatter følgende:

- I/O test af tavler
- Indkøring af anlæg

Nødvendig assistance on-site aftales nærmere og faktureres billigst efter regning i henhold til nedenstående satser.

- Den endelige pris afregnes i henhold til faktisk tidsforbrug og underskrevne arbejdssedler, og afregnes til DKR 485 kr. per time.

6. Priser

Priseme kan opdeles i en engangsomkostning for software, hvortil der kommer en tilretning af HMI per ordre. Derudover er der en pris per skab

Tanke

DKK 1.500.000.-

Ventiler og samlet styring

DKK 1.300.000.-

rørvarmeveksler

DKK 200.000.-

Centrifugalpumpe

DKK 90.000.-

Samlet budget pris for CIP anlæg eksklusiv rør og montage DKK 3.100.000.-

Groft anslået vil prisen for et anlæg der kan rengøre pladevarmevekslerne koste DKK 4.000.000, men hver opmærksom på at dette ikke vil rengøre rørstrenger tilstrækkeligt. Det vil kræve at vi har mulighed for at gennemgå et komplet PI, samt at vi kan gennemgå anlægget for at se de faktiske forhold. Det vil være nødvendig med en dobbelt rørføring på de fleste rørstrenger, samt et antal omkoblingssteder mellem disse oven i ovenstående, hvis der ønskes en mere fuldstændig rengøring.

7. Kommercielle betingelser

Leveringstid:

Efter nærmere aftale omkring tidsplan for projektet.

Leveringsbetingelser:

Priserne er eksklusiv moms og afgifter. Betingelserne i henhold til NLM94.

Betalingsbetingelser:

Betalingsbetingelserne er 30 dage fra fakturadato, efter betalingsplan som angivet i det følgende:

- 60% ved ordre
- 25% ved levering
- 15% efter afsluttet test af software – senest 60 dage efter levering

Gyldighed:

Tilbuddet er gyldigt i 60 dage.

Garanti:

Garantiperioden for fejl og mangler på anlægget er 12 måneder fra overtagelse af anlægget, dog max 18 måneder fra leveringstidspunktet.

Eksklusioner:

Leverancen omfatter udelukkende det specificerede udstyr og ydelser og blandt andet ikke følgende:

- Ventetid udenfor **flexmatic**' kontrol (ventetid vil blive faktureret til en pris af DKK 700,00/time).
- Boring og skæring af huller i beton eller stålvæge/platforme,
- Byggearbejde (jordarbejde, murerarbejde, snedkerarbejde, maling etc. Samt eventuelle efterreparationer).
- Opstilling og montering af komponenter, der ikke leveres af **flexmatic**.
- Forbrug af elektricitet og vand under montagen
- Bortskaffelse af gl./nedtagne materialer.

Vi håber, at vort tilbud må have Deres interesse, og det skulle glæde os i Flexmatic at modtage Deres ordre.
Måtte De have spørgsmål til ovennævnte, er De velkommen til at kontakte undertegnede.

Vi ser frem til at høre fra Dem.

Med venlig hilsen
Flexmatic Aps

Niels Peter Catling

Vedlegg VIII (Alfa Laval CIP)



Document No-9660003569
Revision No-00

CIP Module Data Sheet

Module Type : CIP 200L

Machine No.: 5810XXX

Date of issue: 2013-08-08

Specification number: 969951-00

Process liquid: Chemical Cleaning Agent

Power supply: 3 Phase / 380-415VAC / 50Hz

Application: Cleaning in place of Heat Exchangers

Tank & Trolleys

| | |
|---------------------------|----------|
| Material of construction: | AISI 304 |
| Tank Capacity | 200L |

Pump

| | |
|-----------------------|-------------------------|
| Type: | Centrifugal |
| Capacity | 10.4 M ³ /hr |
| Motor KW | 2 |
| Wetted parts material | SS316 |

Hoses

| | |
|------------------|---|
| Hose Type | Chemical hoses Inner layer black UPE with outer green smooth layer EPDM |
| Hose lengths/QTY | 4 meters/4Pcs |
| End connection | SMS Union |

Valves

| | |
|----------|-----------------------------------|
| Material | AISI 304 |
| Type | Butterfly Valves Manual Operation |

Heater

| | |
|-------------------|------------------|
| Type: | Immersion heater |
| kW | 6 kW Each |
| Number of Heaters | One |

Control Panel

| | |
|---|-------------|
| Pump & Heater Control Panel – Drawing no. | 96815463_53 |
|---|-------------|

