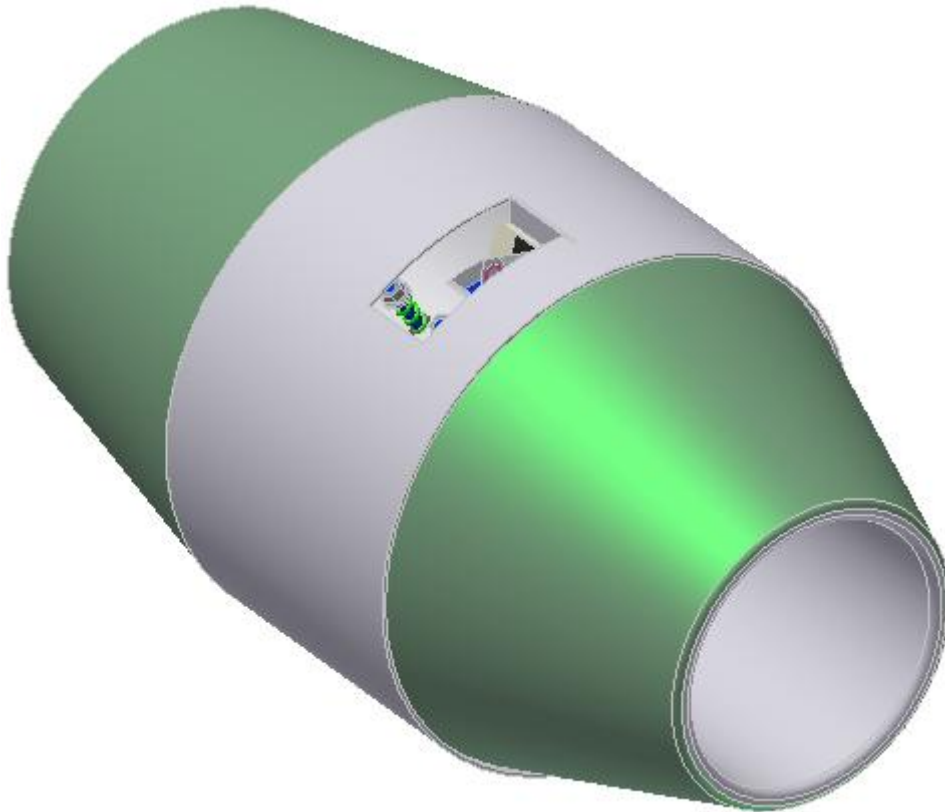




HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND



Fjernstyrt tetting av undervannsrør og styrekabler



Hovedprosjektoppgave utført ved

Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Maskin, Energi og Prosessteknikk

Av: Petter Sørensen

Kand.nr. 72

Sveinung Hellerslien

Kand.nr. 98

Haugesund våren 2009



BACHELOROPPGAVE

Studentenes navn: Petter Sørensen
Sveinung Hellerslien

Linje & studieretning Maskin, Prosess- og energiteknikk

Oppgavens tittel: Fjernstyrt tetting av undervannsrør og styrekabler

Oppgavetekst:

Fjernstyrt tetting av undervannsrør og styrekabler ("umbilicals") før eller etter kutting, for å unngå utslipp av rester av olje og forurensninger.

Gruppen velger å se på:

- Metoder som finnes på markedet i dag.
- Metode- og konseptutvikling av en løsning som gir sikker tetting og som er velegnet for fjernstyrt montasje (ROV). Det finnes tetteløsninger for rør som fungerer bra, slik at vi velger å gå videre inn på styrekabler ("umbilicals") siden det her ikke er noen gode metoder for tetting.

Endelig oppgave gitt: Fredag 6. mars 2009

Innleveringsfrist: Fredag 8.mai 2009 kl. 12.00

Intern veileder Ståle Pettersen – HSH, tlf: 52 70 26 01

Ekstern veileder Jostein Førland - DeepOcean, tlf: 52 70 04 00

Godkjent av studieansvarlig:
Dato:

Monika Metallinou
28. april 2009



Forord

"ING3006 Hovedprosjekt" er et emne som går over hele sjetten semester i bachelorutdanningen ved Høgskolen Stord/Haugesund. Dette studiet er på 15 studiepoeng, og resultatet av arbeidet gjort i faget fremlegges i denne rapporten samt en muntlig fremføring av prosjektet. Denne fremføringen blir gjennomført 11.juni 2009

Prosjektet er et samarbeid mellom høgskolen og en bedrift. Studenter tar kontakt med en bedrift de ser på som interessant å arbeide med. Studentene og bedriften kommer deretter fram til en oppgave studentene skal jobbe med. Videre blir det utnevnt en intern veileder på høgskolen og en ekstern veileder i bedriften. I dette prosjektet samarbeider studentene med DeepOcean AS, og har fått Jostein Førland som ekstern veileder hos DeepOcean AS, og Ståle Brigt Pettersen som intern veileder på høgskolen.

Det er studentene som er prosjektansvarlige i dette faget, og det blir holdt minst fem møter mellom intern veileder og studentene gjennom semesteret. Disse møtene skal dokumenteres. Det blir også gjennomført flere møter mellom studenter og ekstern veileder, disse er det ikke noen krav til at skal dokumenteres.

Gruppen vil gjerne takke følgende personer for å ha bidratt med informasjon og veiledning rundt oppgaven:

- Ståle Brigt Pettersen - intern veileder, Høgskolen Stord/Haugesund
- Jostein Førland - ekstern veileder, DeepOcean AS
- Christian Knutsen - technical director, IndustriKonsult AS
- Lars Bjørnø - Specialist Engineer, Acergy
- Torleiv Ese - Første Amanuensis, Høgskolen Stord/Haugesund

Haugesund 8. mai 2009

Petter Sørensen

Sveinung Hellerslien



Sammendrag

Når det skal fjernes rør og styrekabler ("umbilicals") fra sjøbunnen dukker det alltid opp problemer. Hvilken forfatning er rørene i? Hvordan er innholdet? Står det noe trykk i rørene? Dette er spørsmål som avgjør hvordan man håndterer dem. For selskapet som har fått i oppgave å fjerne slike rør er det viktig at en unngår utslipp av olje og andre typer forurensninger under operasjonen.

Denne typen operasjoner blir mer og mer vanlig på større vandyp, noe som fører til at en må bruke dykkerløst utstyr. Det er da kun ROVer ("Remote Operated Vehicle") som har mulighet for å operere utstyret som trengs, og det er derfor viktig at dette utstyret ikke er for avansert og forholdsvis lett håndterlig.

Per dags dato finnes det flere typer plugger som brukes for å tette rør under vann, men det finnes ikke noen klare metoder for hvordan en skal tette styrekabler. Grunnen til dette er at styrekablene inneholder ofte flere typer kabler innvendig og er derfor ikke hule slik som rør er. Dette gjør at en i disse tilfellene ikke har mulighet for å plugge styrekabler, men må bruke en slags "hette" for å tette dem. Fjerning av styrekabler er en forholdsvis lite utbredt jobb offshore per dags dato, så utvalget av denne typen hetter er derfor veldig lite utbredt.

Med dette som utgangspunkt går denne rapporten ut på å gi en oversikt over hvilke metoder som finnes for fjernstyrt tetting av undervannsrør på markedet i dag, samt å finne en løsningsmetode som vil fungere for fjernstyrt tetting av styrekabler. Denne metoden vil være en egenutviklet metode. Det er viktig at metoden er sikker og fungerer bra, og den må være lett håndterlig for ROVer.



Innholdsfortegnelse

| | |
|--|-----------|
| Bacheloroppgave | 2 |
| Forord..... | 3 |
| Sammendrag | 4 |
| Innholdsfortegnelse | 5 |
| Ordliste - ordforklaringer | 7 |
| Innledning | 9 |
| I. Litt om DeepOcean..... | 9 |
| II. Utgangspunkt for problemstilling | 11 |
| III. Endelig problemstilling..... | 14 |
| IV. Regler og lover for disponering av utrangerte rørledninger | 15 |
| | |
| Del 1: Hva finnes på markedet i dag? | 18 |
| 1.2. Umbilicals | 18 |
| 1.3. Rør og risere - er det noen forskjeller mellom disse?..... | 19 |
| 1.3.1. Risere | 19 |
| 1.3.2. Oppbygging av risere | 20 |
| 1.3.3. Plugging - risere | 20 |
| 1.4. Sealing av rør | 21 |
| 1.4.1. Materialer, oppbygging og virkemåte - lavtrykksplugger | 21 |
| 1.4.1.1. Materialer | 21 |
| 1.4.1.2. Oppbygging og virkemåte | 22 |
| 1.4.2. Materialer, oppbygging og virkemåte - høytrykksplugger..... | 22 |
| 1.4.2.1. Materialer | 22 |
| 1.4.2.2. Oppbygging og virkemåte | 22 |
| 1.4.3. Kutte-plugge operasjonen | 23 |
| 1.4.4. Kutteverktøy | 24 |
| 1.4.4.1. Skjærende diamantkjede | 24 |
| 1.4.4.2. Høytrykks vannjet med partikler..... | 24 |
| 1.4.4.3. Roterende bladfres | 25 |
| 1.4.4.3. Hydraulisk operert giljotin | 25 |
| 1.5. Kutting og sealing av rør uten noen form for lekkasje | 26 |
| 1.5.1. Is plugging | 26 |
| 1.5.2. Stoppling | 28 |
| 1.5.3. Bend tapping..... | 30 |
| 1.5.4. Bruk av klemme | 31 |
| 1.5.5. Kort oppsummert - kutting og sealing av rør uten noen form for lekkasje | 31 |
| 1.6. Flushing - hva er det?..... | 32 |
| 1.7. Konklusjon for sealing av rør..... | 33 |



| | |
|--|-----------|
| Del 2: Styrekabler - umbilicals | 35 |
| 2.1. Hva er en umbilical? | 35 |
| 2.2. Hvilke typer finnes? | 36 |
| 2.2.1. Control umbilicals | 36 |
| 2.2.2. Steel tube umbilicals | 36 |
| 2.2.3. Thermoplastic hose umbilicals..... | 36 |
| 2.2.4. Power umbilicals | 37 |
| 2.2.5. Dynamisk og statisk umbilical | 37 |
| 2.3. Fabrikk og installasjon | 38 |
| 2.4. Hva må en ta hensyn til ved dimensjonering av en umbilical? | 39 |
| 2.5. Kort oppsummert | 39 |
| | |
| Del 3: Gruppens metode | 40 |
| 3.1. Kapsel for umbilical | 40 |
| 3.2. Virkemåte og oppbygging | 40 |
| 3.2.1. Endeskruen..... | 42 |
| 3.2.2. Gummipakningene | 42 |
| 3.2.3. Strammebåndet og belastningsskive | 42 |
| 3.2.4. Strammemutteren | 43 |
| 3.2.5. Klossene | 43 |
| 3.2.6. Fjærene og fjærmutterne..... | 44 |
| 3.2.7. Kapseldelene | 44 |
| 3.2.8. Oppdriftselement | 47 |
| 3.2.9. Komplet kapsel | 47 |
| 3.3. Monteringsfasen | 48 |
| 3.4. Materialvalg | 51 |
| 3.5. Masse og volum til kapselen | 52 |
| 3.6. Styrkeberegninger og analyser | 54 |
| 3.6.1. Vekt i vann..... | 54 |
| 3.6.2. Hydrodynamisk masse | 54 |
| 3.6.3. Utsatt område på strammebåndet | 55 |
| 3.6.3.1. Limet | 56 |
| 3.6.3.2. Skrueforbindelsen og dimensjonering av skruen | 57 |
| 3.6.4. Analyse ved bruk av Ansys Workbench..... | 60 |
| 3.6.5. Manuell utrening av jevnføringsspenning..... | 63 |
| 3.6.6. Sikkerhetsfaktorer | 66 |
| 3.6.7. Friksjonskraften klossene holder fast umbilicalen med | 66 |
| 3.7. Økonomi | 67 |
| 3.8. Sammendrag og diskusjon av valgt metode..... | 68 |
| 3.9. Konklusjon | 69 |
| | |
| Figurliste..... | 70 |
| Referanser | 72 |
| Vedlegg | 75 |
| A: Umbilical fra Kittiwake Loading Bouy operasjonen | |
| B: Posi-seal stoppers H.P. Pipe Plug fra IK | |
| C: Hot taps bend and stoppling - bend-tapping, IK | |
| D: Materialelegenskaper AISI 316L Stainless Steel | |
| E: Materialelegenskaper S165M, Stainless Steel for casting | |
| F: 2D tegninger av delene fra kapselen | |
| G: Ansys rapport | |



Ordliste

I denne bransjen er engelsk det språket som mesteparten av kommunikasjonen foregår på. Firmaer er ofte internasjonale, og da er det en fordel at alt går på et språk, dette gjør også en del av jobben enklere. I den norske offshore bransjen blir det mer og mer engelsk, og det er derfor en del engelske ord som er blitt "vanlige" å bruke også på norsk innenfor denne sektoren. Gruppen velger derfor å bruke noen av disse ordene i rapporten, og legger derfor ved en "ordliste" som forteller betydningen av de forskjellige ordene.

| | | |
|-----------------|---|--|
| Subsea | - | Undervann |
| Umbilical | - | Egentlig "umbilical cord" - dvs. "navlestrengen" eller "styre kabel" som forbinder dykker/dykkerklokke/manifold/ROV med moderinnretning. |
| Riser | - | Stigerør, rørene som går fra plattformen og ned til havbunnen. Det er disse rørene som fører oljen opp til plattformen. |
| ROV | - | "Remotely operated vehicle" "Fjernstyrte undervannsfarkoster". Er en robot som blir fjernmanøvrert fra et kontrollrom på skip eller plattform. Farkostene blir brukt til utallige oppgaver på havdypet, som kartlegging av havbunn, inspeksjon, vedlikehold og reparasjon av havbunnsinstallasjoner m.m. Hovedtypene som finnes er survey-, observasjons- og arbeidsfarkoster. Det er også utviklet en rekke spesialfarkoster. |
| IMR | - | "Inspection, maintenance and repair" – "Inspeksjon, vedlikehold og Reperasjoner". |
| DP2 klasse | - | Sjøfartsdirektoratet har 3 forskjellige utstyrsklasser for dynamisk posisjonering (DP). I dette tilfellet klasse 2, og det vil si at "en enkelt feil i aktive komponenter skal ikke kunne gi tap av posisjon". |
| Moonpool | - | Et åpent hull midt på skipet for å senke utstyr ned i vannet. |
| Trench | - | Utstyr for å lage grøfter på sjøbunnen, disse brukes blant annet til nedgraving av rørledninger. |
| Survey | - | Inspeksjon, overvåking, kartlegging |
| Helideck | - | Helikopterdekk |
| Hot-Tap klammer | - | Klammer som installeres på rørledningen som gjør at en får mulighet til å bore på ned i røret for å jobbe/før inn utstyr/innretninger i røret. |



| | | |
|-----------------|---|--|
| Flowline | - | Strømningsrør |
| FPSO | - | “Floating Production Storage and Offloading” er et flytende tankskip som brukes i petroleumsvirksomhet til havs for å prosessere og lagre petroleum under produksjon på et oljefelt. |
| Sealing | - | Tetting, innkapsling, forsegling |
| Decommissioning | - | Driftsnedlegging, arbeid som går ut på å legge ned et aktivt anlegg, system eller en systemenhet. |



Innledning

I. Litt om DeepOcean AS.

DeepOcean AS er undervannsdivisjonen til Trico Marine Group. Trico Marine er en ledende global leverandør av marin støtte til offshore olje og gass næringen. Hovedkontoret deres ligger i Texas, USA. Trico Marine Group har en langsiktig plan med å samarbeide med ledende aktører innenfor samme industri segment og vil sammen bygge seg opp til å bli den globalt ledende leverandør av integrerte undervanns løsninger. Trico Marine Group består av det opprinnelige Trico Marine, CTC Marine og DeepOcean.

CTC Marine er et firma som har spesialisert seg innenfor feltet "subsea trenching". De graver rørgater under vann til rør, flowlines og kabler.

DeepOcean er en velkjent markedsleder av høykvalitets løsninger for inspeksjon, vedlikehold og reparasjon, survey, støtte under konstruksjonsarbeid og subsea decommissioning. De utfører arbeid under vann, mellom havbunnen og havoverflaten. Forretningsideen er at de skal levere undervannstjenester med høy kvalitet til kunder innenfor en tidsriktig og økonomisk ramme. Fokuset er på at de skal tilby hele pakken: Ingeniør tjeneste, fartøy, utstyr, prosjekt dokumentasjon og alt annet som kan være nødvendig for å utføre en undervannsoperasjon.

Firmaet ble dannet i 1999 og regnes i dag som markedsledende i bransjen. Hovedkontoret ligger i Haugesund, men de har også regionale kontorer i Norwich(UK), Den Helder(Holland), Ciudad del Carmen (Mexico). Offshore basen ligger på Killingøy i Haugesund.

DeepOcean har over 600 ansatte og anser personalutvikling som en hovedfaktor for at bedriften skal ha en god vekst. Med trening og utvikling oppnår ansatte sitt fulle potensial og tilfører et suksessfullt bidrag til bedriftens fremtid. Av de 600 ansatte er ca. 50 av dem ingeniører. Bedriften er i stadig vekst, med fokus mot nye markeder (Asia, Vest Afrika, Brasil). Det ansettes nye folk jevnlig, og det er sterk fokus på rekruttering av nye ingeniører.

Årlig omsetning ligger på 2 milliarder kroner

De anser seg som eksperter innen følgende disipliner:

- Forskning og utvikling
- Engineering og driftsmessig/operasjonell analyse
- Geotekniske vurderinger
- Survey/inspeksjon/kartlegging, innsamling av data, prosessere og rapportere.
- ROV ekspertise

Offshore basen på Killingøy er også innehaver av en ROV simulator, hvor pilotene lærer seg opp og får testet seg før de opererer offshore.



DeepOcean er ellers kjent her i området for fartøyene Edda Fonn, Edda Freya, Edda Flora, Edda Fauna og Normand Flower. De er de mest brukte fartøyene til å gjøre operasjoner på norsk sektor.

Edda Fauna og Edda Flora er designet som IMR fartøy som ble bygget spesielt for den nye Statoil kontrakten som startet i 2007 verdt 800 millioner kroner. Edda Fauna ble levert i januar 2008, mens Edda Flora ble levert i Mai 2008. Skipene benyttes i en langsiktig kontrakt DeepOcean har med StatoilHydro. Kontrakten gjelder frem til desember 2011 med opsjoner ytterlige tre år.

Skipene er spesialdesignet for nordlige farvann. De har svært gode manøvreringsegenskaper og er gode til å holde seg i ro i en posisjon. Edda Fauna var det første fartøyet som ble spesialbygget for å bruke til utskiftning av moduler på havbunnen, med innebygd dekk rundt moonpool (hangar). Døgnprisen vil normalt ligge rundt en halv million og oppover avhengig av type operasjon.



Bilde 1: Edda Fauna



Bilde 2: Edda Flora

Arbol Grande, Atlantic Challenger, Deep Endeavour, Normand Flower og VOS Satisfaction er noen av de andre skipene de disponerer. DeepOcean disponerer rundt 20 skip per i dag. Tre av dem er eid av DeepOcean, i tillegg til at serviceskipet Arbol Grande nylig ble kjøpt.

DeepOcean leier båtene på langsiktig kontrakt, en såkalt charter, fra et rederi som er eier av båten. Rederiet eller eieren står normalt for drift av båten med sjøfolk (kaptein og offiserer, messe, renhold, etc.), mens DeepOcean er ansvarlig for operasjonene og holder personell til dette (Offshore Manager, Ship's Supervisor, prosjektingeniører, ROV personell, modulhåndteringspersonell/kranførere og dekkspersonell). I tillegg vil det ofte også være representanter om bord fra klienten (eks. StatoilHydro) og underleverandører (eks. FMC). For de båtene DeepOcean eier selv bruker de eget personell.

II. Utgangspunkt for problemstilling.

Oppgavetekst gruppen fikk av DeepOcean før man startet å jobbe med prosjektet så slik ut:

”Sealing” av rør/risere/umbilicals etter kutting subsea for å unngå utslipp av rester av olje og lignende i objektet en kutter. Viktig at dette kan gjøres raskest etter kuttet på en robust måte som sitter på og som tetter godt nok til å unngå utslipp.

DeepOcean ASA har tidligere kun utført en operasjon med kutting og plugging av riser og umbilical. Det var når de etter ønske fra AF Decom skulle koble fra lastebøyen Kittiwake Loading Bouy fra feltet Kittiwake i den britiske delen av Nordsjøen. Den skulle klargjøres for å bli tauet inn til Vatsfjorden i Rogaland for fortøying i Grønavika. Ved hjelp av skjærebrenning og/eller kaldkutteoperasjoner skulle den deles opp i seksjoner før den ble fraktet videre til Vats Mottaksanlegg.



Bilde 3:Kittiwake Loading Bouy

DeepOcean gikk ned med to ROV-er, en som kuttet og en som plugget. Først kuttet de umbilicalen, satt på en kapsel og la enden ned på havbunnen. Riseren ble kuttet opp i to deler fra hver side av oppdriftstanken. Deretter ble delene plugget med plugger som ble trykket inn i røret. Så ble de lagt ned på havbunnen der de ble dekket til og sikret. Umbilicalen som også ligger over oppdriftstanken har den ene enden festet til PLEM (Pipeline end Manifold) og den andre enden kapslet og plassert på havbunnen. PLEM ble løftet til overflaten mens umbilicalen ble dratt etter. Når umbilicalen ble slept langs havbunnen ble kapselen dratt av og umbilicalen var åpen ut i sjøen.

Nedenfor vises kapselen som ble brukt på umbilicalen. Den ble trykket på med kraft fra ROV-en. En strips vises med den blå pilen på bildet til venstre. Sammen med stripsen var det også en gummipakning som ble brukt til å holde kapselen tett og på plass. Den var festet i kapselen og et stykke inn på umbilicalen slik at den skulle holde kapselen på plass.

