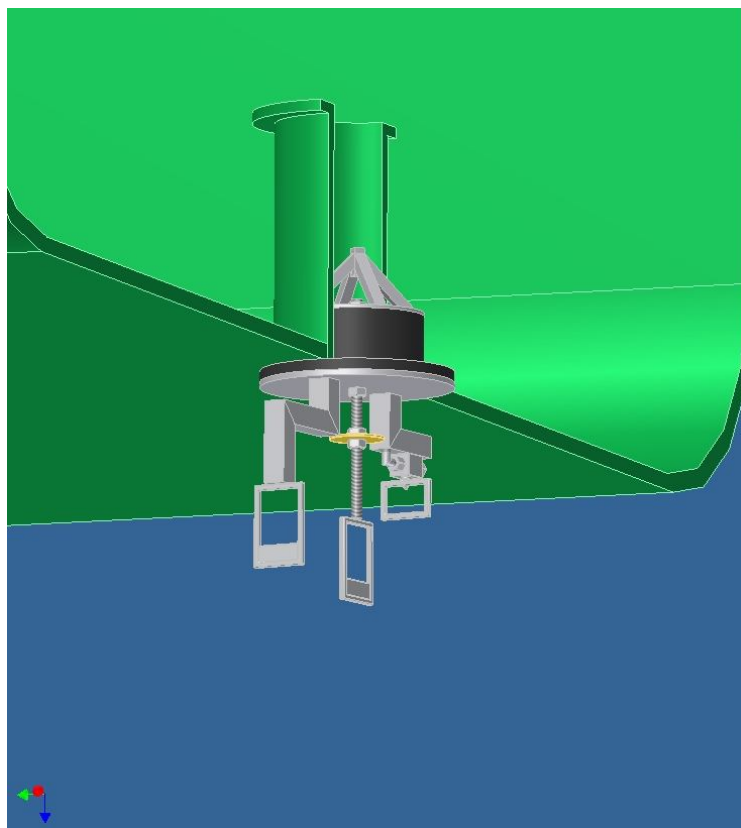


Utvikling av ROV-operert plugg for skroggjennomføring i skip og flyterigger



Bacheloroppgave utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Maskin, Energi- og Prosessteknikk

Av: Steinar Skjold
Elisabeth Lyngstad Thorvaldsen
Trond Vatnaland

Student nr.126025
Student nr.126454
Student nr.126439

BACHELOROPPGAVE

Studentenes navn: Skjold, Steinar
Thorvaldsen, Elisabeth Lyngstad
Vatnaland, Trond

Oppgavens tittel: Utvikling av ROV-operert plugg for skroggjennomføring i skip og flyterigger.

Oppgave tekst:

1. Utarbeide funksjons- og konstruksjonskriterier for plugg og ROV i henhold til krav fra Westcon og gjeldende lover og forskrifter.
2. Undersøke gjennom litteraturstudier, Internett, leverandører og andre kilder, hvilke produkter og metoder for plugging av skroggjennomføring som eksisterer på markedet i dag.
3. Vurdere alternative forslag til plugg og metode.
4. I samarbeid med bedriften velge en anbefalt løsning.
5. Beskrive/dokumentere valgt løsning med tegninger, beregninger og forslag til prosedyre.

Endelig oppgave gitt: Fredag 6. mars 2009

Innleveringsfrist: Fredag 8. mai 2009 kl 12.00

Intern veileder: Lindaas, Jens Christian – HSH, tlf: 52702676

Ekstern veileder: Havreberg, Geir Arne – Westcon, tlf: 53775663
Hågensli, Erik H. – Westcon, tlf: 53775052

**Godkjent av
Studieansvarlig:
Dato:**

Monika Metallinon Log
4. mai 2009

Forord.

Bachelor oppgaven blir skrevet som en avsluttende del av maskiningeniørutdanningen, studieretning for prosess og energi, ved Høgskolen Stord/Haugesund. Målet med Bachelor oppgaven er å bruke kunnskapen en har fått gjennom de forskjellige fagene på studiet til å løse en oppgave. Oppgaven vil bli presentert i en skriftlig rapport og ved en muntlig fremføring, med tilhørende spørsmålsrunde.

Oppgaven, gitt av West Contractors AS, Westcon, går ut på å prosjektere en ROV- operert plugg for skroggjennomføring i skip og flyterigger. Pluggen bør være av enkel konstruksjon og rimelig å produsere.

Beregninger er gjort både manuelt og ved hjelp av beregnings- og tegningsprogrammer det undervises i ved Høgskolen Stord/Haugesund.

Rapporten er rettet mot personer som har noe kunnskap innen undervannsoperasjoner, maskinering og konstruksjon.

Alfabetisk henvisning viser til ordlisten og definisjoner, numerisk henvisning viser til kildehenvisninger.

Vi vil takke alle som har hjulpet oss med opplysninger til oppgaven og vil spesielt trekke frem:

- Jens Chr. Lindaas, intern veileder, Høgskolen Stord/Haugesund.
- Geir Arne Havreberg, ekstern veileder, Westcon.
- Erik H. Hågensli, ekstern veileder, Westcon.
- Cliff Olaussen, ROV-operatør, Acergy Norway AS.

Haugesund 01.05.09



Steinar Skjold



Elisabeth Lyngstad Thorvaldsen



Trond Vatnaland

Sammendrag.

Oppdraget er å utvikle en plugg for skroggjennomføring som skal kunne opereres ved hjelp av ROV[J] offshore. En vil med dette redusere avbrytelser av oppdrag offshore for skip og flyterigger. Dersom en kan oppnå en sikker tetning av skroggjennomføringen, og dermed gjøre korrektivt vedlikehold uten å avbryte oppdraget vil en oppnå stor gevinst både økonomisk og tidsmessig.

Det får store konsekvenser når skip eller flyterigger må flyttes til land eller roligere farvann for å gjøre vedlikehold.

Pluggen skal være så enkel og robust som mulig i konstruksjonen for å eliminere flest mulige feilkilder, og være tilpasset bruk med ROV. Valget ble derfor en mekanisk plugg. Den er konstruert for en spesifikk dimensjon. Pluggen kan om ønskelig produseres i andre dimensjoner og etterbehandles for eventuell konservering. Pluggen er konstruert med standard komponenter, har en enkel og funksjonell mekanikk og sikker konstruksjon med høy sikkerhetsfaktor.

Det er ikke konkrete krav til tetninger i forbindelse med marine operasjoner [40], en velger derfor å følge DNV[B] sine anbefalinger med to tetninger.

For å montere pluggen er problemstillingen vedrørende bruk av ROV i plaskesonen[I] så sentral at det også er blitt sett nærmere på dette. Den beste løsningen er her en ramme med sugeskopper montert på ROVen.

Rapporten inneholder tegninger og beregninger for konstruksjon av plugg, skisse og beskrivelse av hydraulikksystemet og teknisk dokumentasjon for komponentene. Rapporten inneholder også eksempel på ramme for ROV.

I beregningene er det som eksempel brukt en Aker H-3 flyterigg og 250 millimeter innvendig diameter i skroggjennomføring. Normalt er det da 12-13 m vanndybde under potongene ved vanlige operasjoner. Som konservative beregningsgrunnlag blir det brukt 10 m for å beregne krefter fra sjø til å holde pluggen i riktig posisjon og 14 m for lekkasjerater.

I sikkerhetsanalysen er det gjennomgått offshoreoperasjonens risikomomenter. Det er i grove trekk en gjennomgang av det sikkerhetsmessige aspektet vedrørende operasjonen, der skal også SJA[M] og Toolbox talk[N] gjennomføres.

I prosjektet må det i tillegg gjøres en grundigere sikkerhetsgjennomgang og lage HAZID[E] [E], HAZOP[F] og SJA.

Konklusjonen blir at prosjektet kan gjennomføres på en sikker og god måte. Det er også sannsynlig at prosjektet gir gode økonomiske gevinster.

Innhold.

Forord.	Feil! Bokmerke er ikke definert.
Sammendrag.....	iv
Innhold.....	v
Figurliste.....	vii
Kapittel 1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn og formål for prosjektet.....	1
1.2 Målsetting for oppgaven.....	1
1.3 Dataverktøy og hjelpemidler.....	1
1.4 Begrensninger for oppgaven.....	2
1.5 Problemstillinger i forbindelse med plugging av skroggjennomføring.....	2
Kapittel 2. Gjeldende lover og forskrifter, funksjons- og konstruksjonskriterier.....	3
2.1 Sjøfartsdirektoratet.....	3
2.2 DNV.....	3
2.3 NORSOK.....	3
2.4 Standarder.....	3
2.5 Krav fra Westcon.....	3
Kapittel 3. Tetning av skroggjennomføring.....	4
3.1 Mulige løsninger for tetning av skroggjennomføring.....	4
3.1.1 Plate med pakning.....	4
3.1.2 Tradisjonell bergningsplugg.....	5
3.1.3 Hydraulisk plugg.....	5
3.1.4 Kjemisk plugg.....	6
3.1.5 Mekanisk plugg.....	6
3.2 Vurdering av alternativer og anbefalt løsning.....	7
3.2.1 Plate med tetning.....	7
3.2.2 Tradisjonell bergningsplugg.....	7
3.2.3 Hydraulisk plugg.....	7
3.2.4 Kjemisk plugg.....	7
3.2.5 Mekanisk plugg.....	7
3.3 Valgt løsning: Mekanisk plugg.....	8
3.3.1 Eksisterende produkter på markedet.....	8
3.3.2 Beskrivelse av valgt konsept.....	9
3.3.3 Materialvalg.....	10
Kapittel 4. Beregninger og 3-D tegninger av pluggen.....	11
4.1 Bunnplate med deler.....	12
4.2 Topplate med deler.....	12
4.3 Håndtak for ROV.....	13
4.4 Ters.....	13
4.5 Gummimuffe.....	19
Kapittel 5. Bruk av ROV i plaskesonen.....	26
5.1 Mulige løsninger for stabilisering av ROV i plaskesonen.....	26
5.1.1 ROVs flytelegeme direkte mot skrog.....	26
5.1.2 ROVs flytelegeme direkte mot skrog med fendring.....	26
5.1.3 Beskyttelsesramme for ROVs flytelegeme mot skrog.....	26
5.1.4 Beskyttelsesramme for ROVs flytelegeme med vinkling mot skrog.....	26
5.1.5 Beskyttelsesramme for ROVs flytelegeme med sugekopper mot skrog.....	26
5.2 Vurdering av alternativer og anbefalt løsning for bruk av ROV i plaskesonen.....	27



5.2.1 Flytelegeme direkte mot skrog.	27
5.2.2 Flytelegeme med fendring direkte mot skrog.	27
5.2.3 Beskyttelsesramme for flytelegemet med fendring mot skrog.	27
5.2.4 Beskyttelsesramme for flytelegemet med vinkling mot skrog.	27
5.2.5 Beskyttelsesramme, med sugekopper, for ROVs flytelegeme mot skrog.	27
5.3 Valgt løsning: Beskyttelsesramme med sugekopper for ROV mot skrog.	28
5.3.1 Beskrivelse.	29
5.3.2 Materialvalg for ramme og utstyr.	29
Kapittel 6. Beregninger og tegninger for ramme med sugekopper.	30
6.1 Eksempel på ramme for ROV.	30
6.2 Sugekopper.	31
6.3 Hydraulikkssystem.	35
Kapittel 7. Utstyr for ROV.	36
Kapittel 8. Forslag til forenklet videre fremdriftsplan for prosjektet.	36
Kapittel 9. Forslag til forenklet operasjonsprosedyre, "Step by Step"	37
9.1 Gjennomgang av operasjonen.	37
9.2 Ultralydundersøkelse.	37
9.3 Montere ramme på ROV.	37
9.4 Rengjøre for marin begroing og sette plugg.	37
9.5 Utføre korrektivt vedlikehold over pluggen.	38
9.6 Fjerne pluggen fra skroggjennomføring.	38
9.7 Konservere pluggen.	38
Kapittel 10. Sikkerhetsvurderinger ved operasjonen.	39
10.1 Beregningsgrunnlag.	39
10.2 Beregninger av lekkasjerater og rømningstid.	40
10.3 Vurdering av konsekvensene ved svikt i kommunikasjon.	42
10.4 Vurdering av konsekvensene ved feil på plugg.	43
10.5 Vurdering av konsekvensene ved feil på ramme med sugekopper.	44
Kapittel 11. Konklusjon.	45
Kapittel 12. Kildehenvisning.	46
12.1 Litteratur:	46
12.2 Internett:	46
12.3 Bedrifter/personer:	46
12.4 Dokumenter:	46
Kapittel 13. Ordliste.	47
Kapittel 14. Definisjoner.	48
Kapittel 15. Vedleggsliste.	49

Figurliste.

Figur 1. Plate med pakning	4
Figur 2. Bergningsplugg	5
Figur 3. Hydraulisk plugg. Figur 4. Hydraulisk plugg snitt	5
Figur 5. Kjemisk plugg	6
Figur 6. Mekanisk plugg. Figur 7. Mekanisk plugg, snitt	6
Figur 8. Drainplugg fra Kvina Offshore AS	8
Figur 9. Drainplugg fra Vulkan Smith	8
Figur 10. Komplet plugg	11
Figur 11. Bunn del	12
Figur 12. Toppdel	12
Figur 13. Spadehåndtak for ROV	13
Figur 14. Ters	13
Figur 15. Betegnelse på gjenger	14
Figur 16. Dimensjoneringsdiagram	15
Figur 17. Ansys grafisk lengdeutvidelse av ters	18
Figur 18. Gummikloss 8x12x2	19
Figur 19. Gummikloss 8x6x4	20
Figur 20. Kompresjonsdiagram for naturgummi	20
Figur 21. ROV med ramme og sugekopper. Figur 22. Ramme for ROV	30
Figur 23. VS-sugekopper	31
Figur 24. Hydraulikkssystem for sugekopper	35
Figur 25. Magnum 120 fra Oceaneering	36
Figur 26. Eksempel på rominndeling med dørk	39
Figur 27. Eksempel på fremdriftsplan for operasjonen	50
Figur 28. Tersebolt med to muttere for beregning	66
Figur 29. Ansys beregning av tersebolt, stress	69
Figur 30. Sammenstilling av plugg	72
Figur 31. Ansys beregning av sammenstilling, stress	85
Figur 32. Ansys beregning av sammenstilling, skjærkrefter	86
Figur 33. Ansys beregning av sammenstilling, total deformasjon	86

Kapittel 1. Innledning.

1.1 Bakgrunn og formål for prosjektet.

Bakgrunnen for prosjektet er at Westcon vil undersøke muligheten for å lage en ROV- operert plugg for skroggjennomføring. Den skal brukes i plaskesonen og monteres offshore for å unngå å avbryte oppdrag for skip og flyterigger. Det får store økonomiske konsekvenser for eierne og oppdragsgiver om oppdraget må avbrytes. En plugg som kan brukes uten å avbryte oppdraget, vil derfor kunne være av stor betydning. Korrektivt vedlikehold kan da utføres på en sikker og kostnadseffektiv måte.

1.2 Målsetting for oppgaven.

Målsettingen er å konstruere en enkel og funksjonssikker plugg som løser problemstillingene og følger gjeldene lover og regler. For å oppnå dette benyttes beregnings- og tegneprogrammer og manuelle beregninger.

Ved bruk av ROV[J] i plaskesonen oppstår det spesielle utfordringer med tanke på varierende strøm og bølgebevegelser. Dette gjør bruk av ROV ekstra utfordrende og det vil i denne rapporten bli sett på muligheter for å lage en mer stabil løsning.

1.3 Dataverktøy og hjelpemidler.

Under arbeidet med prosjektet er det brukt dataprogrammene Word, Excel, Autodesk Inventor 3-D tegneprogram, AutoCad 2-D tegneprogram, Ansys beregnings- og simuleringsprogram og MS-Project. Noen av disse programmene skapte mye brydderi og forsinkelser, da det blant annet viste seg at studentversjonen av Autodesk Inventor 2009 ikke er kompatibel med Ansys. Tegningene måtte derfor i stor grad tegnes om igjen på stasjonære PC-er ved HSH. I tillegg er det brukt Internett, litteratur og tekniske tabeller.

1.4 Begrensninger for oppgaven.

Da det er begrenset tid og tilgang til opplysninger til hovedoppgaven har det blitt valgt:

- Forenklet operasjonsprosedyre.
- Kun forslag til ramme for ROV, uten styrkeberegninger og innfestingsdetaljer. Det er kun en beskrivelse av sikring og korg til plugg og utstyr.
Under konstruksjon av beskyttelsesramme til ROV har det ikke blitt tatt hensyn til tilkoblingspunkt for umbilical[O] , da dette varierer fra modell til modell.
Det antas at vekt av plugg (201 N), pumpe med motor (98,1 N), kurv, ramme og annet utstyr ikke overstiger ROVens nytte last som i følge Cliff Olaussen, Acergy Norway AS, er 600-800 N. Eventuelt må det kompenseres med ekstra flytelegeme.
- Ikke foretatt stabilitetsberegninger for skip eller flyterigger.

1.5 Problemstillinger i forbindelse med plugging av skroggjennomføring.

- Marin begroing på skrog og i skroggjennomføring.
- Mengden av korrosjon i skroggjennomføringen.
- Skroggjennomføring ikke avsluttet plant med skrog. Får en tetning opp mot overgangen skrog/-gjennomføring?
- Gjeldende krav
- Plaskesone problematikk med mer bevegelse i sjøen enn ved dypere lokalisering.
- Sikring av plugg fra innsiden og fra tap av plugg under setting/fjerning.
- Trykkutligning over pluggen. Differansetrykk fra utsiden og innsiden av skroget.
- Visuell kontroll på hvor mye pluggen er komprimert når den er satt.
- Materialvalg med tanke på funksjon og levetid.
- Verifikasjon av dimensjon i gjennomføringsrøret. Stemmer tegninger med virkeligheten?
- Sikkerhetsanalyse

Kapittel 2. Gjeldende lover og forskrifter, funksjons- og konstruksjonskriterier.

2.1 Sjøfartsdirektoratet.

Myndighetsansvar for alle skip.

2.2 DNV.

DNV er et classeselskap med regler og bestemmelser som minimum dekker myndighetskravene og internasjonale konvensjoner.

Plugging av skroggjennomføring vil ikke falle inn under Marine Operasjoner[40] fra DNV[B] , men de vil generelt anbefale på det sterkeste to separate tetninger.

2.3 NORSOK.

NORSOK er et prosjekt for å redusere gjennomføringstid og kostnader for bygging og drift av petroleumsinstallasjoner på norsk sokkel. Dette prosjektet gjelder på et flytende fartøy og kommer derfor ikke inn under NORSOK[H] når det gjelder arbeid på skroget.

2.4 Standarder.

Norsk Standard (NS) 3472. Gjeldende konstruksjons kriterier.

Norsk Standard (NS) 1219-1. Gjeldende standard for teknisk tegning.

2.5 Krav fra Westcon.

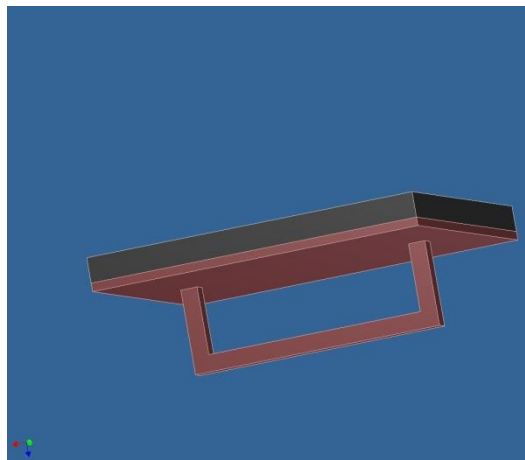
Westcon ønsker ROV-operert plugg for skroggjennomføring.

- Den skal følge gjeldende lover og forskrifter.
- Pluggen skal kun brukes i en tidsbegrenset operasjon og en ønsker å benytte konstruksjonsstål og standard komponenter. Westcon kan da produsere delene på eget verksted, og om ønskelig kan pluggen i ettertid beskyttes, med for eksempel sandblåsing og galvanisering, for bruk ved senere anledninger.
- Pluggen bør ha så enkel konstruksjon som mulig. Den bør ha færrest mulig bevegelige deler og opereres så enkelt og sikkert som mulig med ROV.
- Pluggen må kunne sikres fra innsiden i skroget mot fysisk påvirkning.
- Operasjonen må kunne utføres uten fare for utførende personell eller fartøyet.
- Det bør utføres en foreløpig sikkerhetsanalyse for operasjonen, gjerne forenklet.

Kapittel 3. Tetning av skroggjennomføring.

3.1 Mulige løsninger for tetning av skroggjennomføring.

3.1.1 Plate med pakning.



Figur 1. Plate med pakning.

Prinsipp: Plate med pakning holdes på plass med vanntrykket foran innløp til skroggjennomføring.

Forklaring: Platen holdes på plass fysisk samtidig som vanntrykket blødes kontrollert av inne i motorrom. Differansetrykket over platen vil være lik væskesøylen fordi atmosfæretrykket virker likt på overflaten og i seksjon. Det gir en kraft på platen på ca 4900N.

$$F = p \cdot A$$

$$F = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot \frac{\pi \cdot (0,25 \text{ m})^2}{4}$$

$$F \approx \underline{4900 \text{ N}}$$

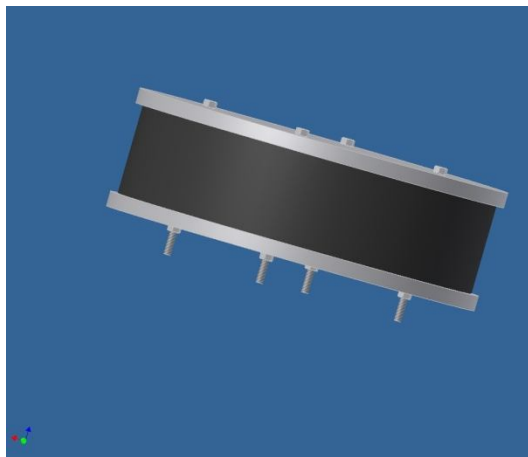
3.1.2 Tradisjonell bergningsplugg.



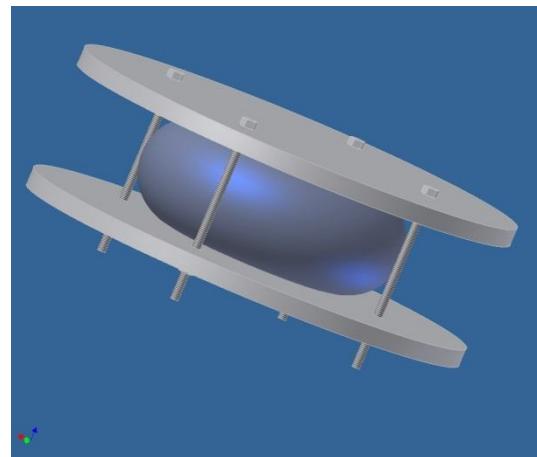
Figur 2. Bergningsplugg.

Denne ”pluggen” har fasong som en trakt og består av myk plast. Prinsippet er lik som plate med pakning, men pga fasongen vil overflaten bli større og dermed få større tetningskraft. I tillegg er det et feste i senter på bergningspluggen for sikring i skroget mot fysisk påvirkning. Den kan plasseres av ROV eller dykker.

3.1.3 Hydraulisk plugg.



Figur 3. Hydraulisk plugg.



Figur 4. Hydraulisk plugg snitt.

Prinsippet kan være: Mekaniske fjærer som forspennes ved hjelp av hydraulikk.

Forklaring: I prinsippet oppbygd som vanlig drainplugg[C] , med to stålplater med gummimuffe mellom. Kraftene til kompresjonen av gummi kommer fra forspente fjærer på gjennomgående bolter.

3.1.4 Kjemisk plugg.

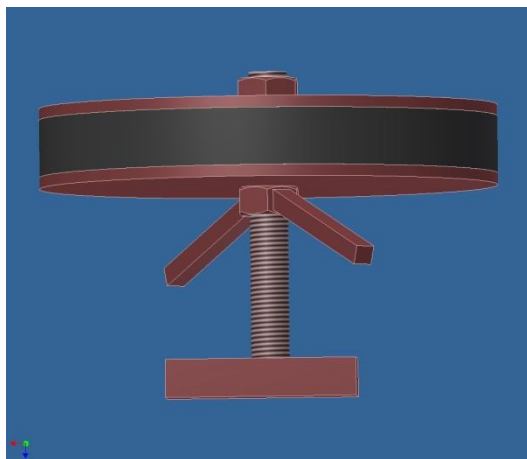


Figur 5. Kjemisk plugg.

Prinsipp: Kjemikalier blandet med sjøvann, danner en plugg som oppløses etter ønsket tid.

Forklaring: Det er utviklet kjemiske stoffer som danner ”gele plugg” i forbindelse med arbeid i olje og gassbrønner. Disse fungerer som barriere i et gitt tidsintervall. Ved å endre sammensetning, bestemmes det hvor lenge pluggen skal vare før den oppløses.

3.1.5 Mekanisk plugg.



Figur 6. Mekanisk plugg.



Figur 7. Mekanisk plugg, snitt.

Prinsipp: Virker som en vanlig drainplugg. Den består av to plater, med en gummimuffe mellom, som trekkes sammen av en tersebolt.

Forklaring: Kraftene mellom platene forplantes som deformasjonskrefter i gummien. Gummien vil endre geometri og utøve tetning mot omgivelsene.

3.2 Vurdering av alternativer og anbefalt løsning.

3.2.1 Plate med tetning.

Vanskelig å bruke og sikre. Oppfyller ikke kravene til nødvendig sikkerhet i forbindelse med operasjonen. Utfyller ikke anbefalingene til dobbel tetning.

Konklusjon: Ikke egnet for dette prosjektet.

3.2.2 Tradisjonell bergningsplugg.

Tetning oppstår ikke og den kan ikke sikres før demonteringen starter i seksjonen. Utfyller ikke anbefalingene til dobbel tetning.

Konklusjon: Ikke egnet for dette prosjektet.

3.2.3 Hydraulisk plugg.

Kan konstrueres med ønsket antall tetninger og oppfylle alle krav. Kan i praksis kun opereres ved hjelp av ROV.

Konklusjon: Det vil bli en kostbar og avansert konstruksjon, men kan være et alternativ.

