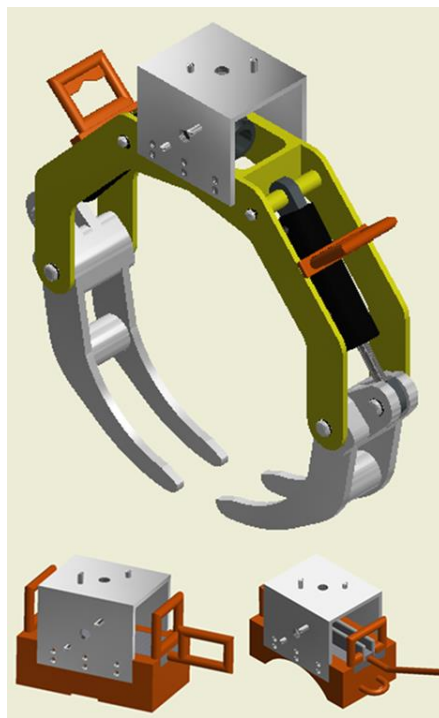




HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Standardisert festemekanisme (SFM) mellom ROV-verktøy og konstruksjon under vann



Bachelorrapport utført ved

Høgskolen Stord/Haugesund - Avdeling Haugesund – Ingeniørfag

Studieretning: *Maskin, Prosess- og energiteknikk*

Av:	Magne Hovden	Kandidatnr.	16
	David Vea	Kandidatnr:	18

Haugesund

2016

BACHELORPROSJEKT

Studentenes navn: David Vea og Magne Hovden

Linje & studieretning Maskiningeniør, prosess- og energiteknikk

Oppgavens tittel: Standardisert festemekanisme (SFM) mellom ROV-verktøy og konstruksjon under vann

Oppgavetekst:

Subsea 7 utvikler og konstruerer som regel nye verktøy for hvert enkelt arbeidsoppdrag til sine undervannsoperasjoner, da underlaget verktøyet skal festes på kan være ulikt. Dette fører til at det brukes mye ressurser på å skreddersy verktøy. Den enkelte undervannsoperasjon kan ta lang tid, da det i noen tilfeller kreves at forskjellige verktøy tas i bruk for å få gjennomført arbeidsoppdraget.

Vi har i samarbeid med Subsea 7 definert oppgaven med å utvikle en portefølje med standardiserte festemekanismer (SFM) mellom verktøy og konstruksjoner under vann. Disse kan gjerne være nyskapende, og skal være konstruert slik at hver av dem har et visst område de rekker over. Det må også være mulig å bytte ut verktøyet som står montert på SFMen under vann.

Oppgaven innebærer:

- Kartlegge aktuelle festemekanismer mot konstruksjon
- Vurdere ulike grensesnitt mellom SFM og verktøy
- Utføre en enkel produktvalganalyse for å velge type SFM til de forskjellige typer underlag (struktur)
- Designe en SFM inkludert materialvalg, valg av energiform og sikkerhetsfilosofi

Endelig oppgave gitt: Tirsdag 1. mars 2016

Innleveringsfrist: Onsdag 4.mai 2016

Intern veileder Torleiv Ese

Ekstern veileder Lars Petter Tennfjord, Subsea 7

Godkjent av studieansvarlig:
Dato:

J. C. Lindaa
15/4-16

Forord

Denne rapporten er et resultat av det obligatoriske emnet «ING3039 Bachelorprosjekt», og markerer avslutningen i vår ingeniørutdanning ved Høgskolen Stord Haugesund (HSH). Emnet består i tillegg til denne rapporten et produkt, en plakate og man skal fremføre en muntlig presentasjon av det man har jobbet med. Emnet gir 20 studiepoeng.

Oppgaven er gitt som en gruppeoppgave hvor studentene vanligvis blir tildelt en oppgave av en bedrift, og man skal i denne oppgaven bruke den kunnskapen man har fått gjennom studiet som basis for å løse denne. Oppgaven skal være en reell problemstilling som man typisk vil møte på i sitt virke som ingeniør. Man blir tildelt en intern veileder fra HSH, samt en ekstern veileder ved bedriften som har oppgaven.

Denne oppgaven er gitt av Subsea 7, en av verdens ledende leverandører av SURF (Subsea, Umbilicals, Risers and Flowlines), ingeniørtjenester, konstruksjon og IMR innen den globale olje og gass-sektoren.

Vi vil spesielt takke:

- Torleiv Ese – Intern veileder ved HSH
- Lars Petter Tennfjord – Ekstern veileder ved Subsea 7
- Marius Milch – Engineering Manager, Subsea 7
- Christian Wathne – Principal Engineer, Subsea 7
- Dag Morten Simonsen – Superintendent / ROV-kordinator, Subsea 7

Haugesund, 1. Mai 2016



David Veia



Magne Hovden



Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Innholdsfortegnelse	iv
Figurliste	vi
Sammendrag	vii
1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven	1
1.2 Målsetting med oppgaven.....	1
1.3 Oppbygging av oppgaven	1
1.4 Om Subsea 7	1
1.5 Forkortelser	2
2. Typiske verktøy og operasjoner	3
2.1 Generelt om ROV	3
2.2 Sageverktøy	4
2.3 Andre kutteverktøy	5
2.4 Pipe end tooling	5
2.5 Boring	6
3. Standarder.....	7
4. Festemetoder mot konstruksjonen.....	8
4.1 Vakuum	8
4.2 Magnet	9
4.3 Friksjon	10
4.4 Sikkerhet.....	14
5. Andre tilkoblinger på SFM-en.....	15
5.1 SFM-verktøy	15
5.2 ROV-SFM	18
6. Energiformer og overføring(koblinger)	19
6.1 Hydraulikk.....	19
6.2 Elektrisitet	22
7. Materialer.....	25
7.1 Metaller	25
7.2 Polymerer	26
7.3 Keramer	27



7.4	Kompositt	27
8.	Produktvalg	28
8.1	Funksjonsspesifikasjon	28
8.2	Vurdering av festemekanisme for SFM mot struktur.....	28
8.3	Vurdering av festemetode mellom ROV-verktøy og SFM	32
8.4	Resultat av produktvalganalyse	35
8.5	Drøfting av resultat	35
8.6	Begrensing av oppgaven	38
9	Design av gripeklo for 8" - 20" rør.....	39
9.1	Valg av energioverføring	39
9.2	Valg av sikkerhetsfilosofi	39
9.3	Tegninger.....	40
9.4	Beregninger	41
9.5	Materialvalg.....	46
10	Konklusjon	48
12	Siterte verk.....	49
11	Vedlegg	52



Figurliste

Figur 2-1 ROV-system	3
Figur 2-2 Sagblad / bladfres	4
Figur 2-3 Diamantkjedesag	5
Figur 2-4 Hydraulisk saks	5
Figur 2-5 Pipe end prep tool	6
Figur 2-6 Hydraulisk drill	6
Figur 4-1 ROV suction arm	8
Figur 4-2 Vakuumløfter for sylindriske laster på land	8
Figur 4-3 Permanentmagnet med bryter	9
Figur 4-4 Elektromagnet	10
Figur 4-5 Prinsippskisse av stiv ramme	10
Figur 4-6 Gripeklo for manipulatorarm	11
Figur 4-7 Gripeklo for større laster	11
Figur 4-8 Prinsippskisse av kjede/ledd	11
Figur 4-9 Splittring	12
Figur 4-10 Safety clamp	12
Figur 4-11 Eksempel på vaierstrammer	13
Figur 4-12 Stålbånd med strammer	14
Figur 5-1 Eksempel på brakett for bolt	15
Figur 5-2 Eksempel på guide frame	16
Figur 5-3 Docking probe	16
Figur 6-1 Eksempel på hurtigkoblinger	20
Figur 6-2 Hot stab	21
Figur 6-3 Moffat Subsea connector	21
Figur 6-4 Wet mateable connector	23
Figur 6-5 Induktiv kobling	23
Figur 8-1 SFM gripeklo med brakett for verktøyet montert	36
Figur 8-2 SFM Vaierprinsipp	37
Figur 8-3 SFM magnet	37
Figur 8-4 Festemekanisme mellom SFM og verktøy	38
Figur 9-1 Visning av rørdimensjoner inne i SFM gripeklo	40
Figur 9-2 Komplette SFM Gripeklo	40
Figur 9-3 Krefter som virker på klo	41
Figur 9-4 Plassering av snitt på bøylene	43
Figur 9-5 Snitt S	44
Figur 9-6 Totale krefter som virker på røret fra SFM-en	45



Sammendrag

Subsea 7 har hatt et ønske om at vi skal se på en mulig standardisering av verktøy som brukes i undervannsoperasjoner, og foreslå en portefølje av verktøy for forskjellige typer operasjoner. Ofte blir verktøy konstruert og brukt for en enkelt arbeidsoppgave eller operasjon. For å løse denne oppgaven har man sett på mulighetene for å lage ett separat verktøy som henger seg fast i strukturen. Dette verktøyet kalles standardisert festemekanisme, heretter kalt SFM. Ønsket er da at hvilket som helst annet ROV-verktøy som skal utføre en jobb kan henge seg på dette med en standardisert låsemekanisme mot SFM-en. Det er blitt samlet inn en del informasjon om typiske operasjoner og verktøy som brukes i slike operasjoner. Spesielt fokus er her lagt på festemekanismene mot ulike konstruksjoner eller strukturer under vann, og det blir vurdert hvilken metode som er best egnet for hver enkelt form for struktur. Videre blir det også kartlagt aktuelle låsemetoder mellom SFM-en og ROV-verktøyet og vurdert hvilken av disse som er best egnet.

Porteføljen som foreslås har blitt delt inn i hvilken type SFM som er best egnet for hvilken type struktur eller underlag. Det er foreslått 6 kategorier struktur; krumme flater (rette rør) i tre ulike størrelsesområder, dobbeltkrumme flater (for eksempel rørbend), og to typer rette flater; normalt nedpå en rett flate og inn på en rett flate fra enden (for eksempel på inn på enden av en plate). På de to minste rørdimensjonene ble SFM med gripekloprinsipp vurdert som best egnet, og for rør med store dimensjoner (over 20") og med dobbeltkrumme flater så ble SFM med vaierprinsipp vurdert til best egnet. For begge kategorier rette flater ble SFM med permanentmagnet vurdert til best egnet.

Ut av denne porteføljen ble det valgt en av SFM-ene, gripeklo for rør mellom 8-20", som ble designet i Autodesk Inventor. Det ble også utført beregninger på denne for hånd for å finne hvilke belastninger som virker på utsatte deler av SFM-en. Fra beregningene ser man at bøylen til SFM-en kan produseres i de dimensjoner som er foreslått og man kan velge aluminium som materiale og fortsatt ha en sikkerhetsfaktor på 4.



1. Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Denne bacheloroppgaven er siste del av vår utdanning som maskiningeniør ved Høgskolen Stord Haugesund og gir en uttelling på 20 studiepoeng. Oppgaven er gitt av Subsea 7, hvor David har jobbet som ROV-pilot. Subsea 7 har et ønske om å forenkle enkelte av operasjonene ved arbeid på undervannskonstruksjoner. Typisk er at verktøy lages spesielt for en jobb som skal utføres på en bestemt konstruksjon, og så må nytt verktøy utvikles for neste jobb da den neste konstruksjonen er ulik den forrige. Dette gjør at det går med mange ingeniørtimer til design av nye verktøy. Det kan ta relativt lang tid å få produsert verktøyet og sendt det ut til fartøyet som trenger det. Videre er det tidkrevende å bytte verktøymens en undervannsoperasjon pågår.

1.2 Målsetting med oppgaven

Denne oppgaven går ut på å finne en standardisert festemekanisme, heretter kalt SFM, mellom verktøy og konstruksjon under vann. Denne festemekanismen skal kunne festes på ulike typer konstruksjoner, og skal passe for forskjellige typer verktøy.

1.3 Oppbygging av oppgaven

Oppgaven belyser typiske operasjoner og arbeidsoppgaver for ROV-verktøy som er aktuelle for oppgaven, og som er typiske tjenester som utføres av Subsea 7. Vi starter med en kartlegging av disse arbeidsoppgavene og verktøyene, og hvilke typer overflater og strukturer disse brukes på. Videre går vi nærmere inn på hvilke festemetoder som benyttes mellom verktøy og strukturer i dag, og så bringer vi inn noen ideer om alternative løsninger i tillegg. Oppgaven beskriver mulige festemetoder mellom SFM og ROV-verktøy, samt aktuelle energiformer og –overføringer, samt et eget avsnitt om materialer.

Etter kartleggingsdelen i oppgaven har vi en vurderingsfase hvor vi utfører en produktvalganalyse hvor vi skal anbefale en type festemekanisme mot hver enkelt type struktur (portefølje av SFMer), samt en egen analyse for å velge type festemekanisme mellom SFM og ROV-verktøy. Herfra velger vi en av SFM-ene fra den foreslåtte porteføljen som vi skal designe.

1.4 Om Subsea 7

Subsea 7 er en av verdens ledende leverandører av SURF (Subsea, Umbilicals, Risers and Flowlines), ingeniørtjenester, konstruksjon og IMR innen den globale olje og gass-sektoren.

1.4.1 Historie

Selskapet Subsea 7 S.A ble etablert som et resultat av en sammenslåing mellom Acergy S.A og Subsea 7 inc. Det nye selskapet beholdt Subsea 7s navn, men de tok Acergys tilholdssted i Luxemburg og operasjonelle hovedkvarter i London.

Acergy ble grunnlagt i 1970 som Stolt Nielsen Seaway, og de satset på dykkertjenester i Nordsjøen. Etter en rekke oppkjøp, deriblant Comex services i Frankrike, endret selskapet navn i 2000 til Stolt Offshore. Firmaet endret navn enda en gang i 2006 til Acergy, etter at det året før ble skilt ut fra Stolt-Nielsen Gruppen og notert på Oslo børs og NASDAQ.

Subsea 7 Inc. ble etablert etter en rekke fusjoner over lengre tid mellom DSND, Halliburton Subsea, Subsea Offshore og Rockwater. Selskapet ble notert på Oslo Børs i august 2005.



1.4.2 Visjon og verdier

Visjonen: "To be acknowledged by our clients, our people, and our shareholders, as the leading strategic partner in seabed-to-surface engineering, construction and services"

Verdier:

- Sikkerhet
- Integritet
- Innovasjon
- Prestasjonsevne
- Samarbeid

1.4.3 Life-of-field (LOF)

Life of field er det som omhandler feltet etter at det har startet sin produksjon og dets mål er å optimalisere produksjonen, øke effektiviteten og få mest mulig av verdiene ut av feltet. Operasjoner som eksempelvis inngår her er; inspeksjoner, havbunnskartlegging, CP-målinger, lekkasjesøk, vedlikeholdsarbeid og eventuelle reparasjoner som måtte trenge.

Subsea 7 har kontorer over hele verden og deres forretningsmodell er delt i to:

- Den nordlige halvkule og Life of field. UK, Canada, Norge, Mexicogolfen (Mexico og USA), life of field og i-Tech
- Den sørlige halvkule og globale forretningsprosjekter. Afrika, Asia/Stillehavet, Midtøsten, Brasil og globale prosjekter

1.5 Forkortelser

Nedenfor er opplistet noen forkortelser som er bruket i rapporten.

Forkortelse	Betydning
API	American petroleum institute
BSP	British standard pipe
CP	Catodic Protection
HPU	Hydraulic power unit
IMCA	The International Marine Contractors Association
IMR	Inspections, maintenance and repair
ISO	International standardization organization
JIC	Joint industry council
LOF	Life of field
NPT	National pipe thread
ROV	Remotely operated vehicle
SFM	Standardisert festemekanisme
SURF	Subsea, Umbilicals, Risers and Flowlines
TMS	Tether management system

2. Typiske verktøy og operasjoner

I forbindelse med subsea-operasjoner er det som på land mange ulike verktøy som blir brukt. Dette kan være "multi-purpose tool" eller ett verktøy som er bygd til et enkelt formål eller jobb. Det går ofte mye penger i utvikling i verktøy som gjerne kun blir brukt noen få ganger. Ved å prøve å lage en portefølje av standard innfestninger til disse verktøyene kan en bruke disse uten modifikasjoner mellom oppdragene. De kan da plukke verktøy fra basen og ikke tenke på hvordan verktøyet skal festes til arbeidsstykket, det vil spare tid og penger.