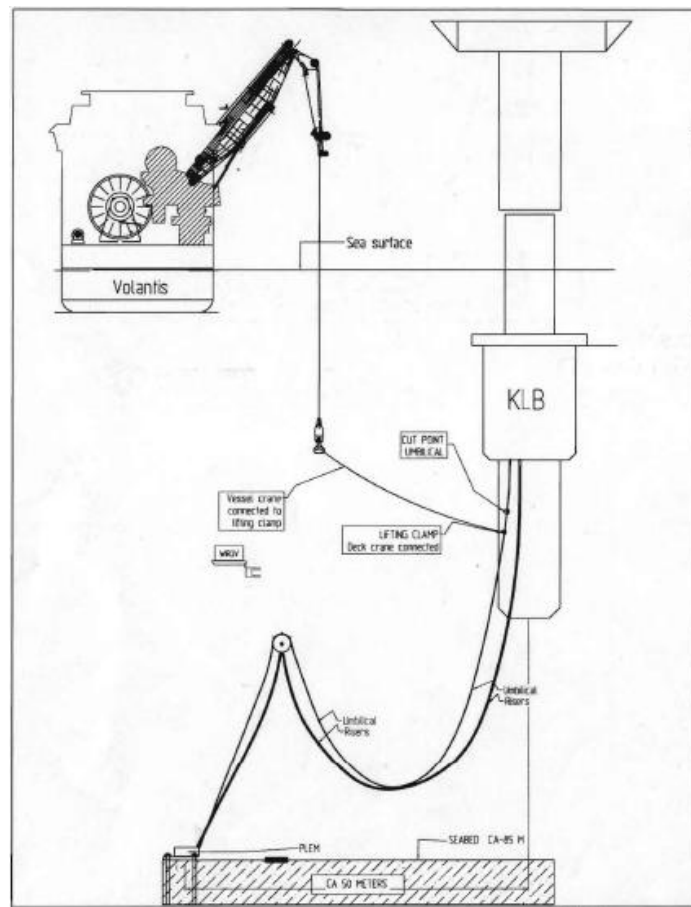


Bilde 4: Kapsel til umbilical

DeepOcean brukte fartøyet Volantis under operasjonen, et undervannssupport fartøy på 107 meter som kan brukes til forskjellige operasjoner. Det opererer under en langtids kontrakt med CTC Marine, som er en del av Trico Marine Group. Figur 1 på neste side viser hvordan operasjonen ble utført. En riser og en umbilical går via en oppdriftstank ned til manifolden.



Bilde 5: Undervannssupportfartøyet Volantis



Figur 1: Utførelse av operasjonen

Riserne ble plugget med en spesialdesignet plugg. Bakgrunnen for designet av pluggen kommer fra pigger som brukes til flushing av rør. Pigger kommer gruppen tilbake til senere i rapporten, men bare for å vise prinsippet vises her et bilde til sammenligning.



Bilde 6: Pluggen til riserne



Bilde 7: Eksempel på pigg



Kantene som stikker ut vil bøye seg mot retningen de blir sendt fra. Piggene har altså en større diameter enn selve røret, men på grunn av at kantene bøyes vil de passe til diameteren til røret. Det trengs en viss kraft for å sende de fremover i røret og en enda større kraft for at de skal snus og gå motsatt retning. De bøyde kantene skaper en økt friksjon som gjør flushingen mer effektiv. Dette prinsippet er benyttet ved designet av pluggen og gruppen har også brukt det under løsningen. Pluggdesignet går på at kantene blir presset bakover når pluggen settes i røret. Det er en friksjonskraft som holder pluggen i røret. Denne kraften blir økt ved å bruke prinsippet fra piggene.

Når gruppen begynte å jobbe med tetting av rør og umbilicals ble man kjent med en del løsninger som fantes for å plugge rør. I operasjonen som en ser på som et utgangspunkt for oppgaven, fungerte løsningen bra for riserne, men ikke like bra for umbilicalen. Sannsynligvis var det når den ble slept langs havbunnen at den datt av. Friksjonen havbunnen skapte mot kapselen og pakningen var da nok til at den mistet grepet. En annen mulighet er at en skarp kant eller lignende har kuttet eller skjært opp pakningen. Når umbilicalen blir rullet inn vil enden av umbilicalen bevege seg fremover i vannet. Det vil føre til at en strømningskraft virker mot bevegelsesretningen til kapselen, en såkalt hydrodynamisk kraft. En hydrodynamisk kraft kan en dimensjonere for, men hvis pakningen har vært kuttet eller skjært opp vil denne hydrodynamiske kraften få et bedre tak på kapselen samtidig som kapselen har mindre motstandskrefter som holder den på plass.

Gruppen ønsker å jobbe videre inn mot umbilicals og komme frem til en løsning for tetting av disse. Grunnen er at man har et inntrykk av at det for rør allerede finnes løsninger, men at det for umbilicals er mangel på løsninger. En ønsker likevel å få kartlagt hva som finnes av løsninger og muligheter for rør. Det kan gi et bra grunnlag for det videre arbeidet mot en løsning for tetting av umbilicals. Samtidig har man fått et utgangspunkt for oppgaven i operasjon som er nevnt ovenfor. Her fungerte løsningen bra for rør, men ikke for umbilical. Det er en god mulighet for å utvikle en god løsning for umbilicals da en kan se hva som bør forbedres. Dette har ført til den endelige oppgaveteksten for prosjektet til gruppen blir seende slik ut:

III. Endelig oppgavetekst:

Fjernstyrt tetting av undervannsrør og styrekabler ("umbilicals") før eller etter kutting, for å unngå utslipp av rester av olje og forurensninger.

Gruppen velger å se på:

- Metoder som finnes på markedet i dag.
- Metode- og konseptutvikling av en løsning som gir sikker tetting og som er velegnet for fjernstyrt montasje (ROV). Det finnes tettelsesløsninger for rør som fungerer bra, slik at gruppen velger å gå videre inn på styrekabler ("umbilicals") siden det her ikke er noen gode metoder for tetting.

IV. Regler og lover for disponering av utrangerte rørledninger.

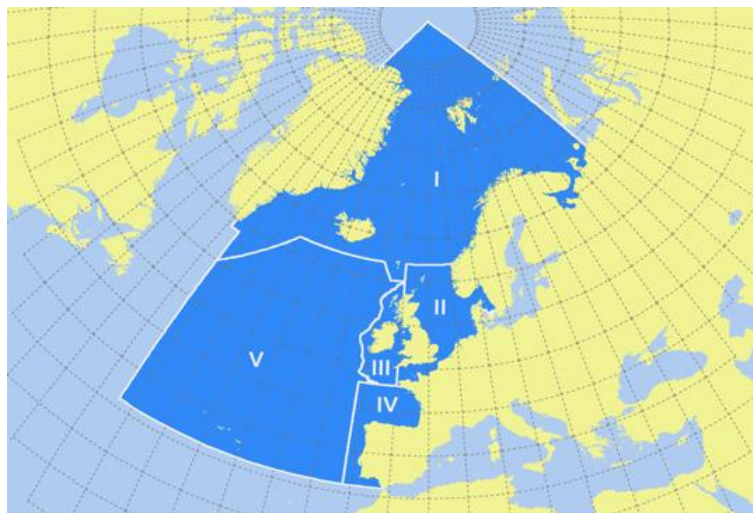
Gruppen mener det er interessant å se hva regelverket sier om decommissioning. Hva som kreves og hvem som har ansvaret for de ulike problemstillingene som oppstår. Norsk petroleumsværksnemnds faktabok for 2008 refererer til St.mld. nr.47 (1999-2000) "Disponering av utrangerte rørledninger og kabler" som fortsatt gjeldene. Som en generell regel kan rør og kabler etterlates når de ikke er til ulempe eller utgjør en risiko for bunnfiske, vurdert ut fra kostnader med nedgraving, tildekking eller fjerning.

Ifølge petroleumsplanen skal en rettighetshaver legge frem en avslutningsplan før bruken av en innretning tar slutt. Avslutningsplanen skal inneholde forslag til disponering av innretningen. Når det gjelder rørledninger og kabler kan slik disponering eksempelvis være hel eller delvis fjerning og eventuelt etterlating.

Ifølge petroleumslovens § 5-4 er rettighetshaver eller eier ansvarlig for skade eller ulempe som en etterlatt innretning måtte volde dersom det er utvist forsett eller uaktsomhet fra rettighetshaverens eller eierens side, med mindre departementet bestemmer noe annet. Som et alternativ til at rettighetshaver eller eier skal være ansvarlig for en etterlatt innretning, kan det avtales at staten overtar ansvaret mot en avtalefestet økonomisk kompensasjon.

Utgiftene for fjerning av innretninger på kontinentalsokkelen fordeles etter fjerningstilskuddsloven mellom staten og rettighetshaverne. Rettighetshaverne får ikke rett til fradrag for slike utgifter i skatteregnskapet. Isteden får rettighetshaverne et tilskudd når disponeringen finner sted.

Internasjonalt er det ifølge FNs havrettskonvensjon av 1982 slik at alle innretninger og anlegg som ikke lenger er i bruk skal fjernes for å trygge sikkerheten for skipsfarten. Ved fjerning skal det også tas tilbørlig hensyn til fiske, vern av marint miljø og andre staters rettigheter og plikter.



Figur 2: OSPAR konvensjonens inndeling av havområder i regioner



OSPAR er en konvensjon for beskyttelse av det marine miljø i det nordøstlige Atlanterhav. De har fastsatt regler for fjerning og disponering av utrangerte installasjoner og rørledninger til havs. Konvensjonen har ikke forbud mot disponering til havs av utrangert rørledninger og kabler. Sjødisponering kan imidlertid bare finne sted etter at tillatelse er gitt av kompetente myndigheter i de enkelte land. Tillatelse skal ikke gis hvis rørledningen eller kablen inneholder stoffer som kan medføre fare for menneskelig helse eller skade på miljøet. Avgjørelsen av hvilket disponeringsalternativ er en bred vurdering der kostnader blir vurdert i forhold til konsekvensene for miljøet, fiskeriene og andre brukere av havet, og hensyn tas til internasjonale vedtak og retningslinjer. Kysten utenfor Norge befinner seg i det OSPAR konvensjonen kaller region 1 "Arctic Waters" og region 2 "Greater North Sea".

Når en kabel eller rørledning etterlates betyr det at den tas ut av bruk og blir liggende der den er. En etterlating kan kombineres med andre tiltak for å redusere uønskede virkninger som nedgraving eller tildekking. Et grovt overslag sier at nedbrytningstiden for et stålrør er 300-500 år. En midletidig etterlating kan være hensiktsmessig i et område der det fortsatt er petroleumsaktivitet. Det kan gjøre operasjonen mer effektiv å fjerne alle rør samtidig, derfor kan rør bli lagt igjen til produksjonen er ferdig i området og flere rør skal fjernes. En samordnet fjerningsoperasjon vil også være hensiktsmessig med tanke på kostnader og av sikkerhetsmessige hensyn.

Opptak av rørledninger og kabler kan ha ulike formål som gjenbruk, gjenvinning eller deponering. Gjenbruk betyr videre bruk innen petroleumsvirksomheten eller til annet formål til havs. Dette er ikke vanlig og selv på verdensbasis er det i dag svært begrenset erfaring med gjenbruk av slike rør. Utfordringen med dette er å dokumentere kvalitets- og spesifikasjonskrav for den nye brukeren. I tillegg er det også ofte slik at rørledninger og kabler er spesialtilpasset for installasjonen de er koblet til, derfor blir det vanskelig å bruke dem for en ny installasjon som har egne spesialtilpasninger. For denne problemstilling er det da ikke nødvendig at en tar noe hensyn til å verne røret/kablen for noen form for gjenbruk. Metallene i rørledninger og kabler kan vanligvis gjenvinnes. Dersom det ikke finnes realistiske løsninger må materialet deponeres.

Rørledninger skal renses for miljøfarlige stoffer før de etterlates. Med det forventes det at de miljømessige konsekvensene av utlekking fra rørledninger og kabler vil være små. Med miljøfarlige stoffer menes i denne sammenheng olje fra rør (risere og flowlines), mens fra en umbilical er det vanligvis en glykol/vann basert hydraulikkvæske og kjemikalieinjeksjonsvæske.

Kvikksølv og kadmium er de metallene man er bekymret for. De er vurdert til å kunne ha en negativ miljøeffekt. Begge er tungmetaller som akkumuleres i næringskjeden og gjenfinnes i høye konsentrasjoner hos arter på toppen av næringskjeden. Kvikksølv blir brukt i aluminiumsanoder installert før 1980. For enkelte spesielt sårbare arter er det kritiske nivået av disse metallene i ferd med å bli nådd.



Etterlating på stedet gir de laveste utslippene til luft, ferskvann og marint miljø. La oss si at hvis materialene som deponeres må produseres på nytt, hovedsakelig stål og betong, vil materialkostnadene medføre at deponering på land gir de høyeste utslippene. Materialgjenvinning av stålet eller alternativer med gjenbruk av rør vil totalt sett gi reduserte utslipp hvis man sammenligner med at materialene som deponeres må produseres på nytt. Unntak er NOx og støv. Det må også tas et forbehold om at det er et marked for alternativene for materialgjenvinning eller gjenbruk. En deponering på land vil kreve store arealer og et problem kan oppstå med forurensning.

Med hensyn på fiske ved bruk av trål kan etterlatte rørledninger skape problemer dersom de er av dårlig ytre kvalitet, når de blir begravd eller dekket av masser med store steinblokker, eller hvis de er grøftet uten tilbakefylling. Det vurderes som lite sannsynlig at eksisterende rørledninger gir merkbare fangstreduksjoner for fiske ved bruk av trål i Nordsjøen. Med passive fiskeredskaper som garn og line medfører det ingen problemer uansett hvilken form for deponering som blir brukt.

Kostnadene er om lag 1,7 ganger mer ved å fjerne rørledninger og kabler medregnet kostnader for deponering på land enn om de skulle bli tildekt med grus/stein. Når en anser rørledningene for tilstrekkelig nedgravd, er der enkelt og greit etterlating som er det beste alternativet. En kostnad medføres likevel ved at man må inspisere at rørtraseen er tilstrekkelig nedgravd. Når den ikke er tilstrekkelig nedgravd er det grøfting som er det rimeligste alternativet.

Når det gjelder problemstillingen i denne rapporten med decommissioning og fjerning av Kittiwake Loading Bouy ble riserne, som var flushet for olje, plugget og etterlatt på havbunnen. Der ble de tildekket og sikret. Umbilicalen som fortsatt inneholdt olje ble tatt opp og rullet inn på et hjul. Selve bøyen ble fraktet til Vats Mottaksanlegg hvor den ble kuttet opp og resirkulert av AF Decom. Det kan nevnes at det ble en omfattende prosess hvor AF Decom var i rettssak med et fiskeri som var nabo til mottaksanlegget. Metodene som ble brukt under oppkutting og resirkulering førte til forstyrrelser for fiskeriet.



Del 1: Hva finnes på markedet i dag?

Operasjoner med sealing av rør/risere/umbilicals er forholdsvis lite utbredt per dags dato. En del av grunnen er at det ikke er noen regler som sier at en må fjerne rørledninger og kabler fra anlegg som har avsluttet produksjonen så lenge rørene og kablene ikke utgjør en risiko for bunnfiske. Selskaper som driver subsea har derfor ikke noen klare planer/retningslinjer for hvordan dette gjøres, og hvordan de må operere hvis de kommer utfor en operasjon av denne typen, varierer derfor veldig fra gang til gang. Sealing av rør/risere/umbilicals er en operasjon som en oftest kommer over i forbindelse med decommissioningsarbeid.

Det er regler for at når produksjonen ferdigstilles på et anlegg skal installasjonene fjernes. Det er her en kommer innpå decommissioningsarbeidet. Det er også blitt mye mer fokus på miljøet i senere tid, og en vil derfor ha minst mulig forurensninger i forbindelse med denne typen arbeid.

Decommissioningsarbeid er forholdsvis ferskt og man ser for seg at dette vil komme for fullt de nærmeste årene. Det er stadig flere oljeplattformer og installasjoner som eldres og vedlikeholdsutgiftene av disse blir bare høyere og høyere. Noen av de eldste oljefeltene har allerede avsluttet produksjonen, mens oljemengden begynner å minke på andre. Av den grunn kommer det til å bli flere felt som får avsluttet produksjonen i nærmeste framtid. Det vil da bli store utfordringer i å klare å fjerne disse på en mest mulig gunstig måte med tanke på miljøet.

Det er også en stor forskjell på sealing av rør/risere og umbilicals fordi rør/risere er hule inni og en har derfor mulighet for å plugge disse. Umbilicals består av flere mindre rør innvendig som er pakket sammen og en har derfor ikke mulighet for plugging. I forbindelse med sealing av umbilicals blir det derfor brukt en slags hette som tres over enden av umbilicalen.

1.2. Umbilicals

Sealing av umbilicals er en type operasjon som er veldig lite gjennomført per dags dato, og en har derfor ikke utarbeidet noen "fasit" på hvordan dette skal gjøres, hvordan disse hettene skal fungere og alternative metoder til dette. Gruppen kommer tilbake til mer info rundt umbilicals i del 2.

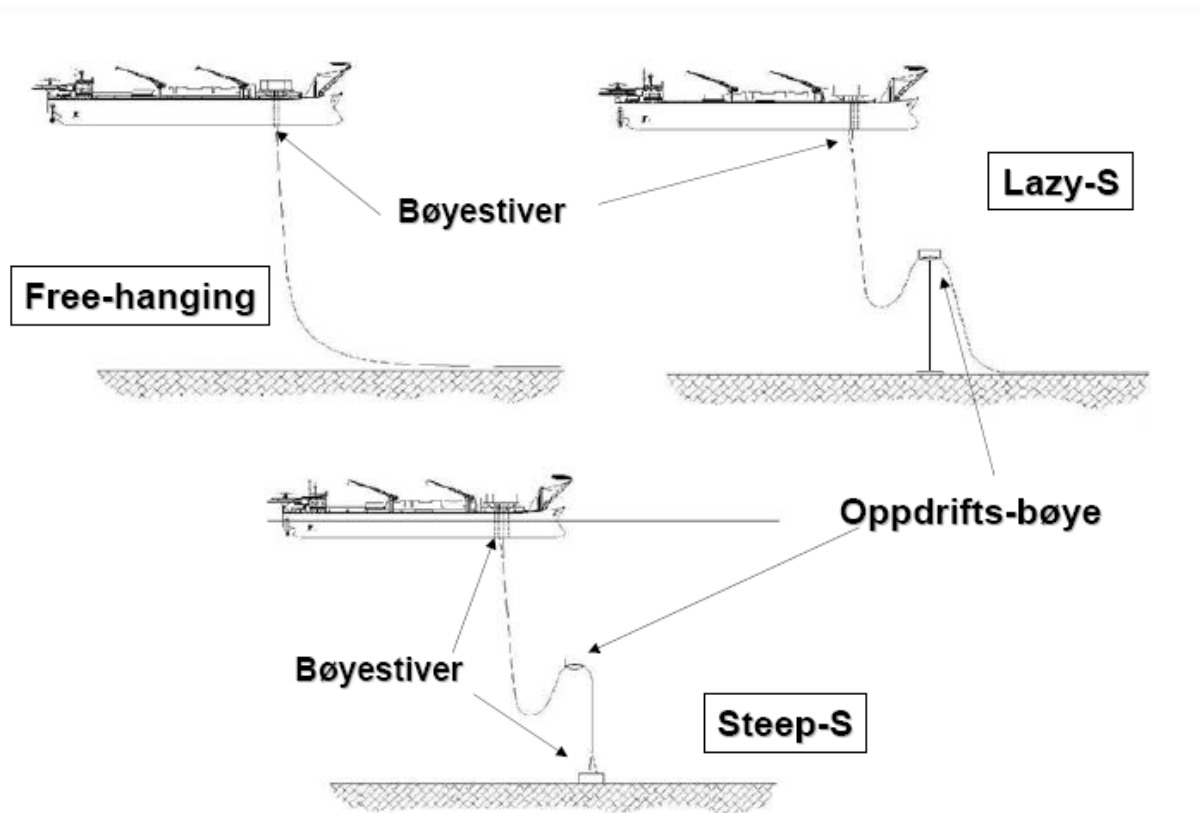
1.3. Rør og risere - er det noen forskjeller mellom disse?

Både rør og risere er hule innvendig og kan derfor plugges. En trenger ikke noen form for hetter for noen av disse.

1.3.1. Risere

Risere også kalt stigerør på norsk, er de rørene som går fra plattformen og ned til havbunnen. Det er disse rørene som fører oljen opp til plattformen.

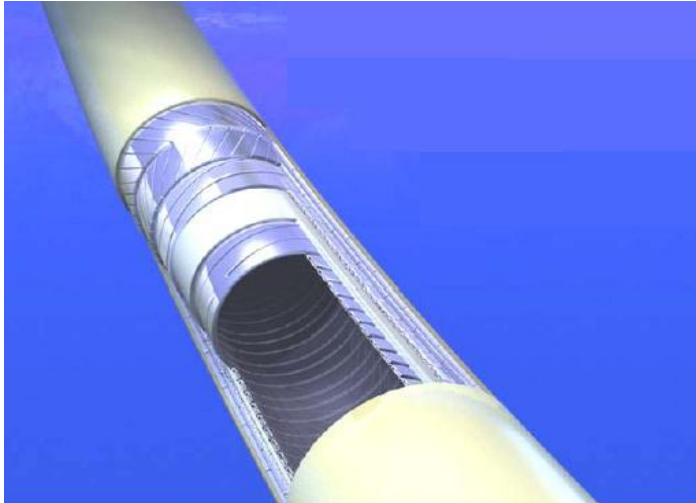
De fleste riserne er fleksible. De må være dette for å kunne brukes på flytende borerigger og boreskip. Eksempel på hvordan en fleksibel riser kan være installert vises på figuren under.



Figur 1.1: Forskjellige måter en fleksibel riser kan festes på

1.3.2. Oppbygging av risere

Fleksible risere har som hovedkriterier å motstå trykk, tempertur og korrosjon og hele tiden forbli fleksible. Riserer er bygget opp i flere lag, og hvert lag er ubundet (se figur 1.2)



De forskjellige lagene fra ytterst til innerst:

- Ytterkappe
- Strekkarmering
- Trykkarmering
- Trykk-kappe for innvendig trykk
- Trykk-kappe for utvendig trykk
- Anti-wear tape mellom de forskjellige lagene for å redusere friksjon og unngå abrasjon

Figur 1.2: Oppbygging av riser – lag for lag

1.3.3. Plugging – risere

Dette var litt om oppbygging og bruksområder for risere. Som en ser vil riserne ikke være forskjellige fra vanlige rør når det gjelder sealing og plugging av disse. De kan kappes med samme verktøy, og man kan bruke de samme pluggene som brukes for rør.

Siden man kan behandle risere og rør på samme måte velger gruppen derfor å bruke rør som en felles betegnelse på både risere og rør videre i oppgaven.

1.4. Sealing av rør

Sealing av rør er litt mer utbredt enn sealing av umbilicals, og det er derfor flere typer plugger på markedet som det blir sagt at skal fungere godt i denne typen operasjoner.

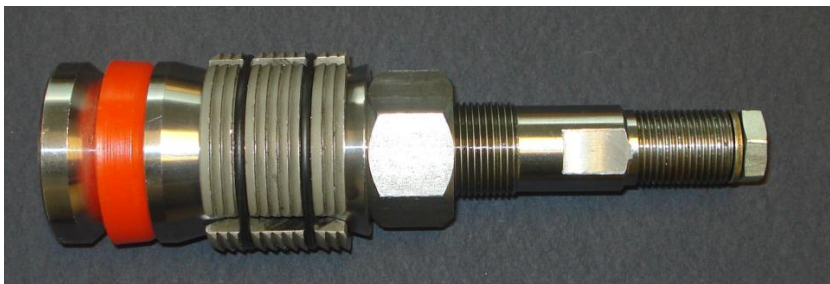
En har her masse forskjellige plugger. Alt fra små lavtrykks plastikkplugger som tåler rundt 0,1 bars trykk, til større solide ekspansjonsplugger som tåler over 250 bar. Pluggene finnes i utforminger som gjør at de er enten designet for dykkerhåndtering eller håndtering av ROV.