3.2.4 Kjemisk plugg.

Det er flere usikkerhetsmomenter med hensyn til pluggens varighet og mulighet for sikring.

Konklusjon: Ikke egnet for vårt prosjekt.

3.2.5 Mekanisk plugg.

En mekanisk plugg kan konstrueres med ønsket antall barrierer og tetninger, kan sikres fysisk og opereres av ROV eller dykker. Konstruksjonen kan enkelt tilpasses ønsket behov med tanke på materialvalg og kostnader.

Konklusjon: Vi ønsker å se nærmere på denne løsningen.

3.3 Valgt løsning: Mekanisk plugg.

3.3.1 Eksisterende produkter på markedet.

Kvina Offshore Service[34] har allerede konstruert en plugg til formålet. Figur 8. Den er en modifisert drainplugg[C] med to tetninger[b] og en barriere[a]. Modifiseringen er kort fortalt en større topplate med pakning. Materialet er her aluminium i platene, rustfri bolt og galvanisert mutter. Dette for å unngå rivning i gjengene som kan oppstå mellom to rustfrie flater. Denne ble operert av dykker på en meter dyp ved kai. Den er ikke konstruert for bruk offshore på det aktuelle dypet og operert med ROV som i dette prosjektet.



Figur 8. Drainplugg fra Kvina Offshore AS.

Vulkan Smith er en annen leverandør av standard drainplugg. Figur 9. Disse har en barriere og en eller to tetninger. Som standard er alle komponenter laget i vanlig konstruksjonstål, men kan også levers i sjøvannsbestandig aluminium eller syrefast stål. Disse pluggene er i utgangspunktet ikke konstruert for bruk av dykker eller ROV.



Figur 9. Drainplugg fra Vulkan Smith.

3.3.2 Beskrivelse av valgt konsept.

Pluggen består av følgende hovedkomponenter se Figur 10 :

- Bunnplate med støttevegg og kombinert innføringsstyring/ innfestning for sikring fra innsiden mot fysisk påvirkning.
- Topplate med støttevegg, påsveist mutter for ters, gripehåndtak og trykkutjevning.
- Ters bestående av tersebolt, ROV-håndtak, markør for visuell kontroll, teflonskive, underlagsskive, hovedmutter for bunnplate og låsebolt for hovedmutter.
- Gummimuffe og pakning.

Modifiseringer i forhold til en standard drainplugg:

- Høyere gummimuffe.
- Innerør i stedet for kun styring på bunn og topplate.
- Mutter påsveist topplate i stedet for på bunnplate.
- Gripehåndtak for ROV.
- Trykkutjevningsventil med ROV-håndtak.
- Oppdimensjonert tersebolt med ROV-håndtak.
- Markør på ters.
- Bunnplatemutter låst til tersebolt.
- Større topplate med pakning.

Forenklet bruks- og virkemåte:

- Trykkutjevningsventil åpnes.
- Pluggen føres inn i skroggjennomføringen til en oppnår kontakt mellom pakning og skrog/skroggjennomføring.
- Trykkutjevningsventil stenges.
- Ters opereres moturs ved hjelp av ROV. Avstanden mellom bunn- og topplaten reduseres og verifiseres ved hjelp av markør på ters. Geometrien til gummimuffen vil tilpasses volumet mellom bunn- og topplate, støttevegger og skroggjennomføring. Ytterligere strekk i ters vil overføres som trykkraft og tetning oppstår mellom gummimuffe og omgivelsene.
- Når trykket bløst av inne i seksjonen blir trykket redusert til atmosfæretrykk. Differansetrykket over pluggen vil gi et betydelig bidrag til ytterligere tetning mellom pakning og skroggjennomføring. Areal på innløp ved 10" rør blir 491 cm^2 . Dette gir en tilnærmet kraft på 4900N på plugg fra sjø (se utregning s 4). Så lenge differansetrykket opprettholdes, bidrar det i praksis som en ekstra barriere. Pluggen er nå satt.
- For å fjerne pluggen åpnes trykkutjevningsventilen og tersen opereres medurs slik at avstanden mellom bunn- og topplaten øker. Tetningen og friksjonen mellom gummimuffe og skroggjennomføring opphører. Pluggen er nå løs og kan fjernes.

Komponentkrav:

- Bunnplaten: Må ha nødvendig styrke for å motstå kreftene fra ters, gummi og sikring. På denne sveises innvendig støttevegg for gummi og konstruksjonens innføringsstyring. Må ha hull for trykkutjevning, dimensjonen bør være så liten at eventuell lekkasje ikke får betydning, men må være stort nok til å oppnå trykkutjevning innen akseptabel tid.
- Innføringsstyring: For å forenkle operasjonen for ROV-operatøren, konstrueres en innføringsstyring i bunnen av pluggen. Skal også ha nødvendig styrke som feste for sikring.
- Innvendig støttevegg for gummimuffe på bunn og toppdel: Må ha nødvendig styrke for å motstå kreftene fra gummimuffen. Må konstrueres med tanke på å støtte størst mulig innvendig areal av gummimuffe, hindre rotasjon mellom toppdel og bunn, fungere som forsterkning på bunnplaten og topplaten og må ikke hindre tersebevegelsen.
- Topplaten: Må ha nødvendig styrke for å motstå kreftene fra ters, gummimuffe og trykket fra sjøen. På denne sveises det fast innvendig støttevegg for gummimuffe, gripehåndtak for ROV og mutter for ters. Må også være egnet for montering av ventil for trykkutjevning og pakning for tetning mot skrog/skroggjennomføring. Må ha hull for trykkutjevning, dimensjonen bør være så liten at eventuell lekkasje ikke får betydning, men må være stort nok til å oppnå trykkutjevning innen akseptabel tid.
- Trykkutjevningsventil: Åpnes ved setting og fjerning for å utligne differansetrykket over pluggen og må være egnet for operering med ROV.
- Ters: Må ha nødvendig styrke til å deformere og utøve nødvendig trykk på gummimuffe, tåle moment fra ROV og være operasjonsvennlig for ROV eller dykker. Tersens konstruksjon må være av slik karakter at en oppnår enklest mulig operasjon, er robust og gir minst mulig konsekvens ved feil.
- Gripehåndtak: Fungerer som feste for ROVens ene manipulator[L] ved setting og fjerning, vil da også hindre rotasjon av plugg ved operasjon av ters. Må være gripevennlig for ROVens manipulator[G] og egnet for feste av karabinkrok.
- Gummimuffe: Må ha evne til å endre geometri med moderat kraftpåvirkning og skape tetning mellom plugg og skroggjennomføring.
- Pakning på topplaten: Må ha evne til å endre geometri med moderat kraftpåvirkning og skape tetning mellom toppdel og skrog/skroggjennomføring.

3.3.3 Materialvalg.

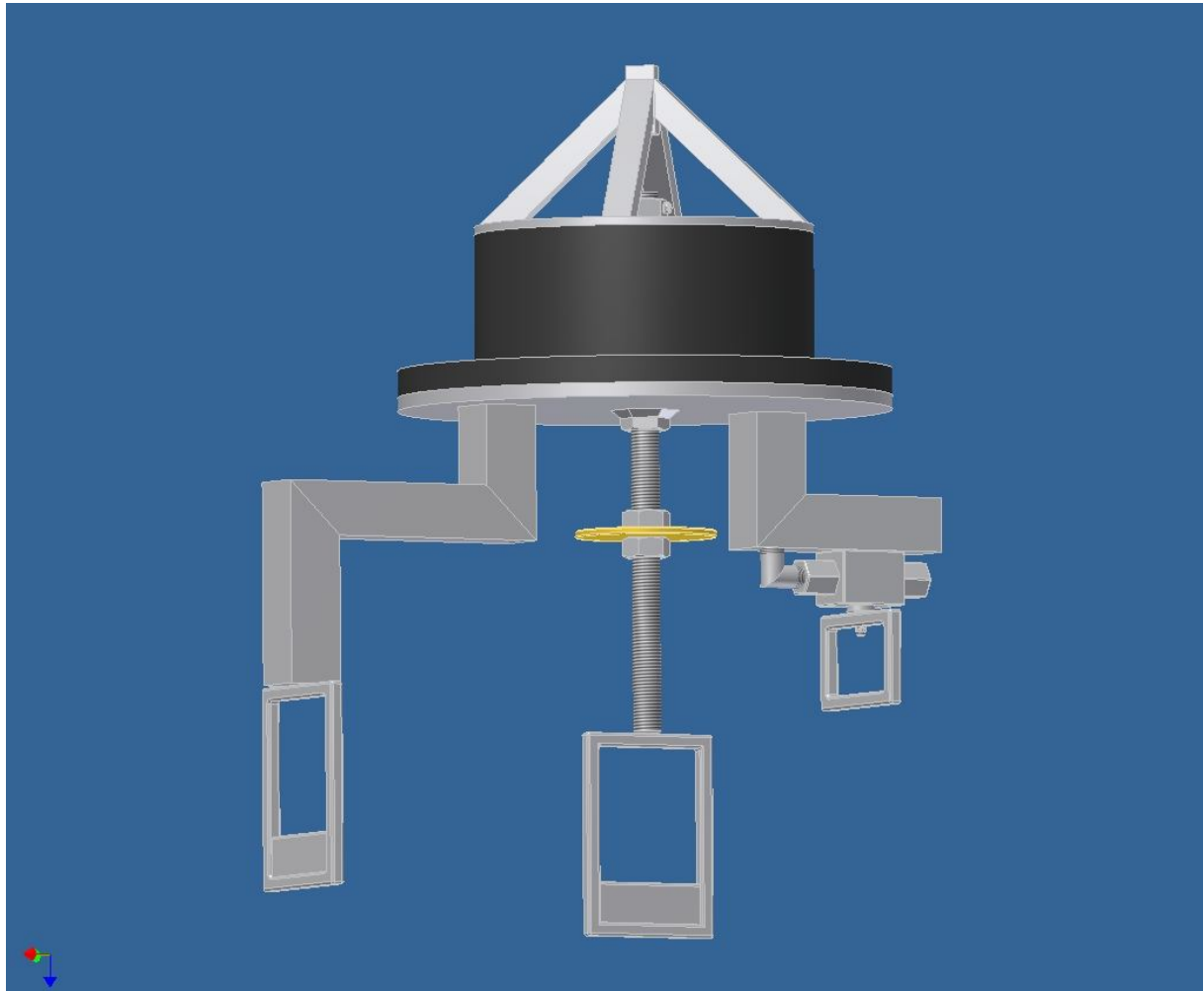
Må velges i henhold til ønsket levetid, nødvendig styrke, vekt, muligheter for maskinering, sveising, evt. korrosjonsbestandighet etc.

Etter ønsker og behov fra oppdragsgiver velges det konstruksjonsstål, som eventuelt kan etterbehandles med for eksempel galvanisering, og standard komponenter som for eksempel galvanisert 8.8 bolt.

Tetningene lages av standard naturgummi, eller tilsvarende syntetisk gummi, da denne ikke påvirkes av kjemikalier eller lignende og krever moderate krefter for å endre geometri.

Kapittel 4. Beregninger og 3-D tegninger av pluggen.

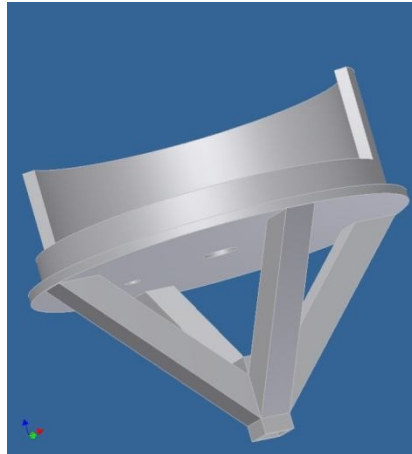
Figuren under viser et 3D bilde av den komplette pluggen. Innføringsstyringen, som også fungerer som feste for innvendig sikring, er øverst på tegningen. Pakningen og gummimuffen som skal skape tetningene, i svart gummi, er på midten. Topplukk med trykkutjevningsventil og holdehandtak for ROV er nederst på tegningen. I senter av topplaten ser en den gjennomgående tersen, påmontert markør, som gjør det enklere for ROV-operatør visuelt å se hvor mye pluggen er blitt komprimert. 2D tegning se **Vedlegg 2.1**



Figur 10. Komplette plugg.

4.1 Bunnplate med deler.

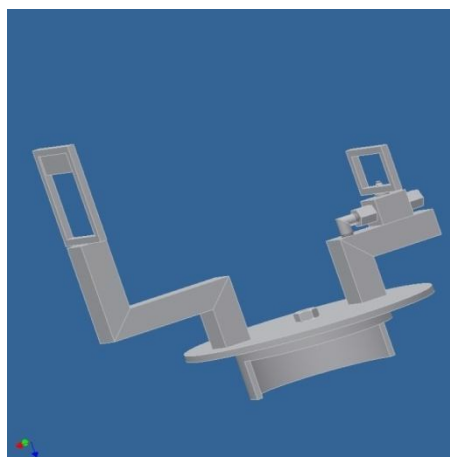
Figur 11 viser bunnplaten med innføringsstyring, hull for tersgjennomføring, hull for trykkutjevning og indre støttevegg for gummimuffe.



Figur 11. Bunndel.

4.2 Topplate med deler.

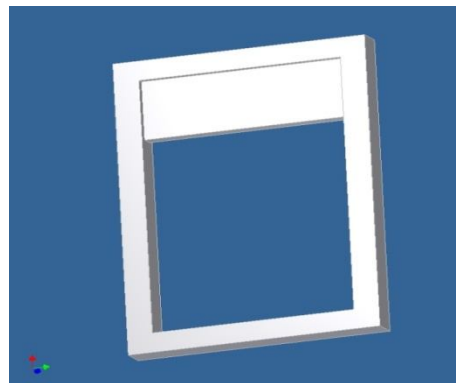
Figur 12 viser topplaten av pluggen med trykkutjevningsventilen, holdehåndtak for ROV, hull for tersgjennomføring og indre støttevegg for gummimuffe.



Figur 12. Toppdel.

4.3 Håndtak for ROV.

Etter diskusjon med blant annet deltagere på Norsk Undervannssymposium 2009 velges det å bruke spadehåndtak for ROV. Dette gir samme fordeler som fiskehalehåndtak med hensyn på sikkert og stabilt grep, men på grunn av geometrien vil ikke andre gjenstander så lett "fiske"(sette seg fast). Figur 13 viser hvordan et spadehåndtak kan se ut. 2D tegning **Vedlegg 2.2**



Figur 13. Spadehåndtak for ROV.

4.4 Ters.

Figur 14 viser hvordan tersebolten ser ut påmontert spadehåndtak, justerbar markør og mutter med låsebolt på enden. 2D tegning **Vedlegg 2.3**



Figur 14. Ters.

Antar strekk i ters ved satt plugg:

$$F = m \cdot g$$

$$F = 500 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = \underline{4905 \text{ N}}$$

Tersen er en gjennomgående gjengestang med muttere.

Påført kraft: 4905 N

Boltens lengde: 145 mm

E – Modul konstruksjonsstål: 206000 N / mm²

Materialfaktor for skrue- og boltforbindelser i henhold til NS 3472: $\gamma = 1,25$

Tekniske data for en M20 bolt med fasthetsklasse 8.8:

Fasthetsklasse: 640 N/mm²

Strekkfasthet: 800 N/mm²

Gjengens profilvinkel: 60°

Kjernediameter skrue d₃: 16,93 mm

Kjernediameter mutter D₁: 17,29 mm

Stigning: 2,5

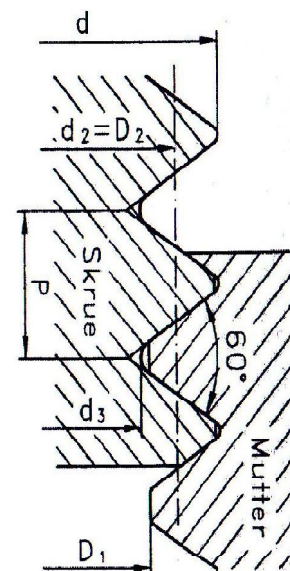
Midtdiameter d₂: 18,32 mm

Nøkkeldiameter S: 30 mm

Frihullsdiameter(fin): 21 mm

Nominell diameter skrue: 20 mm

Spenningsarealet A_s: 244,8 mm².



Figur 15. Betegnelse på gjenger.

Maks strekkbelastning for tersebolten ifg. NS 3472

$$F_{dt} = \frac{0,9 \cdot \sigma_s \cdot A_s}{\gamma}$$

$$F_{dt} = \frac{0,9 \cdot 800 \text{ N/mm}^2 \cdot 244,8 \text{ mm}^2}{1,25}$$

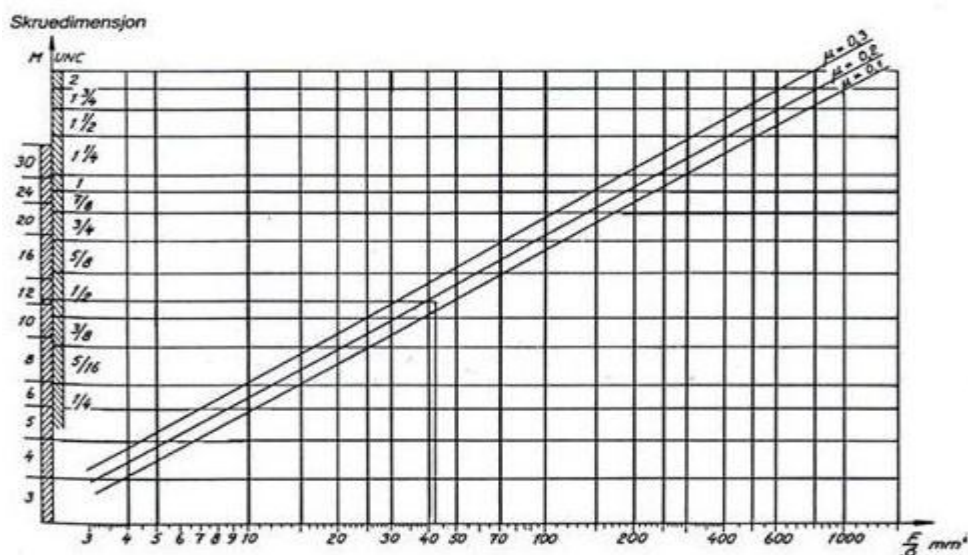
$$F_{dt} = \underline{141005 \text{ N}}$$

Videre er det brukt formler fra boka *Konstruksjonelementer* [1] Kapittel 3, Skruer og skrueforbindelser.

Terseboltens areal ut fra de kreftene som oppstår:

$$\frac{F}{\sigma_{\text{till}}} = \frac{4905N}{640N / \text{mm}^2} = \underline{7,66\text{mm}^2}$$

Ut fra Figur 16. Dimensjoneringsdiagram vil en kunne greie oss med en skruedimensjon på M5 når en legger en friksjonskoeffisient på 0,20 til grunn. Velger å bruke en M20 bolt for å ta høyde for evt. uforutsette hendelser som kan inntreffe når pluggen blir operert av ROV og en får en grovere gjengetype. Risikoen reduseres da for at gjengene kan bli skadet eller at gjengene kan skjære seg.



Figur 16. Dimensjoneringsdiagram.

Strekkspenning i terseboltens:

$$\sigma_s = \frac{F}{A_s}$$

$$\sigma_s = \frac{4905N}{244,8\text{mm}^2}$$

$$\sigma_s = \underline{20,04N / \text{mm}^2}$$

Kombinasjon av strekk og vridning for tersebolt:

Stigningsvinkel φ :

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{P}{\pi \cdot d_2}$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{2,5}{\pi \cdot 18,38mm}$$

$$\varphi = \underline{2,48^\circ}$$

Friksjonsvinkel ε_1 :

$$\varepsilon_1 = \tan^{-1} \frac{\mu}{\cos \alpha}$$

$$\varepsilon_1 = \tan^{-1} \frac{0,20}{\cos 30^\circ}$$

$$\varepsilon_1 = \underline{13^\circ}$$

Friksjonsradius r_m :

$$r_m = \frac{d_2}{2}$$

$$r_m = \frac{18,38mm}{2}$$

$$r_m = \underline{9,19mm}$$

Terseboltens moment M_v :

$$M_v = F \cdot r_m \cdot \tan(\varepsilon_1 + \varphi)$$

$$M_v = 4905N \cdot 9,19mm \cdot \tan(13^\circ + 2,48^\circ)$$

$$M_v = \underline{12484Nmm}$$

Terseboltens torsjonsspenningen τ_v :

$$\tau_v = \frac{M_v}{W_v}$$

$$W_v = \frac{\pi \cdot d_1^3}{16}$$

$$\tau_v = \frac{12484Nmm}{\frac{\pi \cdot (17,29mm)^3}{16}}$$

$$\tau_v = \underline{12,30N / mm^2}$$

Terseboltens jevnføringsspenning σ_{jf} :

$$\sigma_{jf} = \sqrt{((\sigma_d)^2 + 3 \cdot (\tau_v)^2)}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{\left((20,04N / mm^2)^2 + 3 \cdot (12,30N / mm^2)^2\right)}$$

$$\sigma_{jf} = \underline{29,25N / mm^2}$$

Sikkerhet mot flyt n :

$$n = \frac{\sigma_s}{\sigma_{jf}}$$

$$n = \frac{640N / mm^2}{29,25N / mm^2}$$

$$n = \underline{22}$$

Skjærspenning i gjenger på ters τ_s :

$$\tau_s = \frac{F}{\pi \cdot d_3 \cdot H}$$

$$\tau_s = \frac{4905N}{\pi \cdot 16,93mm \cdot 15mm}$$

$$\tau_s = \underline{6,15N / mm^2}$$

Skjærspenning i gjenger på mutter τ_m :

$$\tau_m = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot H}$$

$$\tau_m = \frac{4905N}{\pi \cdot 20mm \cdot 15mm}$$

$$\tau_m = \underline{5,20N / mm^2}$$

Hullflatetrykk P :

$$P = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot ((S^2) - (d_h^2))}$$

$$P = \frac{4 \cdot 4905N}{\pi \cdot ((30mm^2) - (21mm^2))}$$

$$P = \underline{13,6N / mm^2}$$

Lengdeutvidelse av tersebolt Δl :

$$\varepsilon = \frac{\sigma_s}{E}$$

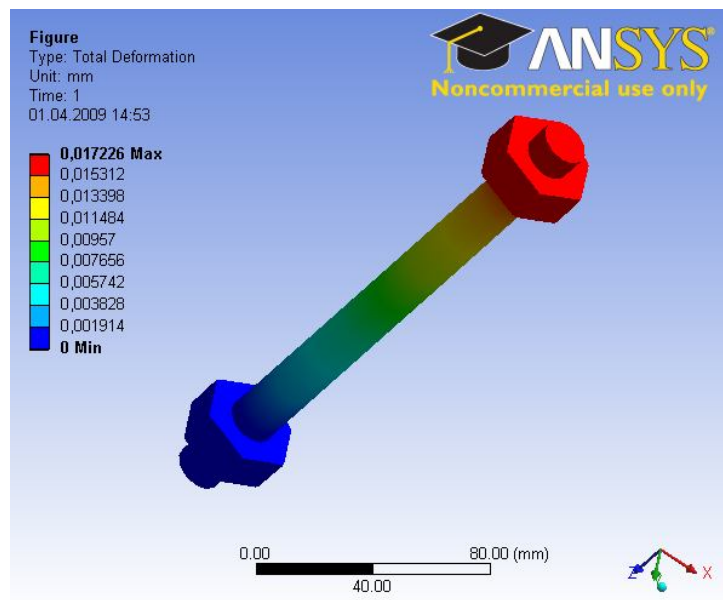
$$\varepsilon = \frac{20,04 N / mm^2}{206000 N / mm^2}$$

$$\varepsilon = 9,72658 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta l = \varepsilon \cdot l$$

$$\Delta l = 9,72658 \cdot 10^{-5} \cdot 145 mm$$

$$\Delta l = \underline{0,01410 mm}$$

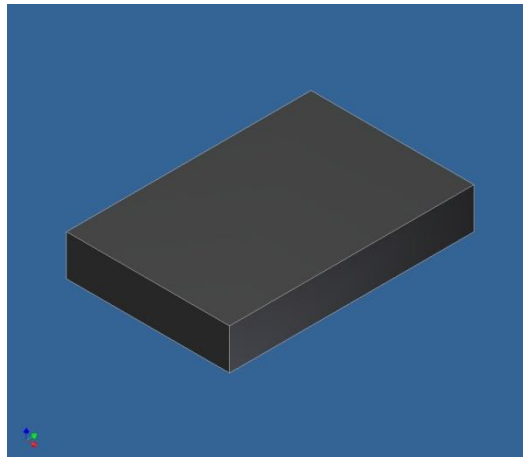


Figur 17. Ansys grafisk lengdeutvidelse av ters.

Dataprogrammet Ansys beregner lengdeutvidelsen av bolten til 0,014-0,017mm. Dette avviker 0-20 % fra egne beregninger og må sies å stemme godt.

4.5 Gummimuffe.

Forsøk: Her er det gjort et forsøk for å finne ut hvor mye kraft som må til for å komprimere gummi. Under er det satt opp resultater som kom frem under forsøket.

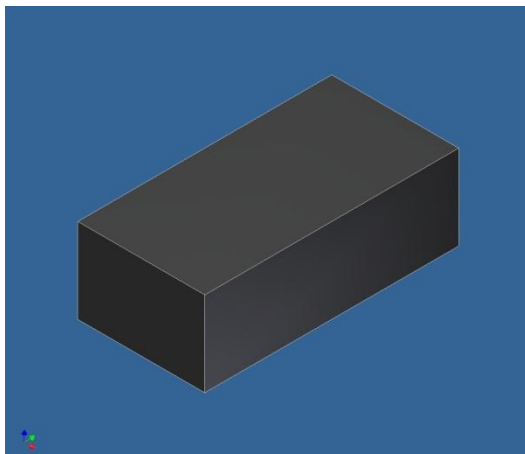


Figur 18. Gummikloss 8x12x2.