Det vil i ulike undervannsoperasjoner være varierende hvor mye plass en har å jobbe på. Det kan være mange strukturer på havbunnen eller utstyr som står i veien når ROV-en skal jobbe. Flere rør kan ligge tett og begravd som gjør at en har begrenset med plass rundt rørene. Dette er noe som kan være viktig å tenke på når en konstruerer et ROV verktøy. En må vurdere hvor sannsynlig det er at en skal jobbe i områder hvor det er begrenset med plass. Verktøyet bør da konstrueres på en mest mulig kompakt.

2.1 Generelt om ROV

Offshoreindustrien har de siste årene gått gradvis over til mer bruk av undervannsproduksjonssystemer. Da brukes såkalte bunnrammer i stedet for konvensjonelle plattformer. Vedlikehold og reparasjoner blir utført av dykkere og fjernstyrte undervannsfarkoster (ROV-er). Vi har valgt å rette vår bacheloroppgave mot ROV-er istedenfor dykkere. Dette på grunn av at de fleste leverandører av utstyr nå tilpasser sine bunnrammer og utstyr mot ROV da disse kan arbeide på de fleste dyp rundt om i verden, mens dykkere er begrenset av dybde. Typisk begrensing er 180-300 meter avhengig av regelverket som gjelder på sokkelen de arbeider på.



FIGUR 2-1 ROV-SYSTEM (SMD (SOIL MACHINE DYNAMICS LTD.), 2016)

ROV-er kan brukes til inspeksjon, havbunnskartlegging og konstruksjonsarbeid under vann. Det finnes ulike typer og størrelser ROV-er som er tilpasset de oppgavene de skal utføre. Eksempel på inndeling er observasjons-ROV, survey-ROV og arbeids-ROV.

Et typisk ROV system består av en HPU, kontrollsystem, vinsj, løftkabel og TMS om en arbeider på større dyp. TMS-en er der for at ROV-en ikke skal bli utsatt for bevegelsene som er på overflaten eller påvirket av den lange og tunge løftkabelen som vanligvis er av stål. TMS-en henger i denne løftkabelen rett ned fra overflatefartøyet, og den vil være forbundet med ROV-en med en navlestreng (tether) som er nøytral i vann. ROV-en får strøm fra skipet via løftkabelen og videre gjennom navlestrengen. På ROV-en finnes ulike transformatorer som transformerer spenningen til de ulike spenningene en trenger.

Fremdriftssystemet består ofte av hydrauliske propeller (thruster), men kan i noen tilfeller være hydrauliske. En arbeids-ROV har som oftest 2 manipulatorer som den kan bruke når den skal utføre forskjellige arbeidsoppgaver. Den vil i tillegg ha flere hydrauliske tilkoblinger slik at det kan tilkobles mange typer verktøy. I tillegg til det hydrauliske anlegget må ROV-en ha ulike kameraer, lys og ulike navigasjonshjelpemidler slik at ROV operatøren kan finne frem og utføre de operasjonene den skal gjøre.

2.2 Sageverktøy

Sageverktøy blir brukt om en skal skjære eller kappe av noe, det kan være rør som skal fjernes eller kappes for å klargjøre for sveising, strukturer som skal fjernes eller annet skrap på havbunnen som gjerne kappes opp før en tar det opp til overflaten. Eksempler på slike verktøy kan være sagblad montert på en hydraulisk motor eller en diamantkjedesag som vi ser av henholdsvis figur 2-2 og 2-4. Disse har i utgangspunktet et ROV-håndtak, men det bør i tillegg ha noe som holder verktøyet stabilt på røret.



FIGUR 2-2 SAGBLAD / BLADFRES (ROVQUIP, 2016)



FIGUR 2-3 DIAMANTKJEDESAG (MIRAGE SUBSEA, 2016)

2.3 Andre kutteverktøy

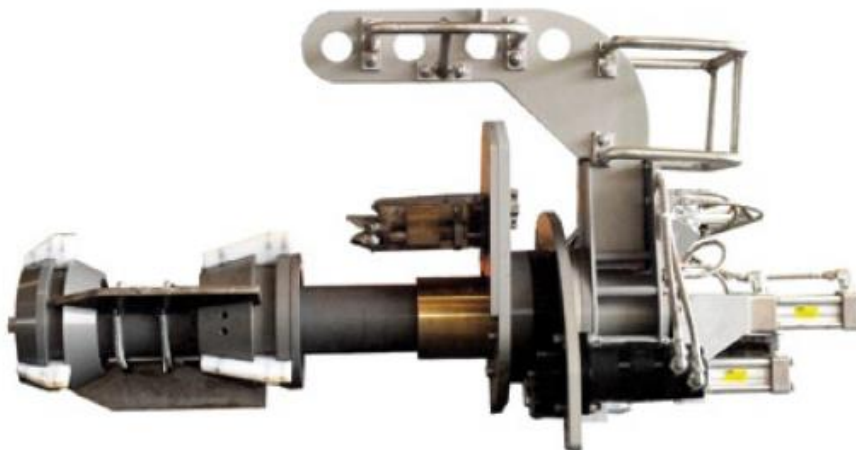
Det finnes også andre metoder å kutte noe på enn sagblad og diamantbånd. Det kan være ved bruk av vannskjæring med eller uten abrasiver eller det kan være ved bruk av hydrauliske sakser som vist på figur 2-4. Begge disse trenger noe som clammer seg fast, spesielt vannskjæring da dette krever skjæringen er jevn og stabil for å få et presist kutt. Verktøyet er laget for å håndteres av manipulatoren til en ROV, det ser man av fishtail-håndtaket som er montert på.



FIGUR 2-4 HYDRAULISK SAKS (ENVIRENT, 2016)

2.4 Pipe end tooling

Det er ikke bare verktøy som går på ødelegging og fjerning av strukturer som kan ha nytte av å ha standard innfestning til clamp. Blant annet når en gjør jobber på en rør-ende må verktøyet stå stabilt da dette er jobber som krever stor nøyaktighet. Det kan være til jobber som sliping, fresing, skifte av tetninger eller bare vasking av tetningsflater. Figuren viser et verktøy som blir brukt for å maskinere åpne rør-ender.



FIGUR 2-5 PIPE END PREP TOOL (OCEANEERING, 2016)

2.5 Boring

Enda en operasjon hvor det er nødvendig med stor nøyaktighet er ved boreoperasjoner. Figur 2-6 viser et boreverktøy for å bore på et rør. Det er da viktig at verktøyet står stabilt. Som vi ser av de forskjellige figurene av verktøy i kapittel 2 så har nesten alle disse verktøyene sin egen måte å feste seg til arbeidsstykket på.



FIGUR 2-6 HYDRAULISK DRILL (WACHS SUBSEA, 2016)

3. Standarder

De fleste typer industri prøver å jobbe etter internasjonale standarder, og også i Norge prøver undervannsindustrien å benytte internasjonale standarder i stedet for å bruke egne nasjonale. Norge er en viktig aktør i å påvirke den internasjonale subsea-standard ISO 13628, hvor vi deltar i ISOs tekniske komité 67 (ISO/TC 67 Materialer, utstyr og offshorestrukturer for petroleum, petrokjemi og gassindustri) (Norsk Standard, 2016).

Den norske subsea-bransjen bruker i dag flere forskjellige standarder i tillegg til den internasjonale, blant annet kan nevnes API (American Petroleum Institute) og IMCA (The International Marine Contractors Association).

Standarder som er aktuelle for design av undervannsverktøy er:

- ISO 13628 Part 8 (also adopted as API RP17H) ROV Interfaces on Subsea Production Systems, Corrected Edition 2005
- API 17D The Design and Operation of Subsea Production Systems – Subsea Wellhead and Tree Equipment, Second edition May 2011
- API 17H, Remotely Operated Tools and Interfaces on Subsea Production Systems
- IMCA R 004 Code of Practice for the Safe & Efficient Operation of Remotely Operated Vehicles, Rev. 3

4. Festemetoder mot konstruksjonen

4.1 Vakuum

Bruk av sugekopper ved hjelp av vakuum er brukt både på land og under vann. Under vann kan det brukes sugekopper for å holde ROV-en fast til en konstruksjon når den jobber, eller at den bare skal holdes i ro på et sted uten å drive bort grunnet strømmen i vannet. Sugekoppene på figur 4-1 er typisk brukt av ROV.



FIGUR 4-1 ROV SUCTION ARM (IK GROUP, 2016)

I landindustrien brukes vakuumløfter til mange forskjellige løfteoperasjoner, på både krumme og rette flater. Ofte blir de brukt i forbindelse med samlebandsproduksjon, og eksempelet i figur 4-2 viser en type løftearrangement for sylindriske laster. Denne kan brukes selv der overflaten ikke er helt slett.



FIGUR 4-2 VAKUUMLØFTER FOR SYLINDRISKE LASTER PÅ LAND (ANVER CORPORATION, 2016)



Begrensinger for bruk av vakuum under vann er at flaten den skal festes på må være ganske jevn og ren. Under vann vil det ofte bety at flaten må børstes ren for groe (algevekster, skjell o.l) og sand. Videre vil sugekoppen kunne belastes mest i retning normalt ned på, eller normalt ut fra en flate. Ved sidevis belastning vil den ikke være like god, og dersom den blir påført slag fra siden kan den risikere å lekke inn vann og miste vakuemet under koppen.

4.2 Magnet

Bruk av magneter til å holde fast verktøy og å løfte stål er velkjent i landbasert industri, og kan brukes i et stort antall forskjellige varianter der hvor materialet magneten skal holde fast er magnetisk.

Begrensingen til bruk av magnet er at materialet som den skal settes fast på må være magnetisk. Mange konstruksjoner og rør offshore er det, men både rør med asfaltdekke og fleksible gummibelagte slanger vil virke isolerende, og magneten vil miste en stor del av holdekraften.

Magneten kan være enten en permanent magnet eller en elektromagnet. Permanent magnet er i et materiale som har et konstant magnetfelt, mens elektromagnet består av et metall som magnetiseres ved hjelp av elektrisk energi.

4.2.1 Permanentmagneter

Magneter er også tatt i bruk i undervannsoperasjoner for å kunne feste seg til forskjellige typer konstruksjoner. Et eksempel på det er et norskutviklet produkt kalt Miko-magneten (figur 4-3). Den ble først utviklet for å kunne holde et stativ for boremaskin fast mot en undervannskonstruksjon, og blir satt på plass ved hjelp av ROV. To hendler aktiverer og deaktiverer magneten, og disse blir operert av ROV-ens manipulatorarm. I dag får du et større utvalg av disse magnetene.



FIGUR 4-3 PERMANENTMAGNET MED BRYTER (MIKO MARINE, 2016)

4.2.2 Elektromagneter

Elektromagneter fungerer ved at det lages et magnetfelt ved hjelp av elektrisitet. En spole spenningsettes, og det dannes magnetfelt rundt en jernkjerne. Elektromagneter brukes i forskjellig landindustri, og brukes ofte for å løfte tyngre stållaster som for eksempel rør (figur 4-4), og skrapjern i decommissioning-prosjekter offshore og i gjenvinningsindustri på land.



FIGUR 4-4 ELEKTROMAGNET (UPTECH ENGINEERING, 2016)

4.3 Friksjon

4.3.1 Klammer/Pads i en stiv ramme formet som en hestesko

Dette er en typisk metode for å holde fast verktøy under vann. Man bruker da gjerne hydraulisk aktuerte armer som presser mot strukturen. Alternativt kan man se for seg at det samme kan utføres ved hjelp av en elektrisk aktuator hvor en elektrisk motor roterer og kraften overføres til en tannstang som utfører samme aksielle bevegelse som en hydraulisk sylinder, eller man kan bruke en elektromagnet (solenoid).

Man kan også gjøre motsatt, så lenge man ikke behøver å konstruere festemekanismen som fail to open. Da kan man bruke kraft for å holde armene åpne, så er det fjærkraft som lukker og holder SFM-en på plass.

Disse klammerne med utstyr kan gjerne være montert inne i en stiv ramme formet som en hestesko, se eksempel på ramme i figur 4-5.



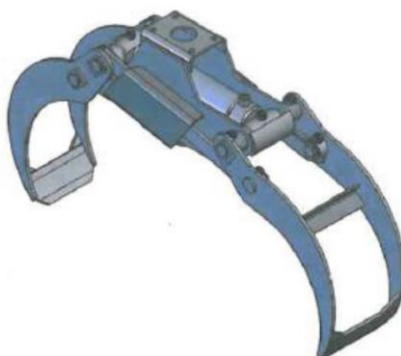
FIGUR 4-5 PRINSIPPSKISSE AV STIV RAMME

4.3.2 Gripeklo

Et prinsipp som er mye brukt i dag, både på verktøy og manipulatorarmer er en klo som griper om strukturen der en skal jobbe. Kloen kan bestå av flere fingre. Disse klørne er enklest å operere ved hjelp av hydraulikksylindere, men en elektrisk aktuator kan være et alternativ. Figur 4-6 og 4-7 viser eksempler på gripeklør som brukes i dag.



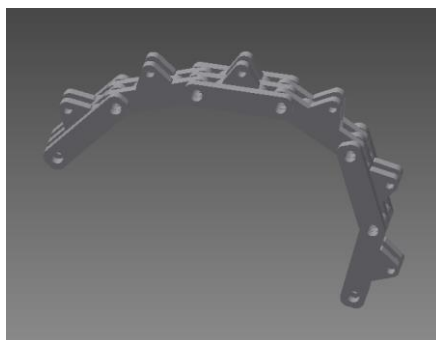
FIGUR 4-6 GRIPEKLO FOR MANIPULATORARM (IMENCO AS, 2016)



FIGUR 4-7 GRIPEKLO FOR STØRRE LASTER (DEEP C GROUP, 2016)

4.3.3 Armer av kjede/ledd med hydraulikksylindere mellom hvert ledd:

Et mulig prinsipp er å lage en lenke av kjedeelementer hvor det er hydraulikksylindere ovenfor og mellom hvert ledd. Denne vil da kunne være nærmest en rett bjelke når stemplene er i innerste posisjon i sylindere, og når de trykkes ut vil kjedet bøye seg og kunne omslutte et legeme. Dette er en løsning med mange bevegelige deler og mange slanger til hydraulikksylindere.



FIGUR 4-8 PRINSIPPSKISSE AV KJEDE/LEDD (UTEN HYDRAULIKKSYLINDERNE MONTERT PÅ)

4.3.4 Omsluttende klemmeverktøy

Man kan også bruke et klemmeverktøy som omslutter for eksempel et rør og som strammes til og låses fast. Begrensingen til et slikt verktøy er at du må ha en konstruksjon som er mulig å gripe rundt, og som tåler kraften du må påføre den. Du må tre den helt rundt emnet, og kunne håndtere og stramme mekanismen, som i sum kan være krevende å utføre for en ROV.

Splittring

Heavy Duty Split Frames, som vist i figur 4-9, er en type delte rammer som brukes i tørre miljøer for å kutte og slippe rør fra 12-84 tommer. Denne løsningen kan nok være mulig å utvikle for å bruke på rør under vann også. Den ene delen av rammen / ringen står fast på røret, mens den andre delen roterer rundt røret sammen med det påhengte verktøyet.



FIGUR 4-9 SPLITTRING (EH WACHS, 2016)

Safety Clamp

Et eksempel på omsluttende klemmeverktøy er *Type C Safety Clamp* som låses fast mekanisk ved bruk av bolt med gjenger, se figur 4-10. Denne kan opereres ved hjelp av torque-tool på ROV-en.



FIGUR 4-10 SAFETY CLAMP (FORUM ENERGY TECHNOLOGIES, 2016)

Vaier

En vaier kan tres rundt en konstruksjon, for eksempel et rør. Arrangementet må ha en base hvor den ene enden av vaieren er festet, og en mekanisme hvor andre enden av vaieren kan legges i eller tres gjennom for så å strammes og låses fast. Denne løsningen kan brukes på ulike konstruksjonsfasonger, ikke bare enkeltkrummede flater. En begrensing er faren for at den kan skli langs konstruksjonen når arrangementet blir belastet eller strammet til. For eksempel vil den sitte bedre på rett strekk på et rør enn

i et bend. Friksjonskraften mellom vaier og konstruksjon må være stor nok til å kunne ta opp moment når det påmonterte verktøy er i bruk.



FIGUR 4-11 EKSEMPEL PÅ VAIERSTRAMMER (YANGZHOU XIYI ELECTRIC EQUIPMENT MANUFACTURING & TRADE CO. LTD , 2016)

En tilpasset stramme- og låsemetode for SFM kan være at det er montert en slags sleide på basen hvor vaieren strammes først til for hånd av ROV-en, legges ned i en vaierføring, og ROV-en tar tak i en spak som først gjør at vaierføringen klemmer om vaieren og deretter forskyver sleiden og vaierføringen på SFM-en slik at vaieren strammes til. Figur 4-11 viser et eksempel på en vaierstrammer som brukes på land.