Bilde 1.1: Eksempel på dykkeropererte lavtrykksplugger



Bilde 1.2: Eksempel på ROV opererte lavtrykksplugger



Bilde 1.3: Eksempel på høytrykks ekspansjonsplugg

1.4.1. Materialer, oppbygging og virkemåte – lavtrykksplugger

Gruppen velger bare å se på plugger som er ROV opererte. Dykkeropererte plugger er ikke like interessante siden disse har begrensninger med hensyn til dybden dykkeren kan operere på, men de er i hovedsak bygget opp på samme måte som de ROV opererte pluggene.

1.4.1.1. Materialer

Lavtrykksplugger er i hovedsak bygget opp av polyuretan. Polyuretan er en plasttype som er satt sammen av kjeder av uretan. Polyuretan kan formes på utrolig mange måter og har et vidt spekter av hardhet, stivhet og tetthet.

1.4.1.2. Oppbygging og virkemåte



Lavtrykksplugger er som regel bygget etter ekspansjonsprinsippet. Pluggen er todelt, der ene delen er utenfor enden av røret, mens andre delen er blir inne i røret. Pluggen settes på plass i røråpningen av ROven, og mens den holdes på plass ved hjelp av ROvens ene manipulator brukes den andre til å dreie håndtaket og ekspandere pluggen. Den delen av pluggen som da er inni røret utvider seg. Denne består av gummi, og friksjonen mellom gummibelegget og røret er det som fungerer som festemateriell for pluggen. Disse pluggene brukes normalt ved trykk fra rundt 0,1 til et par bars trykk.

Bilde 1.4: Lavtrykksplugg fra IndustriKonsult

1.4.2. Materialer, oppbygging og virkemåte – høytrykksplugger

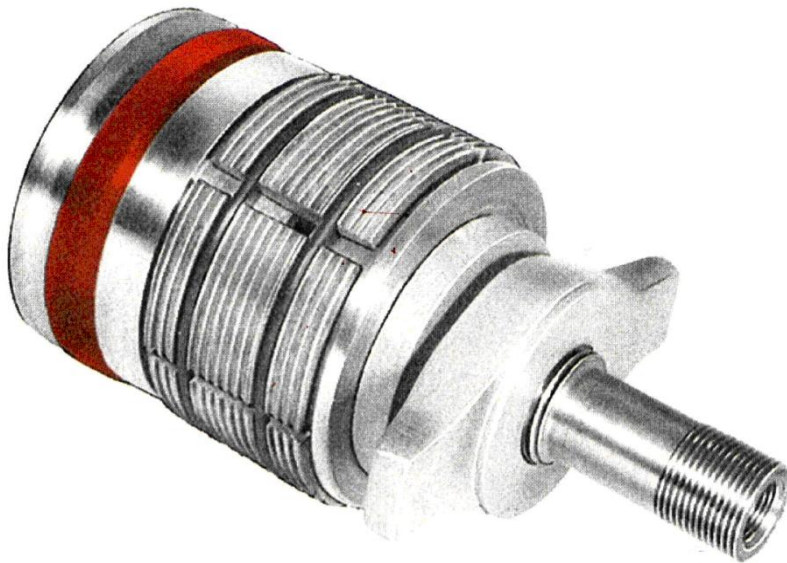
1.4.2.1. Materialer

Høytrykksplugger er som navnet tilsier laget for å tåle høye trykk, og derfor blir disse pluggene også mye mer robuste og tyngre. De består i hovedsak av herdet stål og har pakninger av plasttypene polyuretan og elastomerer, eksempel på en komponent som er laget av polyuretan er "Posi-seal" (Se rød pakning på bilde 1.3 og 1.5).

1.4.2.2. Oppbygging og virkemåte

Et eksempel på en høytrykksplugg er på bilde 1.5 under. Denne pluggen er utviklet av IndustriKonsult. Høytrykkspluggens virkemåte er omtrent lik som for lavtrykksplugger. Ved hjelp av ROvens ene manipulator skrues pluggen til og dermed ekspanderer pluggen innvendig i røret. "Vice ring" som er den delen av pluggen som ekspanderes inneholder gripetenner som blir presset inn i innsiden av røret. Disse tennene gjør at pluggen henger utrolig godt, og kan motstå et veldig stort innvendig press.

Denne pluggen her kan tåle et trykk opptil 224 bar, men samme prinsippet kan brukes for å lage plugger som tåler opptil 600 bar. Dette er veldig avhengig av røret, da veggtykkelsen og innvendig overflate av røret har mye og si for å klare å få festet pluggen skikkelig. En plugg som blir konstruert for å tåle trykk i denne klassen har også veldig stor egenvekt. Derfor er man veldig avhengig av at røret tåler denne vekten av pluggen for at dette skal fungere.



Bilde 1.5: Høytrykks rørplugg fra IndustriKonsult

For mer info rundt oppbyggingen, deler og dimensjonering av høytrykkspluggen, se vedlegg B: Posi-seal stoppers H.P. Pipe Plug fra IK.

1.4.3. Kutte – plugge operasjonen

Når et rør skal plugges, blir det som regel brukt to ROV-er. Dette fordi da kan den ene foreta selve kuttingen, og når dette er gjort står den andre klar til å sette på plass pluggen. Hvis det bare skulle vært brukt en ROV ville det blitt en del arbeid med å fjerne kutteverktøyet fra manipulatoren for å etterpå sette på verktøy for håndtering av pluggen. En kan også risikere at en må føre ROV-en opp til overflaten for å skifte ut dette verktøyet manuelt. Dette vil da føre til at operasjonen vil vare mye lengre, og dette vil igjen føre til økte kostnader. Utføres selve operasjonen på grunt vann, dvs. maks 180 meters dybde (på norsk sokkel) kan det brukes dykkere til å bytte ut verktøyet på manipulatoren til ROV-en. En kan her ikke gå under 180 meter siden dette er dybdebegrensninger som er lovsatt som følge av sikkerhet for dykkerne. Denne dybderegelen gjelder bare på norsk sokkel, derfor blir det fortsatt brukt dykkere på større dyp andre plasser i verden.

Når en skal kutte røret finnes det flere alternative metoder/verktøy for kutting av rør subsea. Nedenfor nevnes noen:

1.4.4. Kutteverktøy subsea

1.4.4.1. Skjærende diamantkjede verktøy

Dette er et fleksibelt verktøy som festes til en av manipulatorarmene til ROV-en. Den brukes til å kutte bolter, rør etc. Diamantkjedet roterer og skaper dermed en skjærende effekt. Et diamantkjede skjærer ikke direkte, det sliper (grind). Kjedene har rektangulære segmenter med diamant krystaller på tuppen av hvert segment for å kunne slipe gjennom veldig harde materialer. Verktøyet er lett håndterlig for en ROV og har en indikator som overvåker kutteprosessen.

Diamantkjeder fungerer best under våt kutting. Vannet fungerer slik at det hindrer at kjedet blir overopphetet, reduserer støvmengden og fjerner også grusen etter kuttingen. Støvet kuttingen fører med seg, kan være helseskadelig. Derfor bør en være varsom med bruk av diamant kjeder, spesielt ved tørr kutting. Dette er et problem som en ikke vil få subsea siden sjøen kjøler naturlig.



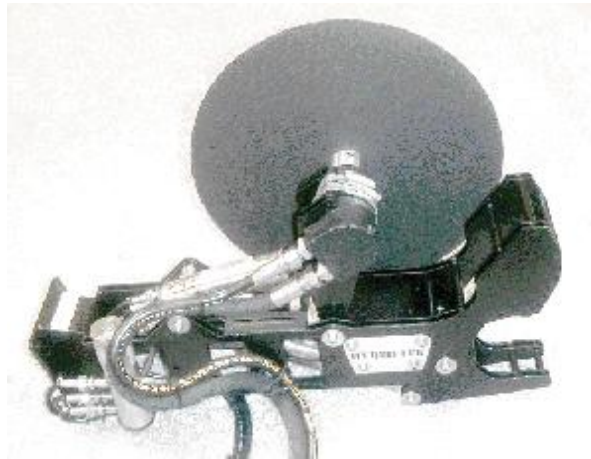
Figur 1.3: Skjærende diamantkjede

1.4.4.2. Høytrykks vannjet med partikler

Dette er en høytrykksspyler som inneholder abrasive partikler ved siden av vann. Den består vanligvis av 2 spyledyser som hver opererer med en 180 graders sirkulær rekkevidde. Spyledysene er plassert med 180 graders avstand fra hverandre, og når de roterer i en sirkelbevegelse vil de få kuttet til sammen 360 grader. Spyledysene blir plassert på utsiden av rørene den skal kutte. De abrasive partiklene er til stede for å gjøre kuttingen lettere.

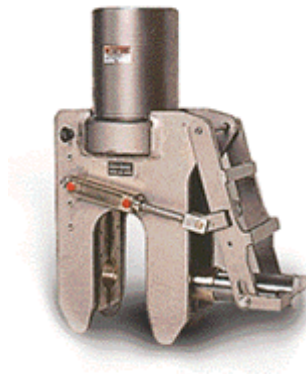
1.4.4.3. Roterende bladfres (vinkelsliper prinsippet)

Som navnet tilsier er dette en stor bladfres som roterer. Bladet kan skiftes ut, og størrelsen på det kan variere ut i fra hvor stort blad som trengs. Denne fungerer på samme måte som en vanlig vinkelsliper. Denne festes også til en av manipulatorarmene på ROV-en.

**Bilde 1.6: Roterende bladfres**

1.4.4.4. Hydraulisk operert giljotin

Prinsippet går ut på at kabelen blir fanget av en ambolt, deretter kuttet av et blad. Både bolten og bladet blir drevet hydraulisk. Metallet er ofte i aluminium for at vekten skal være mest mulig praktisk til bruk av ROV. Den består av et stasjonært/statisk legeme, en hydraulisk kontrollert glidende bolt og et hydraulisk kontrollert blad. De blir vanligvis laget med en sikkerhetsfunksjon for nødssituasjoner. Den fungerer slik at kabelen blir sluppet ut av giljotinen ved et eventuelt strømtap ("fail to open").

**Bilde 1.7: Hydraulisk operert giljotin**

Noe som er felles med alle disse metodene er at en ikke tar hensyn til eventuelle oljelekkasjer i forbindelse med kuttingen. De oljelekkasjene som kan oppstå her har i midlertidig firmaene valgt å akseptere da mengden olje som kan lekke ut har vært veldig liten, siden røret er flushet i forkant. Litt om hva flushing er og hvordan det gjøres kommer man tilbake til i kapittel 1.6.

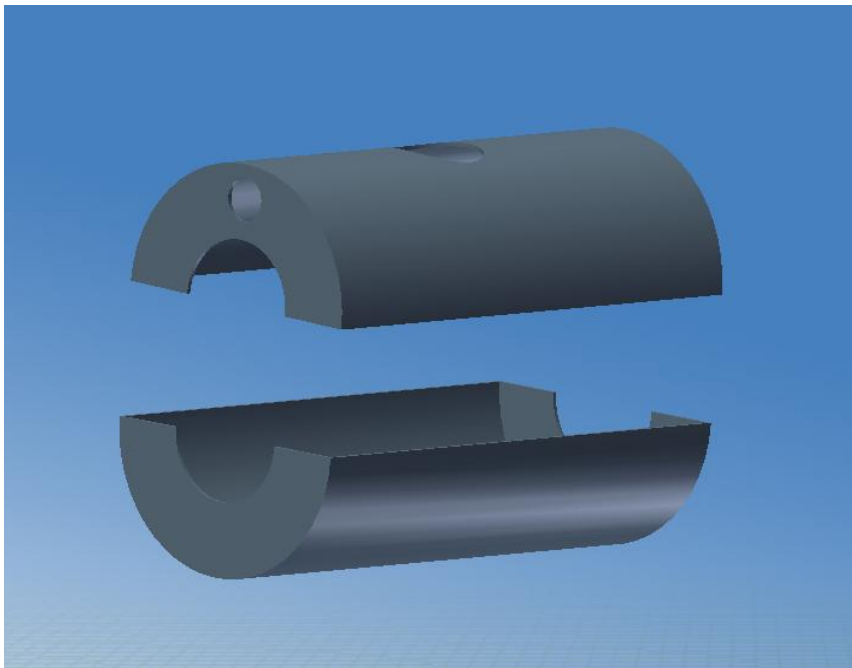
Det finnes derimot systemer for kutting av rør uten noe som helst oljesøl og lekkasje til omgivelsene. Disse metodene er selvsagt også flushet i forkant av operasjonen. Disse metodene blir nå presentert. Ikke alle metodene er testet eller gjennomført subsea, men de skal i teorien fungere.

1.5. Kutting og sealing av rør uten noen form for lekkasje

Disse metodene er i utgangspunktet laget for overvannsbruk og er ikke vanligvis brukt under vann, derfor kan noen av dem være problematiske å gjennomføre. I teorien vil alle fungere, men må nok tilpasses og moderniseres for at de skal kunne gjennomføres ved hjelp av ROV.

1.5.1. Is plugging

Dette er en metode som ikke er vanlig under vann, men den er mulig å gjennomføre. Metoden går ut på at en setter et todelt kammer rundt rørledningen (se figur 1.4).



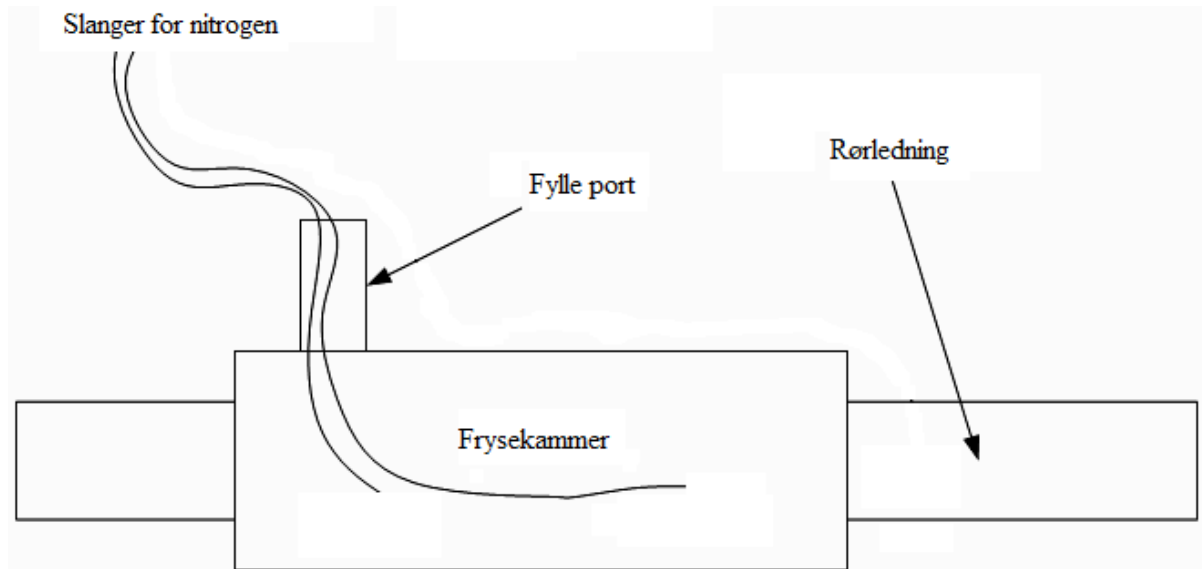
Figur 1.4: Skisse av kammeret uten isolasjon

Kammeret her er beregnet for overvannsbruk, skal dette brukes under vann og håndteres av ROV-er, må det tilpasses og moderniseres.

Dette kammeret blir isolert og får tilført frysemediet gjennom en isolert slange. Dette kan bli litt problematisk under vann da tilførselsslangen må gå opp til overflaten. Derfor vil denne metoden ha en begrensning i dybde.

Ved denne type operasjon over vann er det mest vanlig å bruke tørris som frysemedium, men ved en undervannsoperasjon vil det nok lønne seg å benytte flytende nitrogen, da dette har et mye lavere frysepunkt. (Tørris $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$, mens Nitrogen har $-172\text{ }^{\circ}\text{C}$ som frysepunkt).

Nitrogenet vil føre til at både røret og mediet inne i røret vil fryse. Man får da dannet en isplugg som fungerer som en tetning fra en kutter røret og til en har fått satt på en ekspansjonsplugg. Deretter fjernes kammeret og røret vil nå være tett.



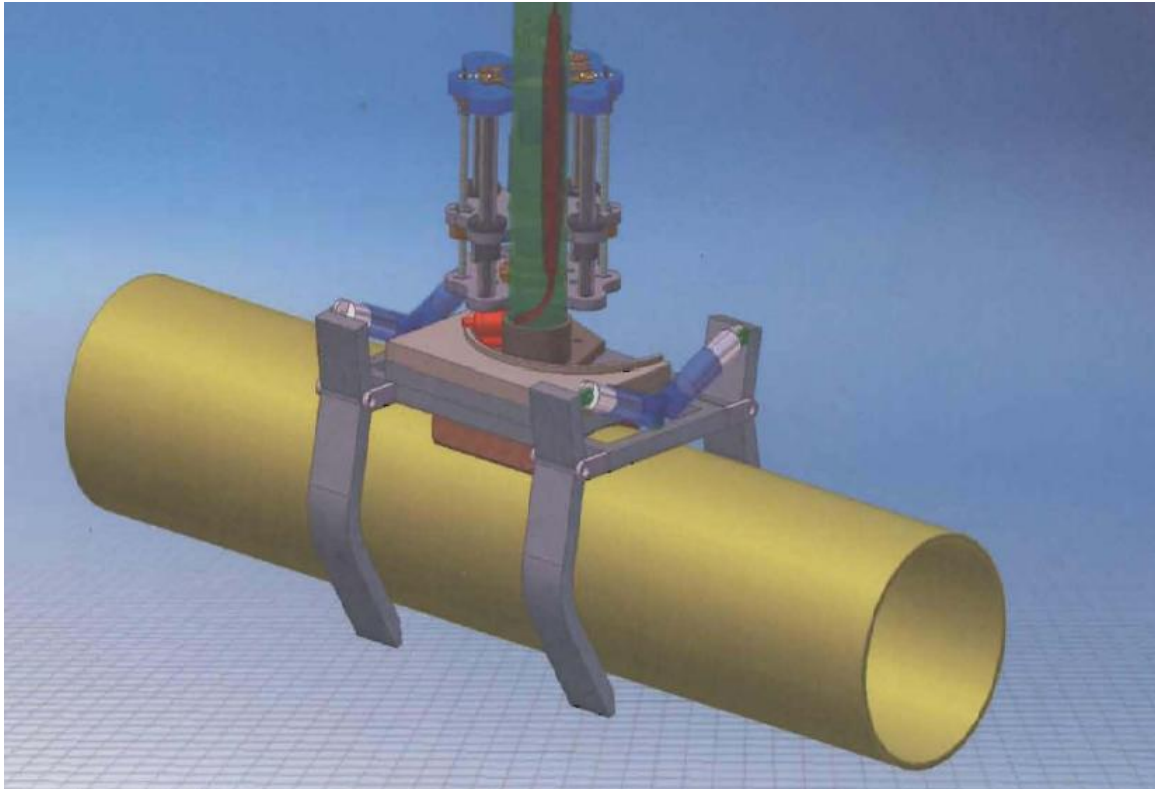
Figur 1.5: Prinsipp tegning av operasjonen

Det er visse forbehold for at denne metoden skal fungere: vanddyb, rørtrykk, rør type, vegg tykkelse, fluid type og rør diameter. Alt dette spiller inn. Ved for stort rørtrykk vil det være vanskelig å klare å få kjølt ned røret. Er rørveggene veldig tykke vil en også ha samme problemet. Dette gjelder også hvis rørdiameteren er veldig stor.

"Jeg kjenner ikke til at denne metoden har blitt testet ut subsea, men den bør kunne fungere hvis en tar de rett forbeholdene", Christian Knutsen, Technical Director, IndustriKonsult.

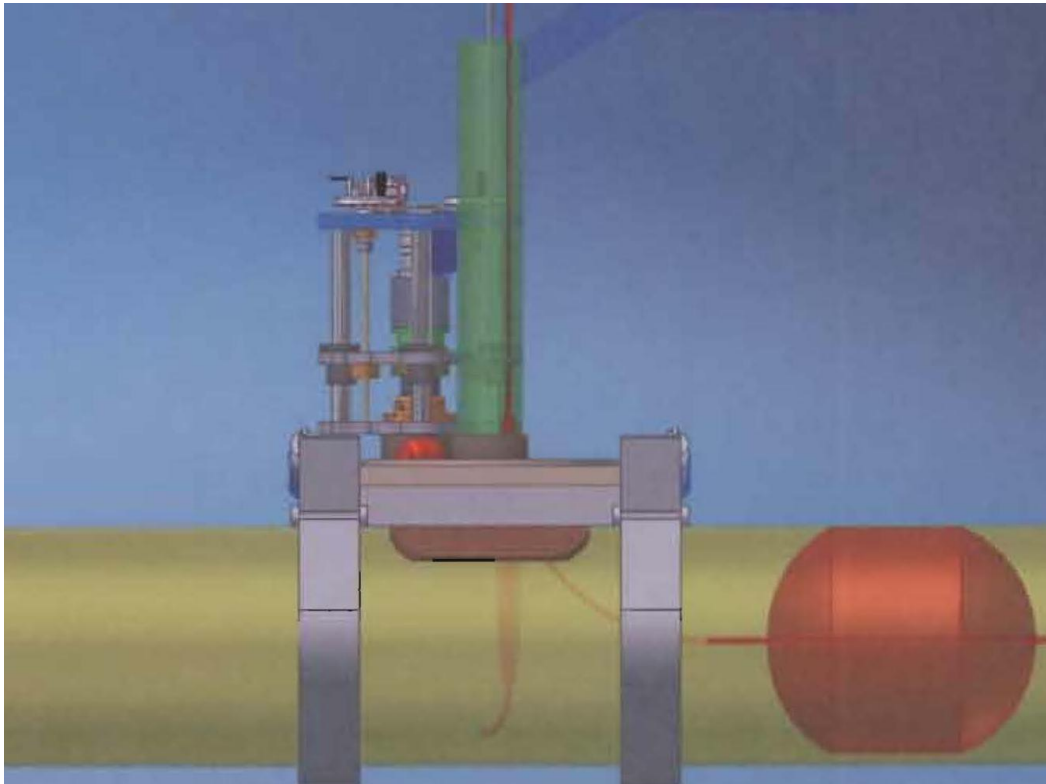
1.5.2. Stoppling

Denne metoden går ut på at en etablerer et "Hot Tap" klammer på røret. Ovenpå klammeret er det installert en sluseventil. (Se figur 1.6).