Rektangulær gummiplate med dimensjonen 8x12x2 cm:

N	N/m ²	Kompresjon i millimeter
0	0	0
154	16043	4,25
179,5	18700	5
282,5	29430	5,5
517	53853	6,5
624	64991	7,5
828	86246	8,5

Arealet av gummiplaten: 0,0096m²

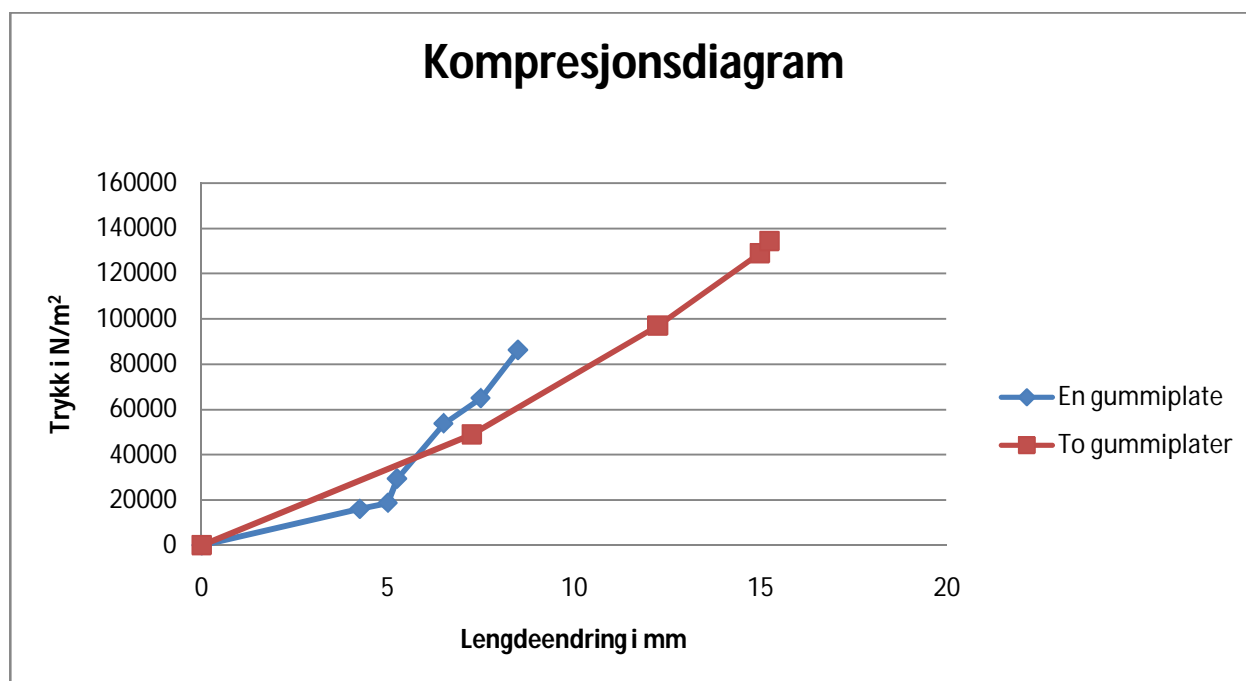


Figur 19. Gummikloss 8x6x4.

Rektangulær gummiplate med dimensjonen 8x6x4 cm:

N	N/m ²	Kompresjon i millimeter
0	0	0
235,5	49050	7,25
466	97078	12,25
620	129165	15
645,5	134479	15,25

Arealet av gummiplatene: 0,0048 m²



Figur 20. Kompresjonsdiagram for naturgummi.

Forsøket viser at en får tilnærmet lineære kurver, med stigningstall 1. Dette stemmer bra med opplysninger i boken *Prinsipler of Polymer Engineering* [4]

Typiske verdier er oppgitt til 1MPa shear modulus, $0,001 \text{ kg/mm}^2$, i denne sammenheng et lite trykk. Og 2GPa Bulk modulus, 20 kg/mm^2 , i denne sammenheng tilnærmet inkompressibel. Dette betyr i praksis at gummi lett endrer fasong, men er tilnærmet inkompressibelt, videre beregninger blir derfor som for inkompressibel væske etter fratrek av nødvendige krefter til endring av geometrien.

Antar påført kraft F:	4905 N
Diameter gummimuffe Dy:	240 mm
Diameter på gummimuffe Di:	220 mm
Høyde på gummimuffe:	120mm

Antar en friksjonskoeffisient μ som for våt betong mot gummi [26] : 0,5

Gummimuffens motstand mot kompresjon σ_k fra forsøk:

$$0,5 \text{ kg} / \text{cm}^2 \Rightarrow 0,005 \text{ kg} / \text{mm}^2 = 0,0491 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Sjøvannstrykk ved 10 mVs:

$$1 \text{ kg} / \text{cm}^2 \Rightarrow 0,01 \text{ kg} / \text{mm}^2 = 0,0981 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Arealet for topp av gummimuffe:

$$A = \left(\left(\frac{\pi \cdot Dy^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi \cdot Di^2}{4} \right) \right)$$

$$A = \left(\left(\frac{\pi \cdot 240^2 \text{ mm}}{4} \right) - \left(\frac{\pi \cdot 220^2 \text{ mm}}{4} \right) \right)$$

$$A = \underline{6528 \text{ mm}^2}$$

Kraften som trengs for å endre gummimuffens geometri:

$$F = A \cdot \sigma_k$$

$$F = 6528 \text{ mm}^2 \cdot 0,00491 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$F = \underline{320,5 \text{ N}}$$

Gjenstående kraft til å komprimere gummiuffen mot yttervegg.

Den antatte kraften som påvirker gummiuffen er antatt til 4905 N, minus kraften som trengs for å endre gummiuffens geometri beregnet til 320 N. Det blir da en gjenstående kraft 4585 N

Gummiuffens totaleareal:

$$A_{\text{utv.}} = 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{utv.}} \cdot h$$

$$A_{\text{innv.}} = 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{innv.}} \cdot h$$

$$A_{\text{sirkel}} = \pi \cdot r^2 \cdot 2$$

$$A_{\text{sirkelutv.}} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot (r + h)$$

$$A_{\text{sirkelinnv.}} = \pi \cdot r_{\text{innv.}}^2 \cdot 2$$

$$A_{\text{total}} = 2 \cdot \pi \cdot 120\text{mm} (120\text{mm} + 12\text{mm}) + 2\pi \cdot 110\text{mm} \cdot 120\text{mm} - \pi \cdot 110\text{mm}^2 \cdot 2$$

$$A_{\text{total}} = 2 \cdot \pi ((120\text{mm} \cdot 240\text{mm}) + (110\text{mm} \cdot 10))$$

$$A_{\text{total}} = \underline{187867\text{mm}^2}$$

Trykk fra gummi mot omgivelsene:

$$P = \frac{4585\text{N}}{187867\text{mm}^2}$$

$$P = \underline{0,024\text{N} / \text{mm}^2}$$

Beregning av pluggens tyngde i luft (se vedlagte tegninger):

Forlengere, firkant hullprofil, 40x40x3mm: $2,43 \text{ kg/m} \cdot 0,58 \text{ m} = \underline{1,4094 \text{ kg}}$

Innføringsstyring, firkant hullprofil, 20x20x2mm: $1,15 \text{ kg/m} \cdot 0,582 \text{ m} = \underline{0,6693 \text{ kg}}$

Spade, firkant massiv, 10x10mm: $0,8 \text{ kg/m} \cdot 1,0 \text{ m} = \underline{0,8 \text{ kg}}$

Spade, flattstål, 5x30mm: $1,2 \text{ kg/m} \cdot 0,16 \text{ m} = \underline{0,192 \text{ kg}}$

Tetthet for konstruksjonstål: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Tetthet for gummi: $\rho = 950 \text{ kg/m}^3$

Markøren, stålplate 5mm:

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 7850 \text{ kg/m}^3 \cdot \left[0,005 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} \right) \right] \text{m}^3$$

$$\underline{m = 0,2959 \text{ kg}}$$

Bunnplate, stålplate 6mm:

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 7850 \text{ kg/m}^3 \cdot \left[0,006 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,24^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,021^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} \right) \right] \text{m}^3$$

$$\underline{m = 2,1107 \text{ kg}}$$

Topplate, stålplate 10mm:

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 7850 \text{ kg/m}^3 \cdot \left[0,010 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,35^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,021^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} \right) \right] \text{m}^3$$

$$\underline{m = 7,5192 \text{ kg}}$$

Støttevegg, stålrør:

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 7850 \text{ kg/m}^3 \cdot \left[0,01 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,2191^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,2032^2}{4} \right) \right] \text{m}^3$$

$$\underline{m = 4,1398 \text{ kg}}$$

Tersebolt, M 20:

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 7850 \text{ kg/m}^3 \cdot \left[0,4 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} \right) \right] \text{m}^3$$

$$\underline{m = 0,9865 \text{ kg}}$$

Gummipakning:

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 950 \text{ kg/m}^3 \cdot \left[0,02 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,35^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,24^2}{4} \right) \right] \text{m}^3$$

$$\underline{m = 0,9685 \text{ kg}}$$

Gummimuffe:

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 950 \text{ kg/m}^3 \cdot \left[0,12 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,24^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,22^2}{4} \right) \right] \text{m}^3$$

$$\underline{m = 0,8237 \text{ kg}}$$

Antar massen til ventil m/håndtak og rør, låsebolt skiver og muttere:

$$\underline{m = 0,6 \text{ kg}}$$

Totalmasse på plugg:

$$\underline{m_{\text{tot}} = 20,5 \text{ kg}}$$

Totalvekt i luft:

$$G_{\text{luft}} = m_{\text{tot}} \cdot g$$

$$G_{\text{luft}} = 20,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$G_{\text{luft}} = \underline{2011 \text{ N}}$$

Volum på plugg:

$$V_{\text{plugg}} = \frac{m_{\text{gummi}}}{\rho_{\text{gummi}}} + \frac{m_{\text{stål}}}{\rho_{\text{stål}}}$$
$$V_{\text{plugg}} = \frac{(0,9685 + 0,8237) \text{ kg}}{950 \text{ kg/m}^3} + \frac{(20,5 - (0,9685 + 0,8237)) \text{ kg}}{7850 \text{ kg/m}^3}$$
$$V_{\text{plugg}} = \underline{4,2696^{-3} \text{ m}^3}$$

Totalvekt i sjø:

$$G_{\text{sjø}} = G_{\text{luft}} - V_{\text{plugg}} \cdot \rho_{\text{sjø}} \cdot g$$
$$G_{\text{sjø}} = 2011 \text{ N} - 4,2696^{-3} \text{ m}^3 \cdot 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$
$$G_{\text{sjø}} = \underline{1968 \text{ N}}$$

Kapittel 5. Bruk av ROV i plaskesonen.

5.1 Mulige løsninger for stabilisering av ROV i plaskesonen.

ROVen må være stabil under operasjonen. I plaskesonen[I] vil bruk av ROV kreve svært stille vær over lengre tid for å få stabilitet nok ved kun bruk av ROVens thrustere[K] . Dette værvinduet[P] er svært sjeldent utenfor kysten.

Under konstruksjon av beskyttelsesramme for ROV har vi ikke tatt hensyn til tilkoblingspunkt for umbilical, da dette varierer fra modell til modell.

5.1.1 ROVens flytelegeme direkte mot skrog.

Prinsipp: Skape friksjon mellom ROV og skrog.

Forklaring: Bruke ROVens thrustere[K] vertikalt for å skape friksjonskraft fra flytelegemet mot skrog.

5.1.2 ROVens flytelegeme direkte mot skrog med fendring.

Prinsipp: Skape friksjon mellom ROV og skrog.

Forklaring: Bruke ROVens thrustere[K] vertikalt for å skape friksjonskraft fra fendring mot skrog.

5.1.3 Beskyttelsesramme for ROVens flytelegeme mot skrog.

Prinsippet: Skape friksjon mellom ramme og skrog.

Forklaring: Montere beskyttelsesramme for flytelegemet på ROV. Bruke ROVens thrustere vertikalt for å skape friksjonskraft fra beskyttelsesramme mot skrog.

5.1.4 Beskyttelsesramme for ROVens flytelegeme med vinkling mot skrog.

Prinsipp: Som 5.1.3, men konstruert for å gi bedre arbeidsvilkår for ROV.

Forklaring: På grunn av at ROVen er konstruert til hovedsakelig arbeid foran eller lavere enn selve ROVen, vil en vinkling i forhold til horisontalplanet bedre tilkomsten for denne typen oppgave.

5.1.5 Beskyttelsesramme for ROVens flytelegeme med sugekopper mot skrog.

Prinsipp: Skape friksjon mellom sugekopper og skrog.

Forklaring: Montere beskyttelsesramme for flytelegemet, med sugekopper, på ROV. Bruke sugekoppene til å stabilisere ROVen under skroget ved hjelp av undertrykk i sugekopper. I tillegg kan en bruke ROVens thrustere vertikalt for å øke friksjonen mellom sugekopper og skrog.

5.2 Vurdering av alternativer og anbefalt løsning for bruk av ROV i plaskesonen.

5.2.1 Flytelegeme direkte mot skrog.

ROVens flytelegeme kan lett påføres skade ved ukontrollerte bevegelser som det ofte vil være til stede i større eller mindre grad i plaskesonen. Når flytelegemet har fått kontakt med skroget kan marin begroing og/eller bevegelse grunnet av lav friksjon skade flytelegemet.

Strømninger fra ROVens thrustere vil redusere sikten for operatøren. Hele arbeidsoperasjonen vil med unntak av noen få dager i året være ustabil.

Konklusjon: Stor fare for skade på utstyr og svært smalt værvindu. Løsningen er ikke egnet for denne oppgave.

5.2.2 Flytelegeme med fending direkte mot skrog.

Hele arbeidsoperasjonen vil med unntak av noen få dager i året være ustabil på grunn av forholdsvis begrenset vertikale krefter fra ROV på skrog. Strømninger fra ROVens thrustere vil redusere sikten for operatøren.

Konklusjon: Vanskelig å fullføre operasjonen og smalt værvindu. Løsningen er dårlig egnet for denne oppgave.

5.2.3 Beskyttelsesramme for flytelegemet med fending mot skrog.

Hele arbeidsoperasjonen vil med unntak av noen dager i året være ustabil på grunn av forholdsvis begrenset vertikale krefter fra ROV på skrog. Strømninger fra ROVens thrustere vil redusere sikten for operatøren.

Konklusjon: Vanskelig å fullføre operasjonen og forholdsvis smalt værvindu. Løsningen kan brukes for denne oppgave, men er ikke optimal.

5.2.4 Beskyttelsesramme for flytelegemet med vinkling mot skrog.

Etter samtale med Rambjørg i Oceaneering [35] og Olaussen i Acergy Norway AS[30] ble det klart at ROVer i svært liten grad kan tiltes i horisontal retning under en arbeidssituasjon. En annen problemstilling som kom fra Oceaneering var at Cagens[A] konstruksjon for enkelte ROVer ikke har volum til å romme en slik konstruksjon.

Konklusjon: Ikke gjennomførbart.

5.2.5 Beskyttelsesramme, med sugekopper, for ROVens flytelegeme mot skrog.

Arbeidsoperasjonen vil med bruk av sugekopper være mer stabil og ha noe større værvindu. I tillegg vil sikten være så god som mulig. Sugekoppene kan også brukes som fending ved innledende rengjøringsoppgaver.

Konklusjon: God mulighet for å fullføre operasjonen. Løsningen kan brukes for denne oppgave, men det kreves fremdeles tilfredsstillende værvindu. Anbefales.

5.3 Valgt løsning: Beskyttelsesramme med sugekopper for ROV mot skrog.

ROV operatør Cliff Olaussen [30] kan opplyse at tilsvarende konstruksjon er blitt brukt på deres type ROV ved for eksempel rengjøring av flytende produksjonsinstallasjoner i Nordsjøen. Det ble da brukt hydraulisk drevne ”traktorhjul” i stedet for sugekopper, men sugekopper har blitt brukt til mer stasjonære oppdrag. Dagens sugekopper er av så god kvalitet at de også kan brukes som fending mellom ROV og skrog.

Ønsker å bruke tre stykker, to på hver side framme og en på midten bak. Innfestingen i midten av sugekoppene fungerer også som universalledd. Da får vi full kontakt uansett geometrisk fasong på underlaget.

Har vurdert flere løsninger for å skape undertrykk i sugekopper. Vurderte først etter diskusjon/idedugnad med dykker Tom Holt [38] i firmaet Stave Maskin at en løsning kan være som følger:

De tre sugekoppene kobles sammen i et punkt på ROVen der det monteres ventil og manometer. Slangen forlenges opp til dekk hvor en vanlig elektrisk drevet pumpe tilkobles. Slangen legges sammen med umbilical[O] for ROV. Slange og manometer før ventil vakuumeres til så lavt trykk som mulig før ROV sjøsettes. En har da mulighet til å sjekke at anlegget er tett og volumet i slangen vil fungere som en akkumulator. Dette systemet medfører da en forholdsvis stor og stiv slange mellom ROV og dekk som ikke er ønskelig da det påvirker ROVens manøvreringsegenskaper.

Bruk av vakuumejector drevet av trykkluft kan også brukes, men med de samme ulempene som pumpe på dekk.

Et bedre alternativ kan være en hydraulisk drevet motor med sentrifugalpumpe tilkoblet ROVens hydraulikk-system. Dette vil være ideelt med tanke på kort avstand fra pumpe til sugekopper for å unngå forsinkelser med stort total volum. Løsningen er enkel, robust og godt egnet til formålet.

Når ROVen er på plass startes pumpen og sugekoppene får undertrykk innvendig. Undertrykket kontrolleres visuelt på manometeret av ROV-operatøren. Pumpen evakuerer etter hvert som eventuell lekkasje vil føre til at undertrykket minker.

Sikkerhetsmessig vil svikt i et slikt system ikke få noen innvirkning, da alle ROVens opprinnelige funksjoner er intakte.

5.3.1 Beskrivelse.

- Rammen: Må ha nødvendig styrke for å motstå de dynamiske kreftene som oppstår mellom ROV og skrog. På ROVen monteres sugekopper og tilhørende utstyr. Rammen må kunne maskineres og tilpasses for innfesting på ROV.
- Sugekopper: Materialet må være tilstrekkelig føyelig for å tette mot overflaten på skroget og ha tilstrekkelig styrke til å motstå kreftene mellom ROV og skrog.
- Pumpe: Må være korrosjonsbestandig mot sjøvann og være egnet for drift fra ROV. Pumpen må ha tilstrekkelig kapasitet og kunne skape tilstrekkelig undertrykk i sugekopper, også ved lave volumstrømmer.

5.3.2 Materialvalg for ramme og utstyr.

Må velges i henhold til ønsket levetid, nødvendig styrke, vekt, muligheter for maskinering, sveising, levetidskostnader etc.

Ramme: Da rammen tilpasses den aktuelle ROV, kan benyttes med forskjellig utrustning og kan brukes ved en rekke forskjellige operasjoner, anbefales det å konstruere den i sjøvannsbestandig aluminium som gjør den egnet til gjenbruk.

Sugekopper: I følge Rolf Andersskog i firmaet Servi Industriteknikk AS [36], blir for eksempel deres sugekopper av VS-modell brukt til løfting av forskalingsutstyr med betongrester. Dette burde være sammenlignbar overflatebeskaffenhet som i dette prosjektet. Sugekoppene er av gummi med innfestninger og tilkoblinger i syrefast stål. Se vedlegg (kobling)

Pumpe: Etter blant annet samtale med firmaet Flygt i Stavanger [33] var det flere alternativer: Standard sentrifugal pumpe med lagerbukk, type EQF, er enkel å bygge sammen med hydraulisk motor. Ved bruk av standard sentrifugalpumpe med for lite tilførsel, tilsvarende små lekkasjer i våre sugekopper, kan imidlertid problemer med turbulens i pumpehuset medføre tap av pumpevirkning.

Type JET har derfor en innebygd ejektor som kan suge gasser som er oppløst i væske og dermed øke sugeevnen. Denne krever noe mer ombygging for å brukes med hydraulisk motor, men dette er fullt mulig og anbefales. Se vedlegg(kobling)

Hydraulikkmotor: Valgte å kontakte Norges største leverandør av hydraulikkmotorer, Sauer Danfoss [36], ved Tor Erik. Hans anbefaling er en standard OML 8-50, denne gir 1,8 kW og har turtall på 1950 omdr/min ved oljetrykk 14 MPa (140 bar). Dette dekker behovet til alle modeller av pumpetype Flygt JET. Motoren er kun beskyttet med standard maling for bruk på land og må eventuelt beskyttes ekstra for oppbevaring og bruk i andre omgivelser over lengre tid. For bruk ved dette korte prosjektet er rengjøring med ferskvann tilstrekkelig.

Hydraulikk: Nytt ROVens standard hydraulikkssystem som har mulighet for å regulere trykket individuelt for hvert uttak, og dermed dreiemomentet på hydraulikkmotoren. Oljestrømmen kan reverseres om ønskelig ved for eksempel fastkjørt pumpe. Ved å montere inn mengdereguleringsventil kan en i tillegg regulere turtallet på hydraulikkmotoren og pumpen.

Kapittel 6. Beregninger og tegninger for ramme med sugekopper.

På grunn av værbegrensningene ved bruk av ROV i plaskesonen vil det for eksempel i henhold til Aker Solutions opplysninger om H-3 flyterigger, være neglisjerbare vertikale bevegelser i potongene. Neglisjerer derfor akselerasjonskreftene fra ROV på rammen og sugekoppene.

Har brukt Hydra Magnum 120 fra Oceaneering som utgangspunkt for beregningen, da dette er en typisk arbeids-ROV.

6.1 Eksempel på ramme for ROV.



Figur 21. ROV med ramme og sugekopper.



Figur 22. Ramme for ROV.

6.2 Sugekopper.



Figur 23. VS-sugekopper.

Beregninger av friksjonskrefter mellom ROV og skrog ved vertikal thrusting.
Bruker dragkraften som virker på tvers på ROVen, da dette er det største projisert arealet.

Vertikal kraft fra ROV i følge Oceaneering Vedlegg 13 :	1185 lbs
Antar friksjonskoeffisient (gummi - våt betong)[26] μ :	0,5
Antar dragkoeffisient:	0,8
Tetthet sjøvann ρ :	1025 kg / m ³

Overgang fra fot til meter i følge omregningstabell i *Teknisk formelsamling* [2] :

$$m = \text{fot} \cdot 0,3048$$

Total areal i følge Oceaneering Vedlegg 13

$$A_{\text{Tot}} = (8,5 \text{ fot} \cdot 0,3048) \cdot (6 \text{ fot} \cdot 0,3048)$$

$$A_{\text{Tot}} = \underline{4,42 \text{ m}^2}$$

Projisert areal. Antar ca 20 % fratrekk for geometri og hulrom:

$$A_{\text{Pro}} = A_{\text{Tot}} - 20\%$$

$$A_{\text{Pro}} = 4,42 \text{ m}^2 \cdot 0,8$$

$$A_{\text{Pro}} \approx \underline{3,5 \text{ m}^2}$$

Antar maks lekkasjerate mellom skrog og de tre sugekoppene til å være 0,5 l/s.

Ut fra pumpekarakteristikk **Vedlegg 11** gir da JET 150 en løftehøyde på sugesiden på 7 mVS inklusiv tap i rør. Velger derfor konservativ løftehøyde til 6 mVS som gir et undertrykk på:

$$P_{\text{Undertrykk}} = \rho gh$$

$$P_{\text{Undertrykk}} = 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 6 \text{ m}$$

$$P_{\text{Undertrykk}} = \underline{60332 \text{ N/m}^2}$$

Trykket som følger av vanndybde:

$$P_{\text{Væskesøyle}} = \rho gh$$

$$P_{\text{Væskesøyle}} = 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 10 \text{ m}$$

$$P_{\text{Væskesøyle}} = \underline{100553 \text{ N/m}^2}$$

Totaldifferansetrykk over sugekopp:

$$\Delta P_{\text{Tot}} = P_{\text{Undertrykk}} + P_{\text{Væskesøyle}}$$

$$\Delta P_{\text{Tot}} = 60332 \text{ N/m}^2 + 100553 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta P_{\text{Tot}} = \underline{160885 \text{ N/m}^2}$$

Arealet på sugekoppene:

$$A_{\text{sugekopp}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$A_{\text{sugekopp}} = \frac{\pi \cdot (0,3 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{\text{sugekopp}} = \underline{0,07 \text{ m}^2}$$

Vertikalkraft fra ROV. Bruker omregningstabeller fra *Teknisk formelsamling*[2] :

$$N = lbs \cdot 4,44822$$

$$F = 1185 \text{ lbs} \cdot 4,44822$$

$$F = \underline{5271,14 \text{ N}}$$

Maks relativ, horisontal bevegelse i sjø ROVen kan bli utsatt for ved anvendelse av ROVens egen thrusterkraft uten kontakt med skrog:

$$F = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot v^2 \cdot A \cdot \rho \Rightarrow v^2 = \frac{F}{\frac{1}{2} \cdot C_d \cdot A \cdot \rho}$$

$$v^2 = \frac{5271,14 N}{\frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 3,5 m^2 \cdot 1025 kg / m^3}$$

$$v^2 = 3,67 m^2 / s^2$$

$$v = \sqrt{3,67 m^2 / s^2}$$

$$v = \underline{1,92 m / s \rightarrow 3,73 knop}$$

Som beregningene viser vil en få et smalt værvindu [P] for operasjonen når det kun brukes ROVens egen thrusterkraft.