Kjede

Kjeden tres rundt konstruksjonen på samme måte som vaier. Den har samme begrensinger som vaier, men med denne løsningen kan det være mulig å ha en vogn som kjører på kjedet. Da kan du kjøre verktøyet rundt hele konstruksjonen, for eksempel ved saging eller fresing.

Ved samme strammemekanisme som for vaier kan kjeftene ha spor som kjeden legges og låses nedi av seg selv. Man slipper da mekanismen som strammer kjeftene om kjedet. Kan være enklere å jekke kjedet stramt med denne mekanismen.

Alternative stropper

Karbonfiberstropp kan være et alternativ til vaier. Den er lett, og kan fås både i materiale som synker og som flyter. Strammemekanismen på basen må da tilpasses stroppen.

Stålband (2-3 mm tykt) blir brukt i mange sammenhenger på land, og Band-It er et kjent merke, og mange flere er på markedet, et eksempel vises på figur 4-12. Et flatt stålband som dette kan kanskje være utfordrende å håndtere for ROV-en da strammemekanismen kan være vanskelig å håndtere også på tørt land. Et tilpasset bånd kan gjøre dette enklere. Om man ser på et bånd som er perforert (lignende patentbånd) kan strammemekanismen være utformet slik at det er noe som tar tak i hullene og strammer båndet på den måten, i stedet for bare å klemme på det.



FIGUR 4-12 STÅLBÅND MED STRAMMER (BAND-N-GO INC., 2016)

Å tre en vaier, kjede eller andre stropper rundt en konstruksjon og feste enden av denne kan være en krevende operasjon for ROV-en. For å forenkle operasjonen noe kan man bruke en base med magnet (permanentmagnet uten spak) hvor ROV-en monterer denne i posisjon først, mens stroppen henger løst. Når basen er låst i posisjon kan ROV-en tre stroppen rundt konstruksjonen og stramme og låse den fast. Magneten trenger bare nok holdekraft til å forhindre at basen faller av under monteringsfasen. Den behøver ikke ta opp last eller moment fra det påmonterte verktøyet.

4.4 Sikkerhet

SFM-en bør konstrueres ut fra et «Fail Safe»-prinsipp;

Den egenskapen at anlegget ved feil går til sikker tilstand. Det vil si at ingen sikkerhetskritisk situasjon skal oppstå som følge av feil i anlegget. (Jernbaneverket)

For SFM-en må man vurdere hva som blir «fail safe» nå man velger virkemåte. For å illustrere et eksempel kan man se for seg at en ROV mister hydraulikktrykket som leveres til en SFM med gripeklo (den som skal holde SFM-en fast til konstruksjonen). Da vil man ikke kunne kontrollere stampelet til gripekloen slik man vil. Da må man tenke på hva vil være sikreste funksjonen til stampelet for gripekloen. Vil det være at for eksempel en fjær trykker gripekloen sammen rundt konstruksjonen slik at SFM henger seg fast, eller skal den virke motsatt slik at gripekloen slipper det den holder rundt slik at ROV-en kan trekkes bort med SFM-en hengende med? Man spør da om funksjonen er henholdsvis «Fail to open» eller «Fail to close». Dette eksempelet beskriver funksjonen til gripekloen, og hva som skal skje med SFM-en om den mister hydraulikktrykket.

Videre kan man se for seg at grensesnittet mellom ROV-en og SFM-en også må ha en «Fail Safe»-funksjon. Hva skal skje med manipulatorarmen som holder SFM-en ved tap av hydraulikktrykk, skal den slippe SFM-en eller holde den fast? Hvis den skal slippe den, hva så med hydraulikkslangene mellom SFM og ROV, skal de bli sittende fast, og unngå oljesøl, eller skal den slippe når ROV-en trekkes bort fra SFM-en? Dette er viktige prinsipp å vurdere før vi velger hvordan SFM-en skal konstrueres, hvilke koblinger man bruker, og hvordan ROV-en skal reagere om noe uforutsett skjer.

I praksis kan definisjonen på hva som er sikker tilstand variere fra operasjon til operasjon. Noen ganger ønsker du at SFM-en bare skal slippe, slik at du enkelt kan plukke den opp senere. Andre ganger kan det være at SFM-en skal monteres over annet kritisk utstyr, og det viktigste da kan være å ikke miste den og risikere skader på annet utstyr.

5. Andre tilkoblinger på SFM-en

På SFM-en blir det i tillegg til grensesnitt mot strukturen også grensesnitt mot verktøyet som skal monteres på SFM og mot ROV-en. Med tilkoblinger mener vi på hvilken måte verktøyet er festet til SFM-en, hvordan ROV-en kan håndtere SFM-en og hvordan den er tilkoblet. Vi beskriver her en del løsninger som vi ser som aktuelle og som vi ser for oss kan fungere.

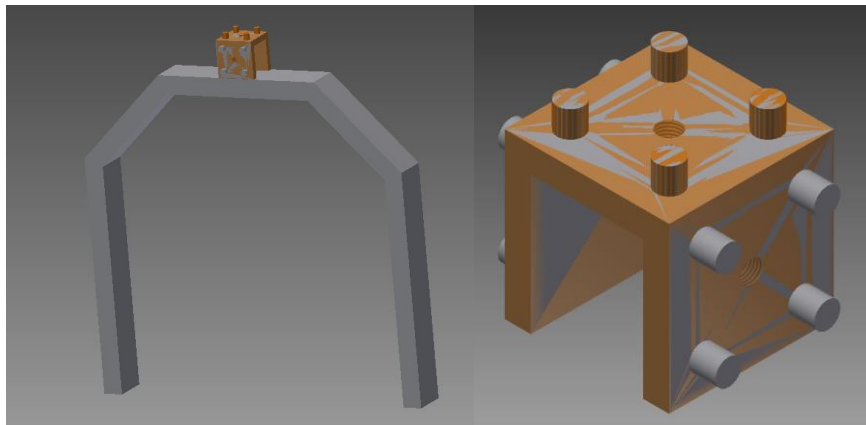
5.1 SFM-verktøy

Festemetoden mellom SFM og verktøy må være enkel å håndtere for ROV-en, og det må være et solid feste som må kunne belastes i alle retninger og også kunne ta opp bøyemoment. Det kan være en type hurtigkobling som trykkes på plass, eller en type kobling som må settes i riktig posisjon for så å låse posisjonen til verktøyet med en form for låsing. Det er ønskelig å standardisere dette ved å ha en lik type kobling på alle typer SFM-er. Da kan vi også ha en type brakett som kan brukes på nær sagt alle typer verktøy og disse verktøyene vil kunne monteres på alle SFM-er.

Videre følger en del alternativer vi ser som aktuelle å bruke på SFM-er.

5.1.1 Brakett/flens på SFM.

En brakett eller flens kan være festet på SFM-en og ha to eller flere styrepinner på flensen. Braketten kan gjerne være utformet slik at den har koblingsflate på flere sider. Da kan verktøy kobles til i flere ulike retninger og posisjoner på SFM-en avhengig av hvilken type jobb og hvor på konstruksjonen den skal jobbe. Den ene styrepinnen bør være lengre enn de andre, slik blir det enklere for ROV-en å styre og tre inn verktøyet.

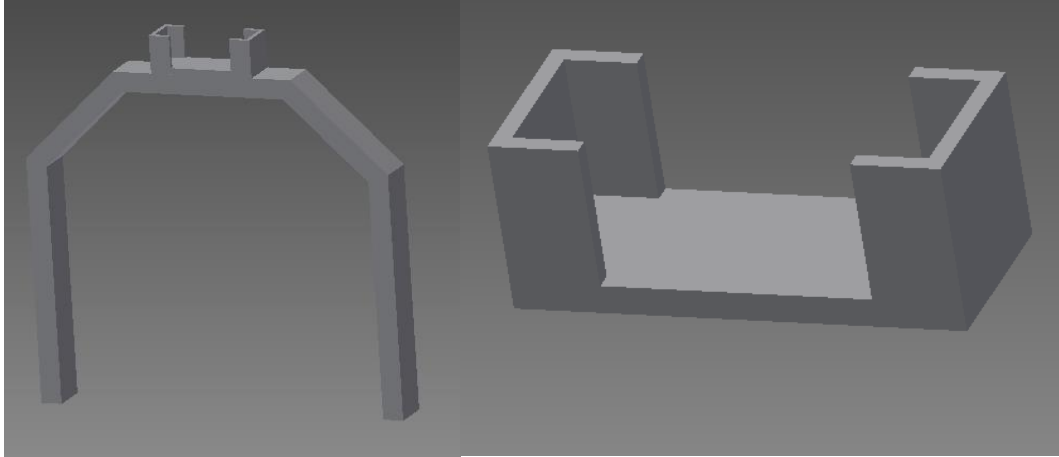


FIGUR 5-1 EKSEMPEL PÅ BRAKETT FOR BOLT

5.1.2 Guide frame på SFM

En ramme eller spor på SFM-en hvor verktøyet tres ned og festes. Se eksempel på figur 5-2 som viser eksempel med to U-profiler som utgjør lederammen som holder verktøyet i posisjon. Verktøyet må da ha en skinne eller en base som passer akkurat inni denne rammen. I tillegg må det være en mekanisme som låser verktøyet ned i rammen. Dette er en vanlig sammenstillingsmetode under vann.

Guide frame bør være slik at den ene U-profilen er lengre enn den andre slik at det blir enklere for ROV-en å styre og tre inn verktøyet. Denne type løsning er enklest å håndtere for ROV når den står montert på SFM slik at verktøyet som skal ned i rammen kan skli inn ved hjelp av tyngdekraften.



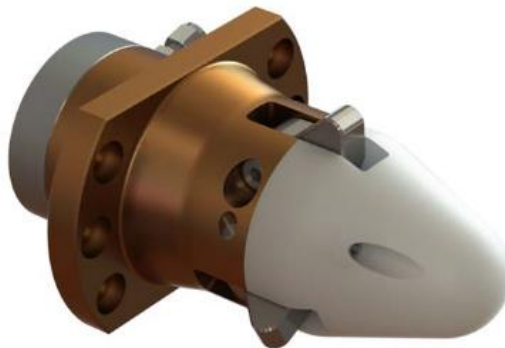
FIGUR 5-2 EKSEMPEL PÅ GUIDE FRAME

5.1.3 Låsemetode på både brakett/flens og på guide frame

Docking probe i senter

Docking probe er en standardisert låsemekanisme etter ISO 13628. Docking proben kan kobles på og låses fast automatisk når hann-delen og hunn-delen trykkes sammen. For å løse de fra hverandre igjen kan det skje ved hjelp av hydraulikk. Derfor er det en fordel om hann-delen er montert på verktøyet slik at du slipper å koble hot-staben til SFM-en ved bytte av verktøy.

Fordelen med denne løsningen er at den er selvsentrerende og dermed relativt enkel å posisjonere. Videre er den rask å låse fast når hydraulikksystemet til ROV-en er tilkoblet. Ulempen med denne løsningen er at du er avhengig av hydraulikktrykk for å trykke verktøyet mot SFMen (låsing).



FIGUR 5-3 DOCKING PROBE, HANN-DEL (TOOLTEC LTD, 2016)



Gjenget hull i senter

Ved å lage et hull i senter på flensen kan verktøyet kan skrus fast til SFM med en bolt på verktøyet. Bolten bør sikres på verktøyet slik at den ikke faller av. Man kan bruke ROV-ens manipulatoren med en egen pipe for å trekke den til. Alternativt kan det brukes et eget trekkeverktøy for å stramme opp bolten. Fordelen er at når man får spent opp bolten så vil koblingen sitte godt fast, og man kan ta opp relativt stor reaksjonskrefter. Ulempen med denne løsningen er at siden ROV-en må skru til bolten kan det være en mer tidkrevende operasjon i forhold til enkelte av de andre aktuelle løsningene.

Mekanisk låsemekanisme

En enkel mekanisk låsemekanisme kan være en kile som går i et spor i verktøyet og som kan skyves inn gjennom en bøyde eller lignende som er montert på SFM-en, slik at den kiler verktøyet fast mot SFM-en. Denne kilen eller låsen må skyves ved hjelp av manipulatorarmen til ROV-en, og det har ikke noen stor betydning om denne er montert på SFM-en eller på verktøyet.

Hydraulisk drevet låsemekanisme

Samme prinsipp som for mekanisk låsemekanisme, men en hydraulisk sylinder skyver kilen. Hydraulikksylindren kan være montert på verktøyet for å slippe å ha hot-stab koblet til SFM-en ved montering av verktøyet.

Magnet

Man kan også bruke en permanentmagnet som holder verktøyet nedpå brakett/flens. Magneten kan da plasseres på verktøyet og betjenes med en spak for å aktivere og holde fast verktøyet mot flensen.

5.1.4 Montering på kule

SFM-en kan være utstyrt med en kule som verktøyet tres nedpå og låses fast til. Dette ligner litt på et tilhengerfeste. Fordelen med denne løsningen er at det vil være et veldig fleksibelt feste som du kan dreie og snu verktøyet trinnløst på, men repeterbar posisjonering er derimot vanskelig å få til med dette. Denne festemetoden vil ikke kunne ta opp like store reaksjonskrefter som de andre metodene vi har beskrevet. Ved for store reaksjonskrefter vil den glippe taket, og verktøyet kommer ut av posisjon. Den er nok derfor best egnet på lettere operasjoner.

Mekanisk låsing

Låsing på kulen kan utføres med en mekanisk låsemekanisme som klemmer rundt kulen, og betjenes ved hjelp av en spak som kiler verktøyet fast på kulen.

Hydraulisk mekanisme

En alternativ låsemetode mot kulen kan være mekanisk låsemekanisme som klemmer rundt kulen, men i stedet for en spak som klemmer til denne kan det utføres ved hjelp av hydraulikk.



5.2 ROV-SFM

For at ROV-en skal kunne håndtere SFM-en må den ha håndtak som den kan holde den i. Det blir vanligvis gjort ved å montere på en fishtail, D-håndtak eller en tilpasset bøyle. Da kan SFM-en håndteres ved at ROV-en holder fast SFM-en med sin 7 funksjons manipulatorarm. Fishtail vil være det foretrukne valget sett fra ROV-ens side da det er den som oftest gir best grep for manipulatoren, og dermed kan holde den med bare denne en manipulatorarm. I enkelte tilfeller kommer fishtailen eller D-håndtaket i veien da de stikker ut fra verktøyet. Derfor er det i enkelte tilfeller best å bruke en tilpasset bøyle.

Hvis man velger en hydraulisk SFM kan man bruke en 2-, 4-, eller 6-ports Hot Stab mellom ROV og SFM når den skal kobles fra eller til konstruksjonen. Dersom man velger en SFM som bruker elektrisk kraft til å holde seg fast til strukturen med så må man ha elektrisk kobling mellom ROV og SFM. Både elektriske og hydrauliske koblinger blir nærmere beskrevet i neste kapittel.

6. Energiformer og overføring(koblinger)

6.1 Hydraulikk

6.1.1 Generelt

Hydraulikk omhandler læren om væsker i ro og i bevegelse. Det er overføring av energi/kraft ved hjelp av en væske og det hydrauliske trykket bygger seg opp som et resultat av strømningsmotstand. Trykk, kraft og areal er 3 faktorer som er sentrale i hydraulikken og som en kan bruke i beregninger. En definerer trykk slik: $P = F/A$ eller Trykk = kraft / areal. Oljehydraulikk er en kraftform som er mye anvendt i industrien. Da blant annet til:

- Styring av sylindere, f. eks til manipulator på ROV
- Kraftoverføring fra hydraulisk motor til propeller
- Pilotstyring til ventiler
- Sjokkdemping.

Et hydraulisk anlegg vil bestå av mange forskjellige komponenter; Sylindere og aktuatorer som gjør et arbeid på et objekt, pumper og motorer som overfører energi, ventiler som kontrollerer og regulerer en krets og en kan ha en akkumulator for å dempe hydraulisk støt eller for å fungere som et lager for trykk.