Figur 1.6: Røret med klammen og ventilen plassert oppå

En tar så og fører ned et boreverktøy gjennom sluseventilen og borer et hull gjennom røret inne i klammeret. Etter at hullet er etablert byttes boremaskinen ut med en pluggemaskin, også kalt Stopplemaskin. Denne maskinen blir brukt til å føre 2 oppblåsbare plugger ned gjennom ventilen og inn i røret. Når disse er på plass i røret, blåses de opp. (Se figur 1.7).



Figur 1.7: Klammene står på røret og en ser her den ene oppblåsbare pluggen på plass og den andre føres ned gjennom ventilen

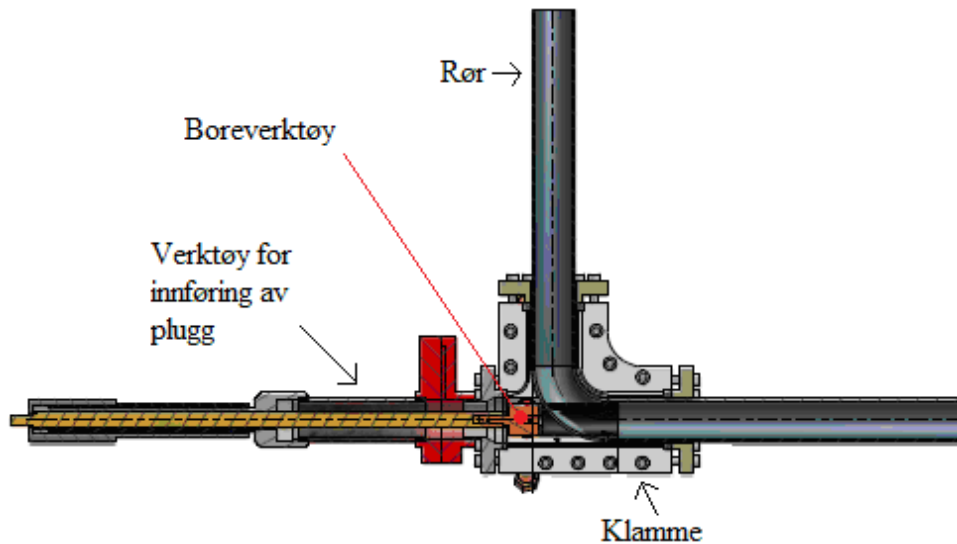
Ventilens oppgave er å sørge for at det ikke blir noen vanninntregning eller uttregning av mediet i røret under operasjonen.

Etter at de oppblåsbare pluggene er på plass fjernes klammeret, og røret kuttet mellom disse pluggene. Mens kuttingen foregår er det disse to pluggene som holdet røret tett, mens etter kuttingen blir det satt inn kraftigere ekspansjonsplugger på hver ende av røret. Røret er da tett og ingen olje har blitt sluppet ut gjennom operasjonen, det er heller ikke trengt noe vann inn i røret.

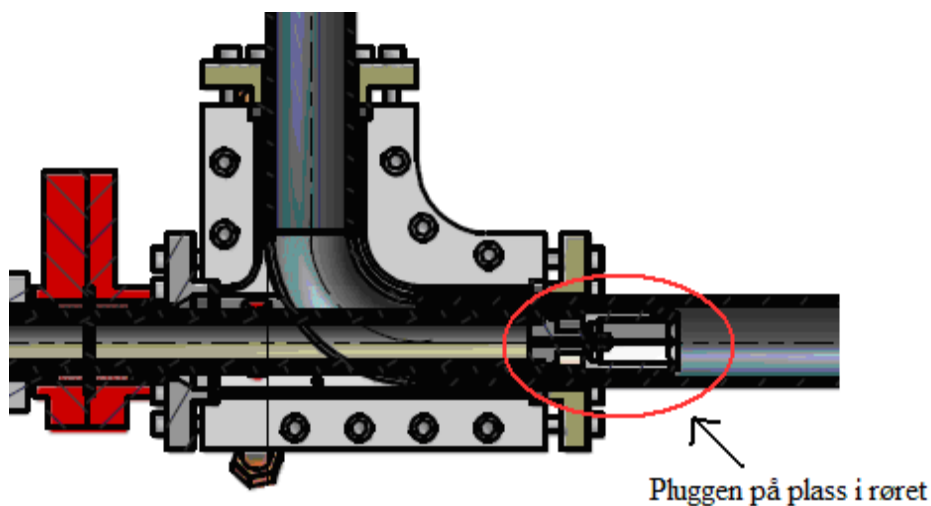
Dette er derfor en metode som kan brukes for å oppnå opp mot 100 prosent tett system og 0 prosent oljeutslipp.

1.5.3. Bend tapping

Denne metoden er forholdsvis lik stoppling. Den går ut på at en også her etablerer et "Hot Tap" klammer, men dette klammeret kan bare etableres på et 90 graders bend. Videre er forskjellen at en her har mulighet for å kjøre en plugg direkte inn i røret i bendet, ved at en først borer et hull og deretter fører pluggen direkte på plass.



Figur 1.8: Bend tapping med klammer og plugge verktøy



Figur 1.9: Pluggen plassert i røret, klammeret er fortsatt plassert rundt røret

Etter at pluggen er plassert fjernes klammeret og en har deretter mulighet for å kappe røret, pluggen er da allerede på plass og røret vil da være tett.



1.5.4. Bruk av klemme

Bruk av klemme er en metode som IndustriKonsult har brukt ved tidligere operasjoner. Denne metoden går ut på at en etablerer to kraftige runde bolter på hver side av røret, og deretter klemmes disse hydraulisk sammen rundt røret til det er 100 prosent flatklemt.

Denne metoden er ikke mulig for alle rør dimensjoner da det vil være problematisk å klare å etablere store/kraftige nok bolter ved større rørdimensjoner. En kan også risikere at denne metoden ikke gir 100 prosent tetning.

Det er seigheten og tøyningen til materialene som avgjør om dette er en metode som fungerer.

1.5.5. Kort oppsummert - kutting og sealing av rør uten noen form for lekkasje

Alle de metodene som er nevnt ovenfor er i utgangspunktet laget for overvannsbruk og er nok derfor ganske krevende for undervannsbruk. Dette er også metoder som per dags dato ikke er vanlige å gjøre under vann.

Den metoden som helt klart er den enkleste er nok klemmen, men denne har også en del svakheter i forhold til rørdimensjoner og rørmateriell.

Den metoden som gruppen vil anbefale er Stoppling. Denne metoden holder 100 prosent tett, og slik som gruppen ser det, har ikke denne noen begrensninger i forhold til rørdimensjoner. Operasjonen utføres bare ved hjelp av ROV og helt uten dykkere, den har derfor ikke noen form for dydbegrensninger.

1.6. Flushing – hva er det?

Flushing av rør vil si at en tømmer røret for olje. Dette gjøres ved at en sender en pigg gjennom røret. Piggene blir sendt gjennom røret ved hjelp av trykk og tar med seg det som er av oljerester i røret. Dette foregår selvsagt etter at oljeproduksjonen er stoppet. Piggene finnes i mange forskjellige utforminger og materialer. Helt fra enkle skumgummipigget, gelé pigget, spindel pigget, geometriske pigget til mye mer avanserte inspeksjonspigget som Smartplug.

Piggene deles opp i to hovedgrupper: rensespigget og tetningspigget.

Rensespigget er det som brukes i forbindelse med flushing av rør. Disse er som regel enkle og inneholder ikke noen form for avansert teknologi, men de kan inneholde en signalsender slik at man hele tiden kan overvåke og følge med på hvor i røret pigget befinner seg.



Bilde 1.8: eksempel på skumgummi pigget



Bilde 1.9: eksempel på tetningspigget i polyuretan

Tetningspigget brukes i hovedsak som navnet forteller oss, nemlig til tetting av rør, ofte for å isolere av deler av en rørledning i forbindelse med diverse operasjoner der dette er nødvendig.

En annen type pigget som kan brukes både som en rensespigget og/eller en tetningspigget, er en type pigget som kalles Smartpigget. I hovedsak brukes denne pigget for inspeksjon av rør. Denne pigget er større og mye mer avansert. Mens du kan få skumpiggetene fra rundt noen hundre kroner, kan kostnadene rundt Smartpiggeten ligge så høyt som rundt 50 millioner kroner. Smart piggeten undersøker røret grundig og kan gi oss informasjon om innvendig diamettermål, krumming av rørledningen, profil av rørledningen, temperatur, trykk, lekkasjer, sprekkdannelser etc. Smartpigget har også dataoverføring og kan gi resultatet i form av grafer og bilder.



Bilde 1.10: Eksempel på Smartpigget



1.7. Konklusjon for rør

Gruppen har nå tatt for seg de metodene som finnes på markedet per dags dato innenfor sealing av undervannsrør. Som en ser, finnes det flere metoder, både metoder som er sikre for oljelekkasjer og metoder der en ikke tar hensyn til et eventuelt oljesøl. Uansett hvilken metode en ser på så er denne typen arbeid nokså nytt i offshore bransjen, siden decommissioningsarbeid ikke har eksistert over så lang tid, og siden det er først i senere tid en har begynt å bry seg om dette, og å se på miljøside av det.

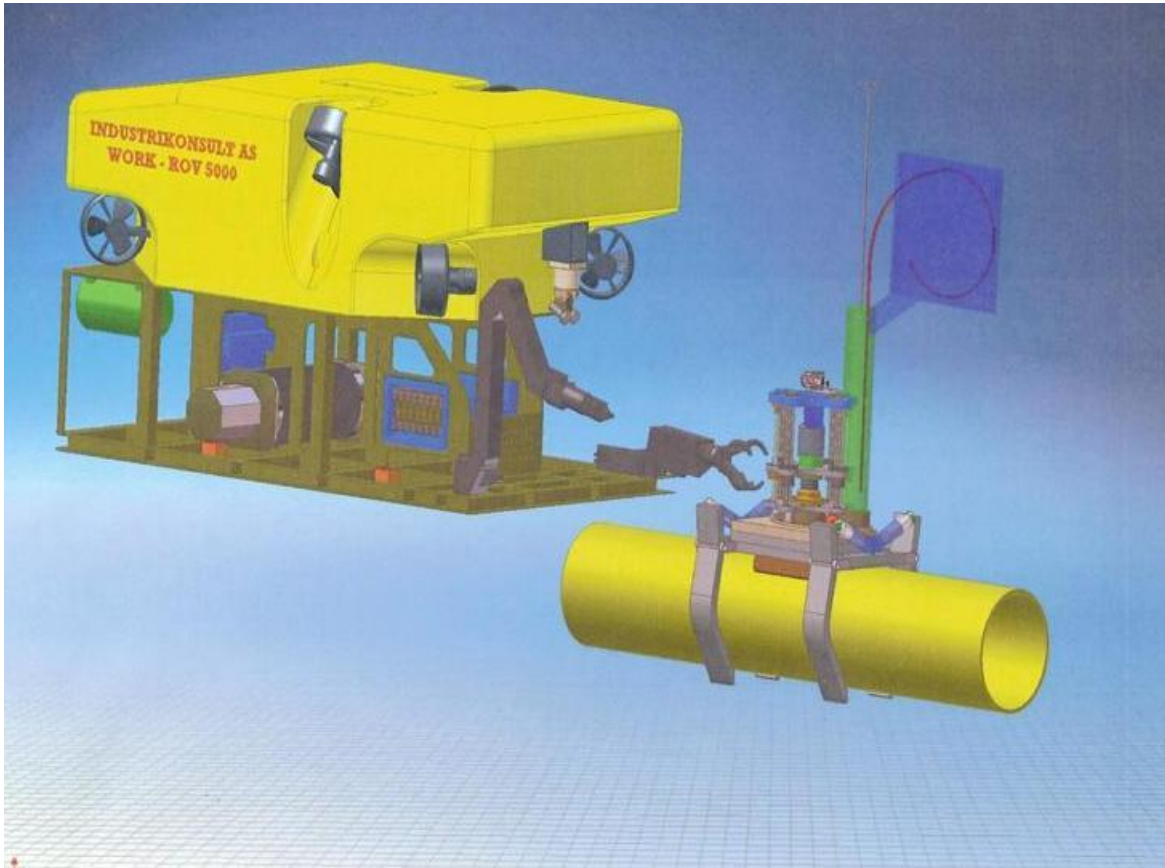
Metoden der en bare kutter røret først og deretter plugges det, uten noen form for sikring av eventuelt oljesøl, er den metoden som er blitt brukt mest. Denne metoden er billigst, enklest og krever mindre ressurser og utstyr. Den er også raskest å gjennomføre.

Men ettersom man har blitt mer og mer oppmerksom på miljøet og miljøforurensninger, vil en helst se at en ikke får noen som helst form for oljesøl under en slik operasjon. Av den grunn blir nok denne metoden mindre brukt i fremtiden.

Metodene for sikker kutting uten noen form for lekkasje er forholdsvis lite utbredt og testet, men som en har vært innpå, så finnes det også metoder for dette. Disse metodene kan være nokså tungvinte og kostbare per dags dato, men er mye bedre hvis en tenker på miljøet. For et selskap som velger disse metodene vil det nok også være mer positiv omtale i media, noe som fører til at selskapet kan utvikle seg til å bli sett på som et mer seriøst selskap enn et selskap som velger å ikke ta hensyn til oljesøl og miljøet. Dette kan igjen føre til at det seriøse selskapet blir foretrukket i lignende jobber framover fremfor de mer useriøse selskapene.

En vil nok også oppleve at disse sikre metodene i framtiden blir forbedret og modernisert, noe som på sikt vil føre til at disse metodene vil overta for metoden der en ikke tar hensyn til oljesøl.

Gruppens anbefaling er som fortalt tidligere en form for Stoppling, der en først fører inn 2 oppblåsbare plugges i røret, og kuttet røret mellom disse. Denne metoden virker forholdsvis grei å gjennomføre, og den trenger ikke være altfor tidkrevende. Den er også sikker for oljelekkasjer som er positivt for miljøet. På neste side er det et bilde som illustrerer denne metoden.



Figur 1.10: Illustrering av stoppling metoden som gruppen ser på som det beste alternativet



Del 2: Styrekabler – umbilicals

2.1. Hva er en umbilical?

En umbilical er hovedsaklig en sammensatt kabel brukt i offshore olje- og gassnæringen til å koble sammen forskjellige typer utstyr i undervannsproduksjonssystemer eller som support til undervanns arbeid. Den kan inneholde stål rør, termoplastiske slanger, elektrisk strøm og signaler til olje og gassproduksjon eller vanninjeksjonskomponenter.

En umbilical kan være alt fra noen kilometer til mange mil lang og må være svært pålitelig til bruk undervann.

Umbilical er blitt den internasjonale benevnelsen. På norsk er umbilical direkte oversatt navlestreng. Navnet kommer fra at den har lignende egenskaper som en navlestreng (umbilical cord). Styrekabel kan brukes som et norsk uttrykk i faglig sammenheng, men umbilical er den mest brukte benevnelsen. Gruppen velger derfor å bruke den internasjonale benevnelsen, umbilical. En umbilical er en viktig komponent i et undervanns produksjons system. Den transporterer kjemikalier, hydraulikk olje, elektrisk strøm og signaler. Umbilicals er viktige for å kunne kontrollere og styre undervannsutstyr fra overflaten. De blir eksempelvis brukt til å knytte sammen undervannsinstallasjoner, undervannsinstallasjoner til faste og flytende plattformer og FPSOer (Floating Production Storage and Offloading). De kan også bli brukt som support til ROV og til å kontrollere trykket under brønnboringoperasjoner, eller ved annet arbeid i brønnen.

Det er vanlig at de er skreddersydd til å utføre de oppgaver som kreves i det systemet de skal installeres i. Derfor er ofte en umbilical unik når det gjelder størrelse og innhold. Umbilicals kan likevel deles inn i forskjellige hovedgrupper, og hver leverandør har definert de forskjellige hovedgrupper de leverer. De kan deles opp etter hva de inneholder og hva de brukes til.

De som kan nevnes som hovedprodusenter av umbilicals er JDR, Nexans, Multiflex, Duco, Parker Scantrope.

Markedsutviklingen går mot boring på enda større havdyp, og man får stadig utvikling og fremskritt på dette feltet. Samtidig blir satellitter mer vanlig i et undervanns produksjons system. Det tyder derfor på at bruken av umbilical vil bli enda viktigere for olje og gass næringen i årene som kommer.

2.2. Hvilke typer finnes?

2.2.1. Control Umbilicals.

Ofte er det nødvendig med både elektrisk og hydraulisk kommunikasjon mellom undervanns utstyr og komponenter fra overflaten. Da brukes det man kaller control umbilicals. De kan være designet på mange måter, men valget er som oftest avhengig av responstiden som kreves, installasjonsmetoden som anbefales, kostnaden og blandbarheten materialene har med væskene som skal brukes.

Hydrauliske umbilicals kan være laget av bunter med termoplastiske slanger/rør eller bunter med stål slanger/rør, og valget av hvilken type som brukes er relatert til responstiden som kreves for systemet. De kan være armert dersom det er nødvendig for vekt og stabilitet, eller de kan være fastspent i bunnstrømsrør/flowlines dersom ønskelig. Elektrisk strøm-, elektrisk signal- og optisk fiber kabler er gjerne isolert med termoplast og armert med kevlar eller stål. Nedenfor blir de forskjellige typene presentert. Det er da referert til umbilical som representerer en spesiell type, men ofte går stålrør, plastrør og til og med til tider strømkabler i en og samme umbilical.

2.2.2. Steel tube umbilicals

Det var ikke før på slutten av 1990-tallet at stålrør ble brukt i umbilicals. Fordelene var styrke og korrosjonsbestandighet med rustfritt stål. Stålrør er relativt stive og har en høy strekkfasthet. Utfordrende store havdyp, bruk av høytrykkshydraulisk kontrollvæske, innsprøytete kjemikalier og servicelines kan være årsaker som gjør det nødvendig å benytte stålrør umbilicals. Stålrør umbilicals kan designes til å brukes på elektriske komponenter i samme grad som hydraulikk.



Bilde 2.4: Eksempel på "steel tube" fra Multiflex. hose umbilical"



Bilde 2.2: Eksempel på "thermoplastic fra Multiflex.

2.2.3. Thermoplastic hose umbilical

Termoplastiske rør og slanger ble først brukt i umbilicals på midten av 1970-tallet. Plast som et materiale i rør vil ha egenskaper som at det har liten vekt, kan brukes for kjemikalier og korroderer ikke. Det er relativt fleksibelt og har en lav strekkfasthet. De er da et godt valg for bruk til innsprøytning av kjemikalier. Slike umbilicals blir designet til å tåle et slangetrykk fra ca. 200 bar til 1000 bar. Tykkelsen kan være alt fra 50 mm. til 600 mm. Etter mange års utvikling er det kommet

frem et kostnadseffektivt produkt som kan anvendes med både bruk av elektrisk og hydraulisk kommunikasjon mellom komponenter.

Stålrør og termoplastiske rør har forskjellige egenskaper. Det blir ofte brukt en blanding av begge typer rør. Det gir et vidt spekter for hva en umbilicaldesigner kan oppnå med egenskapene til en umbilical. Det gjør at han i større grad kan møte krav som et undervannssystem har til egenskaper for en umbilical.

2.2.4. Power Umbilicals (elektrisk strøm).

En power umbilical blir brukt for å overføre strøm mellom offshore installasjoner og strømtilførsel til undervannsprosesser, undervannspumper, og andre undervannsfasiliteter. De blir laget etter tilpasning og inneholder elektriske ledere, elektriske signalkabler, fiberkabler og i noen tilfelle hydrauliske rør. De kan bli laget både som dynamiske eller statiske umbilicals. Multiphase/ESP Pump Umbilical er designet til å drive nedsenkede pumper slik at de overkommer ekstreme trykk fra vann-dyp, lavt reservoar trykk eller høyt produserte væske viskositeter.



Bilde 2.3: Eksempel på "electrical power umbilical"
Fiber optisk kabel fra Multiflex



Bilde 2.4: En "Multiphase/ESP Pump Umbilical"
fra Multiflex

2.2.5. Dynamisk og statisk umbilical

Umbilicalene som ligger rolig på havbunnen er designet ulikt de som tar opp bevegelser fra en overflateenhet i forhold til havbunnen. De som ligger rolig på havbunnen har betydelig mindre fleksibilitet. De dynamiske umbilicalene er festet til en flytende enhet. De kan også være aktuelle for stasjonære plattformer. Den dynamiske seksjonen er utsatt for vesentlige krefter som ikke virker betydelig inn på den statiske seksjonen, som bølger og strømning. Dersom det er en flytende enhet, vil også bevegelsene til selve plattformen eller fartøyet i seg selv være krefter som virker inn. Det er vanlig at kompleksiteten på dynamiske umbilicals øker med havdybden.

2.3. Fabrikk og installasjon.

En spesialbygd umbilicalfabrikk i Halden er utstyrt med en vertikal "lay-up" maskin som tvinner sammen alle delene umbilicalen skal bestå av. En spesiell mulighet ved denne fabrikk er å tilføre en dobbel armering for økt beskyttelse, eller for å øke vekten. Etter at armeringen er på plass er neste steg i prosessen enten en ekstrudering av en ytre kappe av polyetylen, eller påføring av polypropylen innpakket med bitumen tilført for å få god korrosjonsbeskyttelse.

Når de er ferdig fabrikert blir de rullet inn på et hjul og plassert på installasjonsfartøyet for transport. Installasjonen skjer ved å rulle ut igjen umbilicalen og senke den ned i sjøen. Det er vanlig at de statiske umbilicalene blir gravd ned ved bruk av trenching.



Bilde 2.5: Umbilical som holder på å bli lagt på et installeringshjul

Et slikt hjul kan være mer enn 35 meter i diameter og veie opp mot 7000 tonn. Dette er i samsvar med kapasiteten til verdens største umbilical og kabelleggingsfartøy C/S Bourbon Skagerrak, og setter en praktisk grense for lengden av en umbilical som kan installeres. Vekt og ytre diameter på umbilicalen vil ha en liten betydning, men ca 200 km er maksimal lengde som kan installeres.



Bilde 2.6: Umbilical som holder på å bli lastet om bord på C/S Bourbon Skagerrak.



2.4. Hva må en ta hensyn til ved dimensjonering av en umbilical?

For å vite hvordan en umbilical dimensjoneres og etter hvilke kriterier den dimensjoneres har gruppen hentet inn en liste fra Norsok Standard: "Subsea Production Control Umbilical" U-CR-006.

Der finnes det en liste over krav til hva en skal ta hensyn til ved design av en umbilical.

Det skal også tas hensyn til legge vinkelen, armering og det ytre skallet. Alle hydrauliske rør skal være av en metallegering eller av termoplast og skal være designet for det arbeidstrykket det stilles krav til. Umbilicalen skal inneholde et spesifisert antall hydrauliske rør, som skal samsvare med den spesifiserte væsken, ved det spesifiserte trykket og temperaturområdet.

2.5. Kort oppsummert

Gruppen har nå gitt et innblikk i hvordan en umbilical er bygget opp og de forskjellige typene som finnes. Som en ser er ingen av typene hule innvendig. Dette fører til at ingen har mulighet for å plugges. Derfor vil metode gruppen presenterer i del 3, for sealing av umbilicals, være viktig og fungere for alle typer umbilicals.