Kreftene som virker ved bruk av sugekopper:

Har valgt å ta utgangspunktet i sugekopper fra firmaet Vtec. Løftekraft pr sugekopp i følge firmaets egne tabeller **Vedlegg 7**: 438,8 kg

$$F = m \cdot g$$

$$F = 438,8 kg \cdot 9,81 m / s^2$$

$$F = 4305 N$$

Beregnet kraft pr sugekopp:

$$F_{Ver} = \Delta P_{Sugekopp} \cdot A_{sugekopp}$$

$$F_{Ver} = 60332 N / m^2 \cdot 0,07 m^2$$

$$F_{Ver} = \underline{4223 N}$$

Vertikal kraft pr sugekopp:

$$F_{Ver} = \Delta P_{Tot} \cdot A_{sugekopp}$$

$$F_{Ver} = 160885 N / m^2 \cdot 0,07 m^2$$

$$F_{Ver} = \underline{11262 N}$$

Horisontal kraft pr sugekopp:

$$F_{\text{Hor}} = F_{\text{Ver}} \cdot \mu$$

$$F_{\text{Hor}} = 11262 \text{ N} \cdot 0,5$$

$$F_{\text{Hor}} = \underline{5631 \text{ N}}$$

Maks horisontal, relativ bevegelse i sjø ROVen kan bli utsatt for ved kun bruk av sugekopper:

$$F = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot v^2 \cdot A \cdot \rho \Rightarrow v^2 = \frac{F}{\frac{1}{2} \cdot C_d \cdot A \cdot \rho}$$

$$v^2 = \frac{3 \cdot 5631 \text{ N}}{\frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 3,5 \text{ m}^2 \cdot 1025 \text{ kg / m}^3}$$

$$v^2 = 11,77 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

$$v = \sqrt{11,77 \text{ m}^2 / \text{s}^2}$$

$$v = \underline{3,34 \text{ m / s} \rightarrow 6,67 \text{ knop}}$$

Maks horisontal, relativ bevegelse i sjø ROVen kan bli utsatt for ved bruk av sugekopper og thrustere:

$$F = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot v^2 \cdot A \cdot \rho \Rightarrow v^2 = \frac{F}{\frac{1}{2} \cdot C_d \cdot A \cdot \rho}$$

$$v^2 = \frac{(3 \cdot 5631 \text{ N}) + 5271 \text{ N}}{\frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 3,5 \text{ m}^2 \cdot 1025 \text{ kg / m}^3}$$

$$v^2 = 15,45 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

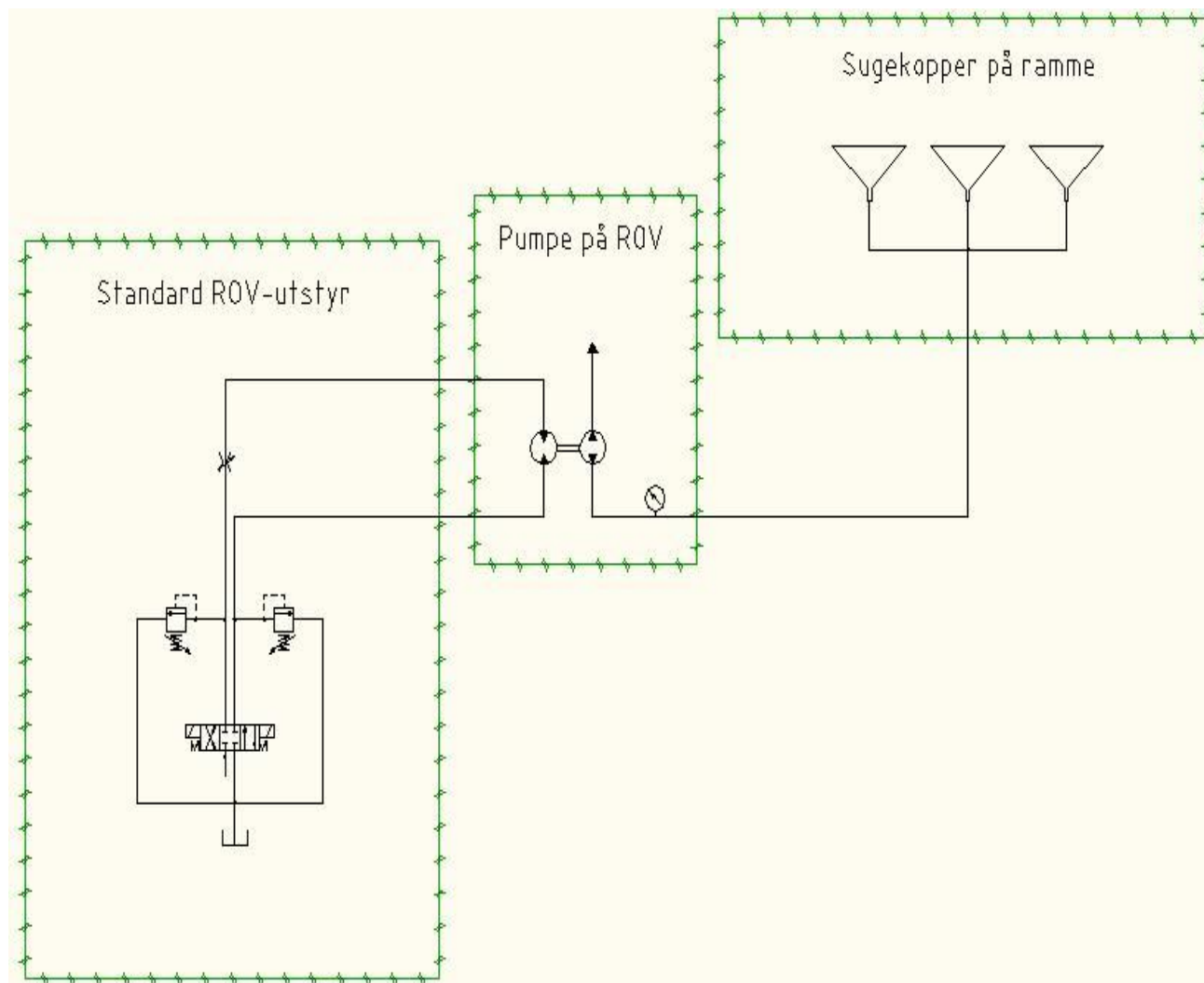
$$v = \sqrt{15,45 \text{ m}^2 / \text{s}^2}$$

$$v = \underline{3,93 \text{ m / s} \rightarrow 7,64 \text{ knop}}$$

Som beregningene viser vil det bli et større værvindu [P] for operasjonen når en bruker sugekopper og eventuelt ROVens egen thrusterkraft.

6.3 Hydraulikkssystem.

ROVen har standard hydraulikk uttak med tilstrekkelig kapasitet til hydraulikkmotor, som igjen driver pumpe. Hydraulikksystemet kan styres av ROV – operatør. Hydraulikkmotoren er mekanisk tilkoblet en pumpe som evakuerer sjøvann fra sugekoppene. ROV – operatøren kan overvåke undertykket i sugekoppene visuelt via et manometer.



Figur 24. Hydraulikkssystem for sugekopper.

Kapittel 7. Utstyr for ROV.

Enkelte typer ROV har verktøyskuff som standard. For å medbringe nødvendig utstyr og plugg under sjøsetting og transport, kan det lages kurv eller stativer. Dette monteres på ROV slik at manipulatorarmene kan nå utstyr og plugg. Mellom ROV og ROV- håndtak på plugg festes det en kjetting, med ROV – vennlig karabinkrok, som sikkerhet mot tap av pluggen under setting og fjerning. En kan dermed gjøre hele operasjonen uten flere sjøsettinger av ROV.

Om vi får problemer med å rekke opp til skroget kan ROVens ramme forlenges fremover og påmonteres pidestaller hvor manipulatorarmene kan settes på slik at de får lengre rekkevidde. Dette er har gjort med positive erfaringer av Acergy Norway AS.



Figur 25. Magnum 120 fra Oceaneering.

Kapittel 8. Forslag til forenklet videre fremdriftsplan for prosjektet.

- Etablere prosjektgruppe og gjennomføre idédugnad.
- Prosjektering, beregninger og sikkerhetsanalyse med for eksempel HAZID [E] og HAZOP [F] .
- Lage sikker jobb analyse, SJA[M].
- Ultralydundersøkelse av skroggjennomføring for å verifisere dimensjonen og overflatefinheten.
- Produsere pluggen.
- Produsere, teste og montere ramme med sugekopper. En bør teste sammenstillingen ved hjelp av plate, med passende overflate, som ”skrog”, og påføre de aktuelle krefter.
- Rengjøre skroggjennomføring og skrog for marin begroing.
- Sette plugg i skroggjennomføring.
- Utføre korrektivt vedlikehold over pluggen.
- Fjerne pluggen fra skroggjennomføring.
- Eventuelt konservere plugg og utstyr.
- Dokumentasjon.

Kapittel 9. Forslag til forenklet operasjonsprosedyre, "Step by Step".

9.1 Gjennomgang av operasjonen.

- Gjennomføre SJA og eventuelt andre interne sikkerhetsprosedyrer.[M]

9.2 Ultralydundersøkelse.

- Ultralydundersøkelse utføres på skroggjennomføring for å verifisere dimensjonene. Denne kan utføres fra innsiden av seksjonen.

9.3 Montere ramme på ROV.

- Montere ramme med sugekopper, slanger, manometer, pumpe og hydrauliskmotor.

9.4 Rengjøre for marin begroing og sette plugg.

- Tilbehør for høytrykkspyling monteres på ROV.
- Sjøsette ROV.
- Rengjøre skrog og skroggjennomføring. Under skrog kan en i følge Oceaneering skrape rent skroget mekanisk. Acergy Norway AS anbefaler høytrykksspyling. Skroggjennomføringen kan børstes ren ved hjelp av roterende kost, montert på en hydraulisk motor, håndtert ved hjelp av 7 funksjons manipulatorarm.
- ROV tas opp av sjøen for å demontere høytrykksutstyr og hente plugg.
- Sjøsette ROV
- Posisjonere og feste ROV til skrog ved hjelp av sugekoppene.
- Plugg settes i skroggjennomføring:
Trykkutjevningens ventil åpnes.
Pluggen føres inn i skroggjennomføringen til en oppnår kontakt mellom pakning og skrog/skroggjennomføring.
Trykkutjevningens ventil stenges.
Ters opereres moturs av ROVen.
- Fjerne karabinkrok fra ROV.

9.5 Utføre korrektivt vedlikehold over pluggen.

- Demontere ventil innenfor plugg, som nå er satt.
- Sikre plugg fra innsiden av seksjon, med wire/line.
- Utføre korrektivt vedlikehold på ventilen til skroggjennomføringen.
- Fjerne sikring innvendig på plugg for å kunne stenge ventilen som er reparert.
- ROV må åpne trykkutjevningsventil på plugg.
- Lekkasjetest.

9.6 Fjerne pluggen fra skroggjennomføring.

- Sikre plugg til ROV.
- Trykkutjevningsventilen åpnes.
- Tersen opereres medurs av ROVen.
- Pluggen er nå løs og kan fjernes.

9.7 Konservere pluggen.

- Eventuelt å konservere komponentene ved for eksempel rengjøring i ferskvann og overflatebehandling.

Kapittel 10. Sikkerhetsvurderinger ved operasjonen.

10.1 Beregningsgrunnlag.

Lensepumpekapasitet:	$43 \text{ m}^3 / \text{h} = 11,9 \text{ l/s}$
Ballastpumpekapasitet:	$400 \text{ m}^3 / \text{h} = 111,1 \text{ l/s}$
Diameter i hullet for tersgjennomføring:	21 mm
Diameter i hullet for trykkutjevning:	10 mm
Egenvekt for sjøvann:	$\rho = 1025 \text{ kg / m}^3$

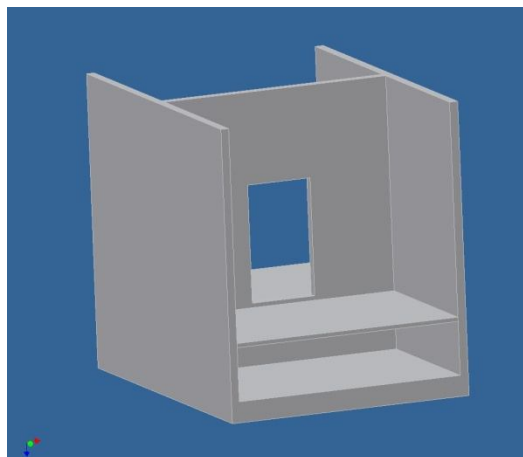
Antagelser:

Diameter innvendig skroggjennomføring:	250 mm
Seksjonens l x b x h:	10 m · 7 m · 4,4 m

Utstyr opptar 20 % av volumet i seksjonen.

Dørk 1 m over bunn, døren fungerer og personalet kan evakueres med vann 1 m over dørk, totalt 2 m over bunn.

Dybde til skroggjennomføring maks: 14 m



Figur 26. Eksempel på rominndeling med dørk.

10.2 Beregninger av lekkasjerater og rømmingstid.

Total nødlensekapasitet:

$$Q_{\text{Nød.lens.maks}} = 43 \text{ m}^3 / \text{h} + 400 \text{ m}^3 / \text{h} = \underline{443 \text{ m}^3 / \text{h}} = \underline{123,11 / \text{s}}$$

Tverrsnittsareal innvendig skroggjennomføring:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,250 \text{ m})^2}{4} = \underline{0,049 \text{ m}^2}$$

Tverrsnittsareal i hull for tersgjennomføring:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,021 \text{ m})^2}{4} = \underline{0,000346 \text{ m}^2}$$

Tverrsnittsareal i hull for trykkutjevning:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,01 \text{ m})^2}{4} = \underline{0,000079 \text{ m}^2}$$

Totalt volum i seksjonen:

$$V_{\text{Tot}} = 10 \text{ m} \cdot 7 \text{ m} \cdot 4,4 \text{ m} = \underline{308 \text{ m}^3}$$

Nettovolum i seksjonen:

$$V_{\text{Netto}} = 308 \text{ m}^3 \cdot 0,8 = \underline{246,4 \text{ m}^3}$$

Strømningshastighet i skroggjennomføring:

Bernoullis ligning:

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gh_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gh_2$$

Dette gir strømningshastighet:

$$v_2 = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 14 \text{ m}} = \underline{16,6 \text{ m/s}}$$

Lekkasjerate i skroggjennomføring ved full åpning:

$$Q = v \cdot A = 16,6 \text{ m/s} \cdot 0,046 \text{ m}^2 = 0,813 \text{ m}^3 / \text{s} = \underline{813,4 \text{ l/s}}$$

Lekkasje i hull i tersgjennomføring ved full åpning:

$$Q = v \cdot A = 16,6 \text{ m/s} \cdot 0,000346 \text{ m}^2 = 0,00574 \text{ m}^3/\text{s} = \underline{5,74 \text{ l/s}}$$

Lekkasje i hull i trykkutjevning ved full åpning:

$$Q = v \cdot A = 16,6 \text{ m/s} \cdot 0,000079 \text{ m}^2 = 0,0013 \text{ m}^3/\text{s} = \underline{1,3 \text{ l/s}}$$

Nettolekkasje ved nødpumping:

$$813 \text{ l/s} - 123 \text{ l/s} = \underline{690 \text{ l/s}} = \underline{0,69 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Rømningstid for personell ved full lekkasje:

$$\Delta h = \frac{Q}{A \cdot 0,8} = \frac{0,69 \text{ m}^3/\text{s}}{(10 \text{ m} \cdot 7 \text{ m}) \cdot 0,8} = \underline{0,0123 \text{ m/s}}$$

$$t = \frac{h}{\Delta h} = \frac{2 \text{ m}}{0,0123 \text{ m/s}} = 162 \text{ sek} = \underline{2 \text{ min } 42 \text{ sek}}$$

Fyllingstid for hele seksjon ved full åpning i skroggjennomføring:

$$\frac{246,4 \text{ m}^3}{0,69 \text{ m}^3/\text{s}} = 357 \text{ sek} = \underline{6 \text{ min } 23 \text{ sek}}$$

Oppdriftstap pr seksjon ved full lekkasje:

$$\rho \cdot V = 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 246,4 \text{ m}^3 = 252560 \text{ kg} \approx \underline{253 \text{ tonn}}$$

10.3 Vurdering av konsekvensene ved svikt i kommunikasjon.

Kommunikasjon mellom de utførende parter er veldig viktig i en slik operasjon. Det kan få alvorlige følger for personell, miljø og utstyr om kommunikasjonen svikter. Det kan oppstå full lekkasje og flyteriggen kan i verste fall synke til bunns.

Hendelse: Korrektivt vedlikehold starter før pluggen er ferdig satt.

Konsekvens: Lekkasje vil oppstå, men ingen alvorlig hendelse da det er mye større lensekapasitet og lekkasjen kan stanses.

Tiltak: Bekreftelse på at plugg er satt og ROV frakoblet.

Hendelse: Trykkutjevningsventil blir åpnet før korrektivt vedlikehold er fullført.

Konsekvens: Får 10 mm åpning mellom sjø og seksjon. Lekkasje vil oppstå, men ingen alvorlig hendelse da det er mye større lensekapasitet og trykkutjevningsventilen kan stenges.

Tiltak: Bekreftelse på at vedlikehold er utført før ROV-operasjonen starter.

Hendelse: Pluggen kolliderer med demontert utstyr i seksjonen.

Konsekvens: Full åpning i skroggjennomføring inn mot seksjonen. Akutt fare for personell, ødeleggelse av utstyr og mulig fare for krenning.

Tiltak: Pluggen må dimensjoneres med god margin mot mulige påvirkninger.

Hendelse: Pluggen blir fjernet og det er demontert utstyr inne i seksjonen.

Konsekvens: Usikkerhet om ROV-manipulator kan overvinne kreftene fra differansetrykket over pluggen. Det vil i så fall bli full åpning i skroggjennomføring inn mot seksjonen. Akutt fare for personell, ødeleggelse av utstyr og mulig fare for krenning.

Tiltak: Bekreftelse på fullført korrektivt vedlikehold før ROV-operasjonen starter.

10.4 Vurdering av konsekvensene ved feil på plugg.

Pluggen må konstrueres med sikkerhetsfaktorer som gjør at det går an å stole på den selv om den skulle få en del "juling" under setting og fjerning.

Hendelse: Defekt ytre tetning.

Konsekvens: Ingen. Pluggen har dobbel tetning.

Tiltak: Ingen.

Hendelse: Defekt indre tetning.

Konsekvens: Ingen. Pluggen har dobbel tetning.

Tiltak: Ingen.

Hendelse: Defekte indre og ytre tetninger.

Konsekvens: Moderat lekkasje. Stålplatene vil i stor grad redusere lekkasjen. Lekkasje vil oppstå, men ingen alvorlig hendelse da lensekapasiteten er mye større og operasjonen kan fullføres.

Tiltak: Manuell overvåkning av lekkasjen.

Hendelse: Brudd i tersebolt, utenfor plugg, etter setting.

Konsekvens: Siden den er gjenget i mutter på utsiden av pluggen vil pluggen bli stående urørt. Vi vil ikke få en lekkasje gjennom gjengene i mutteren. Problemet blir eventuelt å fjerne den, på grunn av friksjonskreftene mellom indre tetning og skroggjennomføring etter trykkutligning er gjennomført.

Tiltak: Tilstrekkelig dimensjonering av tersebolt.

Hendelse: Brudd i tersebolt, innvendig i plugg, under setting med ROV.

Konsekvens: Operasjonen må stanses.

Tiltak: Tilstrekkelig dimensjonering av tersebolt.

Hendelse: ROV mister pluggen før den er satt.

Konsekvens: Operasjonen må stanses.

Tiltak: Pluggen må sikres til ROV inntil den er satt.

10.5 Vurdering av konsekvensene ved feil på ramme med sugekopper.

Feil på rammen med sugekopper får ingen direkte innvirkning på om det oppstår en lekkasje eller ei. Den er kun til hjelp for å stabilisere ROVen slik at det går an å utføre operasjonen over et bedre værvindu.

Hendelse: Rammen eller rammens innfestninger overbelastes.

Konsekvens: Avhengig av tidspunkt i operasjonen. På et tidlig tidspunkt, før pluggen er satt, må operasjonen avbrytes. Rammen må repareres og eventuelt modifiseres, eller en kan vente på bedre vær. På et senere tidspunkt, etter at pluggen er satt, kan operasjonen fullføres da alle ROVens funksjoner er inntakt.

Tiltak: Tilstrekkelig værvindu før operasjonen, kompetent ROV-personell, egnet ROV og nødvendig utstyr og personell.

Hendelse: Defekt sugekopp.

Konsekvens: Avhengig av tidspunkt i operasjonen. På et tidlig tidspunkt, før pluggen er satt, må operasjonen, avhengig av været, avbrytes og sugekoppen erstattes. På et senere tidspunkt, etter at pluggen er satt, kan operasjonen fullføres da alle ROVens funksjoner er inntakt.

Tiltak: Sugekopp i reserve.

Hendelse: Feil på pumpearrangement.

Konsekvens: Avhengig av tidspunkt i operasjonen. På et tidlig tidspunkt, før pluggen er satt, må operasjonen, avhengig av været, avbrytes og pumpearrangementet må repareres og eventuelt modifiseres. På et senere tidspunkt, etter at pluggen er satt, kan operasjonen fullføres da alle ROVens funksjoner er inntakt.

Tiltak: Nødvendige deler i reserve.

Kapittel 11. Konklusjon.

Løsningen en har kommet fram til tilfredsstillende kravene som ble satt. Pluggen har standard komponenter og er dermed rimelig å produsere. Den har en enkel og funksjonssikker mekanikk, samt en sikker konstruksjon med høy sikkerhetsfaktor. Pluggen kan eventuelt etterbehandles etter bruk om en ønsker å konservere den.

Pluggen er beregnet og tegnet for produksjon. Den er konstruert for en spesifikk dimensjon, pluggen kan om ønsket produseres i andre dimensjoner.

Om pluggen blir produsert og brukt, vil den spare eier av flyterigg/skip for avbrudd i oppdraget. Sparepotensialet for pluggen er dermed stort.

Oppgaven har gitt et godt innblikk i hvordan hverdagen til en ingeniør er, med innhenting av opplysninger, beregninger, tegning og dokumentering av arbeidet.

Kapittel 12. Kildehenvisning.

12.1 Litteratur:

- [1] Dahlvig, Christensen, Strømsnes. *Konstruksjonselementer*, Gyldendal, Oslo, 2000
- [2] Pedersen, Gustavsen, Kaasa, Olsen. *Teknisk formelsamling*, Universitetsforlaget, Oslo, 2005
- [3] Lindaas, Jens Christian. *Kompendium i undervannsteknologi*, Høgskolen Stord/Haugesund, ingeniørutdanningen, 2002
- [4] Mc Crum, Buckley and Bucknall. *Principles of Polymer Engineering*. Oxford University Press, Oxford, 1994.

12.2 Internett:

- [20] Teknisk håndbok: www.motek.no
- [21] Ordliste: www.safetec.no
- [22] Oppslagsverk: www.norskstaal.no
- [23] Dimensjonstabell, rør: www.sandvold.no
- [24] Oppslagsside, Teflon: www.otto-olsen.no
- [25] MatWeb, materialeegenskaper: www.matweb.com
- [26] Wikipedia, oppslagsverk: www.wikipedia.no

12.3 Bedrifter/personer:

- [30] Cliff Olaussen, Acergy Norway AS, tlf 915 11 022: www.acergy-group.com
- [31] Dahl Brødrene as, Odd Einar, tlf 52 70 87 20.
- [32] Det Norske Veritas, Ole Johan Harnes: www.dnv.no
- [33] Flygt pumpeleverandør: www.flygt.no
- [34] Kvina Offshore Services as, Rune Ingebriktsen: www.kosas.no
- [35] Oceaneering, Kjell Arvid Rambjørg: www.oceaneering.com
- [36] Sauer Danfoss, Tor Erik: www.sauer-danfoss.no
- [36] Servi Industriteknikk, Rolf Andersskog, tlf 64 97 97 83.
- [37] Vulkan Smith, Rune, tlf 67 80 62 00: www.vulkansmith.no
- [38] Stave Maskin, Tom Holte: www.stavemaskin.com

12.4 Dokumenter:

- [40] DNV, *Rules for planning and execution of Marine Operations*, 2000.

Kapittel 13. Ordliste.

- [A] Cage: "Garasje" som enkelte ROV-typer må ha for sjøsetting
- [B] DNV: Det Norske Veritas.
- [C] Drainplugg: Mekanisk plugg for midlertidig tetning av rør.
- [D] Fiskehale: Håndtak utviklet for ROV
- [E] "HAZID: (HAZard IDentification) er en overordnet og systematisk vurdering av et anlegg, et system eller en operasjon for å identifisere potensielle farer. Verktøyet benyttes særlig som innledende aktivitet i tilknytning til risikovurderinger." [21]
- [F] "HAZOP:(HAZard & OPerability analysis) er en anerkjent og vel utprøvd metode for å identifisere sikkerhetsmessige og operasjonelle problemer relatert til design, drift og vedlikehold av et system. HAZOP-metoden er en formell og objektiv gjennomgang, der en gruppe vurderer de ulike delene av systemet opp mot predefinerte ledeord. Dette sikrer en systematisk evaluering for å identifisere potensielle problemer/farekilder." [21]
- [G] Manipulertorklo: Manipulatorens gripemekanisme.
- [H] NORSOK: Norsk Sokkel Konkurransesposisjon
- [I] Plaskesone: Den del av vannet som blir påvirket av krefter fra bølger.
- [J] ROV: Remotely Operated Vehicle (Fjernstyrt undervannsfarkost)
- [K] ROVens Thrustere: ROVens fremdrifts propeller.
- [L] ROV manipulator: Robotarm montert på ROV.
- [M] SJA: Sikker Jobb Analyse.(Møte med de involverte parter).
- [N] Toolbox talk: Siste gjennomgang av arbeidsoppgavene for det utførende personell på arbeidsstedet.
- [O] Umbilical: Kabel for hydraulisk eller elektrisk kraft og styresignaler.
- [P] Værvindu: En bestemt tidshorisont med ønsket vær. For eksempel maks 1m bølgehøyde i 5 timer.
- [Q] Westcon: West Contractors AS

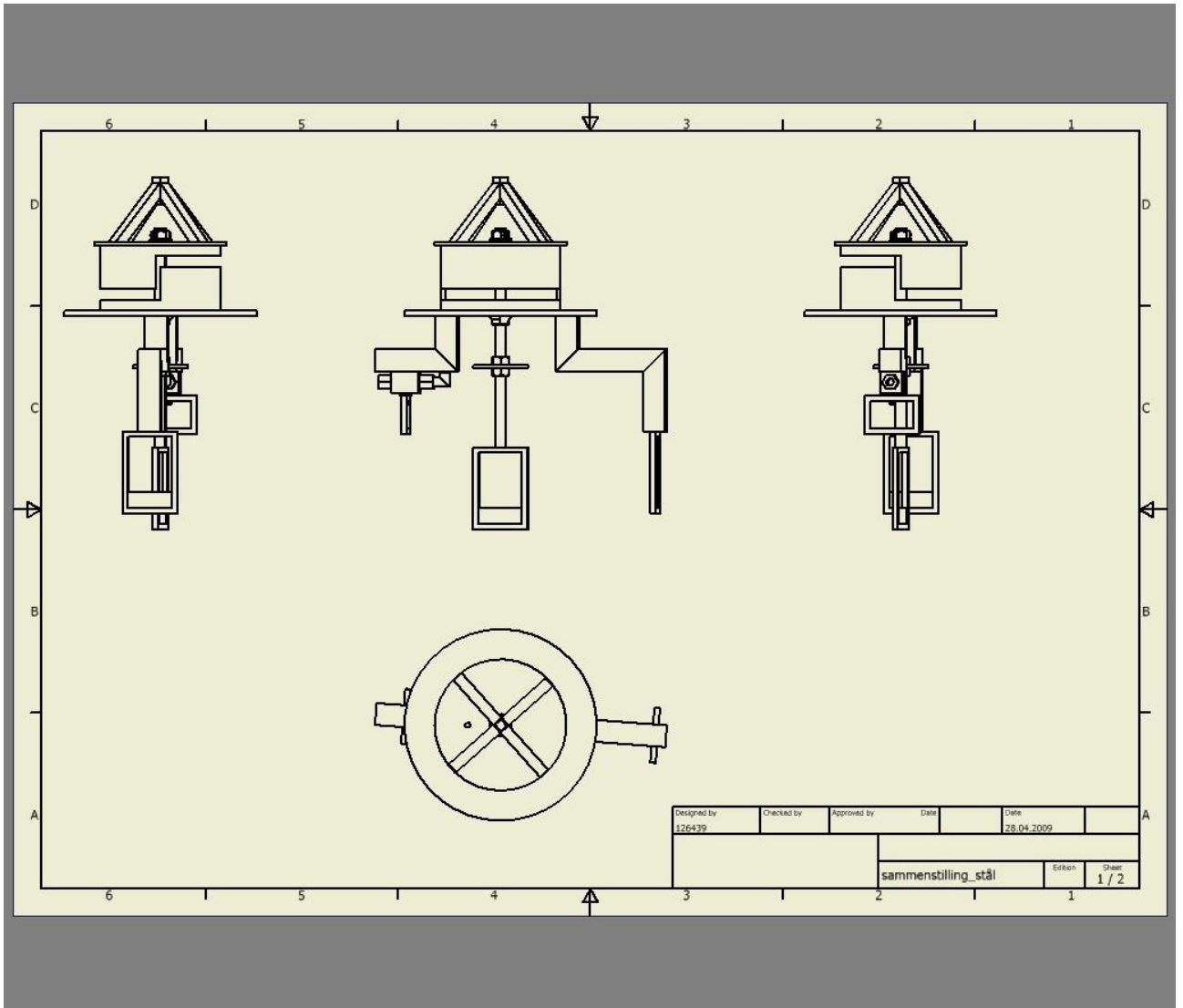
Kapittel 14. Definisjoner.