6.1.2 Hydraulikksystem på ROV

Det hydrauliske systemet på en ROV vil skille seg noe fra et landbasert system. Komponentene som tank, pumpe, motor, filter, ventiler, rør og koblinger kan være lignende, men i tillegg må en ha en kompensator. Denne vil kobles på returlinjen til de ulike kretsene for å skape et overtrykk på 0,5 til litt over 1 bar. Dette gjøres for å unngå vanninntrenging forårsaket av et høyere trykk utenfor. Kompensatoren vil da hele veien holde væsketrykket over det hydrostatiske trykket utenfor. ROV-en har ofte et hydraulikksystem for hovedkomponenter til fremdrift og fast installerte komponenter. Det kan være propeller og manipulatorer. Den har også et for tilleggsutstyr som da gjerne kan inneholde forurenset olje, da disse blir koblet av og på oftere og en har større sannsynlighet for vanninntrenging. Disse pumpene har ofte litt forskjellige spesifikasjoner, hovedpumpen kan for eksempel levere 35-275 bar og 240 liter per minutt, mens tilleggs-pumpen kan levere 35-207 bar og 80 liter per minutt. (FMC Technologies, 2016)

6.1.3 Muligheter i forhold til ROV

Hva en har til rådighet for bruk avhenger av hvilken ROV og hvordan den er utstyrt. I utgangspunktet er det mest ideelt å koble seg opp mot tilleggs-systemet da det er stor fare for å få noe vann i oljen ved bruk av slikt utstyr som oppgaven dreier seg om. ROV-en kan være utstyrt med Remote control unit (RCU) eller diverse andre ventilpakker. Vår SFM kan være koblet opp mot en av disse for å ha kontroll på strømmingen og trykket. Vi kan da via slanger og hurtigkoblinger eller direkte koble SFM-en opp mot ROV-en. Fra Subsea 7 har det kommet innspill på at disse bør i så fall være på 4 meter for å kunne jobbe et stykke borte fra SFM-en. I og med at vi kobler oss opp mot tilleggs-systemet kan vi ha et trykk på ca 207 bar og strømning på 80 liter per minutt å jobbe ut fra.

6.1.4 Overføring og tilkoblinger

Som nevnt over vil vi på en eller annen måte være koblet fra en av ROV-enn ventilpakker og til SFM-en. Dette kan gjøres på flere måter:

Faste koblinger / fittings

En kan f. eks bruke slanger som er direkte koblet mellom SFM og ROV. En kan bruke fittings av typen JIC, NPT eller BSP på slangene og rett på en ventilpakke, men en vil da ikke kunne fly bort fra SFM og om en får lekkasje vil dette gå utover ROV-ens oljereservoar.

Hurtigkoblinger

Det er mulig å bruke hurtigkoblinger som vist på figur 6-1 slik at en kan koble seg raskt til og fra ROV på dekk om dette er et utstyr som skal brukes ofte. En har mulighet til å koble disse av på havbunnen om det skulle være nødvendig for å sette SFM-en fra seg, men det vil derimot ikke være så lett å koble seg til igjen med denne typen hurtigkoblinger da de er små og ikke konstruert for bruk med store manipulator fingre.



FIGUR 6-1 EKSEMPEL PÅ HURTIGKOBLINGER (SNAP TITE INC, 2016)

Hot-stab

Hot-stab består av en sylindrisk hann-del hvor det er boret ut forskjellige kanaler som en kan koble slanger til med samme typen fittings som nevnt over. Disse kanalene er skilt med o-ringer og på hann-delen er det vanligvis montert på en "fishtail" eller D-håndtak slik at den kan opereres med ROV som vist øverst på figur 6-2. Disse kommer med forskjellig konfigurasjon, men 2-6 porter er vanlig. Det vil også være en hunn-del som har de samme boringene slik at kanalene treffer hverandre, vist nederst på figur 6-2. Denne hunn-delen vil da være fastmontert f. eks i ROV-ens skuffe og videre koblet til en ventilpakke slik at en kan ha kontroll på strømning og trykk. Det blir ofte brukt tilbakeslagsventiler med «hot-stabber» da hunn-delens kanaler står eksponert for sjøvann når en blindplugg ikke er tilkoblet. Dersom en ikke har tilbakeslagsventil på hunn-delen vil sjøvann kunne strømme fritt inn i slagene når hann-delen eller blindplugg ikke står i. Når en da kobler til hann-delen vil en få en lukket krets sammen med tilleggsystemet til ROV-en og alt vannet som var i slangene vil så blandes med oljen i tilleggsystemet. Dette er ikke gunstig for et hydraulisk system. Ved å bruke tilbakeslagsventiler vil en kunne øke antall oppkoblinger før oljebytte er nødvendig.

Ved bruk av hot-stab trenger en både en hunn-del på SFM og en på ROV slik at det er mulig å forbinde ROV og SFM med slager. Disse vil ha tilkoblet en hann-del i hver ende og en vil da kunne koble seg fra SFM bare ved å koble ut hann-delene om noe uforutsett skulle oppstå og ROV vil være fri.



FIGUR 6-2 HOT STAB (NORWEGIAN OFFSHORE RENTAL, 2016)

Moffat stab connector

En kan også bruke en "moffat stab connector". Denne blir ofte brukt under pigging, injeksjon og enkelte ventiloperasjoner. «Moffat stabben» er enkel å koble til, ROV-en posisjonerer hann-delen med hunn-delen og trykker den inn. Håndtaket for ROV-en kan roteres 360 grader uavhengig av kroppen til stabben. Dermed kan en håndtere den uten å vri slangene. En J-låsing holder den i posisjon. Det skjer ved at håndtaket trykkes inn, og vris 30 grader. Man vil da også kunne verifisere at den er i posisjon. Ulempen med «moffat stabben» er at den kun har 1 port og dermed kan den ikke kjøre flere funksjoner med samme stab.



FIGUR 6-3 MOFFAT SUBSEA CONNECTOR (FORUM ENERGY TECHNOLOGIES, 2016)



6.1.5 Fordeler og ulemper

Fordeler:

- En kan operere med store krefter med relativt små komponenter
- Fjernstyring er enkelt med elektrohydraulikk
- Kan være både roterende og lineær bevegelse
- Selvsmørende når olje er medium
- Trinnløsregulering av hastighet og kraft
- Når en jobber på havbunnen vil det være et ytre hydrostatisk trykk. Bruker en væske som er inkompressibelt vil dette motstå trykket og en trenger ikke så tykt gods i utstyret.

Ulemper:

- Kan være fare for oljesøl som er negativt for det marine miljøet.
- Vanskelig og dyrt å lage synkronne bevegelser.
- Tåler lite forurensninger og luft i mediet

6.2 Elektrisitet

6.2.1 Generelt

Elektrisk energi er en form for energi hvor elektroner, negativt ladde partikler forflyttes. Elektrisk strøm er en sekundær energikilde, det vil si at den skapes av omdanning etter omdanning av andre primære energikilder som blant annet olje, gass eller f. eks solenergi.

I dette tilfelle er den primære energikilden diesel som blir forbrent i dieselmotoren som igjen driver store generatorer. Strømmen går da videre som for eksempel 690 VAC til ROV-ens hovedtavle og blir transformert opp til for eksempel 4000 VAC som går videre til løftkabel og via navlestrengen og til ROV. Strømmen som går fra skip og til ROV er skilt med et galvanisk skille slik at jordfeil på den ene eller andre ikke påvirker hverandre og for at det ikke skal oppstå et elektrisk potensiale.

Utviklingen av elektrisk utstyr og elektriske systemer går raskt og kan bli mer brukt i undervannsbransjen i fremtiden. Elektrisk utstyr blir mer og mer kompakt og pålitelig. Komponentene er brukere mye de samme som ved et hydraulisk anlegg bare at du ikke har noe væske som strømmer. En vil måtte hatt blant annet kabler til overføring, elektriske aktuatorer, kontrollkort og programmer både top-side og subsea.

6.2.2 Muligheter i forhold til ROV

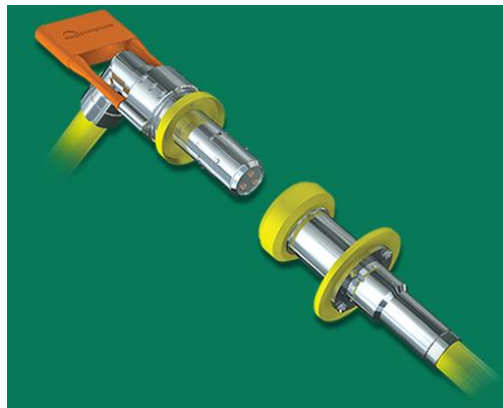
Hva en har til rådighet er som ved hydraulikk veldig varierende etter hvilken ROV som blir brukt. I utgangspunktet har en 1500-4000 VAC som blir supplert via navlestrengen (tether) fra moderskipet. Du har da 3-fase som går til drift av HPU og 2-fase som går inn på transformator. Transformatoren transformerer spenningen videre ned til det ROV måtte trenge via ulike adaptere. Dette kan være 230 VAC, 110 VAC, 48 VDC, eller 24 VDC. Ut fra trafoen/adapterne kan du da koble deg til diverse koblingsbokser eller direkte. Sannsynligvis vil disse være dimensjonert med ulike sikringer da du noen steder har et høyere strømforbruk. Det er dette som gjerne vil være en begrensning ved bruk av eldre typer ROV-er der de er mer tilpasset hydraulikk og ikke har så mye strøm tilgjengelig.

6.2.3 Overføring og tilkoblinger

Det finnes flere måter å overføre elektrisk energi subsea og vi har sett på følgende:

En kan koble seg direkte til ROV med kabler som da har en lengde på ca 4 meter slik at ROV-en kan jobbe litt borte fra SFM-en om nødvendig. Kabelen ville da vært koblet i begge ender med f. eks en «Burton connector», hvor antall pinner kommer etter behov. ROV-en vil da til enhver tid være tilkoblet SFM-en på grunn av at disse ikke kan kobles av med ROV og en vil ikke være i stand til å svømme vekk fra SFM-en.

Det er mulig å bruke en såkalt "wet-mateable" kobling, se figur 6-4. Denne fungerer mye likt hot stab hvor en har en hann-del og hunn-del som skal kobles sammen. En kan koble f. eks en hann-del direkte mot ROV slik at denne blir liggende i ROV-skuffen når den ikke er i bruk. Når en da skal koble seg opp til SFM kan ROV-manipulatoren ta ut hann-delen ved å bruke håndtaket og koble dette til hunn-delen som skal være montert på SFM. Det finnes flere varianter av disse med ulikt antall pinner, alt etter hva behovet er.



FIGUR 6-4 WET MATEABLE CONNECTOR (RMS PUMPTOOLS, 2016)

En annen mulighet er bruk av induktiv overføring for spenning og kommunikasjon. Blue logic jobber med et prosjekt der de vil prøve å erstatte prinsippet med metallpinner til overføring, se figur 6-5. Induksjon vil si overføring av energi i et magnetfelt og ikke direkte kobling. Det en oppnår ved slik overføring er at ingen elektriske pinner vil være i kontakt med sjøvann, da de ofte korroderer bort. Det blir lettere for ROV å koble og det er robust.



FIGUR 6-5 INDUKTIV KOBLING (BLUE LOGIC, 2016)



6.2.4 Fordeler og ulemper

Fordeler

- Liten eller ingen oljeforurensning
- Veldig nøyaktig regulering
- Hastigheten er høy på reguleringen
- Pålitelig utstyr

Ulemper

- Fysisk størrelse blir ofte stor når du skal overføre store krefter
- Elektriske kabler tåler mindre kontra hydrauliske slanger
- Dyrt med top-side utstyr og programvare
- Må ha tykt gods eller oljekompenserte bokser for å unngå at utstyret imploderer
- Kan få problemer med høyt strømforbruk grunnet begrenset strøm gjennom navlestreng (tether)

7. Materialer

I forbindelse med konstruksjon av vår SFM må man ta stilling til hvilket materiale en skal bruke. En må da se på de ulike materialegenskapene for å vurdere hva som passer best til vårt behov. En må ta hensyn til at SFM-en skal være offshore, hvor det er utsatt for et korrosivt miljø med sjøvann og luft. Den kan stå lenge uten at noen spylar av verktøyet og kan få ganske røff behandling av ROV og personell som bruker det. En må også tenke på vekten som det skal bæres av en ROV som flyr rundt i havrommet. Egenskaper en må vurdere er blant annet flytegrense, hardhet, seighet, egenvekt, korrosjonsmotstand, pris og utseende.

7.1 Metaller

7.1.1 Stål

Stål er en smibar legering av jern og karbonstål, med et karboninnhold mindre enn 1,7.2 %, og kan ha et vidt variasjonsområde i egenskaper avhengig av varmebehandling og sammensetning. Omtrent 90 % av verdens stålprodukter går til ulegerte stål. Ulempen med disse offshore er at de har lav korrosjonsmotstand om de ikke er overflatebehandlet. Fordeler stål har er at det har stor styrke og seighet i tillegg til at det har stor formbarhet, er lett å sammenføye og prisen er relativ lav. For å endre dets egenskaper kan en legere det med ulike metaller som; nikkell, krom, mangan, molybden, kobolt, vanadium og silisium. En får da legert stål. (Store norske leksikon, 2016)

Korrosjonsbestandig stål (rustfritt)

Vanlig karbonstål korroderer som sagt i luft og vann om de ikke er overflatebehandlet, men ved å legere stål med enkelte legeringselementer nedsettes korrosjonshastigheten. Tilsettes 12-13% krom vil ikke stålet angripes av ferskvann og luft og vi får det som kalles rustfritt stål. Det har blitt dannet en tynn hinne av kromoksid, men i motsetning til hinnen jern danner (jernoksid) er kromoksidhinnen tett. Om en har et Krom- innhold på 20-25% vil stålet få bedre bestandighet mot atmosfærisk korrosjon ved høyere temperaturer, en har da varmfaste stål. En kan også legere med nikkell og molybden som gjør stålene motstandsdyktige mot syrer, en får da syrefaste stål. Eksempler på korrosjonsbestandige stål er:

Ferittiske korrosjonsbestandige stål

Dette er legeringer som inneholder mellom 12 og 30 % krom i tillegg til mindre mengder Silisium og Mangan, kan evt innlegere Molybden og Nikkel for å øke korrosjonsmotstanden. Disse stålene er magnetiske. Duktiliteten vil være synkende med økende krominnhold, men da vil korrosjonsbestandigheten øke. Det kan oppstå problemer med sveising av ferittiske rustfrie stål grunnet lav temperaturgrense for kornvekst og dermed lavere bruddseighet i materialet. Det har relativ fasthet og viser god motstand mot klorid-spenningskorrosjon. (Vedvik, Valberg, Holthe, Støren, & Thaulow, 2010)

Austenittisk korrosjonsbestandig stål

Hovedmengden av rustfrie stål som blir produsert i verden ligger innenfor denne gruppen. De inneholder fra 16-28% krom pluss tilstrekkelig nikkell, mangan eller nikkell til at strukturen blir austenittisk. De har god



plastisk formbarhet og er ikke magnetiske. Disse er godt sveisbare da strukturen er duktil og har god slagseighet. Det finnes også stål som kalles superaustenittiske, disse har blant annet spesielt gode korrosjonsegenskaper i sjøvann og andre kloridholdige løsninger, disse inneholder ca 20% krom, 20% nikkel, 6% molybden og noe nitrogen.

(Johansen, Korrosjonsbestandige stål (2008), 2016)

Martensittiske korrosjonsbestandige stål

De martensittiske rustfrie stålene skiller seg fra ferittiske ved et høyere karbon innhold. Flytegrensen for martensittiske stål er høy og ligger i området 550 til over 1000 Mpa, til sammenligning har ferittiske rustfrie stål 400-550 Mpa. Korrosjonsegenskapene er vanligvis dårligere enn for ferittiske og austenittiske og det har moderat duktilitet. Nye typer martensittiske rustfrie stål med meget lavt karboninnhold og forbedret sveisbarhet er under utvikling for om mulig å finne en rimeligere rustfri ståltype enn duplex, som brukes i dag for bruk i rørledninger for uprosessert olje og gass der hvor forholdene er så aggressive at karbonstål ikke kan benyttes.

(Vedvik, Valberg, Holthe, Støren, & Thaulow, 2010)

Feritt-austenittisk korrosjonsbestandig stål (duplex-stål)

Disse er karakterisert ved at mikrostrukturen inneholder både feritt og austenitt. De har sammenlignet med austenittiske stål stor fasthet og flytegrensen er ca den dobbelte. Motstanden mot spenningskorrosjon i kloridmiljø er mye bedre og generell korrosjonsbestandighet er god. En kan også ha noe som kalles Superduplex en vil da ha en noe høyere krom nivå i tillegg til at det er levert inn nikkel, molybden og mangan. Dette har høyere styrke, formbarhet og høyere motstandsdyktighet mot korrosjon.