Del 3: Gruppens metode

3.1. Kapsel for umbilical

Utgangspunktet til gruppen er som nevnt tidligere, å finne en løsning for å tette umbilicals. En har ikke mulighet for å plugge umbilicals, derfor må en finne en metode for å kapsle dem. Noe av det enkleste og første gruppen tenkte på, var å klemme flatt et lite stykke av umbilicalen for deretter bare å kutte den av over det sammenklemt området. Dette skulle vise seg å være veldig vanskelig ettersom en har fått oppgitt at man trenger en kraft på 50 tonn for å klare dette å klemme den sammen. Gruppen har derfor lagt denne tankegangen død og bestemt seg for å se etter en alternativ metode. Dette gjorde at gruppen kom fram til en ny og spennende metode.

Metoden gruppen tar for seg går ut på at man setter en kapsel på umbilicalen etter at den er blitt kuttet. Umbilicalen vil da være åpen i sjøvannet i noen minutter før kapselen er på plass. Det er derfor viktig at en vet hvordan umbilicalen oppfører seg og at den ikke inneholder store deler med olje og stort trykk som muliggjør at oljen vil strømme ut i sjøen. Som oftest vil ikke dette være noe problem siden overfløydige umbilicals pleier å bli rengjort ved at en pumper gjennom en inert væske. Som regel vil en også ha "supply" og "return" for hydraulikk i umbilicals, en vil da ha muligheten til å spyle hydraulikkvæsken tilbake til plattformen. Inneholder umbilicalen rør for kjemikalie injeksjon vil disse blir spylt ut i brønnen eller inn i produksjonsrørledningen.

Ut fra dette skal det i utgangspunktet ikke være noen oljerester igjen i umbilicalen, og det vil derfor ikke være noe problem å kutte den før en kapsler den. Men skulle det allikevel være noen rester vil umbilicalen bare være åpen fra den blir kuttet til kapselen er på plass. Etter at kapselen er plassert vil det være 100 prosent tett.

3.2. Virkemåte og oppbygging

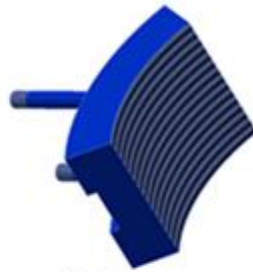
Metoden gruppen presenterer her, virker forholdsvis lett å konstruere, og har et enkelt prinsipp som gjør at man har stor tro på at den vil kunne fungere i praksis. Metoden går ut på at en fører umbilicalen inn i en kapsel og deretter strammer et bånd rundt umbilicalen for å feste kapselen. Dette båndet er installert innvendig i kapselen. Her presenteres de enkelte delene kapselen er bygget opp av. På neste side er det en oversikt over alle delene til kapselen og antall. (Der hvor det ikke er oppgitt antall er antallet lik 1).



Endeskruen



Gummipakning
Antall: 2 stk



Kloss
Antall: 4 stk



Fjær
Antall: 8 stk



Bolt for å feste klossene på strammebåndet
Antall: 2 stk



Fjærmutter
Antall: 8 stk



Strammebolt



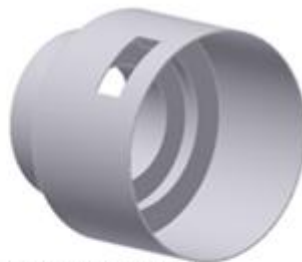
Bakre oppdriftselement



Fremre oppdriftselement



Bakre kapsel



Midtre kapsel del 1



Midtre kapsel del 2



Strammebånd



Belastningsskive



Strammemutter



Fremre innvendig del av kapsel

Her er en oversikten, og en skal nå ta for seg hvilken funksjon de enkelte delene har for kapselen. Hvordan den endelige kapselen blir seende ut kan sees på figur 2.14 på side 47.

3.2.1. Endeskruen



Når umbilicalen føres inn i kapselen har man en skrue i bakre enden av kapselen som er åpen, som gjør at vannet som blir presset inn i kapselen blir presset ut gjennom denne.

En ser her skruen, og det er hullene på siden i skruen som vannet strømmer ut gjennom. Grunnen til at skruen er konstruert slik og ikke bare er en vanlig skrue som skrues helt ut og deretter inn igjen, er at den skal opereres av en ROV, og for ROVen er det lettere å håndtere den når skruen hele tiden er på plass.

Figur 2.5: Endeskruen for kapselen

3.2.2. Gummipakningene

Når umbilicalen er plassert skrus skruen igjen av en ROV, kapselen er nå tett i denne enden. For å holde tett andre veien er det installert to gummipakninger. Disse har i tillegg til å holde tett oppgaven å holde umbilicalen stabil i kapselen til en har fått strammet båndet.

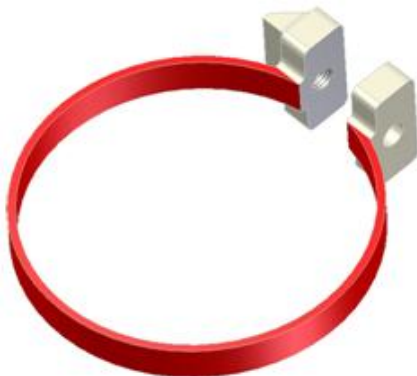


Gummipakningene bygger på samme prinsipp som enkle pigger. De er formet med en skråkant innvendig. Den innvendige skråkanten på pakningen har en indre diameter som i utgangspunktet er litt mindre enn umbilicalen. Pakningen vil da presses litt utover i den retningen den er bøyd. I dette tilfellet føres umbilicalen inn fra venstre (i følge bilde), men siden den innvendige skråkanten vil bli presset litt utover vil den gi motstand hvis røret beveger seg andre veien. Denne skråkanten vil da også fungere som en tetningspakning mellom umbilicalen og kapselen.

Figur 2.6: Gummipakning

3.2.3. Strammebånd og belastningsskive

Båndet som blir brukt for å stramme klossene, er et metallbånd av materialtypen AISI 316L. Som en ser på figuren under er det festeklosser for strammebolten på båndet. Hvordan disse er festet på kommer man tilbake til i avsnitt 3.6.3. Når disse festepunktene blir presset mot hverandre strammes båndet innover og dette vil da føre til at klossene presses inn mot umbilicalen.



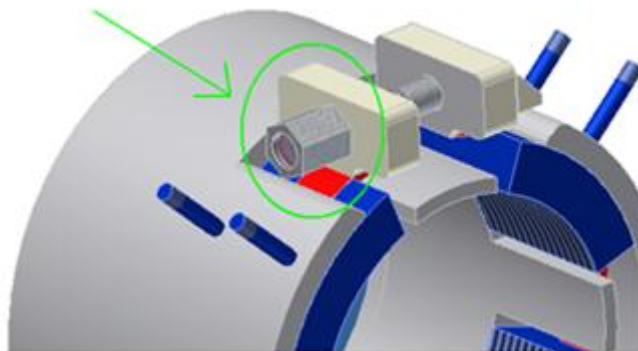
For å få fordelt belastning og å unngå "knekk" i disse strammepunktene brukes en belastningsskive. Denne gjør at belastningen fra mutteren blir likt fordelt utover området for strammebolten.

Figur 2.3: Strammebånd og belastningsskive

3.2.4. Strammemutteren

Etter at umbilicalen er plassert, strammes båndet ved hjelp av en mutter på utsiden som ROVen opererer. Når denne skrues til blir båndet strammet, og dette fører til at klossene blir presset mot umbilicalen.

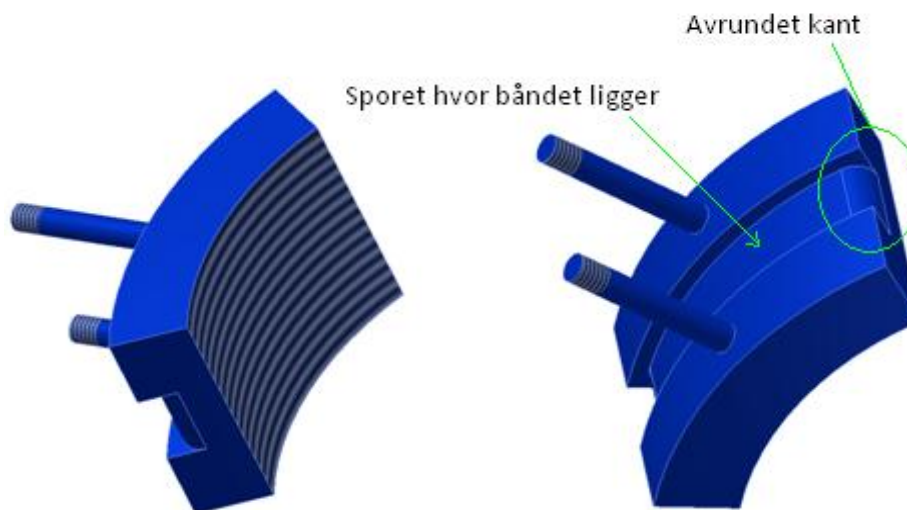
ROV-operert strammemutter



Figur 2.4: ROV-operert strammebolt

3.2.5. Klossene

Det er plassert fire klosser på båndet. Alle disse er utstyrt med tagger, og det er disse klossene som skal holde kreftene som kapselen blir utsatt for. På baksiden av klossene er det kuttet ned et hakk for å holde båndet på plass, dette for at ikke klossene skal kunne gli utav posisjon. Klossene er også avrundet litt på kantene der hvor båndet ligger fordi dette er utsatte områder for bøyespenning. Ved å avrunde kantene litt får man mindre bøyespenninger i båndet.

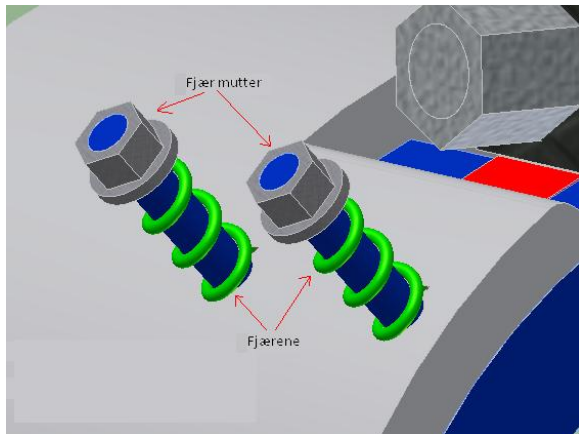


Figur 2.5: Kloss sett innenfra

Figur 2.6: Klossen sett fra utsiden

3.2.6. Fjærene og fjærmutterne

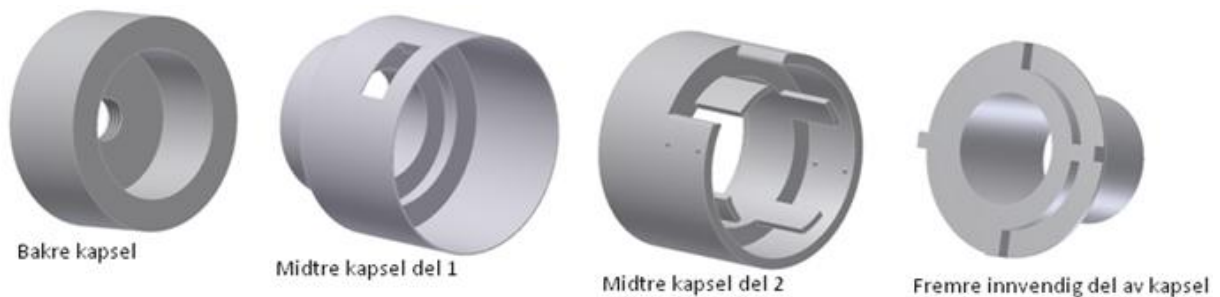
Utvendig på klossene er det plassert fjærer for å holde klossene på, og sørge for at de ikke blir dratt inn mot midten før umbilicalen er plassert. Disse fjærene fører også til at når umbilicalen er blitt dratt opp fra sjøen og en skal fjerne kapselen, vil klossene trekke seg tilbake til utgangsposisjon når strammemutteren løsnes. Fjærmutterne har som oppgave å holde fjærene på plass.



Figur 2.7: Fjærmutterne og fjærene på utsiden av klossene

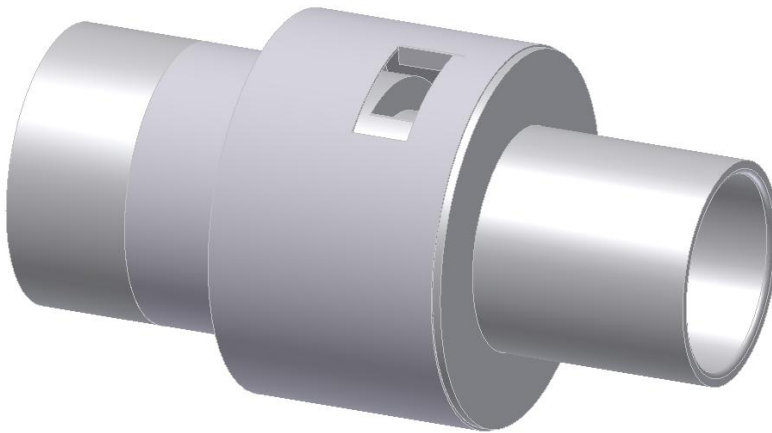
3.2.7. Kapseldelene

Selve kapselen består av fire deler. Bakre-, midtre del 1-, midtre del 2- og fremre kapsel. Alle disse er av materialtypen S165M, en kommer tilbake til materialene senere.



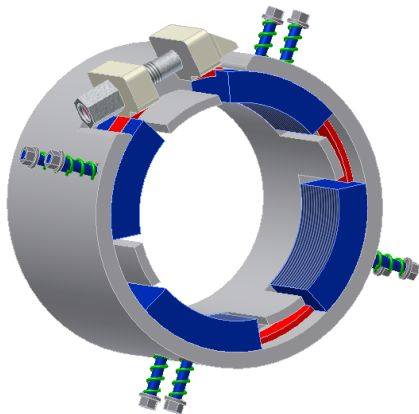
Figur 2.8: De forskjellige hoveddelene i S165M som kapselen er satt sammen av

Når man sammenstiller disse delene blir selve kapselen seende slik ut:



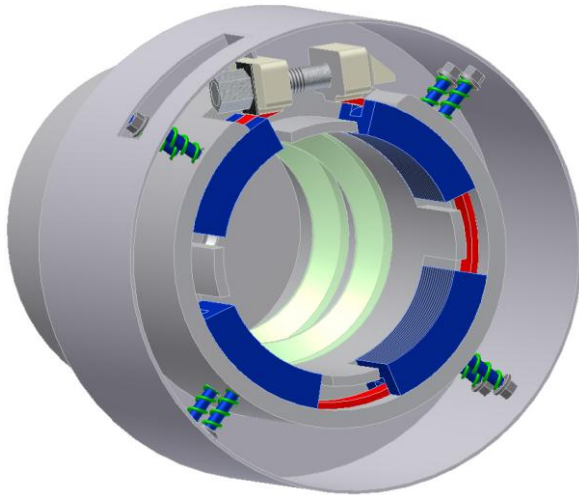
Figur 2.9: Sammensetningen av hoveddelene

Innvendig i midtre kapsel del 2 ligger båndet og klossene. Bildet nedenfor viser hvordan denne kapselen er satt sammen med båndet, klossen, fjærene, strammemutteren og strammebolten.



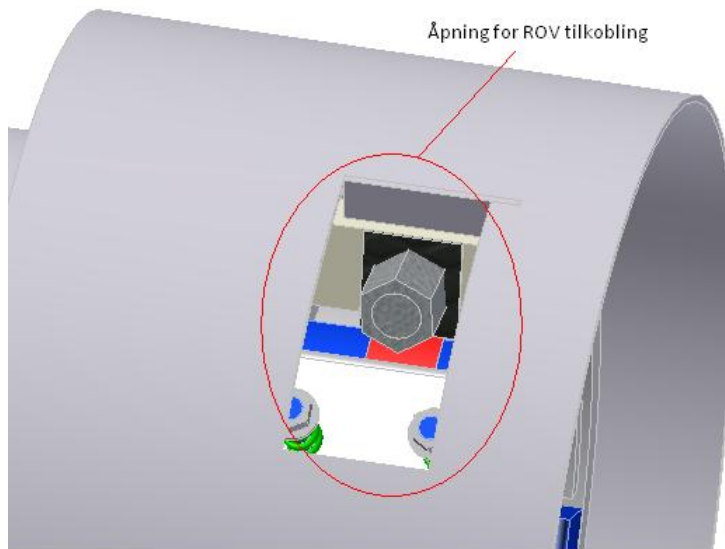
Figur 2.10: Innvendig kammer med klosser og bånd

Slik som kammeret ser ut nå stikker enden på klossen sammen med fjærene ut. Dette vil være et problem med tanke på muligheten for å sette seg fast i ting langs sjøbunnen og rett og slett fungere som et anker. Dette problemet løser midtre kapsel del 1. Denne kapselen er bygget opp med en slags "hette" av S165M som dekker til på utsiden av midtre kapsel del 2. Denne sørger da for at både fjærene og utstikkerne fra klossene ikke har noen kritisk plassering lenger.



Figur 2.11: Kapselen med stålcappe

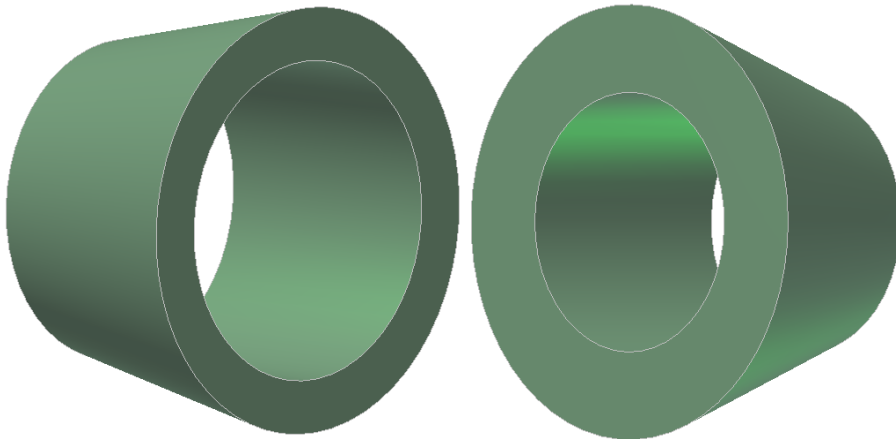
Man kan ikke ha kapselen 100 prosent tett på grunn av at ROVen må ha tilgang til strammemutteren. Gruppen har derfor valgt å ha en åpning i kappen der hvor mutteren er plassert. Vann vil her trenge inn, men det vil ikke ha noen innvirkning på kapselens bruk eller virkning.



Figur 2.12: Åpningen i kappen for ROV tilgang til mutteren

3.2.8. Oppdriftselement

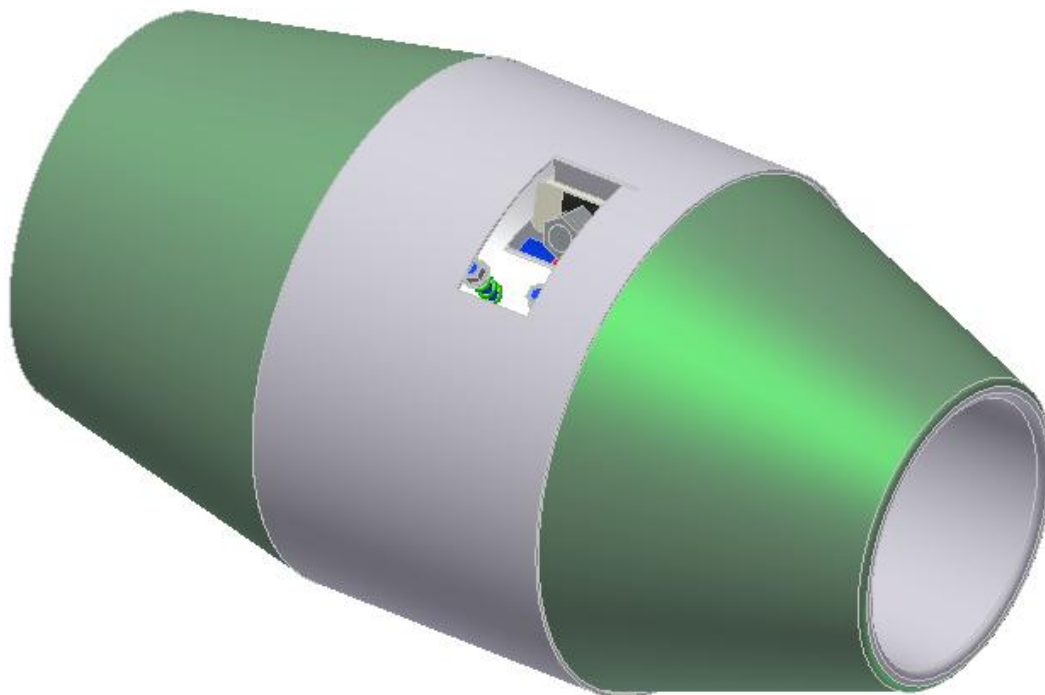
Foran og bak på kapselen er det plassert flyteelement av polyetylen. Disse gjør selve kapselen lettere når den kommer i vann. Disse er skråformet, noe som gir kapselen et bedre design samt at det vil føre til at kapselen glir bedre gjennom vannet, og får mindre sjanse for å henge seg opp i ting.