- [a] Barriere – Fysisk hinder.
- [b] Tetning – Oppnå ingen/ubetydelig åpning mellom to flater.
- [c] Pakning – Materiale egnet for å oppnå tetning.
- [d] Ters – Gjennomgående bolt med tilhørende komponenter konstruert for å endre pluggens geometri.
- [e] Prosjekt – Alle arbeidsoppgavene fra planlegging starter til jobben er fullført.
- [f] Montere/demontere – Sette sammen/ta fra hverandre deler i en sammenstilling.
- [g] Sette/fjerne – Gjøre bruk av en sammenstilling.
- [h] Operasjon – Vi har valgt å bruke operasjon om selve utførelsen av jobben offshore.

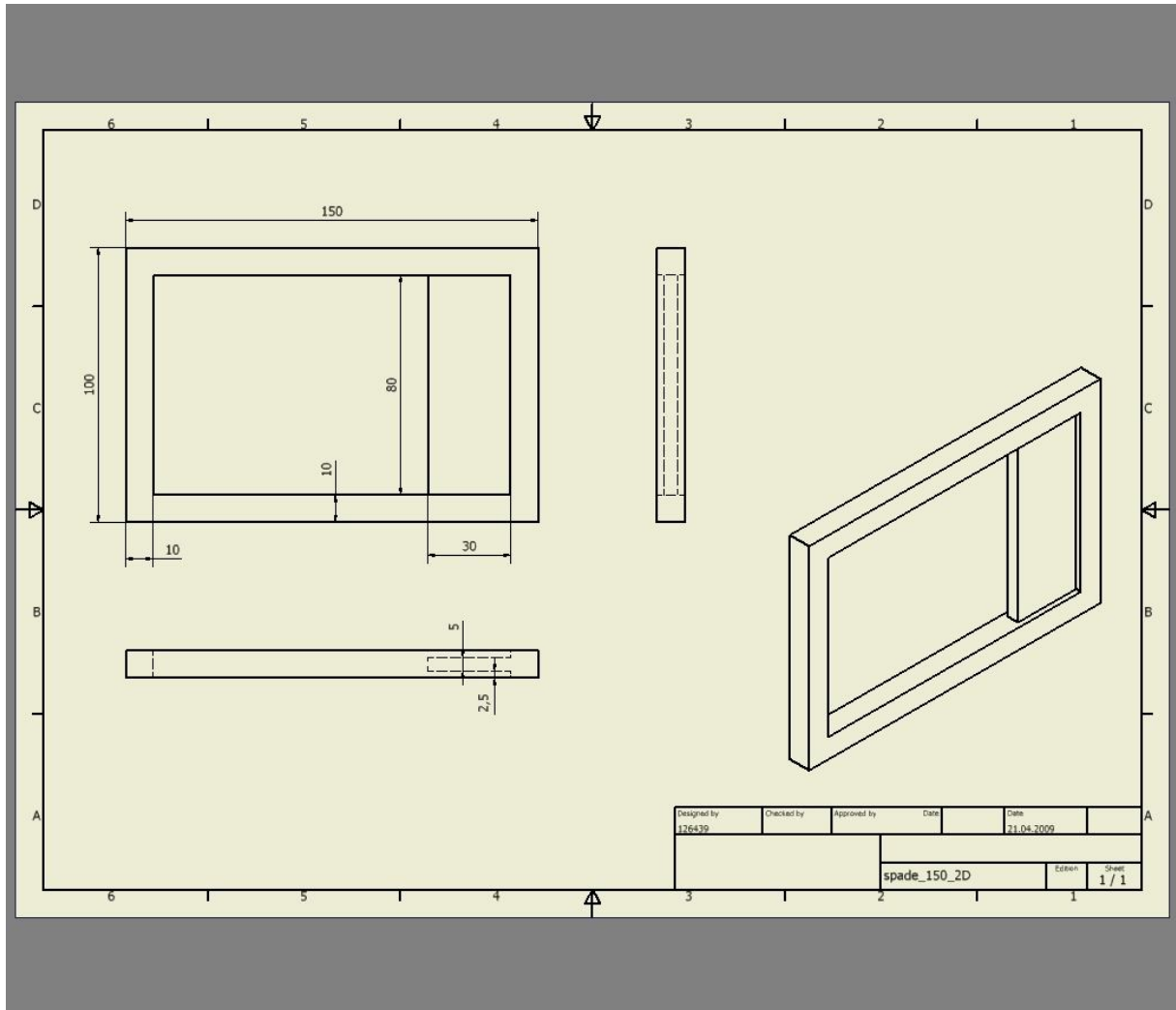
Kapittel 15. Vedleggsliste.

Vedlegg 1	Eksempel på fremdriftsplan for operasjonen
Vedlegg 2.1	2-D tegning av sammenstilling
Vedlegg 2.2	2-D tegning av ROV-håndtak
Vedlegg 2.3	2-D tegning av ters
Vedlegg 2.4	2-D tegning av støttevegg
Vedlegg 2.5	2-D tegning av styring
Vedlegg 2.6	2-D tegning av bunnplate
Vedlegg 2.7	2-D tegning av topplate
Vedlegg 2.8	2-D tegning av gummimuffe
Vedlegg 2.9	2-D tegning av gummipakning
Vedlegg 3	Stykkliste
Vedlegg 4	Materialspec. 8.8 bolt
Vedlegg 5	Materialspec. konstruksjonsstål
Vedlegg 6	Dimensjonstabell for rør
Vedlegg 7	Spesifikasjon VS-sugekopp
Vedlegg 8	Ansysberegninger tersebolt
Vedlegg 9	Ansysberegninger plugg sammenstilling
Vedlegg10	Datablad for hydraulikkmotor
Vedlegg11	Datablad for pumpe
Vedlegg12	Mekaniske terser
Vedlegg13	Tegning av ROV (Hydra Magnum 120)
Vedlegg14	Informasjon om teflon

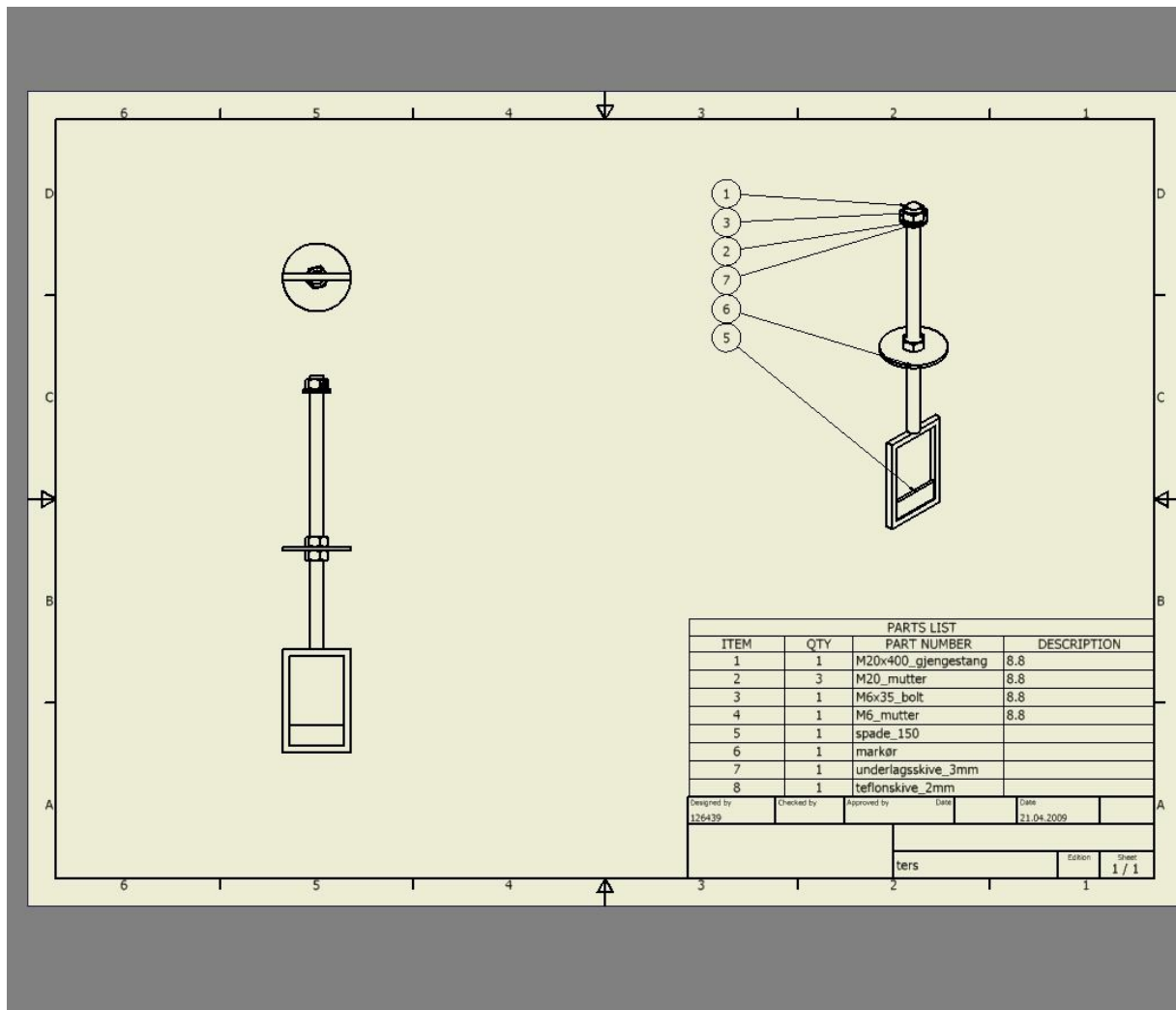
Vedlegg 2.1 2-D tegning av sammenstilling