(Vedvik, Valberg, Holthe, Støren, & Thaulow, 2010)

7.1.2 Titan

Titan er ved vanlig temperatur meget korrosjonsbestandig i både luft og vann på grunn av et passiverende sjikt av titanoksid på overflaten. Det angripes da ikke av sjøvann, fortynnet saltsyre, svovelsyre eller de fleste organiske syrer. Titan har en rekke anvendelser på grunn av lav tetthet, stor styrke og fasthet og korrosjonsbestandighet. Titan er ca 45 prosent lettere enn stål, men like sterkt. Maskinerbarheten og formbarheten er generelt dårligere enn for stål. Ulemper med titan er at det er et veldig dyrt materiale og at den er en dyr og vanskelig prosess å sveise dette. En trenger å sveise i vakuum for at ikke oksygen skal reagere med titanen under sveisen. (Store norske leksikon, 2016)

7.1.3 Aluminium

Aluminium har veldig lav egenvekt og god styrke og viser stor motstand mot korrosjon fordi overflaten er dekket av en tynn sammenhengende oksidfilm. Det angripes av sterke syrer og baser, men er fullstendig motstandsdyktig i vann mot svake syrer og baser. Det har en vekt på 2,7 kg/dm³, ca 1/3 av stålets vekt. Det er enkelt å både bearbeide og sammenføre aluminium.

(Johansen, Aluminium 2009, 2016)

7.2 Polymerer

Polymerer er organiske forbindelser eller syntetiske forbindelser bygd opp av kjedeformede molekyler.



Syntetiske polymere fremstilles ved polymerisasjon av utgangsstoffer hovedsakelig fra den petrokjemiske industrien. En deler ofte polymerer inn i 3 hovedgrupper;

7.2.1 Termoplaster

Disse blir myke og formbare ved oppvarming for så å stivne til igjen ved nedkjøling uten at dette påvirker materialets egenskaper. Dette skjer uten noen form for kjemisk forandring så det kan gjentas mange ganger. Termoplaster kan svulle noe og ha varierende stivhet.

7.2.2 Herdeplaster

Disse blir ikke myke ved oppvarming og vil beholde sin form.

Plastene har lav densitet (0,92-2,2 g/cm³), lav varme ledningsevne og motstandsdyktige mot kjemikalier, men de har begrensede mekaniske egenskaper ved lav hardhet og E-modul.

7.2.3 Elastomerer

Som navnet tilsier er dette elastiske materialer som kan strekkes til minst dobbelt lengde og gå tilbake til omtrent opprinnelig form etter avlastning. Gummi er en type elastomer. Gummi har svært gode dempeegenskaper og slitasjebestandighet.

7.3 Keramer

Keramene er uorganiske, ikke-metalliske materialer. De er oksider, karbider eller nitrider av vanlige grunnstoffer som silisium, karbon og aluminium. De tåler høye temperaturer og isolerer godt. De er slitesterke, men er ellers skjøre for mekaniske påkjenninger. De har forholdsvis lav egenvekt (ca 2-3 g/cm³). Det er begrensede formingsmuligheter, liten eller ingen duktilitet. De blir typisk brukt i kulelager, skjæreverktøy og glideringer.

7.4 Kompositt

Et kompositt er et produkt som er satt sammen av flere materialer, der hvert enkelt materiale beholder sin identitet, mens sluttproduktet får egenskaper som de ikke hadde hver for seg. Det kan da ofte være fibre som bidrar med styrke og stivhet og det vil være en matrise som f. eks herdeplast som binder, overfører og fordeler kreftene mellom fibrene. En kan ha kompositter med ulike grunnmasser (matriser) som for eksempel: Metall, keram eller plast. I forbindelse med offshore industrien kan kompositter være veldig nyttige. De er lette, korrosjonsresistente, ingen statisk elektrisitet og de er lette å vedlikeholde. De har også en spesifikk styrke langt bedre enn stål og aluminium samt en spesifikk stivhet minst på høyde med disse i tillegg til nærmest ubegrensede muligheter til å skreddersy mekaniske egenskaper. (Johansen, Komposittmaterialer 2008, 2016)



8. Produktvalg

I det videre arbeidet ser vi på den kartleggingen vi har gjort så langt, og skal utføre en enkel produktvalganalyse for å finne hvilken type SFM som er best egnet til hvilken type underlag (struktur). Verktøyet vi skal utvikle har visse funksjonsspesifikasjoner som må ligge til grunn for produktvalget. Vi ser så på forskjellige typer underlag eller struktur som SFM-en skal kunne brukes på og vurderer festemetoden opp mot et sett generelle egenskaper, samt egnethet på de forskjellige typer struktur. Vi har laget et regneark hvor vi gir poeng i form av tallverdier som til slutt gir en samlet poengsum på hver type festemekanisme for hver type underlag. Det gir resultatet av hvilken SFM vi vil anbefale for hver type struktur.

Videre vurderer vi på lignende måte hvilken type grensesnitt vi skal ha mellom SFM-en og ROV-verktøyet som skal monteres på denne. Her prøver vi å finne en type festemekanisme som skal brukes på alle typer SFM.

8.1 Funksjonsspesifikasjon

Ved design og konstruksjon av vår SFM har vi satt noen funksjonsspesifikasjoner som den må oppfylle uavhengig hvilket prinsipp vi velger å gå for. Den må kunne installeres med en standard arbeids-ROV. SFM-en bør da være konstruert på en slik måte at den blir enklest mulig for ROV-en å håndtere med manipulatorene. Alle tilkoblinger må også kunne utføres av ROV i havrommet. SFM-en må kunne installeres på en flate og ROV da kan fly bort fra verktøyet for å utføre andre operasjoner evt selv hente sag/bor/fres eller annet verktøy som skal installeres på SFM. Dette er viktig på grunn av at i noen tilfeller har en kun 1 ROV tilgjengelig og da må denne kunne utføre hele operasjonene på egenhånd. Vår SFM må være stabil i operasjon og kunne låses fast på konstruksjonen.

Ved å stille funksjonskrav i stedet for detaljkrav vil man ha større mulighet til å kombinere teknologi, erfaring og kreativitet på en kostnadsoptimal måte. (Store norske leksikon, 2016)

8.2 Vurdering av festemekanisme for SFM mot struktur

For å finne den best egnede festemekanismen til hvert enkelt underlag utviklet vi en vurderingsmatrise i Microsoft Excel som tar for seg de aktuelle festemekanismene og gir dem poeng ut fra en del forskjellige egenskaper. Vi satte opp en liste med det vi anser som viktige egenskaper til verktøyet både relatert til å operere utstyret, konstruere og vedlikeholde det. Disse egenskapene ble basert på en subjektiv vurdering av oss, og gitt en score fra 1 til 10. Hver enkelt egenskap har i tillegg fått en score på hvor viktig den er (spesifikasjon). Resultatet på hver enkelt egenskap blir da justert. Videre har vi også gitt en score fra 1 til 5 for hvor godt egnet hver festemekanisme er på 5 ulike typer underlag.

Ut fra dette har vi summert resultatet for hver enkelt type underlag med det justerte resultatet av de generelle egenskapene. Vi ser da på hvilken festemekanisme som gir høyest totalscore på hver type underlag, og det er det som danner grunnlaget for porteføljen av standardiserte festemekanismer.

Egnethet på grodde/ru overflater

Strukturer under vann kan ofte være overgrodd av vekster som groe, tare og skjell/rur eller de kan være sterkt korrodert. Dette kan ha noe på si hvor stor friksjon SFM-en får mot strukturen, og hvordan den kan omslutte eller komme til strukturen. Vår vurdering er basert på at strukturen ikke er børstet eller spylt før SFM-en installeres.



Egnethet på isolerte / ikke-magnetiske flater

Stålrør som er dekket av belegg, for eksempel transportrør for olje og gass, fleksible rør med gummibelegg, og andre ikke-magnetisk overflater vil være lite egnet til å bruke magnetbasert SFM på. Vi har i vår vurdering enten gitt en vurdering på 1 eller 10 for de ulike prinsippene for dette.

Kompleksitet i montering på struktur

Vi har her valgt å se på helheten ved montering. Det er mulig at noe er veldig enkelt å montere, men det tar lang tid eller motsatt. Om det er krevende for ROV-piloten å montere SFM-en på strukturen, vil dette likevel ofte være en tidkrevende operasjon. Det kan f. eks være at en må bruke 2 manipulatorer eller eventuelt 2 ROV-er for installasjon. Vi har vurdert karakter 1 som vanskelig å montere og tidskrevende, karakter 10 som veldig enkel og rask å montere.

Relativ vekt (i luft)

Vi har valgt å se på vekt i luft istedenfor vekt i vann. Dette på grunn av at vi regner med at vekt i vann skal være tilnærmet lik nøytral, og om ikke nøytral så hvert fall så lett at ROV kan bruke dette i havrommet uten å måtte ta på ekstra flytelegemer. Vekt kan imidlertid bli en utfordring ved manøvrering av verktøyet på overflaten

Relativ størrelse

Relativ størrelse henger sammen med relativ vekt. Har en høy relativ vekt, må en ha på flytelegemer som igjen øker størrelsen og dette kan bli et problem på havbunnen om verktøyet skal brukes på strukturer hvor det er dårlig plass og det er vanskeligere for ROV å håndtere om størrelsen blir for stor.

Robusthet og pålitelighet

ROV-verktøy vil ofte få seg en trøkk ved bruk og under for eksempel følgende operasjoner:

- Når verktøyet går gjennom splash-sonen i dårlig vær og på veien ned eller opp i dårlig vær. ROV-en vil da gå fort opp og ned og verktøyet kan bli slått mot ROV-en.
- ROV-operatøren kan være uerfaren og/eller uforsiktig ved bruk.
- Det kan få en røff behandling når det ligger på dekk og under transport.

Det er dermed viktig å ha verktøy med få og lite utsatte deler. Det er veldig viktig at verktøyet virker når det skal og med en mer robust konstruksjon vil påliteligheten bli bedre (økt oppetid). Det er spesielt viktig offshore at påliteligheten er høy da det er vanskelig å få reservedeler og når det ikke virker stopper dette ofte hele operasjonen.

Kompleksitet i designet/ vedlikeholdstilpasning

Reparasjoner av verktøy offshore blir mange ganger utført av ROV-personellet, spesielt de gangene det ikke er med eget personell for å kunne gjøre dette. Det er da viktig at det konstrueres på en enkel måte, med god vedlikeholdstilpasning. Det vil mange ganger bety færrest mulig deler, og det bør være enkelt å bytte deler uten omfattende bruk av spesialverktøy. Det må også være enkelt å feilsøke på utstyret. Levetiden på utstyret vil også spille inn. Om en har hydrauliske deler vil disse være utsatt for lekkasjer og det kan kreve mer vedlikehold for å holde det i drift enn et rent mekanisk verktøy.



Kostnad

Vi har her vurdert material- og ingeniørkostnader knyttet til bruk, konstruksjon og vedlikehold. Et verktøy kan ha høy konstruksjonskostnad, men samtidig ha lav vedlikeholdskostnad.

Stabilitet ved bruk av verktøy

Stabilitet under operasjon er veldig viktig, spesielt ved operasjoner som boring, fresing og sliping. Det stilles store krav til presisjon ved slike operasjoner og det er dermed viktig at SFM står fast i samme posisjon med minst mulig slark. Det er ikke ønskelig i noen operasjoner at SFM beveger seg mye. Det stilles da krav til at festemekanismen skal ta opp krefter i flere retninger.

Egnethet på krumme flater, 2-8"

Vi har her vurdert rette rør med diameter fra 2-8"

Egnethet på krumme flater, 8-20"

For egnethet på krumme flater, har vi lagt vekt på rette rør med en diameter fra 8-20"

Egnethet på krumme flater, >20"

Vi har her vurdert rør med diameter større enn 20"

Egnethet på dobbeltkrumme flater

Vi har vurdert dobbeltkrumme flater som at det er flater med to forskjellige krumninger / radier. For eksempel på rør kan den ene krumningen være selve krumningen av røret og den andre et bend på røret (Røret svinger).

Egnethet inne på rette flater

For egnethet inne på rette flater mener vi gjelder for eksempel normalt inne på en havbunnsramme eller andre større plane flater.

Egnethet fra enden på rette flater

Vi vurderer i denne kategorien hvor egnet verktøyet er når en må arbeide 90 grader på kanten av en flate eller rør, for eksempel stålplater på understell til plattform.

På neste side ligger resultatet av alle disse vurderingene.



VURDERINGSMATRISSE FOR FESTEMEKANISME PÅ SFM FOR HVER TYPE UNDERLAG / STRUKTUR	Viktighet	Vacuum		Permanent magnet		Elektro-magnet		Klammer/pads i stiv		Gripeklo		Blekk-sprut/kjede		Splittring		Sikkerhets-klammer		Vaier		Kjede		Fiberstropp		Metallband			
		Vurdering	g	Vurdering	g	Vurdering	g	Vurdering	g	Vurdering	g	Vurdering	g	Vurdering	g	Vurdering	g	Vurdering	g	Vurdering	g	Vurdering	g	Vurdering	g	Vurdering	g
Egnethet på grodde/ru overflater	0,03	1	0,03	5	0,15	5	0,15	8	0,24	9	0,27	9	0,27	8	0,24	9	0,27	10	0,3	9	0,27	8	0,24	9	0,27	9	0,27
Egnethet på isolerte / ikke-magnetiske fl	0,07	10	0,7	1	0,07	1	0,07	10	0,7	10	0,7	10	0,7	10	0,7	10	0,7	10	0,07	1	0,07	1	0,07	1	0,07	1	0,07
Kompleksitet i montering på struktur	0,20	7	1,4	6	1,2	9	1,8	7	1,4	9	1,8	8	1,6	5	1	3	0,6	4	0,8	4	0,8	4	0,8	4	0,8	3	0,6
Relativ vekt (i luft)	0,02	7	0,14	6	0,12	7	0,14	4	0,08	6	0,12	5	0,1	5	0,1	5	0,1	9	0,18	9	0,18	10	0,2	10	0,2	10	0,2
Relativ størrelse	0,03	7	0,21	8	0,24	8	0,24	4	0,12	6	0,18	6	0,18	6	0,18	6	0,18	8	0,24	8	0,24	8	0,24	8	0,24	8	0,24
Kompleksitet i designet/v.h-tilpasn	0,09	7	0,63	9	0,81	7	0,63	6	0,54	7	0,63	4	0,36	6	0,54	6	0,54	7	0,63	7	0,63	7	0,63	8	0,72	7	0,63
Robusthet og pålitelighet	0,20	4	0,8	9	1,8	6	1,2	7	1,4	8	1,6	4	0,8	7	1,4	7	1,4	9	1,8	8	1,6	7	1,4	8	1,6	8	1,6
Kostnad	0,08	7	0,56	7	0,56	6	0,48	7	0,56	8	0,64	5	0,4	7	0,56	7	0,56	8	0,64	8	0,64	8	0,64	9	0,72	9	0,72
Stabilitet ved bruk av verktøy	0,28	3	0,84	7	1,96	7	1,96	8	2,24	6	1,68	7	1,96	9	2,52	10	2,8	9	2,52	8	2,24	8	2,24	9	2,52	9	2,52
Sum generelle egenskaper	1,00	5,89	5,31	6,44	6,91	6,22	6,67	6,78	7,28	7,67	7,62	6,44	6,37	7,00	7,24	7,00	7,15	7,22	7,18	6,89	6,67	7,11	6,91	7,11	6,85	6,85	
Egnethet på krumme flater, 2"-8"		1		2		2		4		5		2		3		2		4		4		4		4		4	
Egnethet på krumme flater, 8"-20"		3		3		3		4		5		4		5		5		5		5		5		5		5	
Egnethet på krumme flater, >20"		5		5		5		4		4		3		4		4		4		5		5		5		5	
Egnethet på dobbeltkrumme flater		1		2		2		4		4		4		3		3		3		5		5		5		5	
Egnethet inne på rette flater		5		5		5		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
Egnethet fra enden på rette flater		4		4		4		3		2		2		1		1		1		1		1		1		1	
Resultat krumme flater 2"- 8"		6,31		8,91		8,67		11,28		12,62		8,37		10,24		9,15		11,18		10,67		10,91		10,85		10,85	
Resultat krumme flater 8"- 20"		8,31		9,91		9,67		11,28		12,62		10,37		12,24		12,15		12,18		11,67		11,91		11,85		11,85	
Resultat krumme flater, >20"		10,31		11,91		11,67		11,28		11,62		9,37		11,24		11,15		12,18		11,67		11,91		11,85		11,85	
Resultat dobbeltkrumme flater		6,31		8,91		8,67		11,28		11,62		10,37		10,24		10,15		12,18		11,67		11,91		11,85		11,85	
Resultat inne på rette flater		10,31		11,91		11,67		8,28		8,62		7,37		8,24		8,15		8,18		7,67		7,91		7,85		7,85	
Resultat fra enden på rette flater		9,31		10,91		10,67		10,28		9,62		8,37		8,24		8,15		8,18		7,67		7,91		7,85		7,85	

Vurderingsmatrisen viser resultatene for hver type struktur nederst i tabellen, verdiene som er merket gult er høyest på hver enkelt struktur.