Figur 2.13: Bakre og fremre flyteelement

3.2.9. Komplette kapsel

Gruppen har nå presentert de forskjellige delene kapselen er bygget opp av. Når disse settes sammen gir det følgende resultat:



Figur 2.14: Ferdig kapsel

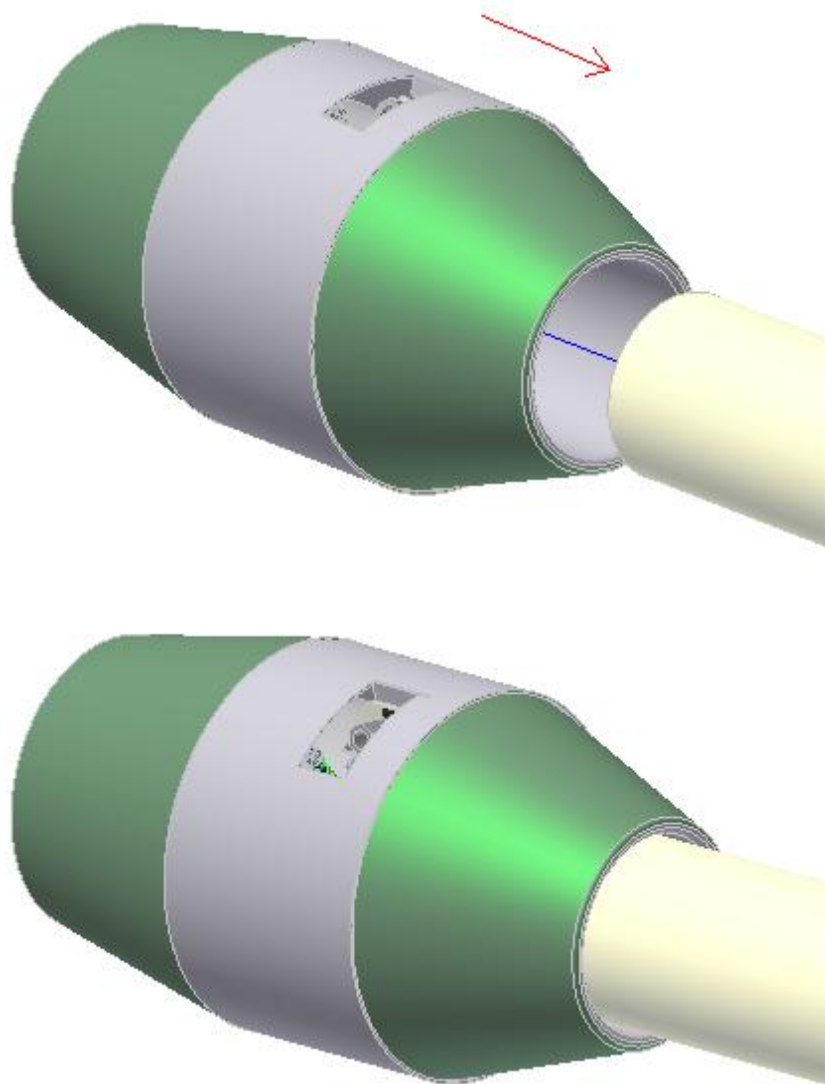
Kapselen er nå klar for å bli satt på umbilicalen.

3.3. Monteringsfasen

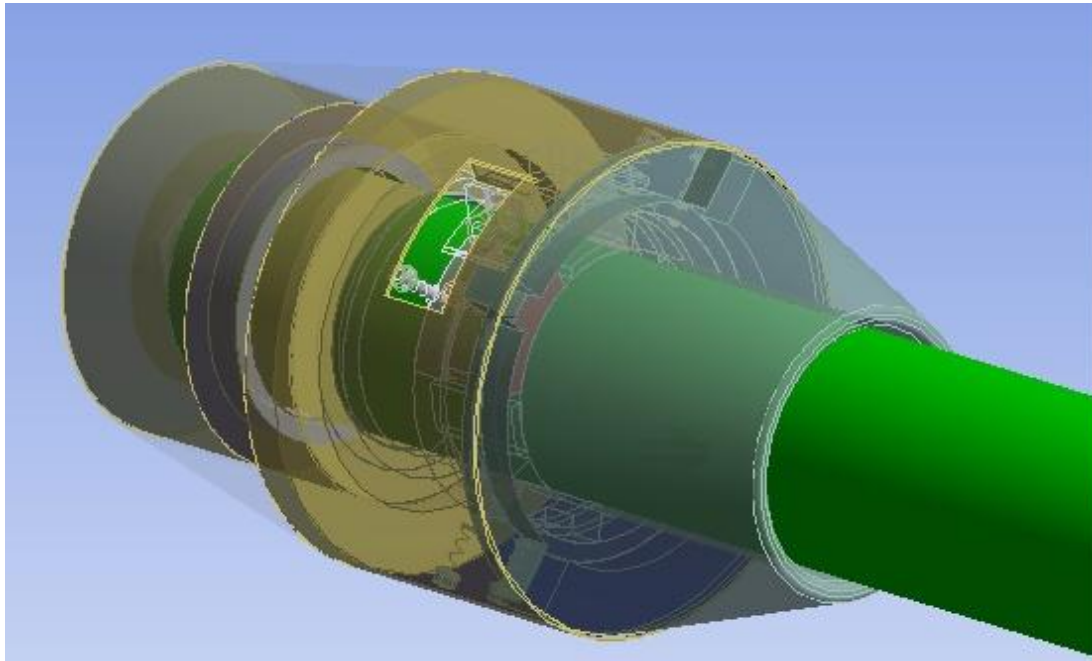
Kapselen blir ført på enden på umbilicalen. Umbilicalen har en ytre diameter som er 1-2 millimeter mindre enn innvendig diameter på kapselen, dette gjør at umbilicalen ikke bør ha noen problem med å klare å bli ført inn i kapselen. Men hvis dette skulle vise seg å bli vanskelig å få til, kan en bruke et påføringsverktøy i tillegg. (Gruppen har valgt å ikke legge noe vekt på et eventuelt påføringsverktøy i denne rapporten).

Selve monteringsfasen er forholdsvis enkel:

1. Først føres kapselen på umbilicalen



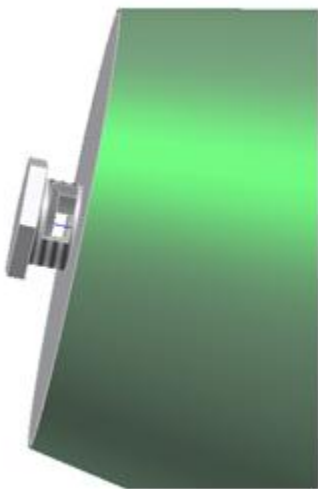
Figur 2.15: Kapselen som føres på umbilicalen



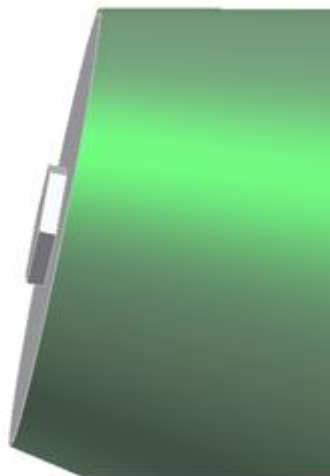
Figur 2.16: Viser hvordan umbilicalen ligger innvendig i kapselen

På figur 2.16 over, ser en hvordan umbilicalen blir seende ut når den er plassert innvendig i kapselen.

2. Mens kapselen føres på umbilicalen er endeskruen i åpen stilling slik at vann som ligger inne i umbilicalen blir presset ut her. Se figur 2.17. Etter at kapselen er plassert skrur ROVen igjen denne skruen.

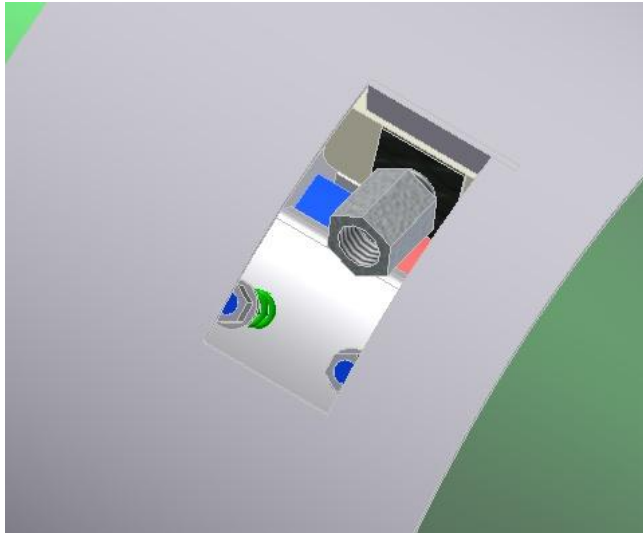


Figur 2.17: Endeskruen ute i åpen posisjon



Figur 2.18: Endeskruen innskrudd av ROV

3. Når dette er gjort må kapselen strammes på umbilicalen. Dette blir gjort av en ROV som skrur til strammeskruen utvendig oppe på kapselen. Når dette skjer blir båndet strammet og dette fører til at de fire klossene blir presset inn mot umbilicalen.



Figur 2.19: Strammeskruen som ROVen opererer for å stramme båndet og klossene for feste av kapsel

Kapselen er nå ferdig plassert og installert på enden av umbilicalen, noe som fører til at umbilicalen er klar for videre bearbeiding.

3.4. Materialvalg

Kapselen består av flere individuelle deler, disse delene består av forskjellige typer materialer. Et materiale som vil fungere bra i denne sammenhengen er et materiale som har gode korrosjonsbestandigheter i sjøvann, tåler store spenninger, og må være lett å designe. I tillegg er vekt og kostnad også en viktig faktor i valget. Ut fra dette har en kommet fram til at bruk av aluminium på hoveddelene i konstruksjonen ville vært et ok valg, men gruppen velger heller å bruke rustfritt stål av typen S165M, fordi dette er et mye sterkere materiale. Minuset med dette er at det er tyngre og også en del dyrere, men tatt i betraktning av at man trenger en forholdsvis liten mengde, velger man å gå for dette. På skruer og muttere velger man å bruke syrefast stål, og på gummipakningene bruker man polyetylen.

Grunnen til at gruppen valgte syrefast stål på skruer og muttere er at syrefast stål er et austenittisk stål som tåler større kjemiske påkjenninger enn vanlig rustfritt stål, og det er et vanlig materiale for skruer og muttere. Typen syrefast stål valget falt på er A4-80.

S165M:

| Mekaniske minimumsverdier | | | | |
|---------------------------|----------------|------------------|-----------------|------------------------|
| Tilstand | Strekfasthet | Min. Flytegrense | Forlengelse [%] | Tetthet |
| | 830 – 1030 MPa | 620 MPa | 15 | 7790 kg/m ³ |

A4-80:

| Gruppe | Type | Fasthetsklasse | Strekfasthet | Flytegrense | Bruddforlengelse | Tetthet |
|-----------|------|----------------|--------------|-------------|------------------|------------------------|
| Austenitt | A4 | 80 | 800 MPa | 600 MPa | 0,3 d | 8030 kg/m ³ |

Polyetylen har gruppen valgt på gummipakningene og som et dekningsstoff utvendig på den fremste og bakerste delen av kapselen. Totalvekten til kapselen vil også minke ettersom polyetylenet har oppdrift i vann. Polyetylen har en tetthet på 930 kg/m³. Noe mer teknisk data trengs ikke for polyetylenet siden man ikke trenger å regne på noe mer enn vekten til disse delene.

Strammebåndet består av to materialer, AISI 316L syrefast stål og A4-80. Det er selve båndet som består av AISI 316L, mens skruefeste oppe på båndet består av A4-80. Grunnen til dette valget er at AISI 316L er et materiale som har veldig gode deformasjonsegenskaper og korrosjonsegenskaper. AISI 316L har en tetthet på 8000 kg/m³. For mer info rundt egenskapene til materialet, se vedlegg D: "Materialegenskaper AISI 316L Stainless Steel".

Fjærene er av typen fjærstål SS 2331-06 som er et standard rustfritt stål som brukes for fjærer. Gruppen bruker standard trykkfjær av typen SF-GS fra Lesjöfors Stockholms Fjäder AB.

3.5. Masse og volum til kapselen:

For å finne ut nøyaktig masse til kapselen regnes vekten til hver enkelt komponent ut for seg. De fleste delene har geometri som gjør at det kan være problematisk å regne ut massen for hånd, derfor brukes Ansys til å utføre disse utregningene. Det eneste som trengs er å legge inn tettheten, deretter regner Ansys ut volumet og massen til komponenten.

| Delene som består av rustfritt stål av typen S165M: | Volum $[m^3]$ | Masse <i>kg</i> |
|--|---|--|
| Klammerdel 1 | 0,00019 | 1,477 |
| Klammerdel 2 | 0,00024 | 1,888 |
| Klammerdel 3, bakre del | 0,00022 | 1,676 |
| Belastningsskiven | 0,00000009 | 0,00067 |
| Delene som består av syrefast stål av typen A4-80: | | |
| Endeskruen | 0,00000421 | 0,03377 |
| Klossmutter | 0,0000000724 (er 8 stk) \Rightarrow 0,00000058 | 0,00057 (er 8 stk) \Rightarrow 0,00456 |
| Strammebolten | 0,00000154 | 0,01236 |
| Klosser (nede) | 0,00001143 (er 2 stk) \Rightarrow 0,000023 | 0,09177 (er 2 stk) \Rightarrow 0,18354 |
| Klosser (oppe) | 0,00001046 (er 2 stk) \Rightarrow 0,000021 | 0,08398 (er 2 stk) \Rightarrow 0,16795 |
| Skrue for fest båndet til klossene | 0,000000149 (er 2 stk) \Rightarrow 0,000000298 | 0,0012 (er 2 stk) \Rightarrow 0,0024 |
| Delene som består av polyetylen: | | |
| Innvendige gummipakning | 0,00002 (er 2 stk) \Rightarrow 0,00004 | 0,017 (er 2 stk) \Rightarrow 0,034 |
| Bakre oppdriftselement | 0,00026 | 0,239 |
| Fjærene består av fjærstål SS 2331-06: | | |
| Fjærene | 0,0000000414 (er 8 stk) \Rightarrow 0,00000031 | 0,00032 (er 8 stk) \Rightarrow 0,0026 |
| Deler som består av flere enn et materiale: | | |



| | | |
|---|-----------------------|--------------------|
| Fremre kapsel del (165M og Polyetylen) | 0,00017168 (S165M) | 1,3374 (S165M) |
| | 0,00033 (Polyetylen) | 0,309 (Polyetylen) |
| Strammebåndet (AISI 316L og A4-80) | 0,0000049 (AISI 316L) | 0,0392 (AISI 315L) |
| | 0,0000075 (A4-80) | 0,0622 (A4-80) |
| Samlet gir det oss denne informasjonen om vekt og volum: | | |
| Materiale: | Volum [m^3] | Masse <i>kg</i> |
| S165M | 0,00065 | 5,0417 |
| A4-80 | 0,000058 | 0,47 |
| AISI 316L | 0,0000049 | 0,0392 |
| Polyetylen | 0,00065 | 0,67 |
| SS 2331-06 | 0,00000031 | 0,0026 |
| <u>Totalmasse for hele kapselen blir på: 6,25 kg.</u> | | |
| <u>Totalvolum for hele kapselen blir på 0,00136 m³.</u> | | |



3.6. Styrkeberegninger og analyser

3.6.1. Vekt i vann

Denne massen en har regnet ut her, gjelder i luft. Når kapselen senkes ned i sjøen kommer det andre konsekvenser, og man vil her også få en oppdrift av kapselen.

Når kapselen er neddykket i vann vil den få oppdrift lik vekt av fortrengt væskevolum:

$O = \rho \cdot g \cdot V$, hvor ρ = vannets tetthet og V = neddykket volum. I dette tilfelle blir det:

$$\rho = 1,025 \text{ kg/m}^3 \text{ og } V = 0,00136 \text{ m}^3$$

$$O = 1,025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,00136 \text{ m}^3 = 0,0137 \text{ N}$$

Kapselen har en vekt i luft på: $W_{\text{luft}} = m \cdot g = 6,25 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 61,3 \text{ N}$

Kapselens vekt neddykket i sjøen, er differansen mellom vekten i luft og oppdriften, men her må også vekten til polyetylenet trekkes fra siden dette i utgangspunktet flyter.

$$W_{\text{vann}} = W_{\text{luft}} - O - W_{\text{polyetylen}} = 61,3 \text{ N} - 0,0137 \text{ N} - (0,67 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2) = 54,71 \text{ N}$$

Vekten til kapselen neddykket i vann vil da være 54,71 N.

3.6.2. Hydrodynamisk masse

Siden kapselen er neddykket kreves det mye større kraft for å akselerere lasten enn det som kreves i luft. Dette fordi en del vann rundt kapselen også må akselereres for fortsatt å være i kontakt med kapselen.

Kraften som trengs for å akselerere kapselen i vann blir: $F = m_a \cdot a$, hvor m_a er den hydrodynamiske massen. Den hydrodynamiske massen er avhengig av geometrien til kapselen, og kapselen er noenlunde formet som en sylinder. Derfor tar man utgangspunkt i geometrien for en sylinder for å finne den hydrodynamiske massen til kapselen:

$$m_a = \rho \pi \frac{d^2}{4} L = 1,025 \text{ kg/m}^3 \cdot \pi \cdot \frac{0,136 \text{ m}^2}{4} \cdot 0,24686 \text{ m} = 0,00368 \text{ kg}$$

Total dynamisk masse vil være tilnærmet: $0,00368 \text{ kg} + 6,25 \text{ kg} = 6,2537 \text{ kg}$.

Når en har den totale dynamiske massen kan man finne ut hvor stor kraft som skal til for å gi kapselen en akselerasjon på $0,5 \text{ m/s}^2$. Denne akselerasjonen er et ca tall som gruppen har fått oppgitt av DeepOcean og det gjelder inntrekking av umbilicals. Kraften som skal til er:

$$F = M \cdot a = 6,2537 \text{ kg} \cdot 0,5 \text{ m/s}^2 = 3,127 \text{ N}.$$

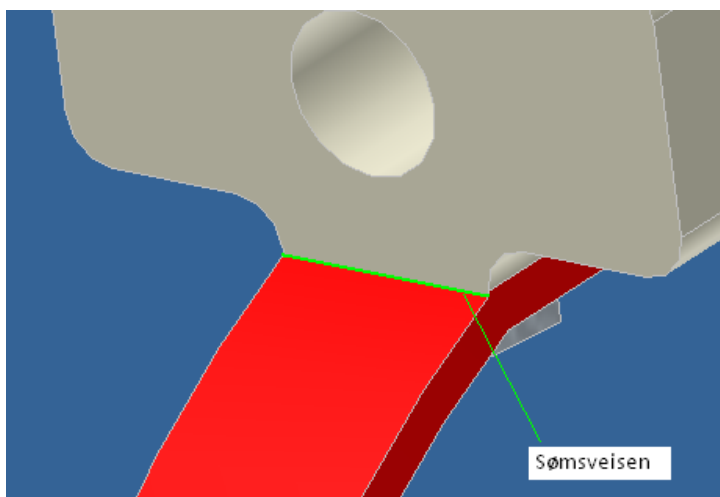
Det er her viktig å presisere at denne kraften er en tilleggskraft. Den kommer i tillegg til selve kraften som trengs for å dra opp umbilicalen. Kraften som trengs for å dra opp umbilicalen er avhengig av dimensjon, oppbygging og lengde av umbilicalen, og dette er noe gruppen ikke kommer innpå i denne rapporten. Denne tilleggskraften er også den som trengs for å trekke kapselen i sjøen, og ikke langs sjøbunnen. Når kapselen ligger på sjøbunnen vil en få en friksjon mellom bunnen og kapselen og umbilicalen i tillegg.

3.6.3. Utsatt område på strammebåndet

Der hvor båndet blir strammet er det festet på 2 klosser som strammebolten går gjennom. I utgangspunktet var dette et ledd som skulle sveises, og sveisen alene skulle være sterk nok til å holde kreftene. Det skulle i midlertidig vise seg at en ren sveiseløsning ikke ville holde her. I følge Norsk Standard NS 470 og NS 3472, er det regler om hvor store de enkelte sveiseområdene må være for å bli godkjent. For en sveis i vårt tilfelle ville a-målet blitt 3 mm., og lengde av sveisen på bare 10 mm. I følge reglene må sveisen være minst 40 mm. lang, så dette lar seg ikke gjøre i vårt tilfelle. Gruppen har derfor sett på alternative metoder for å feste disse klossene og kommet fram til en kombinert metode:

- Bolt fra undersiden
- Lim mellom flatene
- Sømsveising på ene langsiden

Poenget med denne kombinasjonen er at de forskjellige delene vil være med å styrke hverandre, noe som vil føre til at de holder bedre. Det er også veldig vanskelig å dokumentere kapasiteten ved sømsveising, derfor er dette noe som bør prøves ut på en eventuell prototype senere. (se figur 2 for hvor sømsveisen vil være)



Figur 2.20: sømsveisen.

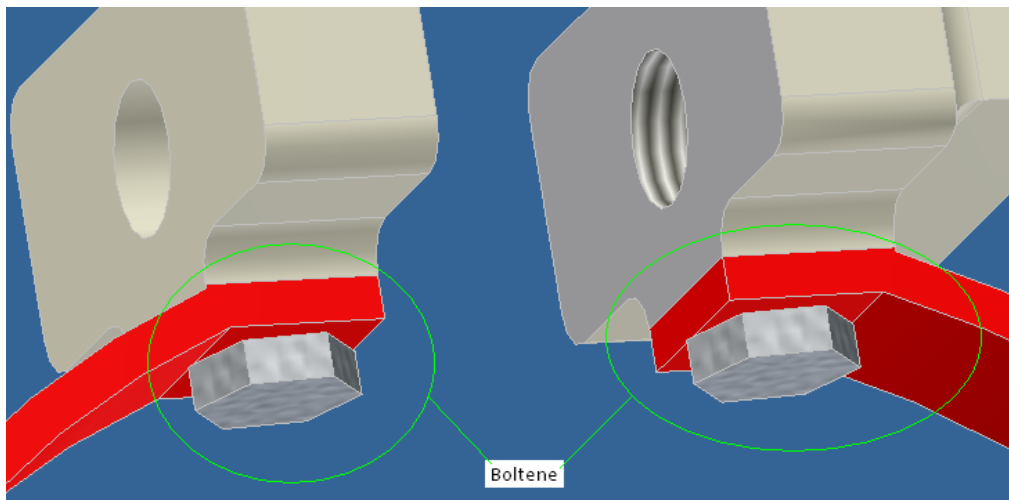
Limet og sømsveisingen vil være med på å sørge for jevnt fordelte krefter utover kontaktarealet mellom båndet og klossene, mens bolten vil ta imot de største kreftene og sørge for at festet ikke

kollapser. Kombinasjonen av lim og sveising kalles "weldbonding" og fører til at både styrken og utmattingsfastheten øker betraktelig.

3.6.3.1. Limet

Limtypen som kan brukes her er en type herdelim. Valget falt på en tokomponents polyuretanlim (PUR-lim). Denne har bra skrellestyrke, og er lett å "skreddersy" for bestemte materialer, den har derfor til en viss grad fortrengt epoksyylimene på markedet. Fuktherdende PUR-lim esesr litt under herdingen, noe som fører til at limet trenger inn i porøse deler av arbeidsstykket, fyller ujevnheter og forhindrer luftlommer mellom lim og grunnmaterialet.

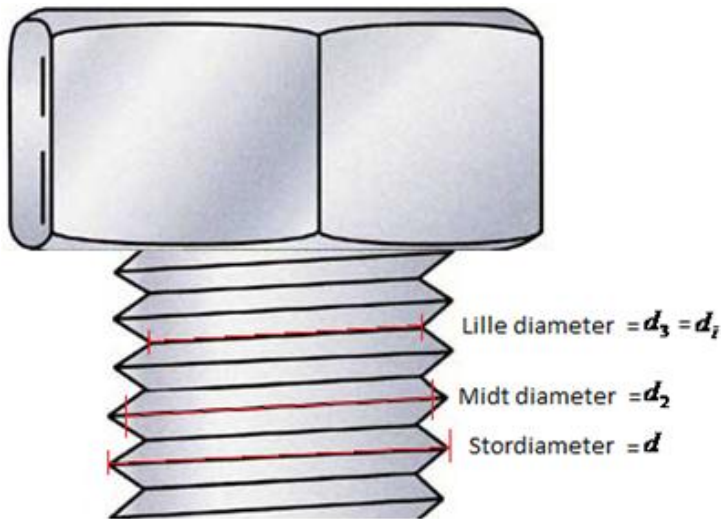
Å beregne kraften limet klarer å holde er veldig avansert med manuelle beregninger. Kraften som skal til for å rive materialene fra hverandre blir normalt beregnet ut i fra en strekkprøvemaskin, og dette har gruppen ikke mulighet for å teste ut i dette tilfelle. Ved en eventuell prototype bør dette testes, og det kan da også være en fordel å prøve ut forskjellige limtyper for å komme fram til det limet med beste mulige krefter og egenskaper i henhold til våre krav og bruksområde.