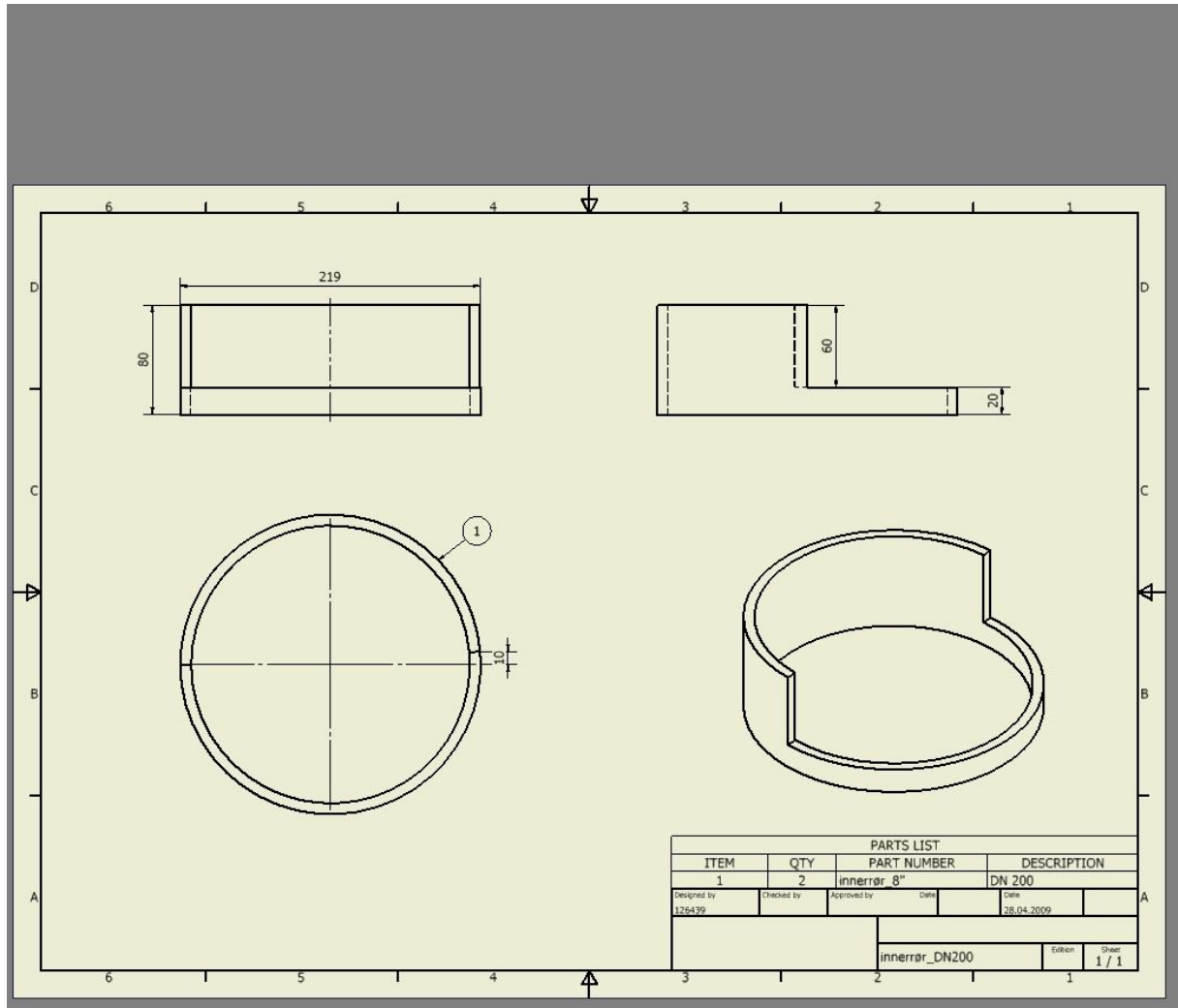
Vedlegg 2.2 2-D tegning av ROV-håndtak



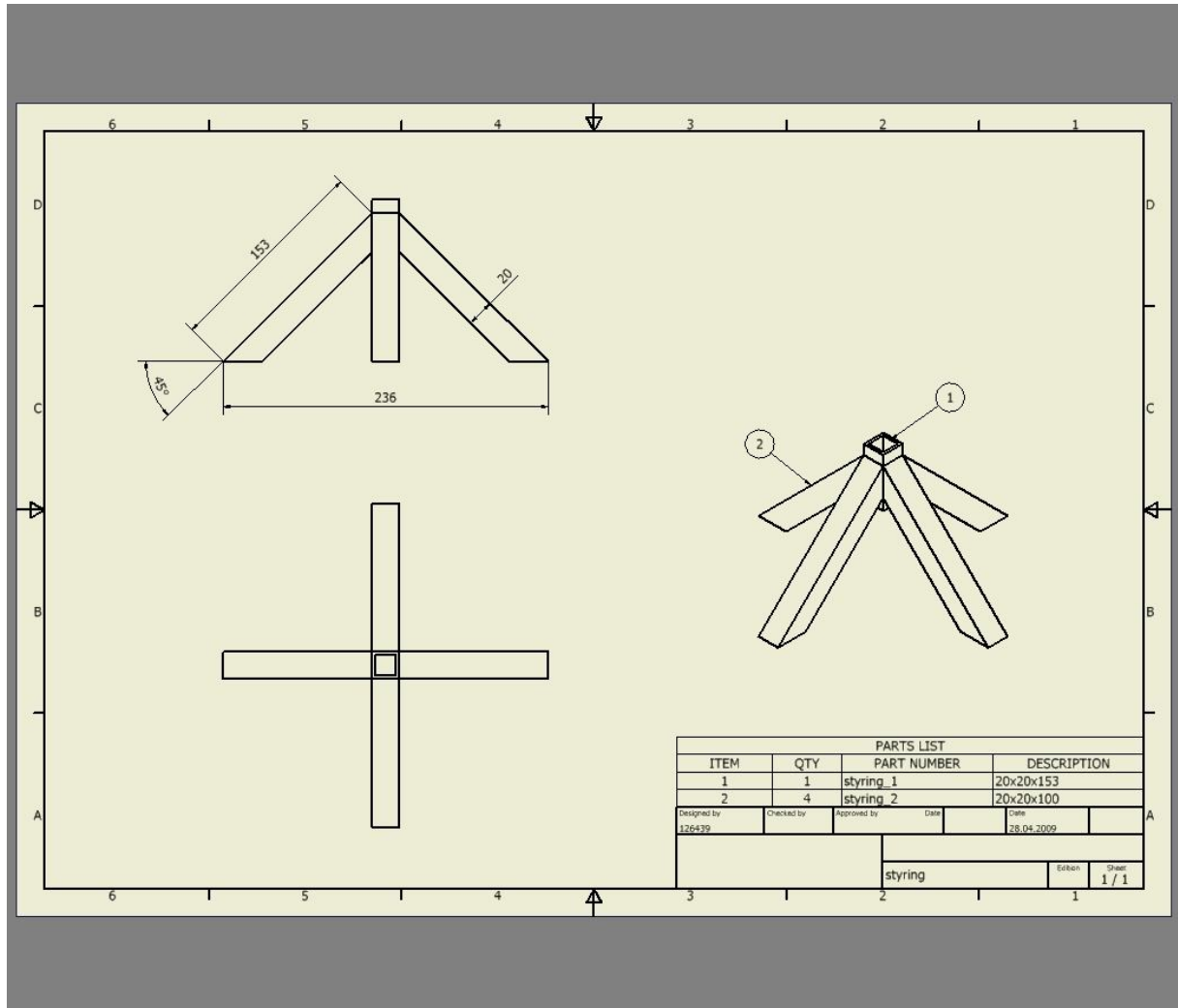
Vedlegg 2.3 2-D tegning av ters



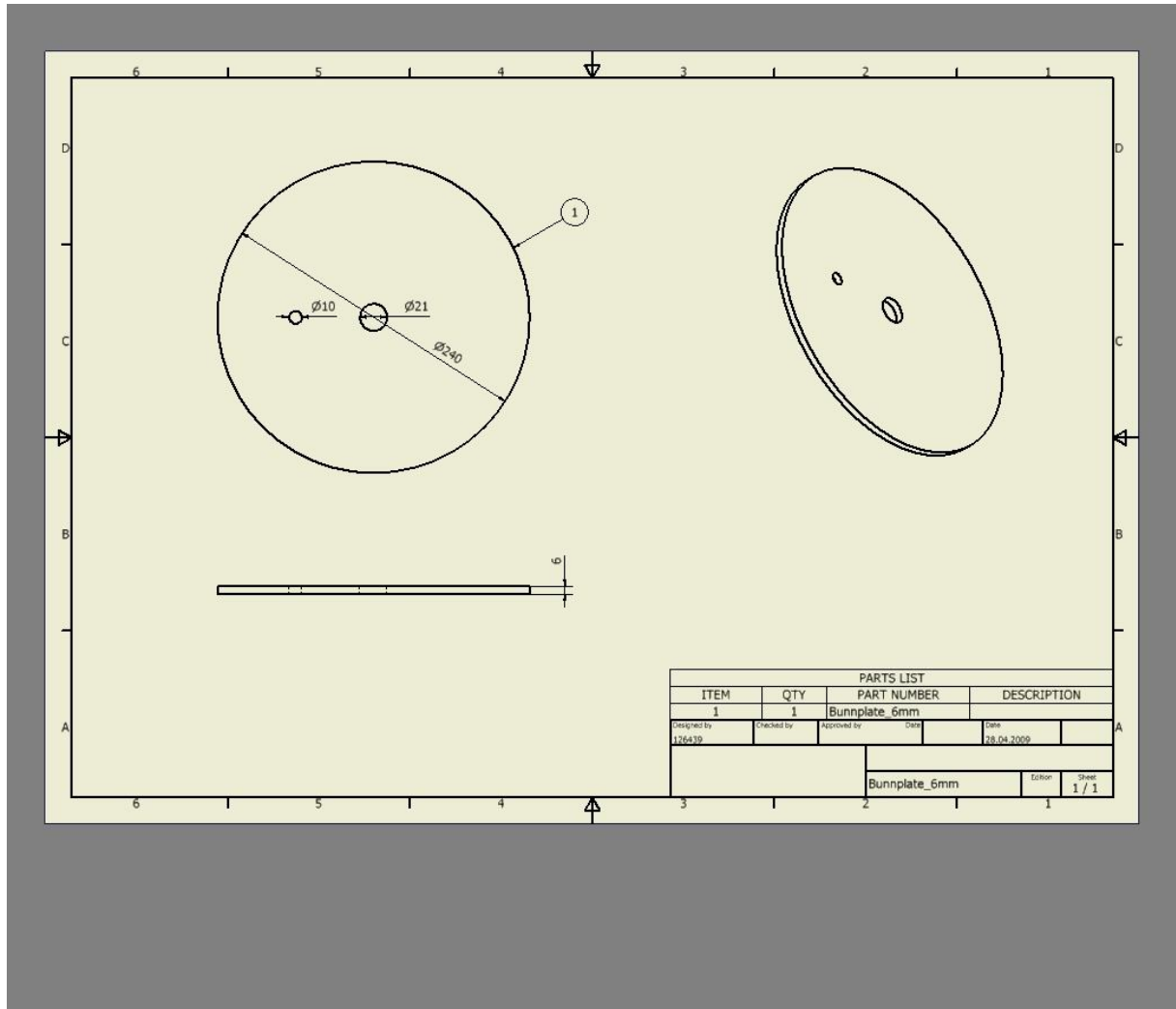
Vedlegg 2.4 2-D tegning av støttevegg



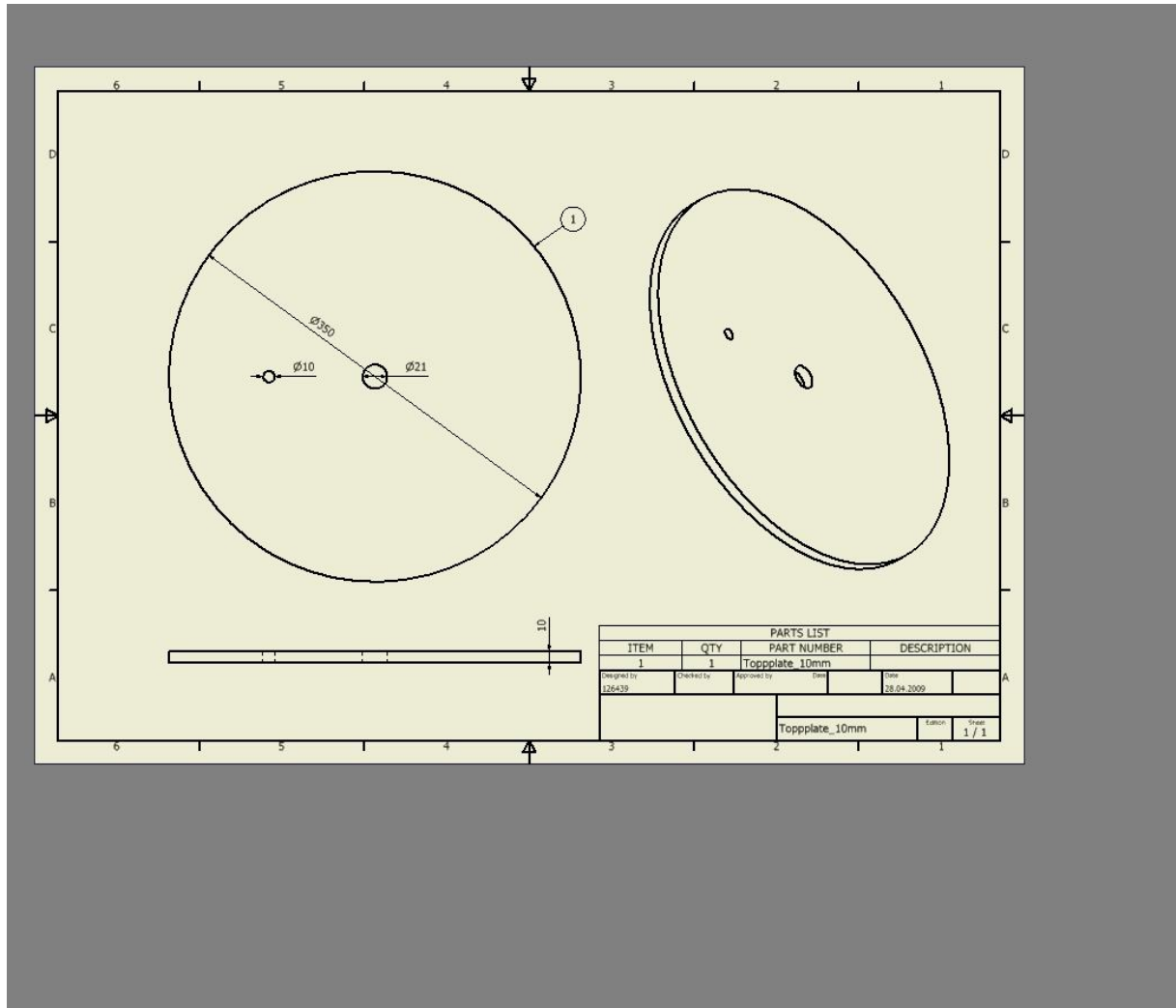
Vedlegg 2.5 2-D tegning av styring



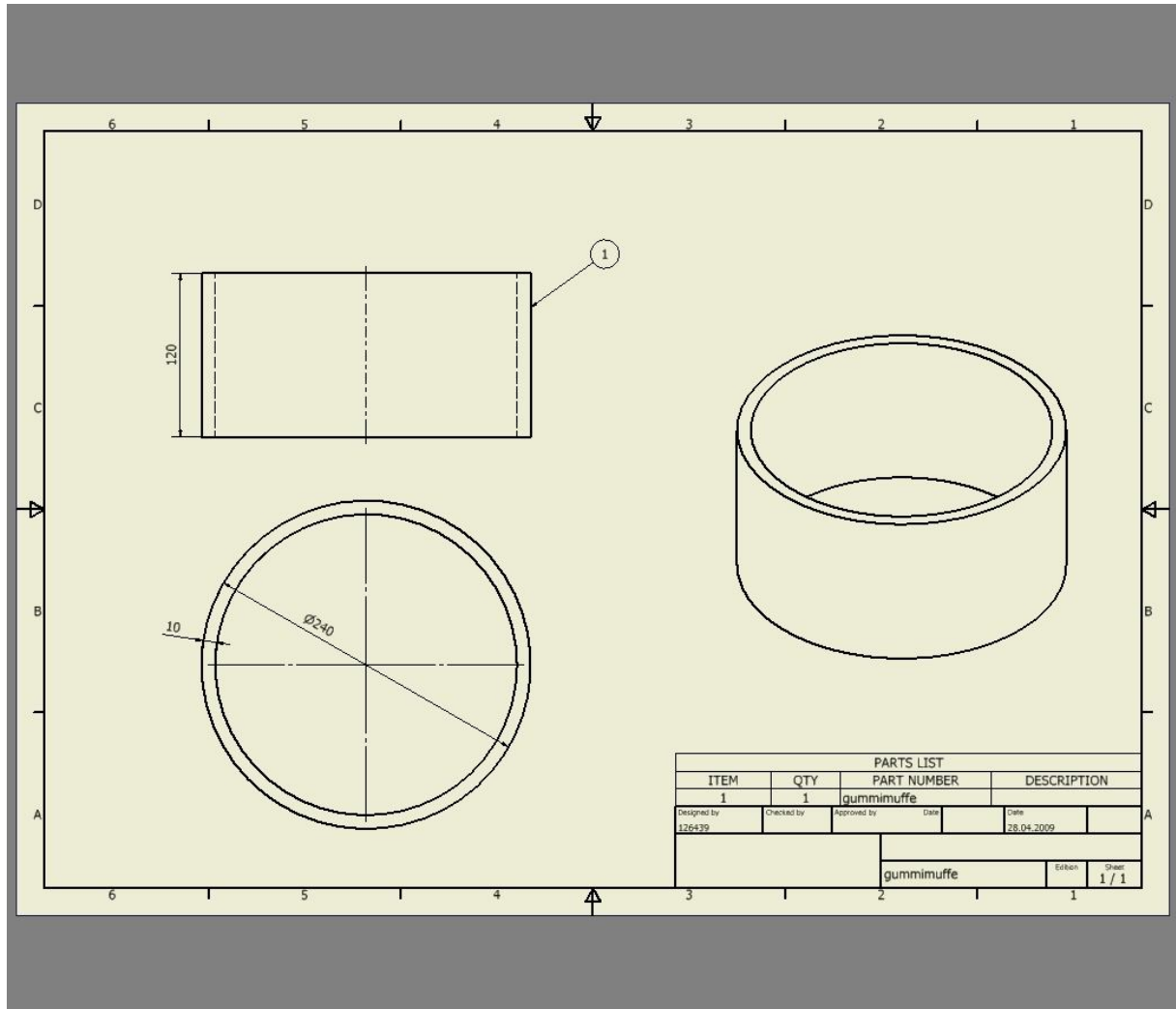
Vedlegg 2.6 2-D tegning av bunnplate



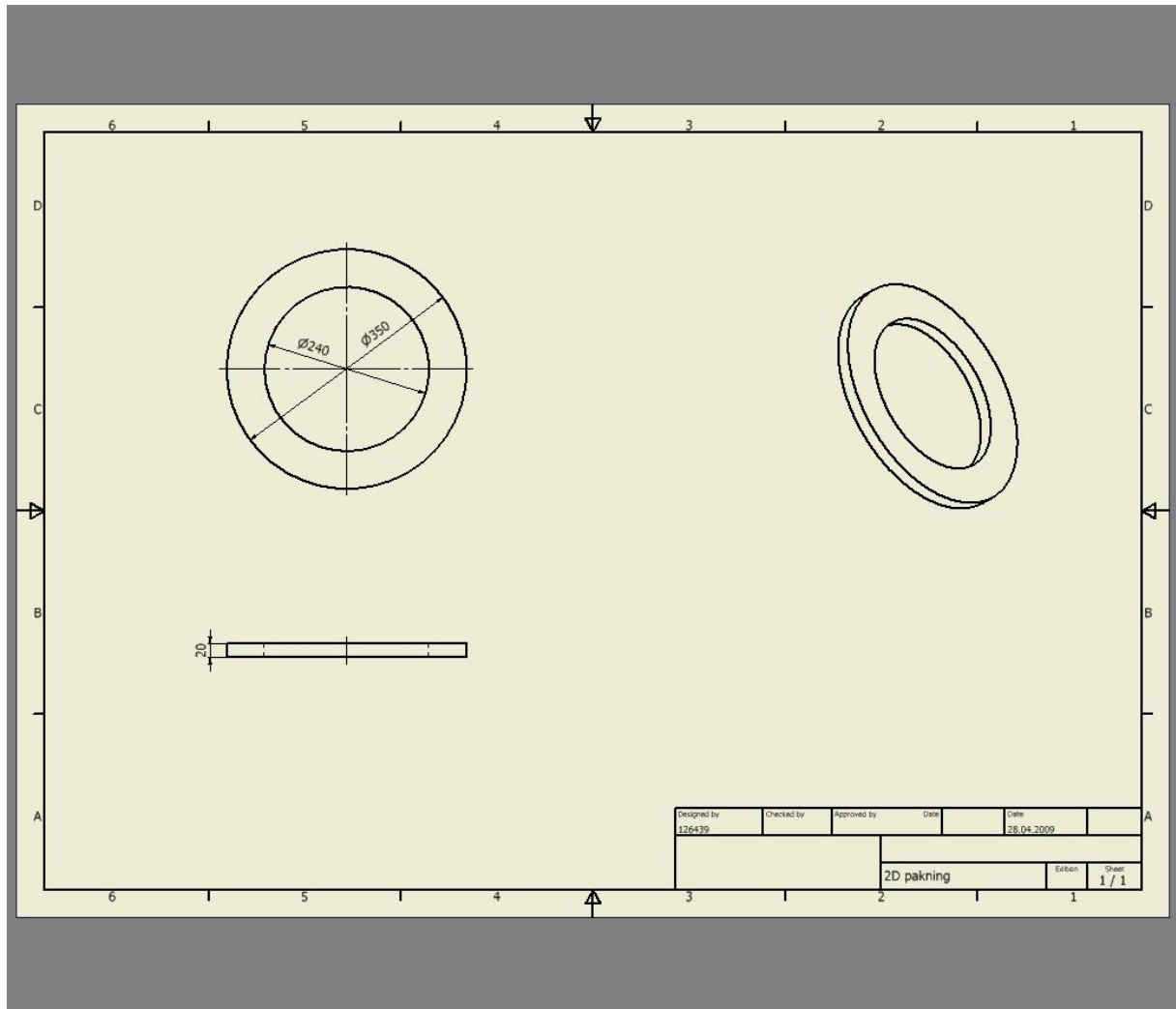
Vedlegg 2.7 2-D tegning av topplate



Vedlegg 2.8 2-D tegning av gumminuffe



Vedlegg 2.9 2-D tegning gummipakning



Vedlegg 3

Stykkliste

Delenavn	Material	Kvalitet	Spes.	Dim. millimeter	Antall
Tersebolt	Gjengestang	8.8	M20	400	1
Mutter	Stål	8.8	M20		4
Bolt	Stål	8.8	M6	35	1
Låse mutter	Stål	8.8	M6		1
Bunn plate	Stålplate	Konstruksjonsstål	6mm	Ø240	1
Topp plate	Stålplate	Konstruksjonsstål	10mm	Ø350	1
Markør	Stålplate	Konstruksjonsstål	5mm	Ø80	1
Innerrør	Stålrør		DN200	80	2
Gummimuffe	Gummislange	Min. naturgummi	F. eks Polyuretan	120xØ200xØ240	1
Pakning	Gummiplate	Min. naturgummi	F. eks polyuretan	20 Ø350	1
Underlagsskive	Stål		M20		1
Teflon skive	PTFE			3xØ30	1
Spade	Firkantstål		NS-EN 10 277	10x10	1,5m
Spade	Stålplate	Konstruksjonsstål	5mm	30x130	1
Styring	Stål firkantrør		NS-EN 10 305-5	2x20x20	1,10m
Trykk-utligningsrør	Stålrør		DN10	100	1
Kuleventil	Stål	Standard		3/8"R	1
Forlengere	Stål firkantrør		NS-EN 10 219-1	3x40x40	0,7m

Maskingångor

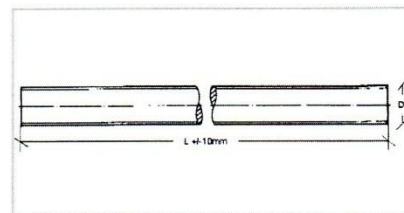
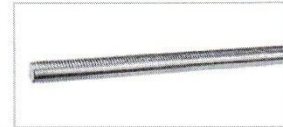
**Gjengestang, 8.8 kvalitet
Elforsinket og varmforsinket**

Skruer

Materiale:
8.8 kvalitet, elforsinket 3-5µm, for bruk i innemiljø
varmforsinket for bruk utendørs

Egenskaper:
- Fremstilt iht. DIN 976.

Merking:
Gul: 8.8 kvalitet = bruddgrense 800N/mm², flytegrense 640N/mm²



Dimensjon	Dimensjon (LxD) mm	Spenningsareal	Anbefalt strekk	Anbefalt skjær
M10	1000x10	58,0mm ²	37kN	18,5kN
M12	1000x12	84,3mm ²	54kN	27kN
M16	1000x16	157mm ²	100kN	50kN
M20	1000x20	245mm ²	160kN	80kN
M24	1000x24	353mm ²	230kN	115kN
M30	1000x30	561mm ²	372,8kN	186,4kN

Verdiene gjelder ved normal temperatur. Strekk-kraften er beregnet etter flytegrensen og skal ikke overskrides. For anbefalt skjærkraft brukes en tommelfingerregel som sier 0,5 av strekkgrensen.

Vedlegg 5

Materialspec. konstruksjonsstål

www.norskstaal.no

Stålplater DOMEX S355MCD - Laserplater - beiset/oljet

Beiset og lett oljet (Dekapert)

Koldformingsstål iflg. NS-EN 10 149-2

Ekstra formbare. Re min. 355N/mm²

Slagseighetstest ved -20 gr. C

[Toleranser og planhet iflg. NS-EN 10 051](#)

[Kontrollsertifikat iflg. NS-EN 10 204-3.1](#)

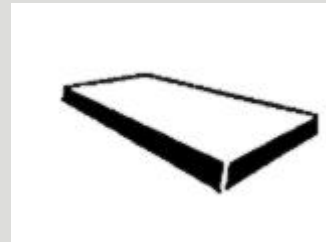
Leveres som løse plater eller i ubrutte konvolutter på ca 2000 kg i vannfast papir

MERKING: Kvalitet blekkmerket langsetter på en plateside.

Domex leveres med kaldformingsgaranti og med en overflate egnet for moderne skjæreteknikk (laser, plasma, vannjet ol.)

[Kjemiske egenskaper](#)

[Mekaniske egenskaper](#)



[Større bilde](#)

Vis pris

Submit

Vareliste	Varenr	Dimensjon	Kg/plate
Legg til	128020	2,00X1000X2000 MM BEIS/OLJE	32,00
Legg til	128022	2,00X1250X2500 MM BEIS/OLJE	50,00
Legg til	128025	2,50X1250X2500 MM BEIS/OLJE	62,50
Legg til	128030	3,00X1250X2500 MM BEIS/OLJE	75,00
Legg til	128035	3,00X1500X3000 MM BEIS/OLJE	108,00
Legg til	128040	4,00X1000X2000 MM BEIS/OLJE	64,00
Legg til	128045	4,00X1250X2500 MM BEIS/OLJE	100,00
Legg til	128046	4,00X1500X3000 MM BEIS/OLJE	144,00
Legg til	128048	5,00X1000X2000 MM BEIS/OLJE	80,00
Legg til	128050	5,00X1250X2500 MM BEIS/OLJE	125,00
Legg til	128055	5,00X1500X3000 MM BEIS/OLJE	180,00
Legg til	128058	6,00X1000X2000 MM BEIS/OLJE	96,00
Legg til	128062	6,00X1500X3000 MM BEIS/OLJE	216,00
Legg til	128078	8,00X1000X2000 MM BEIS/OLJE	128,00
Legg til	128082	8,00X1500X3000 MM BEIS/OLJE	288,00
Legg til	128092	10,00X1500X3000MM BEIS/OLJE	360,00
Legg til	128102	12,00X1500X3000MM BEIS/OLJE	432,00

Materialspec. Konstruksjonsstål

www.norskstaal.no

KVALITETSOVERSIKT

Betegnelse		Mekaniske verdier					
Kvalitet	Norm/ Standard	Min. Re N/mm ²	Rm N/mm ²	Min. A 5 %	Slagseighet		Øvrige kommentarer
					°C	J	
S235JR	EN 10 025	235	360-510	26	20	27	Ekstremt gode kaldformingsegenskaper
DOMEX 240YPB/D	DOMEX	240	360-510	28	+20/-20	27	
NVA	DNV	235	400-520	22	20	–	
NVE	DNV	235	400-520	22	-40	27	
R St. 37-2	DIN 17 100	235	340-470				
SS 1312	SS 141312	220	360-460				
A 36	ASTM	250	400-550				
S275J2	EN 10 025	275	410-560	21	-20	27	
P265 GH	EN 10 028-2	265	410-530	23	0	27	
SA 516 GR.60	ASME	220	415-515	–	–	–	
H II	DIN 17 155	265	410-530				
E295	EN 10 025	295	470-610	20	–	–	
SS1550	SS141550	270	490-610				
BS4360-43A	BS 4360	245	430-510				
SS 1412	SS 14 1412	260	430-530				
SS 1430	SS 14 1430	260	410-530				
SS 1432	SS 14 1432	260	410-530				
S355JO	EN 10 025	355	470-630	22	0	27	
S355J2	EN 10 025	355	470-630	22	-20	27	
S355N	EN 10 113-2	355	470-630	22	-20	40	
DOMEX 355 MCD/E	DOMEX (EN 10 149)	355	430-550	23	-20/-40	40/27	Ekstremt gode kaldformingsegenskaper
DOMEX 350W	DOMEX	350	min. 480	24	–	–	Tilsvarende Cor-Ten A
S355J2H	EN 10 219	355	470-630	22	-20	27	
S355NH	EN 10 210	355	470-630	22	-20	40	
386 P ARCTIC	RAEX	355	490-620	22	-60	40	
P 355 NL1	EN 10 028-3	355	490-630	22	-40	34	
P 355 NL2	EN 10 028-3	355	490-630	22	-50	30	

Vedlegg 6

Dimensjonstabell for rør

www.sandvold.no

Dimensjonstabell for rør etter DIN og ASTM						
Konvertering fra utv. mål i tommer og millimeter til DN-betegnelse						
DN	TOMMER	MED MER	DN i MM	ASTM	PLASTRØR	METRISK
			GLV RØR	AVVIK	HARD PVC	SS316
			STÅLRØR	FRA		
nominell	nominell		SYREFAST	DIN.		
dimensjon	dimensjon		utv. mål i m m.	utv. mål i m m.	utv. mål i m m.	utv. mål i m m.
	1/8"	3,17				
	3/16"	4,76				
DN 6	1/4"	6,35	13,5			
	5/16"	7,93				
DN 10	3/8"	9,52	17,2		16	
DN 15	1/2"	12,7	21,3		20	
DN 20	3/4"	19,05	26,9		25	
DN 25	1"	25,4	33,7		32	30
DN 32	1 1/4"	31,75	42,4		40	38
DN 40	1 1/2"	38,1	48,3		50	44,5
DN 50	2"	50,8	60,3		63	54
DN 65	2 1/2"	63,5	76,1	73,02	75	69
DN 80	3"	76,1	88,9		90	84
	3 1/2"	88,9				
DN 100	4"	101,6	114,3		110	104
DN 125	5"	127,0	139,7	141,3	140	129
DN 150	6"	152,4	168,3		160	154/156
DN 175	7"	177,8	193,7			
DN 200	8"	203,2	219,1		225	204/206
DN 250	10"	254,0	273,0			254/256
DN 300	12"	304,8	323,9			
DN 350	14"	355,6	355,6			
DN 400	16"	406,4	406,4			
DN 450	18"	457,2	457,0			
DN 500	20"	508,0	508,0			
DN 600	24"	609,6	610,0			
DN 700	28"	711,2	711,2			

Vedlegg 7 Spesifikasjon VS-sugekopp

www.vtec.dk



Used for handling rough and uneven surfaces and when used with ball joint option and level spring option can accommodate very unlevel and uneven surfaces.

Marble

Paving Slabs

Bricks

Rough Wood

Masonry

Model	Pad size (Φ)	Volume (cm ³)	Lifting Force(kg) -Perpendicular(↑)		
			-20kPa	-60kPa	-90kPa
VS35	Φ35	6	2.04	5.1	7.14
VS60	Φ60	20	6.12	15.3	2.44
VS100	Φ100	55	18.36	45.9	67.34
VS150	Φ150	125	38	97	138
VS200	Φ200	543	76.53	193.87	275.51
VS300	Φ300	1285	163.26	438.77	653.06
VS400	Φ400	2285	326	876	1300

Vedlegg 8

Ansymberegninger tersebolt



Figur 28. Tersebolt med to muttere for beregning.

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (mm, kg, N, °C, s, mV, mA)
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s

Ansymberegninger tersebolt

Geometry

TABLE 2
Model > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	H:\Inventor\tegn Hovedprosjekt\plugg\20mm.iam
Type	Inventor
Length Unit	Centimeters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Part Color
Bounding Box	
Length X	32,068 med mer
Length Y	36,95 med mer
Length Z	200, med mer
Properties	
Volume	65189 mm ³
Mass	0,51173 kg
Statistics	
Bodies	3
Active Bodies	3
Nodes	3806
Elements	1466
Preferences	
Import Solid Bodies	Yes
Import Surface Bodies	Yes
Import Line Bodies	Yes
Parameter Processing	Yes
Personal Parameter Key	DS
CAD Attribute Transfer	No
Named Selection Processing	No
Material Properties Transfer	No
CAD Associativity	Yes
Import Coordinate Systems	No
Reader Save Part File	No
Import Using Instances	Yes
Do Smart Update	No
Attach File Via Temp File	No
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

Ansymberegninger tersebolt

TABLE 3
Model > Geometry > Parts

Object Name	20mmstang:1	20mmutter:1	20mmutter:2
State	Meshed		
Graphics Properties			
Visible	Yes		
Transparency	1		
Definition			
Suppressed	No		
Material	Structural Steel		
Stiffness Behavior	Flexible		
Nonlinear Material Effects	Yes		
Bounding Box			
Length X	17, mm	32,068 mm	
Length Y	17, mm	36,95 mm	
Length Z	200, mm	15, mm	
Properties			
Volume	45396 mm ³	9896,6 mm ³	
Mass	0,35636 kg	7,7688e-002 kg	
Centroid X	3,9899e-008 mm	1,4204e-008 mm	
Centroid Y	1,8205e-016 mm	2,222e-015 mm	1,3642e-015 mm
Centroid Z	100, mm	177,5 mm	17,5 mm
Moment of Inertia Ip1	1176,5 kg·mm ²	8,4038 kg·mm ²	
Moment of Inertia Ip2	1176,5 kg·mm ²	8,4038 kg·mm ²	
Moment of Inertia Ip3	12,494 kg·mm ²	13,891 kg·mm ²	
Statistics			
Nodes	735	1535	1536
Elements	115	675	676

TABLE 9
Model > Static Structural > Loads

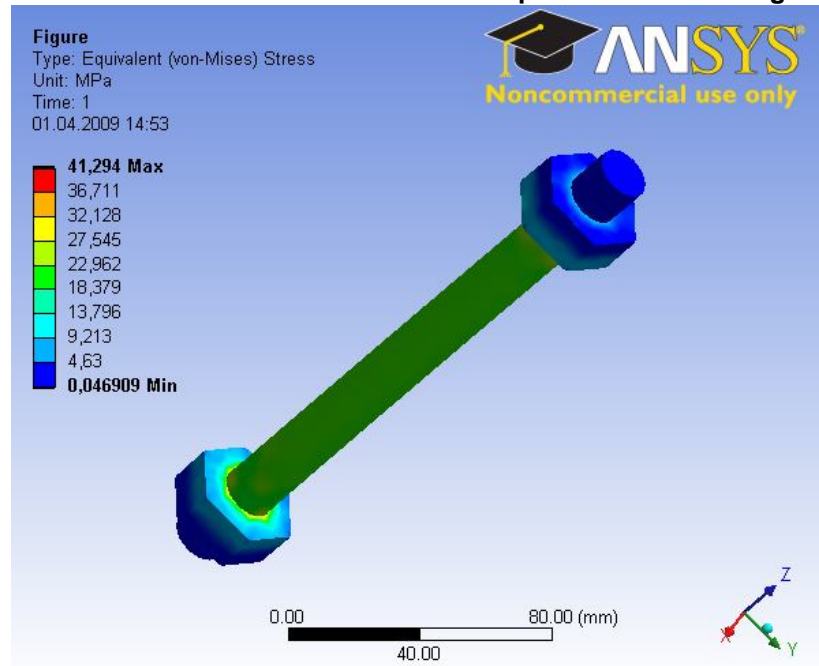
Object Name	<i>Force</i>	<i>Force 2</i>	<i>Fixed Support</i>	<i>Frictionless Support</i>	<i>Frictionless Support 2</i>
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Geometry	1 Face				
Definition					
Define By	Components				
Type	Force		Fixed Support	Frictionless Support	
X Component	0, N (ramped)				
Y Component	0, N (ramped)				
Z Component	5000, N (ramped)	-5000, N (ramped)			
Suppressed	No				

Ansysberegninger tersebolt

TABLE 12
Model > Static Structural > Solution > Results

Object Name	Total Deformation	Maximum Shear Elastic Strain	Equivalent Stress
State	Solved		
Scope			
Geometry	All Bodies		
Definition			
Type	Total Deformation	Maximum Shear Elastic Strain	Equivalent (von-Mises) Stress
Display Time	End Time		
Results			
Minimum	0, mm	3,4175e-007 mm/mm	4,6909e-002 MPa
Maximum	1,7226e-002 mm	2,9482e-004 mm/mm	41,294 MPa
Minimum Occurs On	20mmstang:1	20mmutter:1	
Maximum Occurs On	20mmutter:2	20mmutter:1	
Information			
Time	1, s		
Load Step	1		
Substep	1		
Iteration Number	1		

FIGURE 4
Model > Static Structural > Solution > Equivalent Stress > Figure



Figur 29. Ansys beregning av tersebolt, stress.