8.3 Vurdering av festemetode mellom ROV-verktøy og SFM

For å velge festemetode for ROV-verktøyet mot SFM-en brukte vi en egen vurderingsmatrise. Her satte vi også opp det vi mente var de viktigste egenskapene, og vurderte dem på samme måte som ved festemekanismen for SFM. I denne vurderingen tok vi ikke med type underlag som egne vurderingskriterier, og heller ikke de ulike typene arbeidsoperasjoner.

Den festemetoden som gir høyest score vil bli vurdert som best egnet. Den valgte festemetoden for ROV-verktøyet vil bli lik på alle typer SFM, og blir derfor brukt på hele porteføljen av SFMer.

Fleksibilitet

Vi har vurdert ulike design på hvor fleksible de er i forhold til arbeidsposisjoner. I noen situasjoner trenger en kun én arbeidsstilling, men det kan forekomme oppdrag hvor der kreves at en kan utføre operasjoner fra ulike posisjoner, f. eks boring på rør. Det vil da være viktig å ha en fleksibel interface mellom SFM og verktøy.

Egnethet på ikke-magnetisk SFM

Egnethet på ikke-magnetisk SFM blir brukt til å vurdere muligheten med å ha magnet som låsmekanisme, vi vurderer da enten veldig god (10) eller dårlig (1).

Kompleksitet ved montering av verktøy

I undervannsoperasjoner kan tiden noen ganger være kritisk, f. eks at en har et lite værvindu hvor en ønsker å utføre en bestemt operasjon. Det er da en fordel å ha en "interface" som er rask og enkel å sette sammen. Om det er vanskelig å montere vil dette henge tett sammen med installasjonstid. En kan også risikere at ROV- piloter vil slite med å montere det og skader på utstyr kan forekomme.

Repetierbar posisjonering av verktøy

Repetierbar posisjonering er en stor fordel for enkelte operasjoner som f. eks på en jobb hvor samme operasjoner skal bli gjort flere ganger men på ulike steder. For å oppnå likt resultat er det en fordel å starte med samme forutsetning hver gang.

Relativ størrelse

Relativ størrelse er i denne vurderingen størrelsen på basen hvor selve sammenkoblingen av verktøy og festemekanisme foregår.

Kompleksitet i designet/ vedlikeholdstilpasning

Dersom designet er komplisert vil det ofte bli vanskelig å produsere og å gjøre vedlikehold på. Pris og levetid vil også bli påvirket av kompleksiteten av verktøyet. Ofte vil det bare være ROV-personell som skrur på verktøy som skal brukes. Det er da viktig at disse ikke er for komplekse. En bør prøve å konstruere et verktøy slik at det ikke skal være nødvendig med en spesialist for det vedlikehold.

Robusthet og pålitelighet

I konstruksjon av ROV-verktøy er robustheten og påliteligheten viktig. Verktøy vil ofte få seg en trøkk i operasjoner da en ikke har noen følelse av hvor mye krefter som brukes av ROV- manipulator. Det er da viktig at verktøyet vil kunne stå imot disse påkjenningene og gjerne bestå av få bevegelige deler. God pålitelighet er veldig viktig da en taper mye penger på uforutsette reparasjoner offshore.



Kostnad

Det er vanskelig å vurdere poeng opp mot en bestemt pris så vi har i denne kategorien vurdert de ulike variantene opp mot hverandre når poengsummen ble gitt. Prisen vil variere etter hvor du kjøper deler og får det konstruert. Vi har også vurdert mulig vedlikeholdskostnader

Stabilitet ved bruk av verktøy

Den viktigste egenskapen til interfacen er stabilitet ved bruk av verktøy i operasjon. I mange operasjoner kreves det presisjon og dette er vanskelig om verktøyet "skjelver". Det kan være ved f. eks boring, sliping eller fresing. Det vil være reaksjonskrefter som vil virke på koblingen mellom SFM-en og verktøyet. Ved de ulike arbeidsoperasjonene vil kreftene virke i forskjellige retninger, og ved mange av disse operasjonene vil matehastigheten være avgjørende for hvor store disse kreftene blir. I praksis vil man kunne redusere matehastigheten for å sikre at verktøyet, og SFM-en ikke kommer ut av posisjon.

På neste side ligger resultatet av alle disse vurderingene.



8.4 Resultat av produktvalganalyse

Resultatet av analysen gir oss tre forskjellige prinsipp på festemekanismen for SFM mot struktur fordelt på de seks ulike gruppene med overflatene. Magnet viser seg best egnet på de rette flatene og gripeklo på de to minste gruppene krumme flater. Vaierprinsippet scorer best på den største gruppen krumme flater, samt på den for dobbelkrumme flater.

På analysen av festemetoden for ROV-verktøy mot SFM så er det brakett med styrepinner og bolt som kommer best ut. Denne vil bli valgt på alle typer SFM.

Type overflate	Festemekanisme SFM-Struktur	Festemetode ROV-verktøy – SFM
Krumme flater, 2"-8"	Gripeklo	Brakett på SFM med styrepinner og bolt
Krumme flater, 8"-20"	Gripeklo	Brakett på SFM med styrepinner og bolt
Krumme flater, >20"	Vaier	Brakett på SFM med styrepinner og bolt
Dobbeltkrumme flater	Vaier	Brakett på SFM med styrepinner og bolt
Inne på rette flater	Permanent magnet	Brakett på SFM med styrepinner og bolt
Enden på rette flater	Permanent magnet	Brakett på SFM med styrepinner og bolt

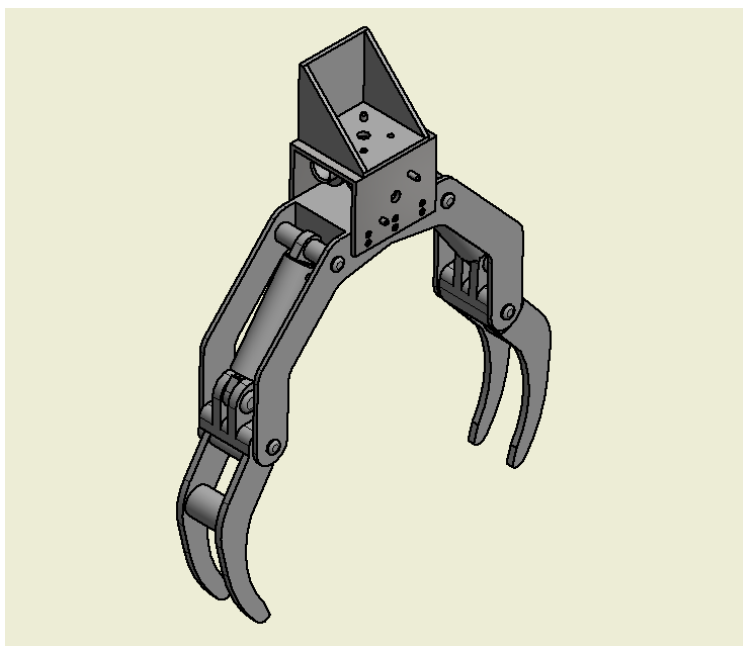
8.5 Drøfting av resultat

Før vi utførte analysen gikk vi gjennom spesifikasjonen (vektingen) og de forskjellige egenskapene med Subsea 7, og underveis i arbeidet ble disse revidert flere ganger frem til vi utførte den endelige analysen.

8.5.1 Gripeklo

For krumme flater, både for små og mellomstore rør, fikk vi høyest score på gripekloprinsippet. Figur 8-1 viser et eksempel på en SFM gripeklo. Dette prinsippet har relativ lav score på stabilitet ved bruk av verktøy, som er den egenskapen som er viktigst, men får jevnt over høy score på de andre egenskapene og gir likevel høyest totalsum for denne. Grunnen til at den har relativ lav score på stabilitet er at kloa eller klørne (om det brukes doble klør) gjør at det er relativ kort lengde på røret som dekkes i forhold til diameteren, og den får da mindre støtte ved belastninger i lengderetning av rør. Denne stabiliteten vil være relativt høy ved små diametere, men avtagende med økende diameter. Det prinsippet som kom nærmest gripekloen for små rør var klammer/pads i stiv ramme, og for mellomstore rør kom splitting og vaier nærmest. Selv om stabilitet er den viktigste egenskapen og gripekloen scorer relativt lavt på det, så vurderes den som best egnet da de som er nærmest denne scorer lavere på flere andre viktige egenskaper, blant annet kompleksitet i montering på struktur.

Vakuüm får lavest score for både små og mellomstore rør. Dette skyldes mest lav score på stabilitet, robusthet og pålitelighet, samt lavere egnethet på små rør, og middels på mellomstore rør. Vakuüm fikk laveste score på egnethet på grodde og ru overflater, men siden den ikke er vektet så høyt utgjør ikke det så mye i den totale scoren.



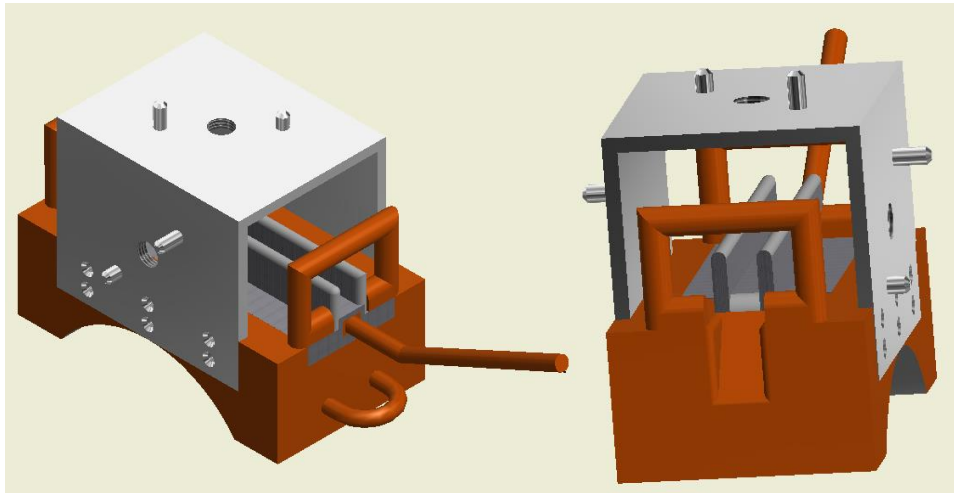
FIGUR 8-1 SFM GRIPEKLO MED BRAKETT FOR VERKTØYET MONTERT

8.5.2 Vaier

For krumme flater >20" (f. eks store rør) og for dobbeltkrumme flater, rør med bend, er det vaierprinsippet som kommer best ut, se figur 8-2. For krumme flater >20" er permanent magnet og fiberstropp nærmest, og for dobbeltkrumme flater er det fiberstropp og metallband som er nærmest. Vaierprinsippet scorer jevnt over veldig bra, men er ikke egnet på ikke-metalliske overflater. Det skyldes at i vårt forslag til løsning har basen til vaieren en permanentmagnet for å holde seg i posisjon mens ROV-en trer vaieren rundt røret. Likevel har den såpass høy score på de andre at den totalt sett er bedre egnet enn for eksempel gripeklo da den ikke er fullt så egnet på dobbeltkrumme flater og krumme flater >20".

Dersom vi hadde hatt en base uten magnet så ville den få full score på egnethet på isolerte og ikke-magnetiske flater, men så ville den vært vanskeligere å montere for ROV-en da den ikke nødvendigvis vil holdes på plass av seg selv mens vaieren tres rundt.

Minst egnet på dobbeltkrumme flater er vakuum, mest på grunn av at egnethet på dobbeltkrumme flater er veldig lav, og at summen av de generelle egenskapene også er relativ lav. For dobbeltkrumme flater vil man i praksis kanskje noen ganger likevel velge å bruke gripeklo da den kan være godt egnet i de tilfeller hvor bruk av vaier kan by på utfordringer.

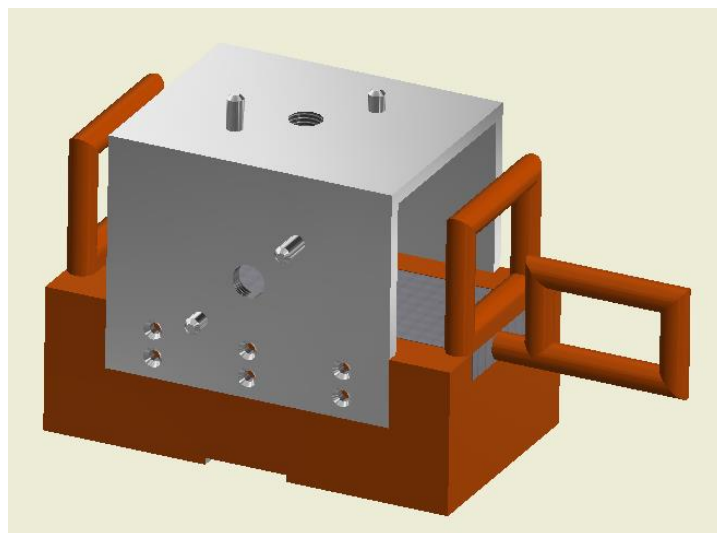


FIGUR 8-2 SFM VAIERPRINSIPP. DEN ENE ENDEN AV VAIEREN SKAL HENGE FAST I RINGEN PÅ BILDET TIL VENSTRE. DEN TRES RUNDT STRUKTUREN OG FØRES GJENNOM ROV-HÅNDTAKET OG INN I SKINNEN FRA ANDRE SIDEN. STRAMMES TIL FOR HÅND AV ROV-EN, OG STRAMMES/JEKES FAST VED HJELP AV SPAKEN.

8.5.3 Permanent magnet

På rette flater, både midt inne på flatene, og inn fra enden, så er permanent magnet den som får høyest score, se figur 8-3. Den vil ikke være egnet på ikke-magnetiske overflater, men scorer høyt på egnetheten på flater generelt, og ganske bra på sum av generelle egenskaper. Derfor får den høyest score.

Elektromagnet er den som kommer nærmest permanentmagneten i score, men har lavere score på robusthet og pålitelighet. Elektromagneten må også ha spenning tilført for å være aktiv, og da må SFM-en være utstyrt med batteripakke for at ROV-en skal kunne koble seg fra og svømme bort, dette ser vi på som unødvendig komplisert og vi er usikre på om teknologien er tilgjengelig i dag. Omsluttende festemekanismer som vaier, kjede, sikkerhetsklammer og så videre vil ikke være egnet til rette flater og scorer derfor lavest.



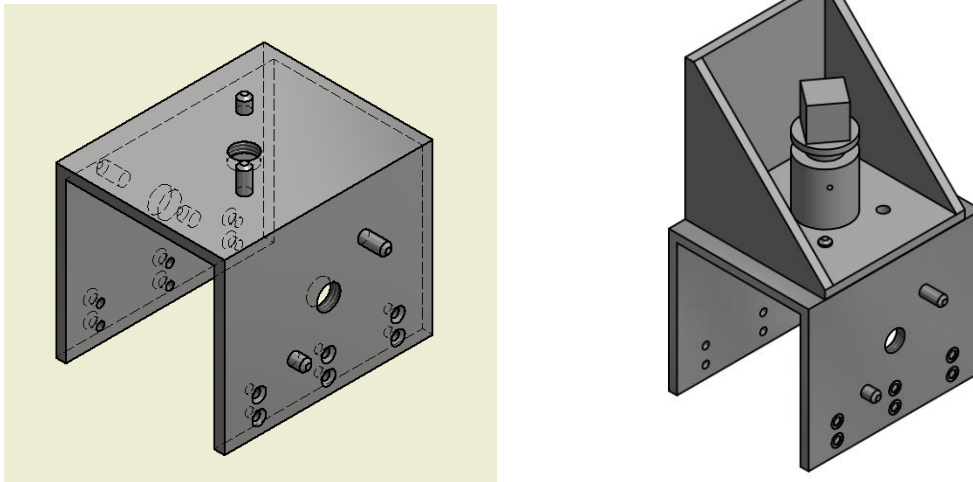
FIGUR 8-3 SFM MAGNET HÅNDTAKET TIL HØYRE SKYVES PÅ TVERS AV ROV-EN FOR Å SLÅ AV OG PÅ MAGNETEN



8.5.4 Festemekanismen mellom ROV-verktøy og SFM

Festemekanismen mellom SFM og ROV-verktøyet ønsker vi å ha lik på alle SFM-ene, og vi har heller ikke funnet noen argumenter for at det ikke går. I vurderingsmatrisen er det brakett/flens med styrepinner og låsing ved hjelp av bolt med gjenger som kommer best ut. Nest høyest score får vi på guide frame og låsing ved hjelp av bolt med gjenger. Låsing med bolt gjør at verktøyet står veldig godt fast på basen på SFM-en, og det gir god stabilitet på verktøyet. Det bidrar mye til høy totalscore da dette teller mest. Man ser også at det er guide frame med låsing ved hjelp av bolt som kommer som nummer to, også mye på grunn av boltens medfører høy stabilitet. Den får et poeng lavere enn braketten på stabilitet av oss, og bidrar derfor til at den ikke vinner.