Figur 7.21: Festeboltene mellom båndet og klossene.

3.6.3.2. Skrueforbindelsen – dimensjonering av skruen

Gruppen velger fasthetsklasse 8.8 for boltene. Disse er sammen med klasse 4.6 de som er mest brukt, og valget falt da på 8.8 på grunn av de mekaniske egenskapene til skruer i denne klassen.



Figur 2.23: Prinsipp tegning av en skrue med de forskjellige diamettermålene.

Strek som boltene blir utsatt for er:

Kraften som skruene blir utsatt for er 1000N. Denne kraften er bestemt ved hjelp av Ansys.

$$\sigma_d = \frac{F_a}{A_i} \quad \text{hvor } A_i = \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 3,45\text{mm}^2}{4} = 9,35\text{mm}^2$$

$$\sigma_d = \frac{1000\text{N}}{9,35\text{mm}^2} = 106,95\text{MPa}$$

Det viser seg at denne spenningen avviker litt fra det virkelige resultatet. Dette fordi F_B skulle være likt $\sigma_B \cdot A_i$ ved belastning til brudd, men det viser seg at F_B er mellom 5 % og 25 % større. Derfor regnes spenningen ut fra et spenningsareal A_s .

Formelen for $A_s = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2$, hvor d_2 er midtdiameter for skruengjengen, og d_3 er lillediameter for skruengjengen (som er lik d_i).

$$A_s = \frac{\pi}{4} \left(\frac{3,95\text{mm} + 3,45\text{mm}}{2} \right)^2 = 10,75\text{mm}^2$$

$$\text{Dette gir at spenningen blir: } \sigma_d = \frac{F_a}{A_s} = \frac{1000\text{N}}{10,75\text{mm}^2} = \underline{93,02\text{MPa}}$$

**Kombinert strekk og vridning:**

$$\tau_v = \frac{M_v}{\frac{\pi \cdot d_1^3}{16}}, \text{ hvor } M_v = F \cdot r_m \cdot \tan \varepsilon_1 + \varphi$$

μ er friksjonskoeffisienten i gjengene, og gruppen velger å ha den på 0,30. (Det er oppgitt at μ er mellom 0,18 og 0,35 for tørre flater, gruppen velger derfor å ha den i øvre del av sjiktet, for det vil i vårt tilfelle være en fordel med høy friksjon.)

Vinkelen α er på 30°

$$\tan \varepsilon = \frac{\mu}{\cos \alpha} = \frac{0,30}{\cos 30} = 0,346 \Rightarrow \varepsilon = 19,09^\circ$$

**Bruker informasjon fra M4 sekskantskrue i forbindelse med skruens mekanikk. Verdiene for stigningen P er da på 0,7.*

$$\tan \varphi = \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \frac{0,70}{\pi \cdot 3,95} = 0,0564 \Rightarrow \varphi = 3,23^\circ$$

r_m = gjengens middelradius

$$r_m = \frac{3,95 \text{ mm}}{2} = 1,975 \text{ mm}$$

$$M_v = F \cdot r_m \cdot \tan \varepsilon_1 + \varphi = 1000 \text{ N} \cdot 0,001975 \text{ m} \cdot \tan 19,09 + 3,23 = 0,811 \text{ Nm}$$

Finner nå ut hvor store påkjenninger skruen tillater:

$$\sigma_{jf} = \sigma_{ill} = \sqrt{\sigma_d^2 + 3 \left(\frac{M_v}{\frac{\pi \cdot d_i^3}{16}} \right)^2} = \sqrt{93,02 \text{ MPa}^2 + 3 \left(\frac{0,811 \text{ Nm}}{\frac{\pi \cdot 3,45 \text{ mm}^3}{16}} \right)^2} = \underline{93 \text{ MPa}}$$

Spenningen som skruen blir utsatt for er da på 93Mpa.

Materialet i disse boltene er det samme som for resten av skruene og mutterne i konstruksjonen, nemlig A4-80. For disse skruene har man en tillatt spenning på 93MPa. Flytegrensen til materialet er på 600MPa. Sikkerhetsfaktoren mot varig deformasjon blir da:

$$n = \frac{\sigma_F}{\sigma_{jf}} = \frac{600 \text{ MPa}}{93 \text{ MPa}} = 6,45$$

Som en ser er denne sikkerhetsfaktoren veldig høy, og disse skruene vil derfor helt klart være solide nok for konstruksjonen.

Bøyespennning for skruene:

Kreftene som skruene blir utsatt for er 90 grader på skruen, gruppen kan derfor regne ut en tilpasset verdi for bøyespenningen skruene blir utsatt for. Dette vil ikke bli helt nøyaktig, ettersom skruene er fast opplagret innvendig i klossene og klossen vil her hjelpe til å ta opp en del av bøyekreftene. (se figur 2.25)

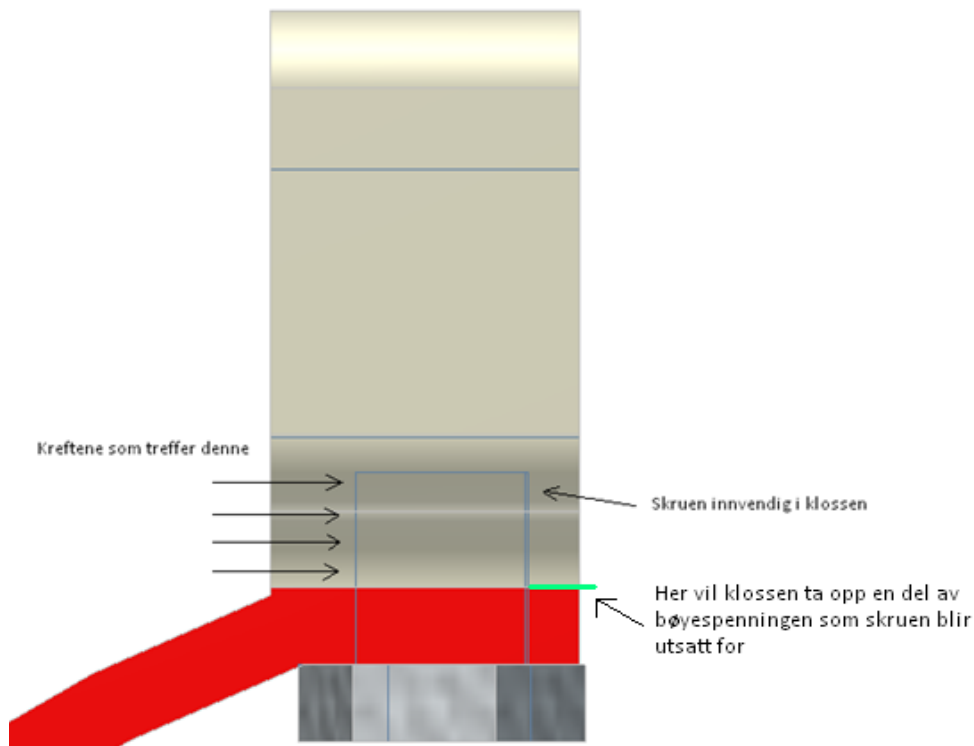
$$M_b = \frac{qL}{2} = \frac{1000N \cdot 3mm}{2} = 1500Nmm$$

$$W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 4,45mm^3}{32} = 8,65mm^3$$

Ved hjelp av bøyemomentet M_b og motstandsmomentet W kan gruppen finne bøyespenningen:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W} = \frac{1500Nmm}{8,65mm^3} = \underline{173,4MPa}$$

En ser også her at bøyespenningen er langt under flytegrensen til materialet, så dette ser også bra ut, men det er viktig å presisere at disse utregningene ikke vil være 100 prosent korrekte. Dette fordi kreftene vil være fordelt over hele kontaktflaten til belastningsskiven. Limet og sømsveisen vil også ta imot for krefter. Strammebolten vil sørge for at bøyemomentet ikke vil bli like stort som utregningene viser ettersom denne bolten er fastspent i begge klossene.

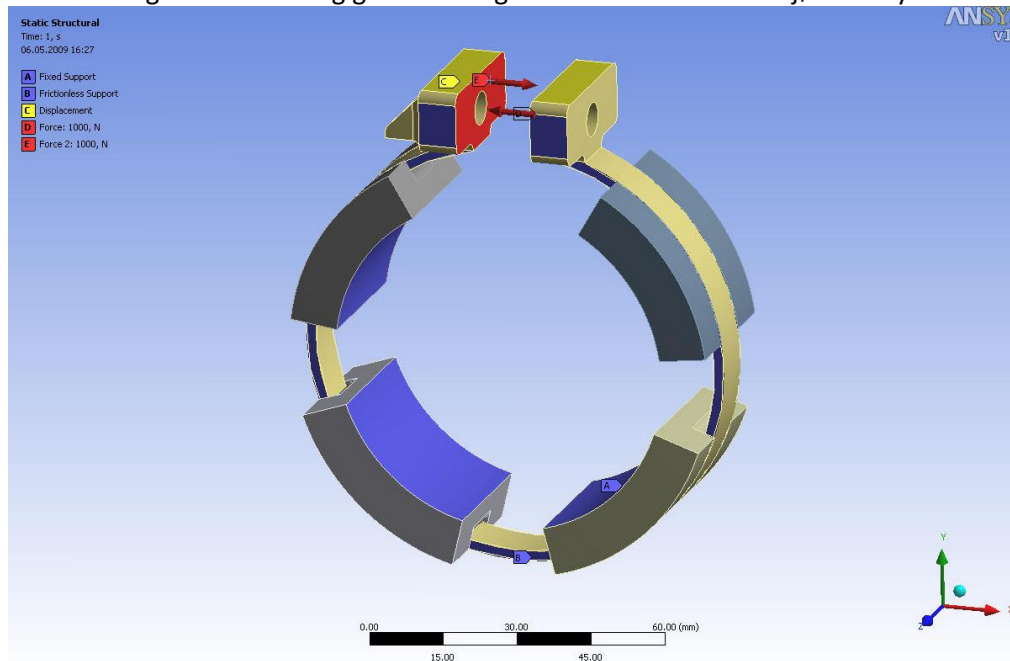


Figur 2.24: Skruen innvendig i klossen og hvordan kreftene virker på den

3.6.4. Analyse ved bruk av Ansys Workbench

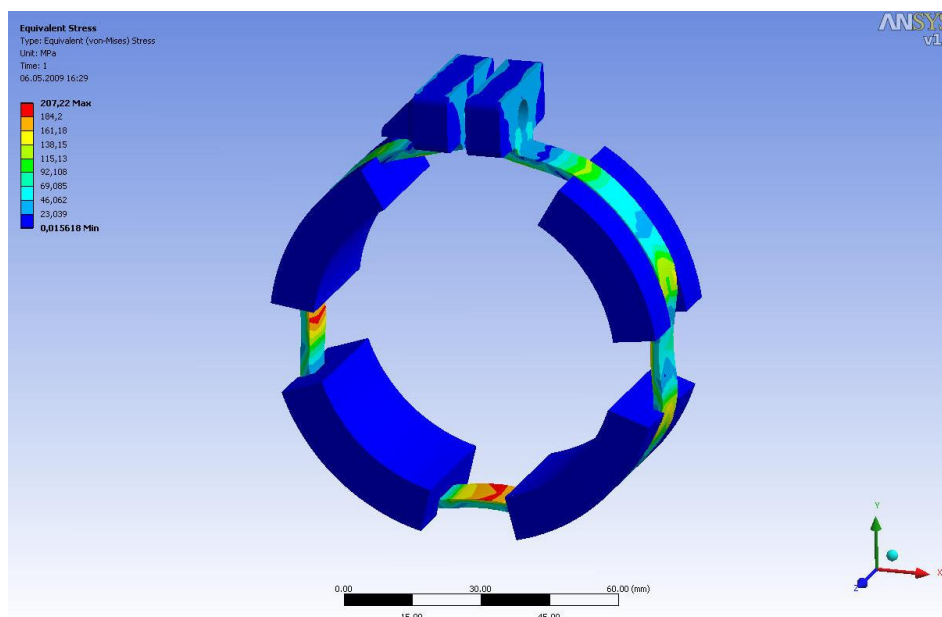
Gruppen har valgt å bruke Ansys Workbench til å kjøre en analyse av strammebåndet i konstruksjonen. Med en slik analyse vil man komme frem til hvor mye båndet tåler, hvilken kraft man kan stramme med og hvor stor kraft klossene klemmer med.

Viser her hvordan og hvilke laster og grensebetingelser som brukes for å kjøre analysen.



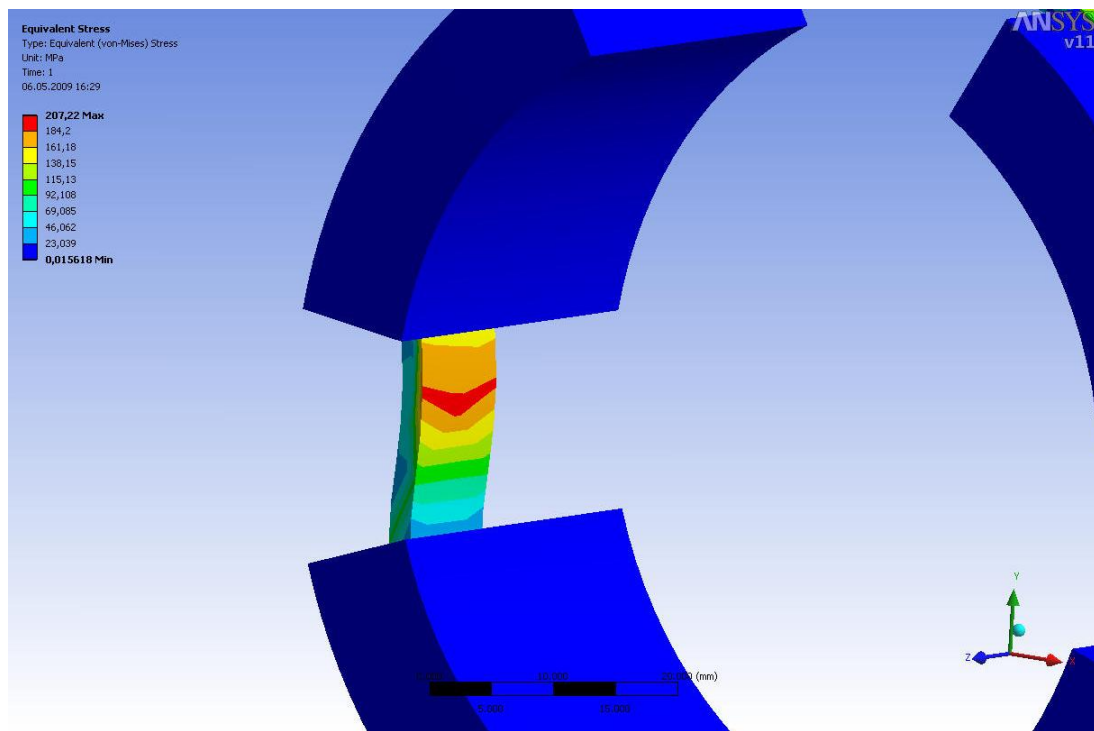
Figur 2.25: laster og grensebetingelser som brukes for å kjøre analysen

Med en kraft på 1000N kom gruppen frem til en jevnføringsspenning lik 207,22MPa.



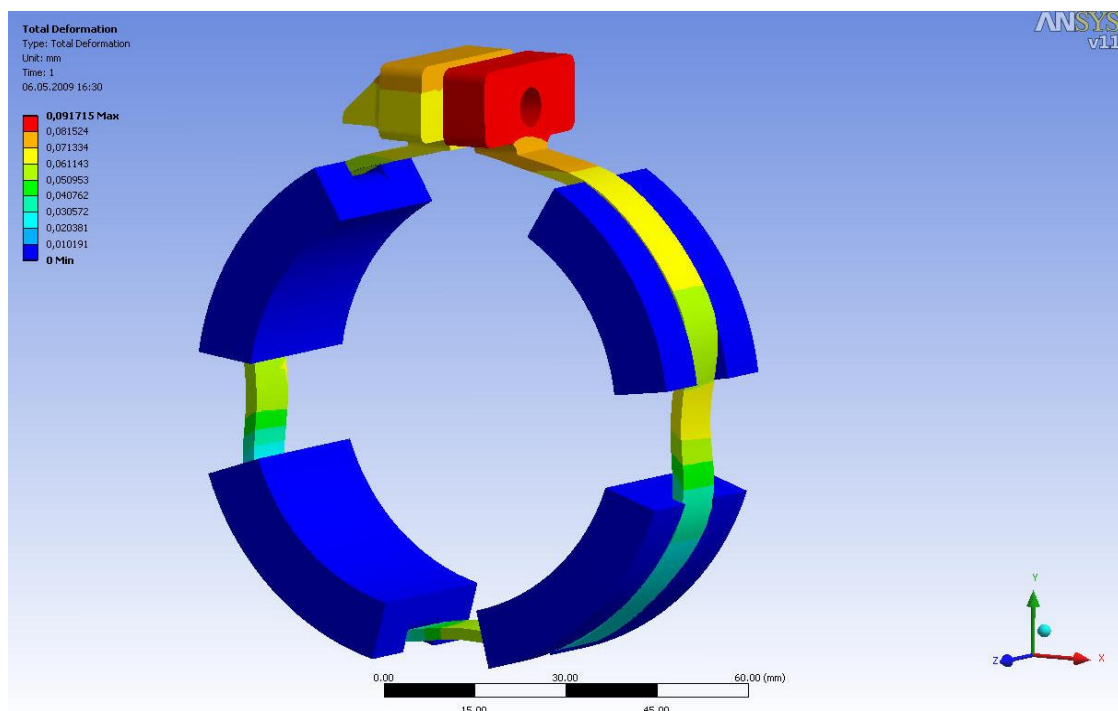
Figur 2.26: jevnføringsspenningen

Her vises det kritiske området nærmere:



Figur 2.27: Oppskalert bilde av kritisk område

Til slutt vises deformasjoner:



Figur 2.28: Deformasjonene båndet blir utsatt for

Kraften klossene klemmer med ble funnet ved å legge inn en "Force Reaction". "Boundary condition" ble valgt til å være den lasten som er definert som "fixed support"(se fig.2.25).

TABLE 13
Model > Static Structural > Solution > Probes

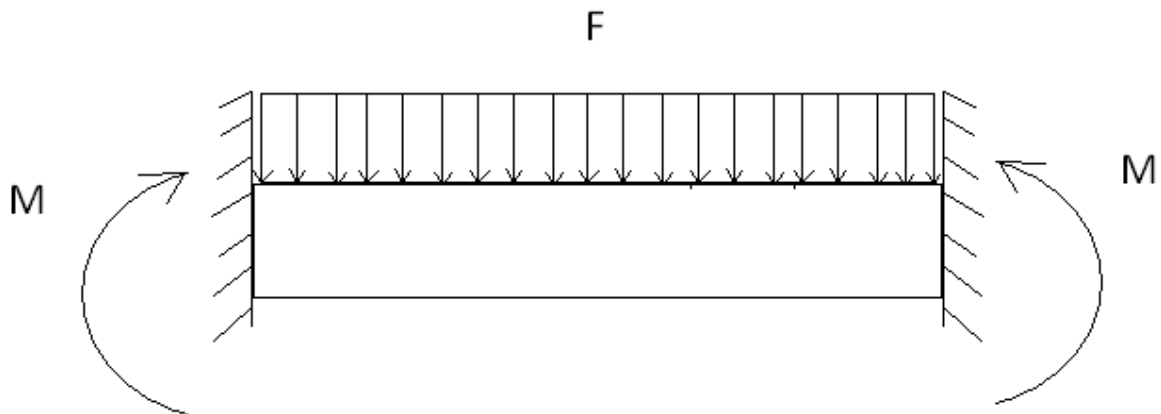
| | |
|--------------------------------|-----------------------|
| Object Name | <i>Force Reaction</i> |
| State | Solved |
| Definition | |
| Type | Force Reaction |
| Location Method | Boundary Condition |
| Boundary Condition | Fixed Support |
| Options | |
| Result Selection | All |
| Display | All Time Points |
| Maximum Value Over Time | |
| X Axis | -6,5179e-006 N |
| Y Axis | -770,41 N |
| Z Axis | -38,055 N |
| Total | 771,35 N |
| Minimum Value Over Time | |
| X Axis | -6,5179e-006 N |
| Y Axis | -770,41 N |
| Z Axis | -38,055 N |
| Total | 771,35 N |

Tabell 1: Oversikt over kreftene som fra klossene og innover

Fra hver kloss virker det en kraft på 771,35N og til sammen utgjør klossene en kraft på 3085,4N. Denne kraften virker normalt fra klossene inn på umbilicalen.

3.6.5. Manuell utregning av jevnføringsstressing.

Gruppen velger å se på situasjonen som at den tilsvarer en bjelke som er fast opplagret på begge sider med en jevnt fordelt kraft over hele bjelken. Bjelken vil da tilsvare en lengde av båndet mellom to klosser.