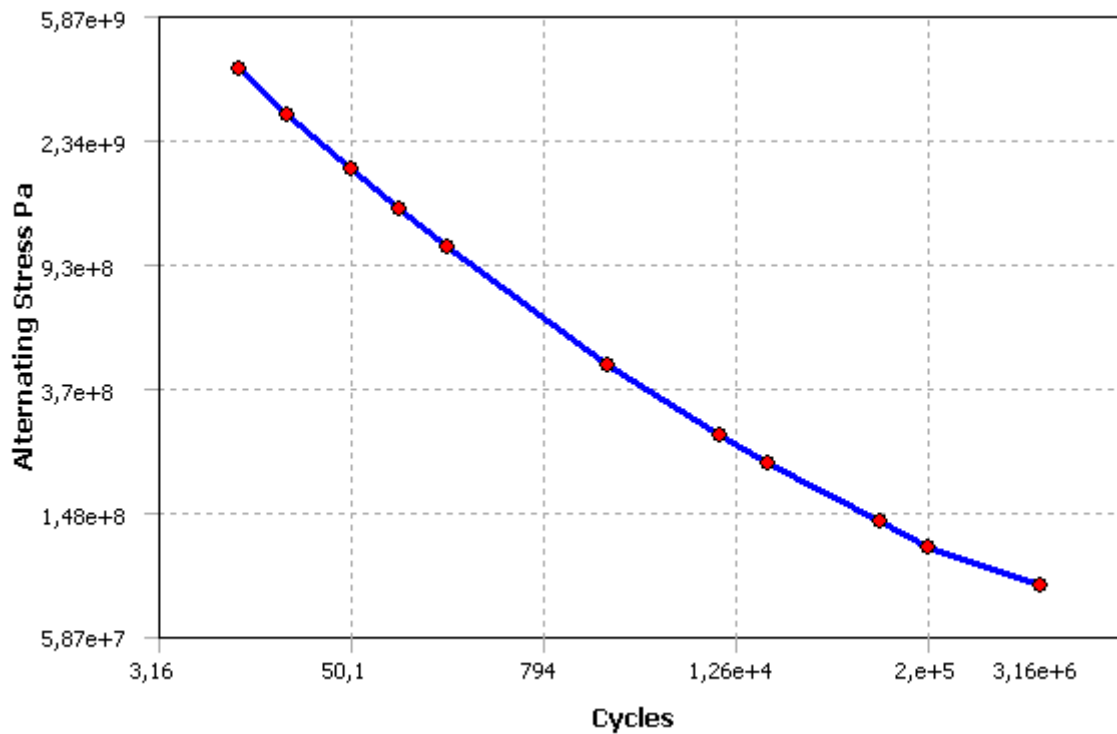
Ansymberegninger tersebolt

Structural Steel

TABLE 13
Structural Steel > Constants

Structural	
Young's Modulus	2,06e+005 MPa
Poisson's Ratio	0,3
Density	7,85e-006 kg/mm ³
Thermal Expansion	1,2e-005 1/°C
Tensile Yield Strength	250, MPa
Compressive Yield Strength	250, MPa
Tensile Ultimate Strength	460, MPa
Compressive Ultimate Strength	0, MPa
Thermal	
Thermal Conductivity	6,05e-002 W/mm·°C
Specific Heat	434, J/kg·°C
Electromagnetics	
Relative Permeability	10000
Resistivity	1,7e-004 Ohm·mm

FIGURE 5
Structural Steel > Alternating Stress

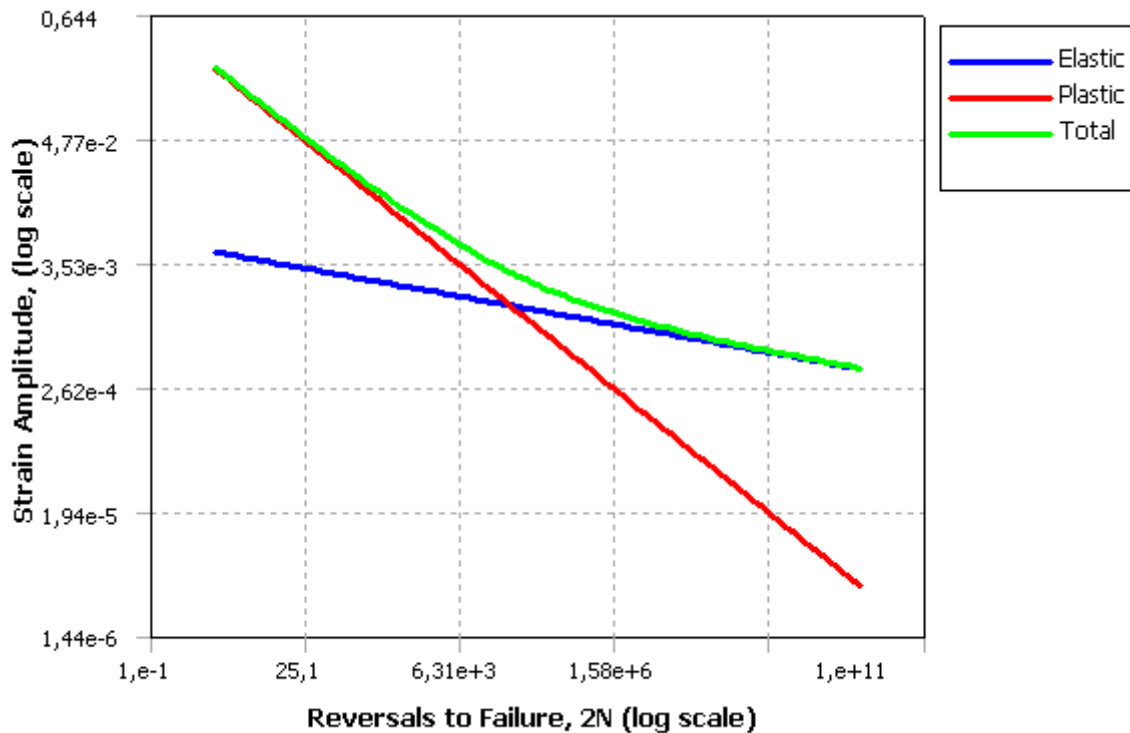


Ansymberegninger tersebolt

TABLE 16
Structural Steel > Alternating Stress > Alternating Stress vs. Cycles

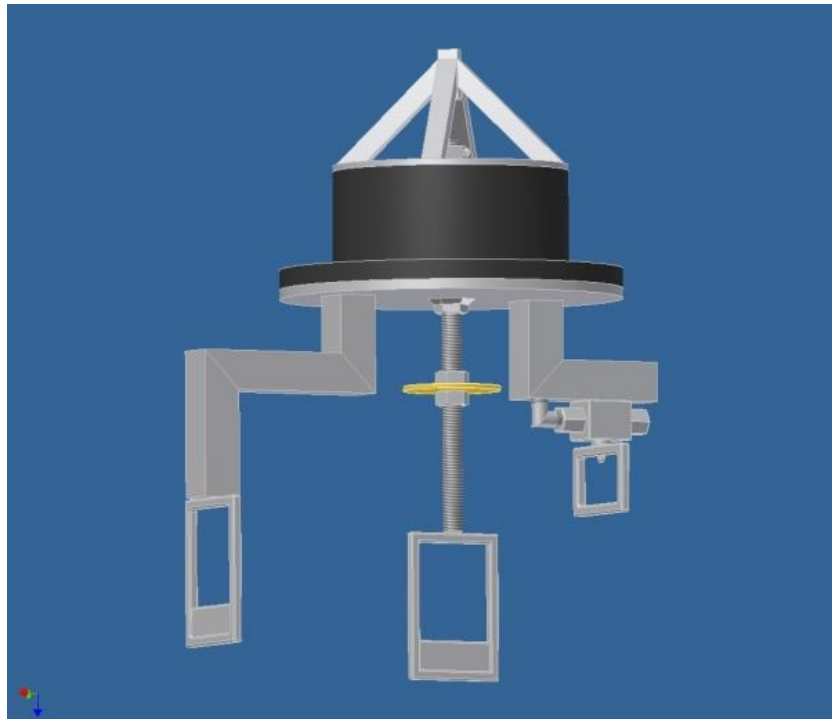
Cycles	Alternating Stress MPa
10,	3999,
20,	2827,
50,	1896,
100,	1413,
200,	1069,
2000,	441,
10000	262,
20000	214,
1,e+005	138,
2,e+005	114,
1,e+006	86,2

FIGURE 6
Structural Steel > Strain-Life Parameters



Vedlegg 9

Ansymberegninger plugg sammenstilling



Figur 30. Sammenstilling av plugg.

TABLE 2
Model > Geometry

Object Name	Geometry
State	Fully Defined
Definition	
Source	H:\Inventor\hovedprosjekt\ansystemgninger\sammenstilling_ansys.iam
Type	Inventor
Length Unit	Centimeters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Part Color
Bounding Box	
Length X	0,49449 m
Length Y	0,49449 m
Length Z	0,55 m
Properties	
Volume	4,2915e-003 m ³
Mass	33,688 kg
Statistics	
Bodies	26
Active Bodies	26
Nodes	29097
Elements	9203

--	--

TABLE 3
Model > Geometry > Parts

Object Name	20x400_stang:1	20mm_mutter:1	Bunnplate_6mm:1	innerrør_DN200:1	M6x35_bolt:1
State	Meshed				
Graphics Properties					
Visible	Yes				
Transparency	1				
Definition					
Suppressed	No				
Material	Structural Steel				
Stiffness Behavior	Flexible				
Nonlinear Material Effects	Yes				
Bounding Box					
Length X	2,e-002 m	3,0026e-002 m	0,33903 m	0,30951 m	2,7775e-002 m
Length Y	2,e-002 m	3,4641e-002 m	0,33903 m	0,30951 m	3,8953e-002 m
Length Z	0,4 m	1,6774e-002 m	6,e-003 m	8,e-002 m	1,2007e-002 m
Properties					
Volume	1,2511e-004 m ³	6,5275e-006 m ³	2,6888e-004 m ³	2,5929e-004 m ³	8,8029e-007 m ³
Mass	0,98207 kg	5,1241e-002 kg	2,1107 kg	2,0354 kg	6,9103e-003 kg
Centroid X	1,6163e-006 m	-1,0163e-005 m	6,8045e-005 m	2,8981e-002 m	1,7655e-003 m
Centroid Y	-1,5321e-006 m	-5,8495e-006 m	7,4781e-005 m	-2,889e-002 m	-2,5422e-003 m
Centroid Z	0,19937 m	0,38751 m	0,372 m	0,33528 m	0,38732 m
Moment of Inertia Ip1	1,2737e-002 kg·m ²	5,2635e-006 kg·m ²	7,6358e-003 kg·m ²	1,2072e-002 kg·m ²	1,0626e-006 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	1,2737e-002 kg·m ²	5,6135e-006 kg·m ²	7,6486e-003 kg·m ²	9,2976e-003 kg·m ²	3,1041e-008 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	4,7084e-005 kg·m ²	8,9562e-006 kg·m ²	1,5272e-002 kg·m ²	1,953e-002 kg·m ²	1,0626e-006 kg·m ²
Statistics					
Nodes	2274	1056	1723	782	1371
Elements	1085	432	228	293	630

TABLE 4
Model > Geometry > Parts

Object Name	M6_mutter: 1	underlagsskive_3mm :1	teflonskive_2mm :1	Toppplate_10mm :1	firkantrør_100: 1
State	Meshed				
Graphics Properties					
Visible	Yes				
Transparency	1				
Definition					
Suppressed	No				
Material	Structural Steel				
Stiffness Behavior	Flexible				
Nonlinear Material Effects	Yes				
Bounding Box					
Length X	1,2528e-002 m	4,e-002 m		0,49449 m	5,6544e-002 m
Length Y	1,0155e-002 m	4,e-002 m		0,49449 m	5,6544e-002 m
Length Z	1,2007e-002 m	3,e-003 m	2,e-003 m	1,e-002 m	0,1 m
Properties					
Volume	1,6551e-007 m ³	2,7308e-006 m ³	1,8206e-006 m ³	9,5786e-004 m ³	3,552e-005 m ³
Mass	1,2993e-003 kg	2,1437e-002 kg	1,4291e-002 kg	7,5192 kg	0,27883 kg
Centroid X	-8,428e-003 m	6,0738e-011 m		5,1009e-005 m	-7,0854e-002 m
Centroid Y	1,5053e-002 m	-3,8125e-017 m	5,5356e-017 m	4,6689e-005 m	-6,3507e-002 m
Centroid Z	0,38732 m	0,3785 m	0,376 m	0,244 m	0,19756 m
Moment of Inertia Ip1	9,7528e-009 kg·m ²	2,7414e-006 kg·m ²	1,8217e-006 kg·m ²	5,7675e-002 kg·m ²	2,5175e-004 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	1,5226e-008 kg·m ²	2,7414e-006 kg·m ²	1,8217e-006 kg·m ²	5,7629e-002 kg·m ²	2,4189e-004 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	9,7528e-009 kg·m ²	5,4507e-006 kg·m ²	3,6338e-006 kg·m ²	0,11518 kg·m ²	1,1822e-004 kg·m ²
Statistics					
Nodes	927	294	304	1835	720
Elements	381	32		244	90

TABLE 5
Model > Geometry > Parts

Object Name	<i>firkantrør_150:1</i>	<i>ventilhus:1</i>	<i>ventilhåndtak:1</i>	<i>ventilkule:1</i>	<i>M6_mutter:1</i> (2)
State	Meshed				
Graphics Properties					
Visible	Yes				
Transparency	1				
Definition					
Suppressed	No				
Material	Structural Steel				
Stiffness Behavior	Flexible				
Nonlinear Material Effects	Yes				
Bounding Box					
Length X	0,13659 m	9,2569e-002 m	7,5868e-002 m	1,979e-002 m	1,2214e-002 m
Length Y	0,13199 m	8,9598e-002 m	7,9627e-002 m	1,979e-002 m	1,2163e-002 m
Length Z	4,e-002 m	6,2e-002 m	7,e-002 m	1,4e-002 m	5,0396e-003 m
Properties					
Volume	6,1188e-005 m ³	9,3721e-005 m ³	2,9668e-005 m ³	1,4368e-006 m ³	1,6551e-007 m ³
Mass	0,48033 kg	0,73571 kg	0,2329 kg	1,1279e-002 kg	1,2993e-003 kg
Centroid X	-0,12225 m	-0,12752 m		-0,12755 m	-0,12752 m
Centroid Y	-0,11196 m	-0,11692 m		-0,11689 m	-0,11692 m
Centroid Z	0,15733 m	0,11845 m	5,8672e-002 m	0,11894 m	8,175e-002 m
Moment of Inertia Ip1	2,0781e-004 kg·m ²	1,9354e-004 kg·m ²	4,4707e-004 kg·m ²	2,1883e-007 kg·m ²	9,7529e-009 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	9,0162e-004 kg·m ²	4,4313e-004 kg·m ²	1,5858e-004 kg·m ²	2,1907e-007 kg·m ²	9,7528e-009 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	9,0718e-004 kg·m ²	4,3323e-004 kg·m ²	2,924e-004 kg·m ²	2,1907e-007 kg·m ²	1,5227e-008 kg·m ²
Statistics					
Nodes	1810	1147	457	495	1062
Elements	868	554	154	240	446

TABLE 6
Model > Geometry > Parts

Object Name	<i>utligningsrør_DN1</i> 0:1	<i>utligningsrør_DN1</i> 0:2	<i>firkantrør_100_1</i> :1	<i>firkantrør_150</i> :2	<i>firkantrør_200</i> :1
State	Meshed				
Graphics Properties					
Visible	Yes				
Transparency	1				
Definition					
Suppressed	No				
Material	Structural Steel				
Stiffness Behavior	Flexible				
Nonlinear Material Effects	Yes				
Bounding Box					
Length X	2,4314e-002 m	4,0905e-002 m	5,6544e-002 m		0,17297 m
Length Y	2,4314e-002 m	3,9953e-002 m	5,6544e-002 m		0,16629 m
Length Z	4,e-002 m	1,72e-002 m	0,1 m	0,15 m	4,e-002 m
Properties					
Volume	5,0608e-006 m ³		3,552e-005 m ³	6,1188e-005 m ³	7,104e-005 m ³
Mass	3,9727e-002 kg		0,27883 kg	0,48033 kg	0,55766 kg
Centroid X	-7,5032e-002 m	-8,6734e-002 m	8,5058e-002 m	0,20479 m	0,14536 m
Centroid Y	-6,7389e-002 m	-7,842e-002 m	8,3456e-002 m	0,19631 m	0,1403 m
Centroid Z	0,13425 m	0,11817 m	0,19756 m	9,1234e-002 m	0,159 m
Moment of Inertia Ip1	4,7628e-006 kg·m ²	1,8124e-006 kg·m ²	2,5175e-004 kg·m ²	9,0718e-004 kg·m ²	2,4252e-004 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	4,6636e-006 kg·m ²	4,6635e-006 kg·m ²	2,4189e-004 kg·m ²	9,0162e-004 kg·m ²	1,4458e-003 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	1,8124e-006 kg·m ²	4,7628e-006 kg·m ²	1,1822e-004 kg·m ²	2,0781e-004 kg·m ²	1,4595e-003 kg·m ²
Statistics					
Nodes	511	835	720	1971	803
Elements	78	147	90	951	119

TABLE 7
Model > Geometry > Parts

Object Name	<i>spade_150:1</i>	<i>20mm_mutter:1</i> (2)	<i>innerrør_DN200:1</i> (2)	<i>spade_150:1</i> (2)	<i>pakning:1</i>
State	Meshed				
Graphics Properties					
Visible	Yes				
Transparency	1				
Definition					
Suppressed	No				
Material	Structural Steel				
Stiffness Behavior	Flexible				
Nonlinear Material Effects	Yes				
Bounding Box					
Length X	7,5868e-002 m	4,5537e-002 m	0,30955 m	2,9222e-002 m	0,35 m
Length Y	7,9627e-002 m	4,5826e-002 m	0,30955 m	0,10004 m	0,35 m
Length Z	0,15 m	1,6774e-002 m	8,e-002 m	0,15 m	2,e-002 m
Properties					
Volume	5,8e-005 m ³	6,8169e-006 m ³	2,5929e-004 m ³	5,8e-005 m ³	1,0194e-003 m ³
Mass	0,4553 kg	5,3513e-002 kg	2,0354 kg	0,4553 kg	8,0027 kg
Centroid X	0,20358 m	5,0856e-009 m	-2,8975e-002 m	-6,0889e-010 m	-1,1403e-009 m
Centroid Y	0,19517 m	-1,4405e-009 m	2,8896e-002 m	2,8275e-009 m	5,3955e-017 m
Centroid Z	-5,6345e-002 m	0,2315 m	0,28272 m	-8,5345e-002 m	0,259 m
Moment of Inertia Ip1	1,848e-003 kg·m ²	5,6241e-006 kg·m ²	1,2072e-002 kg·m ²	1,848e-003 kg·m ²	9,0064e-002 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	1,2551e-003 kg·m ²	5,6242e-006 kg·m ²	9,2976e-003 kg·m ²	1,2551e-003 kg·m ²	9,0064e-002 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	5,9928e-004 kg·m ²	9,3171e-006 kg·m ²	1,953e-002 kg·m ²	5,9928e-004 kg·m ²	0,1796 kg·m ²
Statistics					
Nodes	1000	1018	802	964	621
Elements	415	430	304	397	68

TABLE 8
Model > Geometry > Parts

Object Name	<i>gummimuffe:1</i>
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Material	Structural Steel
Stiffness Behavior	Flexible

Nonlinear Material Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	0,24 m
Length Y	0,24 m
Length Z	0,12 m
Properties	
Volume	8,6708e-004 m ³
Mass	6,8066 kg
Centroid X	4,7175e-009 m
Centroid Y	-5,9473e-017 m
Centroid Z	0,309 m
Moment of Inertia Ip1	5,3126e-002 kg·m ²
Moment of Inertia Ip2	5,3126e-002 kg·m ²
Moment of Inertia Ip3	8,993e-002 kg·m ²
Statistics	
Nodes	3595
Elements	495

TABLE 10
Model > Connections > Contact Regions

Object Name	Contact Region	Contact Region 2	Contact Region 3	Contact Region 4	Contact Region 5
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	1 Face				
Target	1 Face				
Contact Bodies	20x400_stang:1				
Target Bodies	20mm_mutter: 1	Bunnplate_6mm: 1	M6x35_bolt: 1	underlagsskive_3mm: :1	teflonskive_2mm: 1
Definition					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
Advanced					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Thermal Conductance	Program Controlled				
Pinball Region	Program Controlled				

TABLE 11
Model > Connections > Contact Regions

Object Name	Contact Region 6	Contact Region 7	Contact Region 8	Contact Region 9	Contact Region 10
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	1 Face		3 Faces		2 Faces
Target	1 Face		4 Faces		3 Faces
Contact Bodies	20x400_stang:1		20mm_mutter:1		
Target Bodies	Toppplate_10mm:1	20mm_mutter:1 (2)	spade_150:1 (2)	M6x35_bolt:1	M6_mutter:1
Definition					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
Advanced					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Thermal Conductance	Program Controlled				
Pinball Region	Program Controlled				

TABLE 12
Model > Connections > Contact Regions

Object Name	Contact Region 11	Contact Region 12	Contact Region 13	Contact Region 14	Contact Region 15
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	1 Face				
Target	1 Face				
Contact Bodies	20mm_mutter:1	Bunnplate_6mm:1			
Target Bodies	underlagsskive_3m m:1	innerrør_DN20 0:1	underlagsskive_3m m:1	teflonskive_2m m:1	gummimuffe :1
Definition					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
Advanced					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Thermal Conductance	Program Controlled				
Pinball Region	Program Controlled				

TABLE 13
Model > Connections > Contact Regions

Object Name	Contact Region 16	Contact Region 17	Contact Region 18	Contact Region 19	Contact Region 20
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	1 Face				
Target	1 Face				
Contact Bodies	innerrør_DN200: 1	M6x35_bolt: 1	underlagsskive_3mm: 1	Toppplate_10mm:1	
Target Bodies	gummimuffe:1	M6_mutter:1	teflonskive_2mm:1	firkantrør_100: 1	firkantrør_100_1: 1
Definition					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
Advanced					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Thermal Conductance	Program Controlled				
Pinball Region	Program Controlled				

TABLE 14
Model > Connections > Contact Regions

Object Name	Contact Region 21	Contact Region 22	Contact Region 23	Contact Region 24	Contact Region 25
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	1 Face				
Target	1 Face				
Contact Bodies	Toppplate_10mm:1				firkantrør_100:1
Target Bodies	20mm_mutter:1 (2)	innerrør_DN200:1 (2)	pakning:1	gummimuffe:1	firkantrør_150:1
Definition					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
Advanced					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Thermal Conductance	Program Controlled				
Pinball Region	Program Controlled				

TABLE 15
Model > Connections > Contact Regions

Object Name	Contact Region 26	Contact Region 27	Contact Region 28	Contact Region 29	Contact Region 30
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	1 Face	2 Faces	1 Face		
Target	1 Face	2 Faces	1 Face		
Contact Bodies	firkantrør_150:1	ventilhus:1			ventilhåndtak:1
Target Bodies	ventilhus:1	ventilhåndtak:1	ventilkule:1	M6_mutter:1 (2)	
Definition					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
Advanced					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Thermal Conductance	Program Controlled				
Pinball Region	Program Controlled				

TABLE 16
Model > Connections > Contact Regions

Object Name	Contact Region 31	Contact Region 32	Contact Region 33	Contact Region 34	Contact Region 35
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Contact	1 Face				
Target	1 Face				
Contact Bodies	utligningsrør_DN10:1	firkantrør_100_1:1	firkantrør_150:2	innerrør_DN200:1 (2)	
Target Bodies	utligningsrør_DN10:2	firkantrør_200:1	spade_150:1	gummimuffe:1	
Definition					
Type	Bonded				
Scope Mode	Automatic				
Behavior	Symmetric				
Suppressed	No				
Advanced					
Formulation	Pure Penalty				
Normal Stiffness	Program Controlled				
Update Stiffness	Never				
Thermal Conductance	Program Controlled				
Pinball Region	Program Controlled				

TABLE 17
Model > Connections > Contact Regions

Object Name	Contact Region 36
State	Fully Defined
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Contact	1 Face
Target	1 Face
Contact Bodies	pakning:1
Target Bodies	gummimuffe:1
Definition	
Type	Bonded
Scope Mode	Automatic
Behavior	Symmetric
Suppressed	No
Advanced	
Formulation	Pure Penalty
Normal Stiffness	Program Controlled
Update Stiffness	Never
Thermal Conductance	Program Controlled
Pinball Region	Program Controlled

TABLE 21
Model > Static Structural > Loads

Object Name	<i>Force</i>	<i>Force 2</i>	<i>Force 3</i>	<i>Force 4</i>	<i>Frictionless Support</i>
State	Fully Defined				
Scope					
Scoping Method	Geometry Selection				
Geometry	1 Face				
Definition					
Define By	Components				
Type	Force				Frictionless Support
X Component	0, N (ramped)				
Y Component	0, N (ramped)				
Z Component	10000 N (ramped)	-10000 N (ramped)	5000, N (ramped)	-5000, N (ramped)	
Suppressed	No				

TABLE 24
Model > Static Structural > Solution

Object Name	<i>Solution</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,

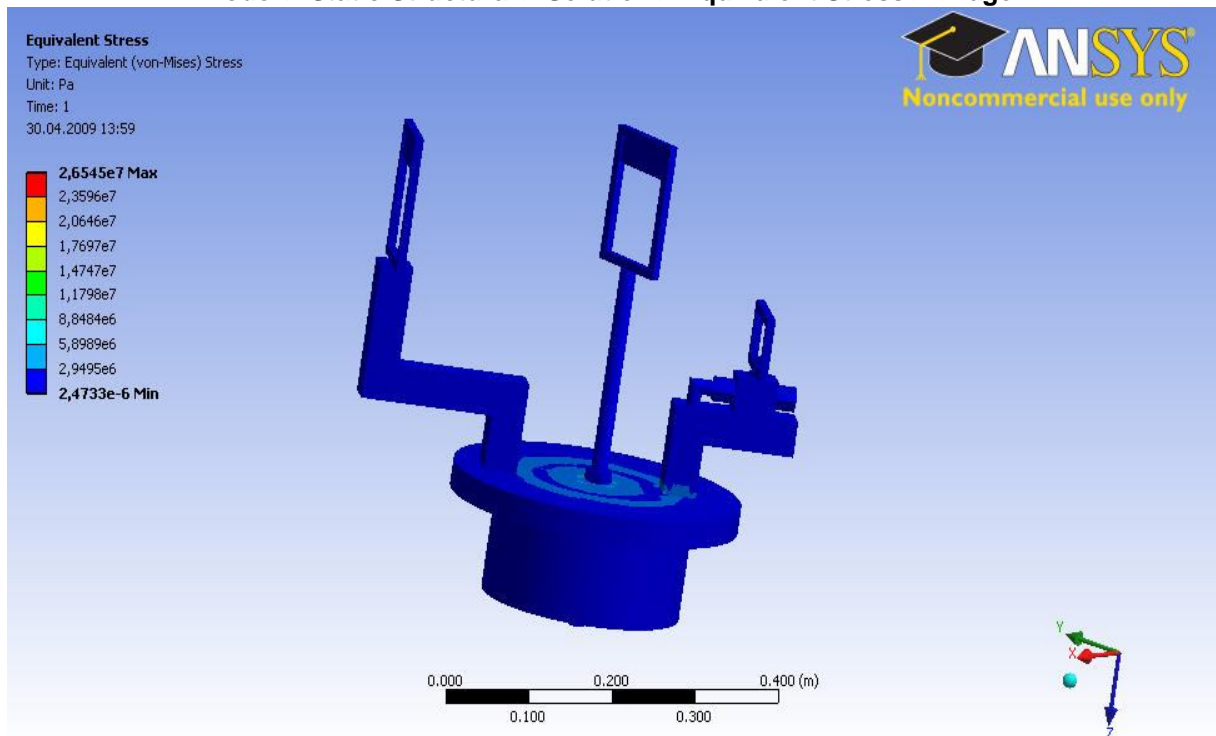
TABLE 25
Model > Static Structural > Solution > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2,5 s
Display Points	All