Andre egenskaper som trekker frem braketten som vinner er god uttelling på robusthet og pålitelighet, kostnad og kompleksitet i designet / vedlikeholdstilpasning. Dette skyldes hovedsakelig at det er en enkel og solid konstruksjon.



FIGUR 8-4 FESTEMEKANISME MELLOM SFM OG VERKTØY. BRACKETTEN MED BOLT TIL HØYRE PÅ BILDET SKAL VÆRE MONTERT PÅ VERKTØYET.

8.6 Begrensing av oppgaven

Videre i oppgaven så skal vi gå nærmere inn på en av SFM-ene fra porteføljen i denne oppgaven. Vi skal designe denne og utføre noen enkle beregninger på den. Etter samtaler med Subsea 7 har vi fått inntrykk av arbeid på rør er det som forekommer oftest i deres undervannsoperasjoner. Derfor ser vi for oss at en SFM for arbeid på krumme flater vil bli mest aktuell, og vi velger derfor å fokusere på den SFM-en som kommer best ut i produktvalganalysen for krumme flater i størrelsesorden 8"-20". Det er en SFM basert på gripekløprinsipp. Vi vil derfor prøve å designe en SFM som rekker over hele området mellom 8 til 20 tommer rør. Ved å designe denne vil det være relativt enkelt å skalere denne opp eller ned for å rekke over enda flere dimensjoner av krumme flater, og den kan også være aktuell for bruk på dobbeltkrumme flater.



9 Design av gripeklo for 8" - 20" rør

Vi har valgt å designe gripeklo for 8-20" rør. Basen som verktøyet skal monteres på vil være lik for alle SFM-ene i porteføljen. Vi vil i tillegg designe braketten som verktøyet skal henge på da den er sentral i standardiseringen som vi er ute etter i oppgaven.

9.1 Valg av energioverføring

Basert på vår kartlegging av energioverføring og vår produktvalganalyse har vi kommet fram til at vi velger å bruke hydraulikk som overføringsmedium. Grunnen til dette er at med hydraulikk kan en operere store krefter med relativt små komponenter som gjør at vi kan én SFM til mange forskjellige størrelser uten at vi må dimensjonere alt utstyr opp og dermed få en høyere vekt. Hydraulikk er selvsmørende og en vil slippe å ha et ekstra kompenseringssystem da det strømmer olje gjennom alle komponenter. Det er ikke nødvendig med nøyaktig regulering. Hydrauliske komponenter er hyllevarer som er relativt billig i innkjøp og det er ofte mer robust enn elektrisk utstyr.

Vi ønsker å konstruere noe som er kompatibelt med de fleste ROV-er som finnes på markedet og vi vurderer da hydraulikk som et bedre alternativ enn elektrisitet per dags dato. Dette på grunn av at ulike ROV-er har ulik programvare og tilgjengelig energi er varierende. Utviklingene går i retning elektronikk, men det er fremdeles veldig mange eldre ROV-er på markedet som har basert seg på hydraulikk og disse vil da ikke kunne operere en elektrisk SFM.

For å overføre energien fra ROV til SFM har vi valgt å bruke «hotstab». Vi ønsker å ha en hunn-del på ROV og på SFM og et sett med slanger som er tilkoblet en hann-del i hver ende. Vi vil da kunne koble enkelt SFM fra ROV og fly vekk. Vi trenger en «2 port hotstab» og en balanseringsventil integrert i basen slik at armene beveger seg med samme hastighet.

9.2 Valg av sikkerhetsfilosofi

SFM-en vi har designet velger vi skal ha «Fail to close». Det vil si at hvis du under installasjonsarbeid med ROV, eller når tid som helst ellers, ikke har trykksatt hydraulikksystemet på SFM-en, så vil klørne trekke seg sammen. Det gjør vi ved å sette fjær i de hydrauliske sylindrerne på den siden av stampelet som presser klørne mot stengt.

Under monteringsarbeid vil ROV-en være tilkoblet SFM-en med hydraulikkslanger og hot-stab for å kunne operere klørne. Hvis noe uventet skjer med ROV-en, og den mister hydraulikktrykket i slangene så vil klørne trekke seg inn mot et evt rør for å klamre seg fast, og ROV-en kan trekkes opp av overflatefartøy. Hydraulikkslangen med hot-stab skal enkelt dras ut i samme operasjon, og SFM-en bli hengende igjen på røret. SFM-en kan da hentes opp av en annen ROV som kobler seg til med hot-stab.

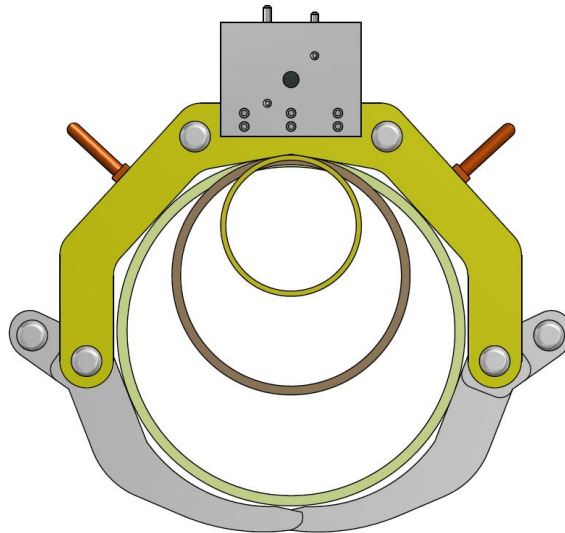
Om en slik hendelse inntreffer mens ROV-en holder SFM-en i manipulatorarmene så er det sikkerhetsfilosofien til ROV-en og klørne på manipulatoren som avgjør om ROV-en slipper SFM-en slik at den faller fritt i havrommet eller om den blir hengende med ROV-en når den trekkes opp til overflaten.

I enkelte operasjoner kan det være at det blir vurdert at SFM-en bør ha «Fail to open». Det kan være aktuelt der det ikke er ønskelig å risikere at noe blir hengende igjen på strukturen, og det vurderes om man heller vil la SFM-en falle til havbunnen heller enn å bli sittende fast dersom ROV-en skulle miste hydraulikktrykket. For å benytte «Fail to open» på denne SFM-en må en bytte ut hydraulikksylindrerne

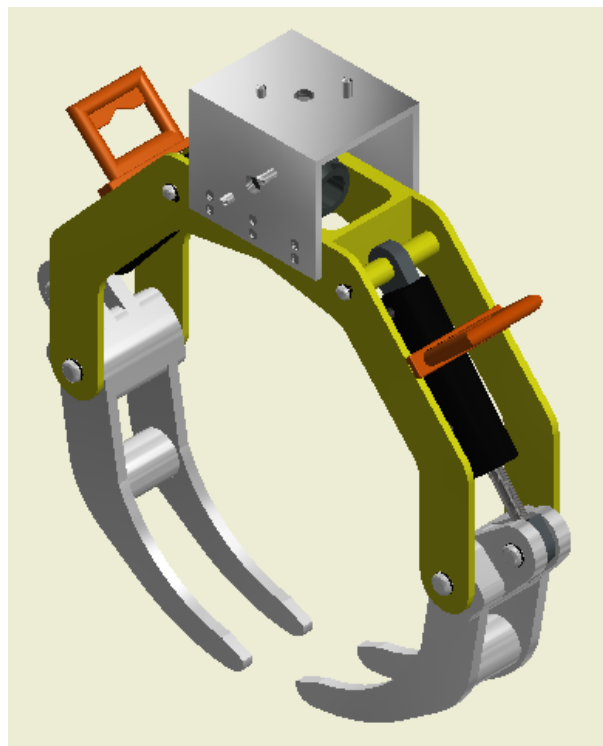
med nye som har fjærretur på motsatt side av stempelet, slik at stempelet trekkes inn i sylindren når det er trykløst.

9.3 Tegninger

Autodesk Inventor ble brukt til å tegne delene og sette sammen SFM-en. Detaljtegninger finnes i vedleggene. Det er tatt med en figur her for å vise størrelsesforholdet på SFM-en i forhold til rør på 8, 14 og 20" rør, figur 9-1, og også en figur som viser SFM sett fra en annen vinkel, figur 9-2.



FIGUR 9-1 VISNING AV RØRDIMENSJONER INNE I SFM GRIPEKLO. HER ER DET LAGT INN 8, 14 OG 20" RØR.



FIGUR 9-2 KOMPLETT SFM GRIPEKLO. SE VEDLEGG FOR STØRRE UTGAVE.

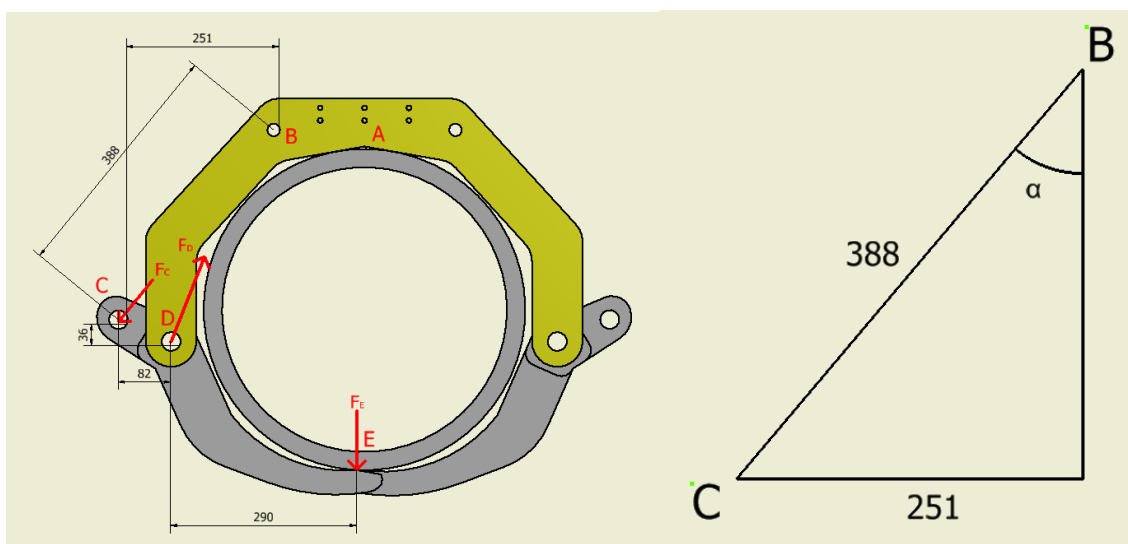
9.4 Beregninger

Vår bacheloroppgave handler i stor grad om produktutvikling og metodikk ved produktvalg. Vi har allikevel valgt å ta med noen beregninger for å kunne verifisere de størrelser vi har valgt og for å kunne gjøre et materialvalg. Vi har valgt 20" for vårt beregningseksempel.

Det gjøres ofte beregninger/testing for å verifisere at innfestningen holder mål. Testing utføres der hvor det ikke foreligger nok data til å gjøre detaljerte beregninger. Vi har ikke data til beregning og verktøyet er foreløpig bare på papir så vi kan ikke utføre testing. Vi har prøvd å få kontakt med produsent av lignende verktøy, men vi har ikke fått svar av dem. Vi har da valgt å bestemme en kraft som virker fra hver av gripeklørne. Denne kraften antas å virke rett opp fra hver klo på 2,5 kN. Denne kraften er vilkårlig valgt for å vise fram et beregningseksempel. Denne kraften er vist som « F_E » på figur 9-3 som reaksjonskraften fra røret på grunn av krefter som virker fra bøyلةunderdelen. Om en skulle få tak i reelle verdier vil de med letthet kunne brukes for å gjøre faktiske dimensjoneringsutregninger. Sikkerhetsfaktoren settes til 4 da vi har forenklet beregningene en del, blant annet ved å se vekk fra selve vekten til verktøyet. Maks hydraulisk trykk som virker på sylindrene settes til 207 bar (3000 psi) da dette er en typisk verdi en har på tilleggsystemet til en ROV-er i dag.

9.5.1 Beregning bøyلةunderdel

Vi har valgt å finne kreftene som virker på en av bøyلةunderdelene da vi trenger disse videre for å regne på sylindrestørrelse og for å finne bøyemoment i bøylen. For å beregne kreftene som virker på bøyلةunderdelen har vi brukt figur 9-3 til venstre. Vi har da satt opp de 3 likevekts ligningene i x og y retning i tillegg til moment om et punkt i D. For å finne vinkelen til kraften i C fra sylindrer har vi antatt at sylindren virker i en rett linje mellom B og C.



FIGUR 9-3 KREFTER SOM VIRKER PÅ KLO

$$\sum F_x = F_{Dx} - F_{Cx} = 0 \Rightarrow F_{Dx} = F_{Cx}$$

$$\sum F_y = F_{Dy} - F_{Cy} - F_E = 0 \Rightarrow F_{Dy} = F_{Cy} + F_E$$

$$\sum M_D = d_{F_{Cy}} \cdot F_{Cy} + d_{F_{Cx}} \cdot F_{Cx} - d_{F_E} \cdot F_E = 0 \Rightarrow$$

$$F_C = \frac{F_E \cdot d_{F_E}}{d_{F_{Cy}} \cdot \cos(\alpha) + d_{F_{Cx}} \cdot \sin(\alpha)}$$

$$F_{Cx} = \sin(\alpha) \cdot F_C$$

$$F_{Cy} = \cos(\alpha) \cdot F_C$$

Ut fra figur 9-3 har vi regnet oss fram til følgende verdier:

$$\alpha = 40,3$$

$$F_E = 2,5 \text{ kN}$$

$$F_C = 8,4 \text{ kN}$$

$$F_{Dx} = F_{Cx} = 5,5 \text{ kN}$$

$$F_{Dy} = F_{Cy} + F_E = 8,9 \text{ kN}$$

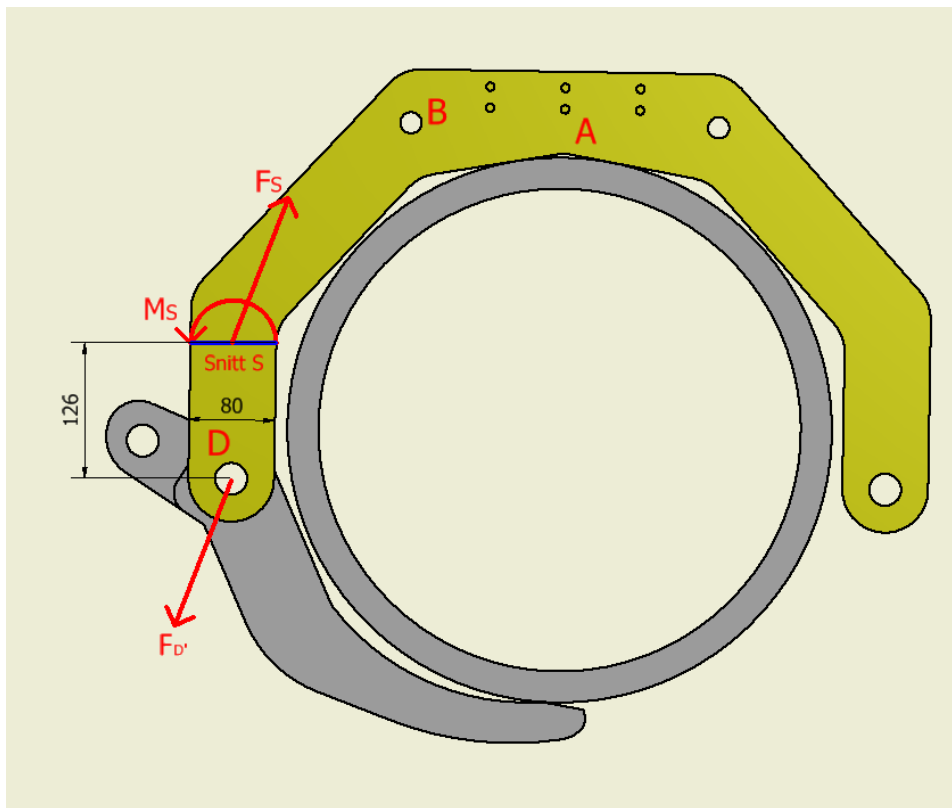
$$F_D = 10,5 \text{ kN}$$

Beregning areal av sylinder

Vi kan videre beregne effektivt areal på stempel i sylinder ved å bruke kraften som virker fra F_C og trykket fra tilleggsystemet på en ROV.