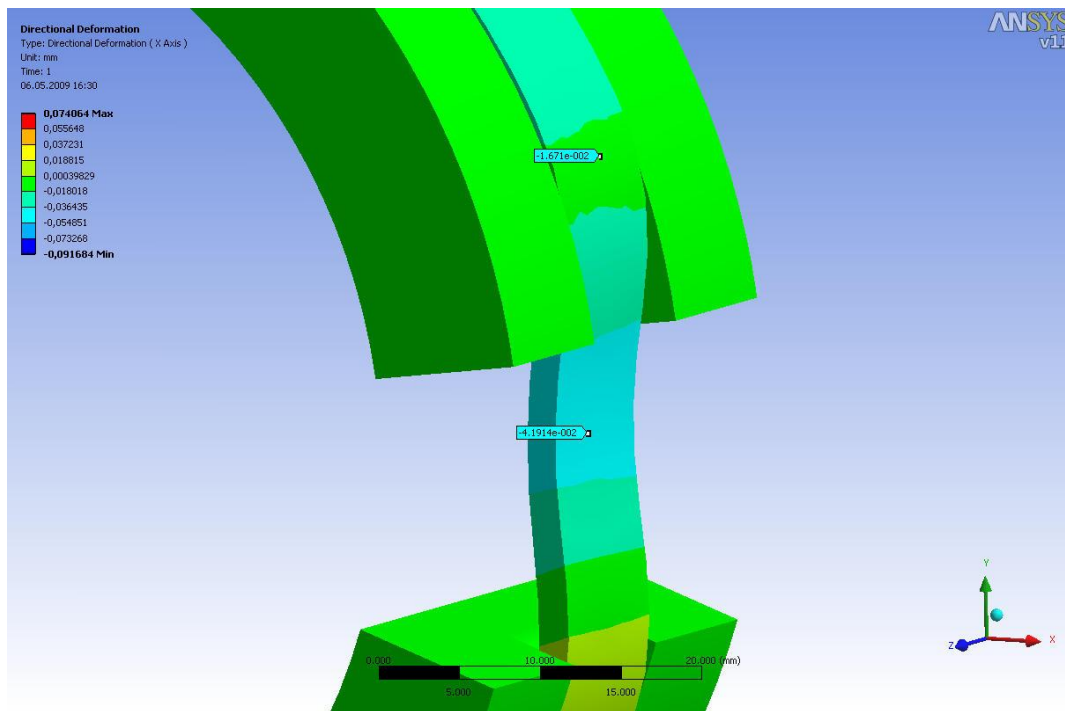
Figur 2.29: Kraft fordeling

Gruppen bruker formelen for maksimal nedbøyning for en slik situasjon.

$$\delta_{maks} = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

Fra Ansys finner gruppen frem til nedbøyningen i båndet $\delta_{maks} = 0,025mm$. Gruppen antar at dette blir differansen mellom nedbøyningen i opplagringen og nedbøyningen i felt.

$$\delta_{maks} = -1,671 \cdot 10^{-2} - -4,1914 \cdot 10^{-2} = \underline{0,025}$$



Figur 2.30: Maks nedbøyning i båndet

Formelen blir snudd slik at man kan regne ut den jevnt fordelte kraften.

$$q = \frac{\delta_{maks} \cdot 384 \cdot E \cdot I}{l^4}$$

Elastisitetsmodulen er definert ifølge Vedlegg D: "Materialegenskaper AISI 316L. Stainless Steel" til å være 193GPa og lengden er 25mm. For å gjøre utregningen mangler da bare treghetsmomentet. Det regner man ut med bredden og høyden når det er en rektangelformet flate.

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 10\text{mm} \cdot 4\text{mm}^3 = \underline{53,33\text{mm}^4}$$

Da har man alt man trenger for å regne ut den jevnt fordelte kraften som virker på båndet eller bjelken.

$$q = \frac{0,025\text{mm} \cdot 384 \cdot E \cdot I}{25\text{mm}^4} = \frac{0,025\text{mm} \cdot 384 \cdot 193 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2 \cdot 53,33\text{mm}^4}{25\text{mm}^4} = \underline{252,95 \text{ N/mm}}$$

Deretter kan man regne ut bøyemomentet etter formel fra samme situasjon som ovenfor.

$$M = \frac{q \cdot l^2}{24} = \frac{252,95 \text{ N/mm} \cdot 25\text{mm}^2}{24} = \underline{6587 \text{ Nmm}}$$

Når man har bøyemomentet kan man finne bøyespenningen ved å dele på motstandsmomentet for et rektangel med høyde og bredde.

$$\sigma_b = \frac{M}{W} = \frac{M}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot t^2} = \frac{6587 \text{ Nmm}}{\frac{1}{6} \cdot 10 \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm}^2} = \underline{247 \text{ N/mm}^2}$$

For å finne jevnføringsspenningen må det tas hensyn til alle spenninger som virker. I gruppens situasjon har man også en strekkspenning i tillegg til bøyespenningen.

$$\sigma_N = \frac{F}{A} = \frac{1000 \text{ N}}{10 \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm}} = 25 \text{ N/mm}^2 = \underline{25 \text{ MPa}}$$

Siden situasjonen er slik at spenningene virker i samme retning kan man summere spenningene for å finne jevnføringsspenningen. Gruppen har valgt å negligere skjærspenningskomponenten i utregningen.

$$\sigma_{\text{tot}} = \sigma_b + \sigma_N = 247 \text{ MPa} + 25 \text{ MPa} = \underline{272 \text{ MPa}}$$

Jevnføringsspenningen fra Ansys var 207,22MPa, mens den gruppen har funnet ved manuell utregning er 272MPa. Den er i nærheten, men altså litt høyere. Når gruppen har utført den manuelle utregningen har man benyttet seg av tradisjonell bjelketeori. Det vil med det være innebygd en del usikkerhet både i forhold til aktuell spennvidde og opplagerbetingelser. Det blir ikke tatt hensyn til radien i klossene og dette med radiell forskyvning i kontaktflaten mellom klossene og båndet. Formlene er hentet fra en tilnærmet lik situasjon. Alt under ett vil gruppen se på den manuelle utregningen som en grov tilnærming til virkeligheten der man kan vente seg forholdsvis store avvik.



3.6.6. Sikkerhetsfaktorer

I analysen påføres en strammekraft på 1000N på hver side. Den har gitt jevnføringsspenningene ovenfor. Gruppen regner ut hvilken sikkerhetsfaktor denne kraften medfører.

Gruppen har tidligere sagt at det anbefales at båndet lages av materialet AISI 316L med en flytegrense på 235MPa.

Jevnføringsspenningen gruppen kom frem til med Ansys analysen gir følgende sikkerhetsfaktor:

$$n = \frac{\sigma_{FØ}}{\sigma_{jv}} = \frac{235\text{MPa}}{207,22\text{MPa}} = \underline{1,13}$$

Jevnføringsspenningen gruppen kom frem til med den manuelle utregningen gir følgende sikkerhetsfaktor:

$$n = \frac{235\text{MPa}}{272\text{MPa}} = \underline{0,86}$$

Etter "NS 3472 3.utgave september 2001 Prosjektering av stålkonstruksjoner" bør en sikkerhetsfaktor ligge rundt 1,25. Skal vi ha en slik sikkerhetsfaktor kan man tillate seg følgende jevnføringsspenning:

$$\sigma_{jf} = \frac{\sigma_{FØ}}{n} = \frac{235\text{MPa}}{1,25} = \underline{188\text{MPa}}$$

Gruppen regner med at analysen i Ansys er den som er mest nøyaktig og pålitelig. Kraften man kan påføre vil da være i underkant av 1000N.

3.6.7. Friksjonskraften klossene holder fast umbilicalen med

Friksjonskoeffisienten mellom stål og polyetylen er 0,2 (Ref. www.engineeringtoolbox.com). Den er oppgitt for en glatt flate uten tenner, mens gruppens konstruksjon har tenner på klossene. Disse tennene vil gjøre at friksjonskoeffisienten blir større. I tillegg vil også klossene klemmes et stykke inn i umbilicalen. Ifølge gruppens veileder Jostein Førland i DeepOcean kan man på grunn av dette regne med en friksjonskoeffisient på 0,5. Friksjonskraften som holder kapselen på plass vil da være:

$$F_{kloss} = \mu \cdot N = 0,5 \cdot 771\text{N} = \underline{385,5\text{N}}$$
$$F_{tot} = 4 \cdot 385,5\text{N} = \underline{1542\text{N}}$$



3.7. Kort om økonomi

Estimering av hva denne kapselen vil koste, er veldig vanskelig å komme fram til på nåværende tidspunkt. Det er bare et fåtall av delene som er standarddeler. Disse er i hovedsak mutterne, skruene og fjærene på konstruksjonen. Resten av delene må spesialbestilles fra materialleverandører, og hvilken pris disse vil ende på har gruppen ikke hatt mulighet for å gå innpå. Men det skal sies at delene ikke er særlig avanserte, så slik gruppen ser det vil ikke fremstillingen by på store problemer.

Hele kapselen er også en veldig liten konstruksjon, derfor trenger man ikke store mengder av noe materiale. Ut fra dette mener gruppen at denne løsningen vil være forholdsvis billig å konstruere, men noen eksakt pris vil man ikke utdype i denne omgang.



3.8. Sammendrag og diskusjon av valgt metode

For å gjennomføre operasjonen med metoden gruppen har kommet frem til trengs det to ROVer. Dette fordi en må kutte umbilicalen, og når dette er gjort står neste klar til å føre kapselen på. Det trengs altså bare en ROV for å feste selve kapselen. Dette er også et viktig punkt i forhold til kostnader ved ROV bruk. Kapselen er forholdsvis liten og lett også, så det vil ikke være noe problem for en ROV å håndtere den.

Gruppens metode består av en del prinsipper som er beskrevet tidligere i rapporten. De pigg-baserte gummipakningene og bevegelige tenner på klossene, er begge deler prinsipper som kommer fra pluggen gruppen har jobbet med. Gruppens store utfordring ble å lage en løsning som strammet fra utsiden og innover istedenfor fra innsiden og utover. Designet gruppen kommer opp med bygger mye på informasjon tilegnet i løpet av arbeidet med hovedprosjektet.

Det opplevdes problematisk å kjøre analyse av konstruksjonen. Modellen gruppen ønsket å analysere måtte forenkles en del før den kunne kjøres i Ansys Workbench. Det var også uvisst hvordan man skulle definere laster og grensebetingelser for å komme ut med et riktig svar. Gruppen prøvde først med en vinkling som gikk litt motsatt av prinsippet. Klossene ble trykket ut, mens båndet ble holdt igjen. Denne vinklingen gav ikke tilfredsstillende resultat, men førte til at gruppen prøvde den metoden som er presentert ovenfor.

Ut i fra analyse synes gruppen at kreftene ble litt i minste laget. For at konstruksjonen skal gi større krefter vil gruppen anbefale en overgang til et mer høyfast stål på båndet. Duplex og SuperDuplex kan være gode alternativer ettersom disse materialene har fastheter 2-3 ganger større enn AISI 316L. Gruppen ser også at buelengden på klossene kunne vært noe lengre. Da ville mellomrommet mellom klossene og dermed også bøyemomentet og bøyepeningene på båndet blitt mindre. Designet kunne også vært mer hensiktsmessig. Gruppen tenker først og fremst på strammeordningen i konstruksjonen. At fjærene stikker opp slik de gjør er ikke optimalt med tanke på at en del av kapselens formål er å skape minst mulig motstand når den blir slept langs havbunnen. Gruppen har løst dette med et lokk. Andre strammeordninger kan også vurderes dersom metoden skal videreutvikles.

Et annet minus med metoden er at umbilicalen blir kuttet før kapselen blir satt på. Uansett om det blir sagt at umbilicalen er rengjort før operasjonen starter, vil en aldri kunne være hundre prosent sikker. Er en uheldig kan en risikere at det vil ligge oljerester innvendig som kan lekke ut i sjøen under kuttingen. Dette vil hverken være heldig for selskapet som utfører jobben eller med hensyn til miljøet.

Men når dette er sagt er sjansen for at lekkasjer vil skje veldig liten, derfor vurderer gruppen metoden som bra. Positive sider med metoden er at den ikke har noen dybdebegrensninger, det eneste som begrenser dybden er ROVene sine dybdebegrensninger. Å feste kapselen på umbilicalen blir sett på som en forholdsvis enkel jobb, som ikke bør ta så veldig lang tid.



3.9. Konklusjon

Metoden vi har kommet frem til har bakgrunn i forhåndsarbeidet vi gjorde. Det virker som bedrifter i samme bransje som DeepOcean ikke har vært så mye bort i dette. Det blir sagt at en slik tettemetode ikke er nødvendig siden umbilicals som regel kan tømmes og skylles før videre arbeid. I noen tilfeller, som for Kittiwake Loading Bouy, var ikke dette mulig. Vi antar at det finnes en del slike tilfeller siden vi har fått en slik oppgave. Vi mener at det ikke kan være hensiktsmessig med en dyr og omfattende metode, lignende stoppling for rør, for å gjennomføre en slik operasjon. Blant annet fordi markedet er begrenset. Dette er tatt hensyn til ved utvikling av metoden vår.

Utrekninger og formler som er gjort i forbindelse med konstruksjoner kan være gode hjelpemidler og retningslinjer til å utvikle forskjellige design. Vår anvendelse av slik informasjon har derimot vært en stor utfordring fordi i dette tilfellet var det en spesiell utfordring å tilpasse formler vi kunne bruke til designet. På dette området føler vi at vi har lært mye, og vi har brukt dette til å lage et originalt design. Fordi designet og metoden vår er såpass original var det vanskelig å finne utregninger som var gjort fra før. Vi måtte prøve å feile en del, men i samarbeid med gode veiledere og Ansys Workbench synes vi at vi har klart å komme frem til en god tilnærming med manuelle beregninger.

Metoden vi har utarbeidet for umbilicals, virker i utgangspunktet som en metode som vil kunne fungere i praksis. Den inneholder fortsatt en del områder som bør sees nærmere på. Slik vi ser det, er dette konseptet fremdeles i planleggingsfasen. En idé for videre utvikling vil være å lage en prototype for testing for deretter å se etter ting som kan/bør forandres/optimaliseres.



Figurliste:

Innledning

Figur 1: DeepOcean - Utførelse av operasjonen. Side 13

Figur 8: OSPAR konvensjonens inndeling av havområder i regioner. Side 15

Del 1: Hva finnes på markedet i dag?

Figur 1.1: Forskjellige typer en fleksibel riser kan festes på. Side 19

Figur 1.2: Oppbygging av riser – lag for lag. Side 20

Figur 1.3: Oceaneering - Skjærende diamantkjede. Side 24

Figur 1.4: IndustriKonsult - Skisse av kammeret uten isolasjon. Side 26

Figur 1.5: Prinsipptegning av operasjonen. Side 27

Figur 1.6: IndustriKonsult - Røret med klammen og ventilen plassert oppå. Side 28

Figur 1.7: IndustriKonsult - Klammene står på røret og en ser her den ene oppblåsbare pluggen på plass og den andre føres ned gjennom ventilen. Side 29

Figur 1.8: IndustriKonsult - Bend tapping med klammer, og plugge verktøy. Side 30

Figur 1.9: IndustriKonsult - Pluggen plassert i røret, klammeret er fortsatt plassert rundt røret. Side 30

Figur 1.10: IndustriKonsult - Illustrering av stoppling metoden som gruppen ser på som det beste alternativet. Side 34

Del 2: Styrekabler – umbilicals

Ingen figurer i denne delen

Del 3: Gruppens metode

Figur 2.9: Endeskruen for kapselen. Side 42

Figur 2.10: Gummipakning. Side 42

Figur 2.3: Strammebånd og belastningsskive. Side 42

Figur 2.4: ROV-operert strammebolt. Side 43

Figur 2.5: Kloss sett innenfra. Side 43

Figur 2.6: Klossen sett fra utsiden. Side 43

Figur 2.7: Fjærmutterne og fjærene på utsiden av klossene. Side 44

Figur 2.8: De forskjellige hoveddelene i S165M som kapselen er satt sammen av. Side 44

Figur 2.9: Sammensetningen av hoveddelene. Side 45

Figur 2.10: Innvendig kammer med klosser og bånd. Side 45

Figur 2.11: Kapselen med stålkappe. Side 46

Figur 2.12: Åpningen i kappen for ROV tilgang til mutteren. Side 46

Figur 2.13: Bakre og fremre flyteelement. Side 47

Figur 2.14: Ferdig kapsel. Side 47

Figur 2.15: Kapselen som føres på umbilicalen. Side 48

Figur 2.16: Viser hvordan umbilicalen ligger innvendig i kapselen. Side 49

Figur 2.11: Endeskruen ute i åpen posisjon. Side 49

Figur 2.18: Endeskruen innskrudd av ROV. Side 49

Figur 2.19: Strammeskruen som ROVen opererer for å stramme båndet og klossene for feste av kapsel. Side 50

Figur 2.20: sømsveisen. Side 55

Figur 12.21: Festeboltene mellom båndet og klossene. Side 56

Figur 2.23: Prinsipptegning av en skrue med de forskjellige diametermålene. Side 57

Figur 2.24: Skruen innvendig i klossen og hvordan kreftene virker på den. Side 59



Figur 2.25: laster og grensebetingelser som brukes for å kjøre analysen. Side 60

Figur 2.26: jevnføringsspenningen. Side 60

Figur 2.27: Oppskalert bilde av kritisk område. Side 61

Figur 2.28: Deformasjonene båndet blir utsatt for. Side 61

Figur 2.29: Kraft fordeling. Side 63

Figur 2.30: Maks nedbøyning i båndet. Side 64

Tabeller

Tabell 2: Oversikt over kreftene som fra klossene og innover. Side 62



Referanser:

Faglitteratur:

- J. C. Lindaas – Kompendium i Undervannsteknologi (HSH)
- H. Sæverud, T. Runnan, J.I. Karlsson – Autodesk Inventor (HSH), 2008
- R.C. Hibbeler – Statics and Mechanics of Materials, SI Edition, 2004
- Dahlvig, Christensen, Strømsnes – Konstruksjonselementer, 2. Utgave, 2000
- K. Druzhinin, EDR – Introduction to Ansys Workbench v.11, 1. Edition, 2007
- J.R. Lien, G. Løvholden – Generell fysikk for universiteter og høyskoler, 2. Opplag, 2004
- B.A. Gustafsson – Materialteknikk, 1. Utgave, 1987

Andre:

Faktaheftet 2009, Norsk Petroleumsverksemd.
Olje- og energidepartementet

Det kongelige olje- og energidepartement. Std.mld. nr. 47 (1999-2000)
"Disponering av utrangerte rørledninger og kabler på norsk kontinentalsokkel"

Formelsamlinger:

S.E. Pedersen, J. Gustavsen, S.K. Kaasa, O. Olsen – Teknisk formelsamling med tabeller 7. Utgave, 2006.

T. Ese - Formelsamling i Statikk og Fasthetslære, HSH, 2. Utgave.

Internett:

| | |
|-------------------------------------|---|
| DeepOcean AS | http://www.deepocean.no |
| Ospar Commission | http://www.ospar.org |
| Acergy Group | http://www.acergy-group.com |
| Umbilical Manufacturers' Federation | http://www.umf.as/ |
| FMC Technologies | http://www.fmctechnologies.com/ |
| JDR Cables | http://www.jdr cables.com/UmbilicalSystems/default.aspx |
| Oceaneering | http://www.oceaneering.com |
| Nexans | http://www.nexans.no/ |
| PT. Panca Lima Mandiri | http://www.pancalima.co.id/ |
| E&P | http://www.epmag.com/ |
| Norsk stål | http://www.norskstaal.no |
| Scana | http://www.scana.no |
| IndustriKonsult | http://www.ik.no |
| EcoQOs Maritime area OSPAR | http://www.noordzeeloket.nl/ecoqos/en/ |
| Lesjöfors | http://www.lesjoforsab.com/ |
| Würth | http://www.wuerth.no/ |



The Engineering ToolBox

<http://www.engineeringtoolbox.com>

PDF artikler:

Kongsberg Offshore a.s. Umbilical Hang Off Terminering, Teknisk Beskrivelse

http://ti-sf.statoil.com/SPFVAULTASG/MA/Kos_4/letm/text/Doc10774.pdf

Nexans Marine Installation Department. C/S "BOURBON SKAGERRAK"

<http://www.nortech.com/pdf-subsea/BOURBON%20SKAGERRAK.pdf>

Fleksible stigerør, utmattingsmekanismer og dimensjonering, NTNU

<http://www.sintef.no/units/matek/Stalmat/Temadag%20I%20-%202004/4%20Johan%20Kristian%20B%F8e%20-%20Tim%20Crome.pdf>

Bilder:

Bilde 1: Edda Fauna. Hentet 15.03.09

<http://visekar.diskusjonsforum.no/visekar-about312.html>

Bilde 2: Edda Flora. Hentet 26.04.09

<http://www.skipsteknisk.no/default.asp?menu=4&id=101>

Bilde 3: Kittiwake Loading Bouy, hentet 16.03.09

http://www.offshore-mag.com/display_article/318902/120/ARTCL/none/COMP/1/DeepOcean-to-decommission-Kittiwake-buoy/?dcmp=ENL.OSSR_ARCH

Bilde 4: Kapsel til umbilical.

Fått av DeepOcean i forbindelse med denne oppgaven.

Bilde 5: Undervannssupportfartøyet Volantis. Hentet 28.04.09

<http://www.skipsfarts-forum.net/read.php?TID=6074&page=2>

Bilde 6: Pluggen til riserne.

Fått av DeepOcean i forbindelse med denne oppgaven.

Bilde 7: Eksempel på pigg (Bilde 7) Hentet 13.02.09

<http://www.ppsa-online.com/about-pigs.php>

Bilde 1.1: Eksempel på dykkeropererte plugger. Hentet 18.02.09

<http://ik.no/index.cfm?id=162852>

Bilde 1.2: Eksempel på ROV opererte plugger. Hentet 18.02.09

<http://ik.no/index.cfm?id=162852>

Bilde 1.3: Eksempel på høytrykks ekspansjonsplugg.

Bilde tatt med eget kamera hos IndustriKonsult i Stavanger 29.01.09

Bilde 1.4: Lavtrykksplugg fra IndustriKonsult. Hentet 24.02.09

<http://ik.no/index.cfm?id=162852>

Bilde 1.5: Høytrykksplugg fra IndustriKonsult.



Bilde hentet fra H.P. Pipe Plug Datablad 24.02.09

Bilde 1.6: Roterende bladfres. Hentet 18.02.09

<http://three-d-design.com/>

Bilde 1.7: Hydraulisk operert giljotin. Hentet 23.02.09

<http://webtool-subsea.com/webtool4.html>

Bilde 1.8: Eksempel på skumgummipigger. Hentet 18.02.09

<http://www.ppsa-online.com/about-pigs.php>

Bilde 1.9: Eksempel på tetningspigg laget i polyuretan. Hentet 18.02.09

<http://www.ppsa-online.com/about-pigs.php>

Bilde 1.10: Eksempel på Smartpig. Hentet 18.02.09

<http://www.ppsa-online.com/about-pigs.php>

Bilde 2.1: Eksempel på "steel tube" fra Multiflex. Hentet 19.03.09

<http://www.oceaneering.com/Multiflex.asp?id=1417>

Bilde 2.2: Eksempel på "thermoplastic hose umbilical" fra Multiflex. Hentet 19.03.09

<http://www.oceaneering.com/Multiflex.asp?id=1416>

Bilde 2.3: Eksempel på "electrical power umbilical", Fiber optisk kabel fra Multiflex. Hentet 20.03.09

<http://www.oceaneering.com/Multiflex.asp?id=1418>

Bilde 2. 4: En "Multiphase/ESP pump umbilical" fra Multiflex. Hentet 20.03.09

<http://www.oceaneering.com/Multiflex.asp?id=705>

Bilde 2.5: Umbilical som holder på å bli lagt på et installeringshjul. Hentet 23.03.09

http://www.oceaneering.com/uploadedImages/Subsea_Products/Multiflex/MultiflexPages/facilities/mfxUK_05.jpg

Bilde 2.6: Umbilical som holder på å bli lastet om bord på C/S Bourbon Skagerrak. Hentet 23.03.09

http://www.nexans.no/eservice/Norway-no_NO/navigatepub_142640_-17851/Offisiell_apning_av_NorNed_kabelen_i_dag.html