TABLE 26
Model > Static Structural > Solution > Results

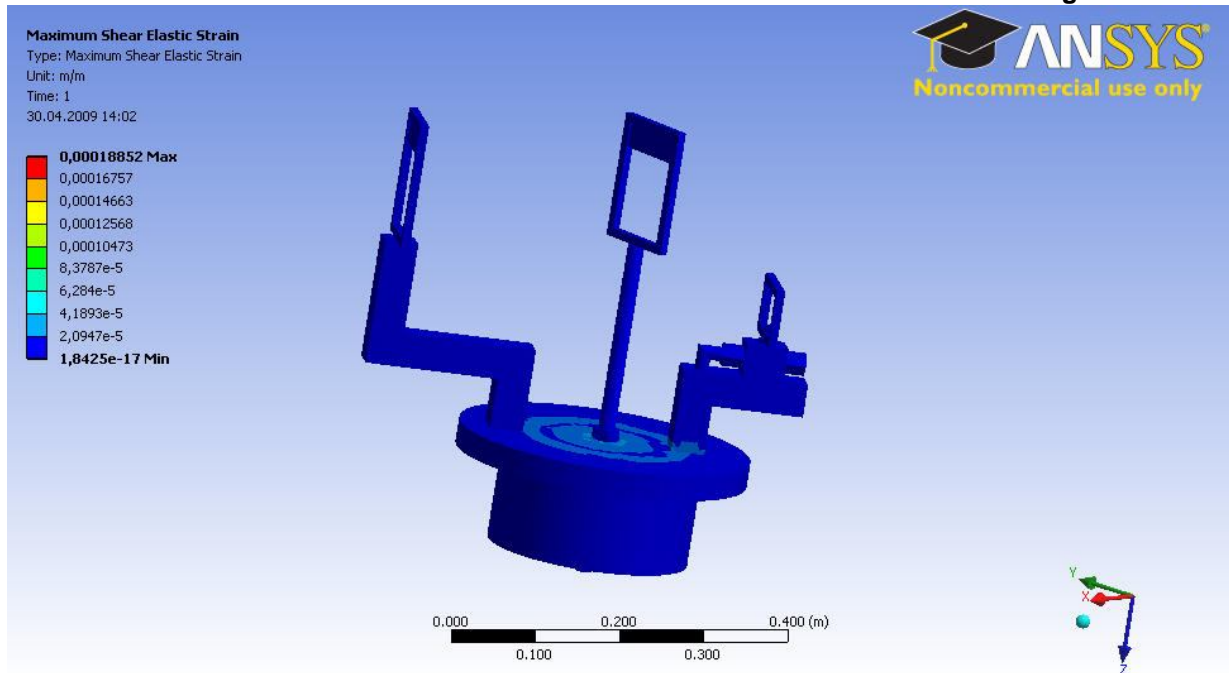
Object Name	<i>Equivalent Stress</i>	<i>Maximum Shear Elastic Strain</i>	<i>Total Deformation</i>
State	Solved		
Scope			
Geometry	All Bodies		
Definition			
Type	Equivalent (von-Mises) Stress	Maximum Shear Elastic Strain	Total Deformation
Display Time	End Time		
Results			
Minimum	2,4733e-006 Pa	1,8425e-017 m/m	0, m
Maximum	2,6545e+007 Pa	1,8852e-004 m/m	1,2458e-005 m
Minimum Occurs On	utligningsrør_DN10:1		20x400_stang:1
Maximum Occurs On	Bunnplate_6mm:1		ventilhåndtak:1
Information			
Time	1, s		
Load Step	1		
Substep	1		
Iteration Number	1		

FIGURE 5
Model > Static Structural > Solution > Equivalent Stress > Image



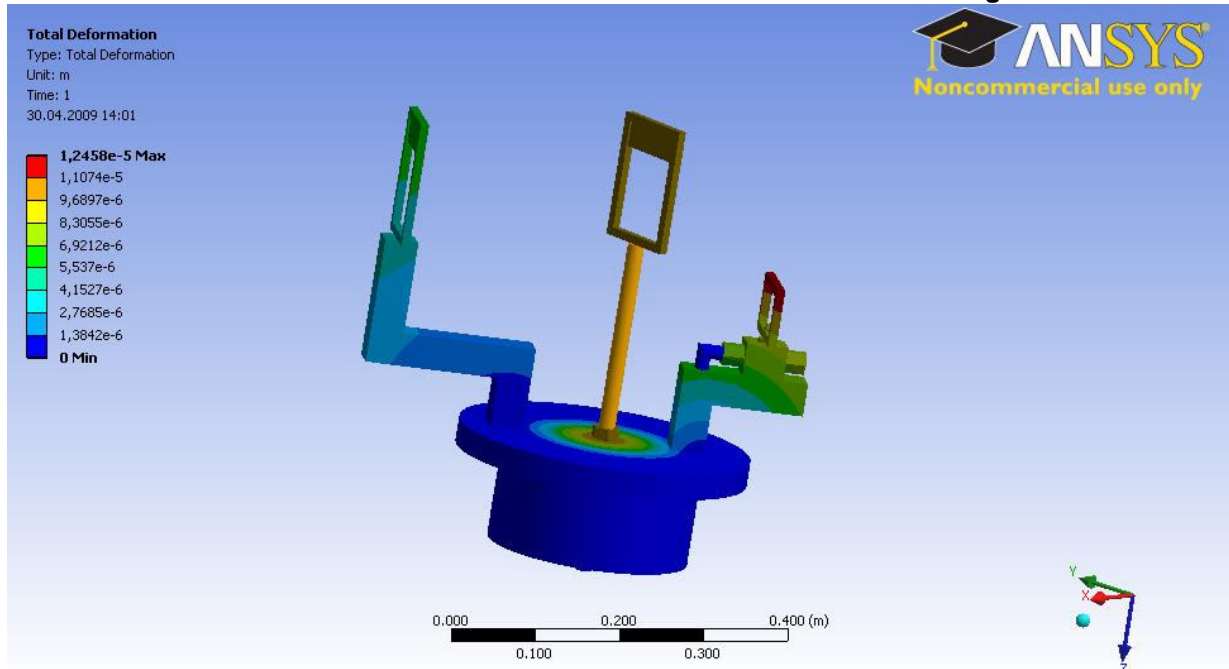
Figur 31. Ansys beregning av sammenstilling, stress.

FIGURE 6
Model > Static Structural > Solution > Maximum Shear Elastic Strain > Image



Figur 32. Ansys beregning av sammenstilling, skjærkrefter.

FIGURE 7
Model > Static Structural > Solution > Total Deformation > Image



Figur 33. Ansys beregning av sammenstilling, total deformasjon.

TABLE 27
Structural Steel > Constants

Structural	
Young's Modulus	2,e+011 Pa
Poisson's Ratio	0,3
Density	7850, kg/m ³
Thermal Expansion	1,2e-005 1/°C
Tensile Yield Strength	2,5e+008 Pa
Compressive Yield Strength	2,5e+008 Pa
Tensile Ultimate Strength	4,6e+008 Pa
Compressive Ultimate Strength	0, Pa
Thermal	
Thermal Conductivity	60,5 W/m·°C
Specific Heat	434, J/kg·°C
Electromagnetics	
Relative Permeability	10000
Resistivity	1,7e-007 Ohm·m

Vedlegg 10 Datablad for hydraulikkmotor

www.sauer-danfoss.no



OMM
Technical Information
Technical Data

Technical Data for OMM with 16 mm and 5/8 in Cylindrical Shaft

Type			OMM	OMM	OMM	OMM	OMM	OMM
Motor Size			8	12.5	20	32	40	50
Geometric displacement	cm ³ [in ³]		8.2 [0.50]	12.5 [0.77]	19.9 [1.22]	31.6 [1.93]	39.8 [2.43]	50 [3.08]
Max. speed	min ⁻¹	cont.	1950	1550	1000	630	500	400
	[rpm]	int. ¹⁾	2450	1940	1250	800	630	500
Max. torque	Nm [lbf·in]	cont.	11 [95]	16 [140]	25 [220]	40 [350]	45 [400]	46 [410]
		int. ¹⁾	15 [135]	23 [200]	35 [310]	57 [500]	70 [620]	88 [780]
Max. output	kW [hp]	cont.	1.8 [2.4]	2.4 [3.2]	2.4 [3.2]	2.4 [3.2]	2.2 [3.0]	1.8 [2.4]
		int. ¹⁾	2.6 [3.5]	3.2 [4.3]	3.2 [4.3]	3.2 [4.3]	3.2 [4.3]	3.2 [4.3]
Max. pressure drop	bar [psi]	cont.	100 [1450]	100 [1450]	100 [1450]	100 [1450]	90 [1310]	70 [1020]
		int. ¹⁾	140 [2030]	140 [2030]	140 [2030]	140 [2030]	140 [2030]	140 [2030]
		peak ²⁾	200 [2900]	200 [2900]	200 [2900]	160 [2320]	160 [2320]	160 [2320]
Max. oil flow	l/min [USgal/min]	cont.	16 [4.2]	20 [5.3]	20 [5.3]	20 [5.3]	20 [5.3]	20 [5.3]
		int. ¹⁾	20 [5.3]	25 [6.6]	25 [6.6]	25 [6.6]	25 [6.6]	25 [6.6]
Max. starting pressure with unloaded shaft	bar [psi]		4 [60]	4 [60]	4 [60]	4 [60]	4 [60]	4 [60]
Min. starting torque	at max. press. drop cont.		7 [60]	12 [105]	21 [185]	34 [300]	38 [335]	41 [365]
	at max. press. drop int. ¹⁾		10 [90]	147 [150]	29 [255]	48 [425]	62 [550]	79 [700]
Min. speed ³⁾	min ⁻¹ [rpm]		50	40	30	30	30	30

Type			Max. Inlet Pressure
OML 8 - 50	bar	cont.	140
	[psi]		[2030]
	bar	int. ¹⁾	175
	[psi]		[2538]
	bar	peak ²⁾	225
	[psi]		[3260]

¹⁾ Intermittent operation: the permissible values may occur for max. 10% of every minute.

²⁾ Peak load: the permissible values may occur for max. 1% of every minute.

³⁾ Operation by lower speeds may be slightly less smooth.

Vedlegg 11

Datablad for pumpe

www.flygt.no



JET



JET

Arbetsdata

Vätsketemperatur	-10° C till +40° C
Maximalt arbetstryck	8 bar
Maximal sughöjd	8 m

Motordata

Helkapslad luftkyld motor med mantel av aluminium.	
Frekvens	50 Hz
Isolationsklass	F (+155° C)
Skyddsform	IP 55
Drift	Kontinuerlig

Övervakningsutrustning

1-fas	Inbyggt överlastskydd med automatisk återställning
3-fas	Kräver motorskydd

Produkt

Kompaktbyggda självsugande centrifugalpumpar med inbyggd ejektor som klarar att suga även då gaser är upplösta i vattnet. Dessa högklassiga, tåliga och lätta pumpar har många delar utförda av rostfritt stål.

Användningsområden

- Vattenpumpning och -cirkulation för hem- och fritidsbruk
- Trädgårdsbevattning
- Kan byggas ut med tank för tryckstegring
- Tvättning
- Vattentransport

Produktmärkning

3-fas	JETS
1-fas	JETSM

Material

Pumphus	ASTM 316L
Tätningshållare	ASTM 316L
Pumphjul	ASTM 316L
O-ringar	NBR
Axelförlängning	ASTM 316L
Plantätning	Kol/keramik
Pluggar för fyllning/tömning	Nickelöverdragen mässing
Diffusor	Termoplast
Ejektor	Termoplast



JET

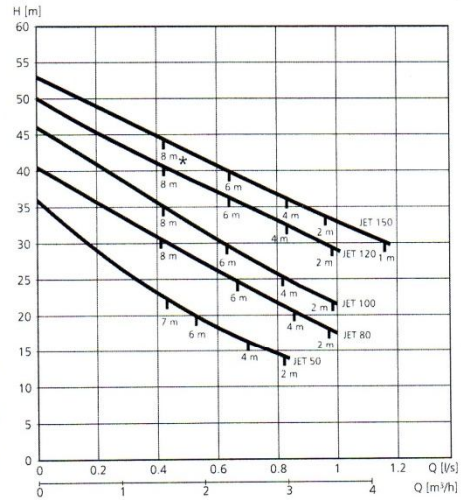
Motordata

1-fas

Pumptyp 1-fas 230 V	RSKnr 1-fas	Märkeffekt kW	Märkström A
JETSM 50	5882101	0,37	3,0
JETSM 80	5882102	0,55	4,0
JETSM 100	5882103	0,75	4,8
JETSM 120	5882104	0,90	5,6
JETSM 150	5882106	1,10	6,8

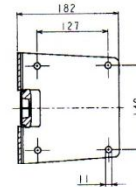
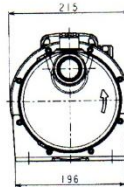
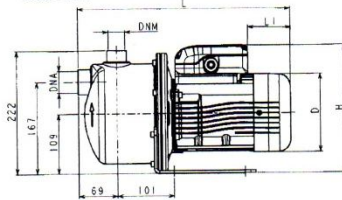
3-fas

Pumptyp 3-fas 400 V	Märkeffekt kW	Märkström A 3-fas
JETS 50	0,37	1,2
JETS 80	0,55	1,6
JETS 100	0,75	1,9
JETS 120	0,90	2,6
JETS 150	1,10	2,4



Dimensioner och vikter

Mått i mm



Pumptyp	kW	D	L	L1	H	Inlopp DNA	Utlopp DNM	Vikt kg
JETSM 50	0,37	120	366	62	220	G 1 1/4"	G 1"	11
JETSM 80	0,55	140	380	76	230	G 1 1/4"	G 1"	12
JETSM 100	0,75	140	380	76	230	G 1 1/4"	G 1"	14
JETSM 120	0,90	140	380	31	239	G 1 1/4"	G 1"	16
JETSM 150	1,10	156	425	69	246	G 1 1/4"	G 1"	20
JETS 50	0,37	120	366	62	220	G 1 1/4"	G 1"	10
JETS 80	0,55	140	380	76	230	G 1 1/4"	G 1"	11
JETS 100	0,75	140	380	76	230	G 1 1/4"	G 1"	12
JETS 120	0,90	140	380	76	230	G 1 1/4"	G 1"	14
JETS 150	1,10	156	425	114	238	G 1 1/4"	G 1"	15

3

Mekaniske terser, Horobin



Mekanisk enkel ters, lavtrykk

9811626	40	arb.omr.: 36-52 mm
9811631	50	arb.omr.: 50-63 mm
9811635	75	arb.omr.: 73-92 mm
9811639	100	arb.omr.: 94-110 mm
9811644	115	arb.omr.: 116-133 mm
9811648	150	arb.omr.: 141-165 mm
9811653	200	arb.omr.: 190-215 mm
9811657	250	arb.omr.: 241-270 mm
9811662	300	arb.omr.: 295-325 mm
9811666	350	arb.omr.: 344-388 mm

• Se side 168/169 i hovedkatalogen vår

Mekanisk dobbel ters, lavtrykk

9811686	40	arb.omr.: 36-52 mm
9811691	50	arb.omr.: 50-63 mm
9811695	75	arb.omr.: 72-89 mm
9811699	100	arb.omr.: 94-110 mm
9811704	150	arb.omr.: 141-165 mm

Endelukk ters

9811741	For stuss 50 mm	arb.omr.: 50-63 mm
9811745	For stuss 75 mm	arb.omr.: 73-92 mm
9811749	For stuss 100 mm	arb.omr.: 94-110 mm
9811754	For stuss 150 mm	arb.omr.: 141-165 mm



<http://www.oceaneering.com/brochures>

HYDRA® MAGNUM 120 HP SYSTEM SPECIFICATIONS

Vehicle

Length: 8.5 ft
 Width: 4.8 ft
 Height: 6 ft
 Weight in air: 5,600 lbs
 Frame: 6061 T6 Aluminum
 Fittings: 316 Stainless Steel
 Depth Rating: 10,000 ft
 Payload: 500 lbs
 Horsepower: 2 ea 60 hp Hydraulic Power Units (120 hp)
 Propulsion: 2 x Fore/Aft
 2 x Lateral
 2 x Vertical

Thrust:

Forward/Reverse: 1,250 lbs
 Lateral: 1,185 lbs
 Vertical: 1,000 lbs
 Power Requirements: 480 VAC, 3 phase, 60 Hz
 Telemetry/Control: Asynchronous serial data transmission microprocessor control for auto heading, depth, altitude, & cruise, data displays
 Lighting: 5 x 250 watts
 Cameras: 1 x Wide angle Low Light, 1 x Color CCD
 2 x B&W CCD tooling
 1 x B&W CCD aft

Navigation:

- Mesotech MS900 color imaging sonar
- KVH or Honeywell HMR3000 gyrocompass
- Dinsmore directional heading sensor
- Paroscientific Digiquartz depth sensor

Manipulators:

- 1 x 7 function Schilling Conan
- 1 x 7 function Schilling Orion
- (Other options available)

Umbilical

- High-strength, armored opto-electro-mechanical

Subsea Deployment Cage

Length: 11 ft
 Width: 6.6 ft
 Height: 12 ft
 Weight in air: 7,400 lbs
 Weight in water: 4,050 lbs
 HPU: 60 hp
 Tether: 600 ft Standard
 1,600 ft optional
 Camera: 2 x B&W CCD
 Lighting: 2 x 250 watts

Deployment System

Dynacon 421/421D3 Winch
 Length: 14 ft 10 in
 Width: 10 ft 8 in
 Weight (w/cable): 48,000 lbs
 Dynacon 6021 Docking Head A-frame
 Length: 38 ft
 Width: 11.5 ft
 Weight: 65,000 lbs

Standard Tooling Packages

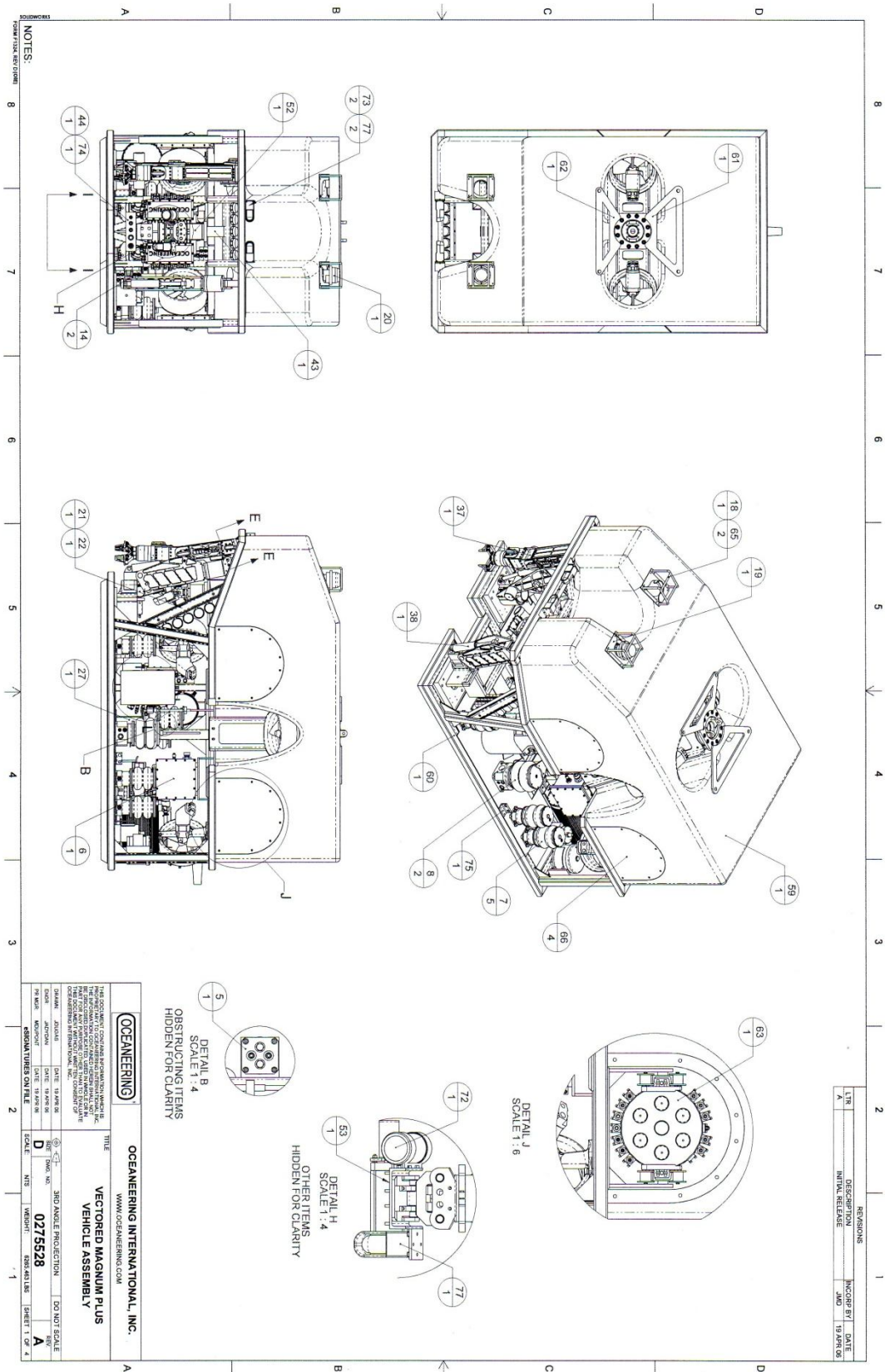
- 1.25 in Dia. wire rope cutter
- 1 in fiber rope cutter
- Ring gasket replacement tool
- TP03 dredge/jet pump, Rotary grinder/cutter/buffer

Control / Work Vans

Lengths: 14 / 16 ft
 Width: 8 ft
 Height: 8 ft
 Weights: 9,960 / 14,000 lbs
 Constructed of Aluminum
 Options include stacking and Positive Pressure vans



Oceaneering International, Inc.
 11911 FM 529 • Houston, TX 77041 • Phone: 713.329.4500 • Fax: 713.329.4621
 www.oceaneering.com





Tipaflon® PTFE: Egenskaper

Handelsnavn: Teflon® - Hostaflon® - Halon® - Fluon® - Tipaflon®

Kjemisk resistens

PTFE er kjemisk motstandsdyktig mot praktisk talt alle kommersielt kjente kjemikalier og løsemidler. PTFE blir bare angrepet under meget spesielle forhold av elementær fluor, sterke fluorforbindelser (som trifluorchlorin) og av smeltede alkalimetaller (natrium, kalium).

Elektrisk isolasjon

PTFE er et av de beste dielektriske materialer som finnes. Det er ikke-ledende. Den dielektriske konstanten og den dielektriske tapsfaktor holder seg tilnærmet konstant gjennom hele temperaturområdet, og er også uavhengig av forandringer i frekvens.

Temperaturområde

PTFE-detalljer kan benyttes innen temperaturområdet -250 til +260°C.

Kleber ikke - ingen vedheft

Ingen materialer vil la seg hefte eller lime til PTFE's glatte overflate. PTFE kan imidlertid etses ved hjelp av spesielle metoder, slik at det lar seg lime eller klebe fast.

Kvaliteter

Lagerføres i Norge:

- Ren (virgin)
- Fylt med glassfiber (15/25%)
- Fylt med karbonfiber (kullfiber) (25%)
- Fylt med grafitt (15%)
- Fylt med bronse (60%)

PTFE med andre fyllstoffer leveres på forespørsel.

Ingen helserisiko

PTFE i seg selv kan trygt brukes i hele temperaturområdet, opp til +260°C.

Bemerk: Ved røyking (særlig rulletobakk) kan PTFE-partikler som eventuelt blir blandet i tobakken, forårsake ubehag (influensasymptomer). Vask derfor hender og negler nøye etter PTFE-maskinering.

Fordeler

- Ikke brennbar
- Utmerket kjemikaliemotstand
- Stort temperaturområde
- Lav friksjonskoeffisient
- Intet vannopptak
- Svært gode elektriske isoleringsegenskaper

Spesialtyper

Teflon® PFA (Perfluoralkoxy)

I motsetning til PTFE lar Teflon® PFA seg forme ved termoplastisk fremstilling. Egenskapene er stort sett like.

Teflon® FEP (Fluorinated Ethylen Propylen)

Lar seg også termoplastisk fremstille, men har lavere styrke enn PTFE. Øvre temperaturgrense er +205°C.

Friksjonskoeffisient

PTFE har den laveste friksjonskoeffisient av alle faste materialer. Den vil minke ved økende belastning.

Tekniske spesifikasjoner

	Testmetode	Enhet	Ren PTFE	TFM PTFE	15% glass	25% glass	25% kull
Tetthet (spesifikk vekt)	ASTM D4894/D4895	kg/dm ³	2,15	2,16	2,21	2,24	2,11
Strekfasthet	ASTM D4894/D4895	N/mm ²	33	33	20-23	15-19	15
Trykkfasthet ved 1% deformasjon	ASTM D695	N/mm ²	4,3	9	6,9	8,2	11,0
Hardhet	DIN 53505	Shore D	56	59	59	61	66
Friksjonskoeffisient			0,06	0,06	0,11	0,12	0,13
Slitasjefaktor		$\frac{\text{cm}^3 \times \text{min}}{\text{kg} \times \text{m} \times \text{h}} \times 10^4$	2950	2950	16,5	15,4	14,0
Varmeledningsevne	DIN 52612	$\frac{\text{W}}{\text{m} \times \text{K}}$	0,35	0,35	0,35	0,40	0,60
Overflatemotstand	DIN VDE 0303	Ω	10 ¹⁷	10 ¹⁸	10 ¹⁶	10 ¹⁶	10 ⁹

Mekaniske og elektriske verdier er målt ved 23° C.