$$p = \frac{F_C}{A} \Rightarrow A = \frac{F_C}{p} \Rightarrow 4,1 \text{ cm}^2$$

9.5.2 Beregning bøyle



FIGUR 9-4 PLASSERING AV SNITT PÅ BØYLEN

Vi har valgt å regne ut om materialet holder i et snitt som ligger litt over D (den blå streken i figur 9-4) Vi antar dette som den mest belastede delen i forhold til materialtykkelsen på bøylene. Denne antagelsen er basert på flere utregninger hvor en har sett på flere forskjellige snitt gjennom bøylene. Vi ser nå på delen av bøylene nedenfor snitt S. Vi setter opp de tre likevekstligningene for den delen av bøylene:

$$\sum F_x = F_{S_x} - F_{D'_x} = 0 \Rightarrow F_{S_x} = F_{D'_x}$$

$$\sum F_y = F_{S_y} - F_{D'_y} = 0 \Rightarrow F_{S_y} = F_{D'_y}$$

$$\sum M_S = M_S + F_{D'_y} \cdot d_{F_{D'_y}} - F_{D'_x} \cdot d_{F_{D'_x}} = 0 \Rightarrow$$

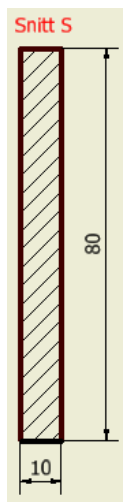
$$M_S = F_{D'_x} \cdot d_{F_{D'_x}} - F_{D'_y} \cdot d_{F_{D'_y}}$$

$$M_S = 688,4 \text{ Nm}$$

$$M_S = 344,2 \text{ Nm}$$

På bøylene har vi to armer, det vil si at en deler momentet på bøylearmene og når skal vi regne på spenning i tverrsnittet bruke halve M_S , kaller denne M_s

Når en har regnet ut det innspenste momentet M_s kan en regne ut spenningen i snittet. Ser da på snittet i S vist i figur 9-5.



FIGUR 9-5 SNITT S

$$y = 40 \text{ mm}$$

$$h = 80 \text{ mm}$$

$$b = 10 \text{ mm}$$

Beregner først annet arealmoment om x-aksen i senter av Snitt S:

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} \approx 4,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

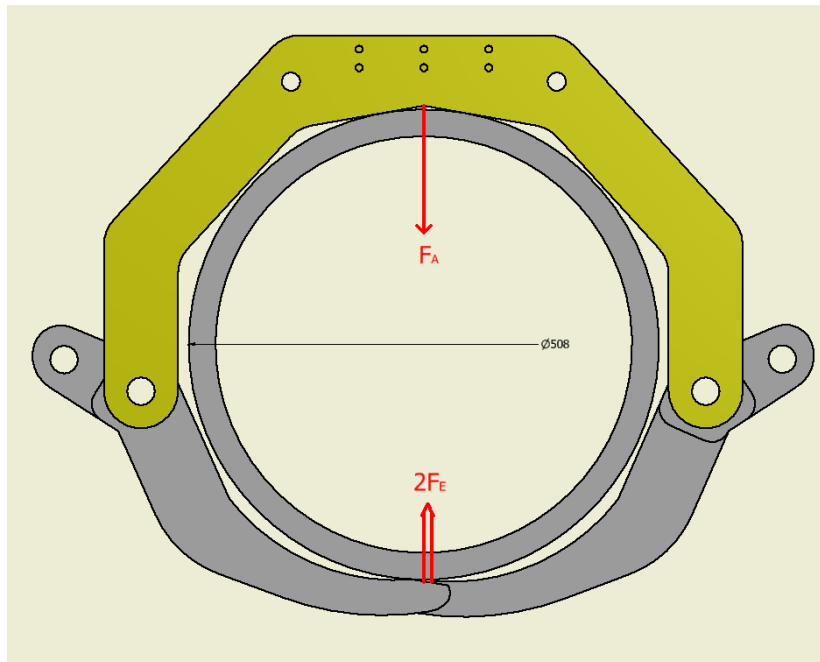
For å finne bøyespenningen i tverrsnittet S bruker vi Naviers formel, dette er på grunn av vi har en aksialkraft i F_{Dy} som strekker bøylen og forsterker bøyespenningen:

$$\sigma_{b_s} = \frac{N}{A} + \frac{M_s \cdot y}{I_x} = \frac{F_{Dy}}{b \cdot h} + \frac{M_s \cdot y}{I_x} \approx 43,4 \text{ MPa}$$

Dersom vi skal oppfylle kravet om en sikkerhetsfaktor på 4 må vi ha et materiale som har en flytegrense på minst:

$$\gamma = \frac{f_y}{\sigma_{b_s}} \Rightarrow f_y = \sigma_{b_s} \cdot \gamma = 173,6 \text{ MPa}$$

9.5.3 Beregning torsjonsmoment:



FIGUR 9-6 TOTALE KREFTER SOM VIRKER PÅ RØRET FRA SFM-EN

Ser her på kreftene som virker fra SFM-en på røret, vist i figur 9-6. Ser her at det bare virker krefter i y-aksen og setter opp derfor opp 1 likevekt for denne.

$$\sum F_y = F_A - 2F_E = 0 \Rightarrow F_A = 2F_E = 5 \text{ kN}$$

Vi kan nå se på motstanden mot rotasjon som gripekloen har ved å regne på torsjonsmomentet en får ved friksjonsmotstand. Har valgt en friksjonskoeffisient på 0,5 for aluminium mot stål.

$$T = R \cdot r = \mu \cdot N \cdot r = 1,25 \text{ kNm}$$

Dersom reaksjonskraften på verktøyet ikke skaper et torsjonsmoment større enn dette vil gripekloen ikke rotere.



9.5 Materialvalg

Subsea 7 har fremmet et ønske om bruk av aluminium der det er mulig. Aluminium har mange egenskaper som er gunstige for bruk i havrommet. Blant annet forholdsvis lav egenvekt, stor motstand mot korrosjon, det er enkelt både å bearbeide og sammenføye. Det er viktig å konstruere et verktøy som har lav vekt i vann for å unngå at ROV-ens propeller må kompensere mye for vekten da dette kan skape dårlig sikt nær havbunnen. ROV personell eller andre må i noen situasjoner gjøre endringer på verktøyet og det må da være av et materiale som enkelt kan modifiseres.

I våre beregninger har vi satt en sikkerhetsfaktor på 4 og beregnet spenninger i det vi mener er det mest kritiske snitt. Vi har videre funnet en maks spenning som vi har vurdert opp mot aluminium i 5000-klassen. Denne legeringen inneholder mer enn 2,5 % magnesium og har dermed en god korrosjonsbestandighet i sjøvann. Som en ser i tabellen hentet fra Norsk Stål har Al-5754-H14 en flytegrense på 190 MPa, vi anbefaler dermed denne for bruk på bøyle og klør.

Til basen anbefaler vi duplex eller eventuelt super duplex stål, da disse har høy styrke og motstandsdyktighet mot korrosjon. Grunnen til at vi ikke anbefaler aluminium er at denne delen skal maskineres med trapesgjenger og styrepinnene skal ta opp store reaksjonskrefter fra verktøy.

9.5.1 Beregning av vekt i vann

For å beregne volum av SFM-gripeklo har vi hentet data fra Autodesk Inventor hvor en får ut samlet volum. Vi antar videre at $\frac{1}{4}$ av dette er stål og $\frac{3}{4}$ er aluminium.

$$\rho_{Al} = 2,67 \frac{g}{cm^3}$$

$$\rho_{stål} = 7,805 \frac{g}{cm^3}$$

$$V_{SFM} = 0,010415 m^3$$

$$W_{SFM i vann} = W_{SFM} - F_O = \rho_{stål} \cdot \frac{1}{4} V_{SFM} \cdot g + \rho_{Al} \cdot \frac{3}{4} V_{SFM} \cdot g - \rho_{Vann} \cdot V_{SFM} \cdot g$$

$$W_{SFM i vann} = 265,15 N$$

Dette tilsvarer en omtrentlig vekt på 27 kg i vann.

$$W_{SFM i luft} = \rho_{stål} \cdot \frac{1}{4} V_{SFM} \cdot g + \rho_{Al} \cdot \frac{3}{4} V_{SFM} \cdot g$$

$$W_{SFM i luft} = 403,9 N$$

Vekt i luft blir da omtrent 41 kg.

**MEKANISKE MINIMUMSVERDIER - Aluminium**

Legering	Tilstand Min.	Stekkfasthet RM N/mm² Min.	Flytegrense RP0,2 N/mm² Min.	Forlengelse A5
1050A	0	65	20	35
	H14	105	85	6
1200	0	70	25	35
	H 14	115	95	6
5005	H 34	145	110	5
5052	H 22/ H 32	220	130	7
	H 24 / H 34	230	150	6
5083	H 116 / H 321	305	215	10
5754	H 22 / H 32	220	130	10
	H 14	240	190	4
	H 24 / H 34	240	160	6
6060	T 6	215	160	10
6082	T 6	295	255	8

(Norsk Stål, 2016)



10 Konklusjon

Porteføljen som er foreslått for de ulike formene på undervannsstruktur består av 3 forskjellige prinsipper for festemetode, gripeklo, vaier og magnet. Grensesnittet mot ROV-verktøyet er likt på alle sammen. Det vil si at den braketten / vinkelfestet som vi har designet kan være en standard på alle typer ROV-verktøy, uavhengig av produsent. Dersom et selskap har en SFM gripeklo for den minste størrelsen rør (2-8"), samt en for mellomstørrelsen (8-20"), så kan den samme SFM for vaier brukes både på rør med bend og for de største rørene (>20"). SFM med magnet kan dekke alle typer rette flater. Man skal da kunne klare seg med en portefølje bestående av 4 ulike SFM-er som dekker de vanligste arbeidsoppgaver som utføres ved hjelp av ROV-verktøy på alle typer overflater. Det vil likevel kunne være tilfeller der disse ikke strekker til, for eksempel om konstruksjonen det skal jobbes på ikke har tilkomst, eller om reaksjonskrefter fra ROV-verktøyet blir for stort.

Det kan også tenkes at i enkelte operasjoner vil man velge en annen SFM enn den vi har foreslått som best egnet. For eksempel på rør <20" med bend med stor radius kan i noen tilfeller SFM med gripeklo være vel så egnet som den med vaier, eller at man utfører arbeid på flere ulike strukturer etter hverandre. Man kan da velge å bruke en SFM på hele jobben, selv om denne ikke er den mest gunstige for hver enkelt operasjon da noen av prinsippene vurderes som nesten like på enkelte overflater. En slipper derfor å ta ned to SFM-er til havbunnen. Et annet eksempel er store rørdimensjoner hvor SFM med magnet også noen ganger vil kunne foretrekkes fremfor den med vaier, spesielt gjerne på grunn av tilkomst. Det kan være at røret ligger delvis begravd på havbunnen, eller at det er andre strukturer i veien slik at man ikke kommer rundt røret for å tre vaieren.

Vi valgte SFM med gripeklo for 8-20" som den ene vi skulle designe. Denne er det blitt utført beregninger på, og de viser at SFM-en er dimensjonert for de kreftene vi har antatt, med en sikkerhetsfaktor på 4.

Vi har jobbet med å finne nyskapende løsninger i oppgaven. Standardiseringen vi har kommet frem til mener vi er nyskapende, selv om enkelte av prinsippene og de valgte løsningene innenfor denne er tradisjonelle. Gripekloen vi har funnet best egnet for sitt respektive område av krumme flater er ikke særlig nyskapende da det er et vanlig prinsipp som brukes i dag. Et alternativ vi foreslo her var en ide vi hadde om et kjede (blekksprutarmer) med mange ledd og hydrauliske sylindere som kan være nyskapende, men denne nådde ikke opp i vurderingen for noen av strukturene. Basen for verktøy vi har valgt å sette på alle SFM-ene, samt braketten som monteres på verktøyet, har en bolt som trekkes inn i hylsen for å beskytte gjengene. Dette er en løsning vi har kommet frem til, og vi mener løsningen for beskyttelse av boltene er nyskapende.

Av forslag til videre arbeid vil vi anbefale Subsea 7 å utføre produktvalganalysen igjen med en større gruppe fageksperter på området, og vurdere å dele opp poengsystemet annerledes slik at resultatene får en større spredning. Det bør også utføres flere beregninger på gripekloen vi har designet, og optimalisere designet ut fra dette, samt å designe de andre SFM-ene i porteføljen; SFM gripeklo for 2-8", SFM permanentmagnet og SFM vaier. Videre anbefaler vi at det konstrueres en SFM gripeklo med en mellomstørrelse da vi ser at den store gripekloen krever relativ stor plass rundt røret på dimensjoner ned mot 8". Det vil da bli enklere å komme til for å montere SFM-en på de mindre rørene i denne gruppen dersom tilkomsten er begrenset.

12 Siterte verk

Anver Corporation. (2016, 03 28). Hentet fra <http://anver.com/vacuum-lifters/curved-load-lifters/>

BAND-N-GO Inc. (2016, 03 28). Hentet fra <http://www.bandngo.com/stainless-steel-banding-installation.html>

Blue Logic. (2016, 03 28). Hentet fra <http://www.bluelogic.no/bilder/produkter/03%20electrical/00%20ppt/subsea%20usb%20ppt.pdf>

Deep C Group. (2016, 03 28). Hentet fra <http://deepcgroup.com.gridhosted.co.uk/wp-content/uploads/2014/11/Deep-C-Tiger-Claw1.pdf>

EH Wachs. (2016, 03 28). Hentet fra http://www.ehwachs.com/Industrial-Products/productcategory/Split-Frames-29/HDSF-Heavy-Duty-Split-Frame-17/HDSF-Heavy-Duty-Split-Frame-3648-Kit-47.html%23.VtLDYW_2Yy8

Envirent. (2016, 03 27). Hentet fra <http://envirent.no/rental/>

FMC Technologies. (2016, 04 24). *Product datasheet Schilling Robotics HD ROV*. Hentet fra http://www.fmctechnologies.com%2F~%2Fmedia%2FSchillingrobotics%2FBrochures%2FHDR-ROV_130-1210H.ashx&usg=AFQjCNHtnJWw3lqdnArt

Forum Energy Technologies. (2016, 03 28). Hentet fra <http://www.f-e-t.com/images/uploads/safety-clamps-1.jpg>

Forum Energy Technologies. (2016, 03 28). Hentet fra <http://www.f-e-t.com/images/uploads/data-sheets/MoffatHotStabDatasheet.pdf>

IK Group. (2016, 03 28). Hentet fra http://ik-worldwide.com/content/documents/ROV_Suction_Arm.pdf

Imenco AS. (2016, 03 28). Hentet fra <http://imenco.no/products-services/subsea-tools/>

Jernbaneanverket. (u.d.). *Definisjoner*. Hentet fra https://trv.jbv.no/wiki/Definisjon:Fail_safe

Johansen, H. (2016, 03 28). *Aluminium 2009*. Hentet fra <http://www.ansatt.hig.no/henningj/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/lettmetaller/Al-Al-legeringer/Materiallaere-aluminium-kompendium.pdf>

Johansen, H. (2016, 03 28). *Komposittmaterialer 2008*. Hentet fra <http://www.ansatt.hig.no/henningj/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/kompositter/Materiallaere-kompositter-kompendium.pdf>

Johansen, H. (2016, 03 28). *Korrosjonsbestandige stål (2008)*. Hentet fra <http://www.ansatt.hig.no/henningj/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/korrosjonsbestandige%20stal/Materiallaere-korrosjonsbestandige%20stal-kompendium.pdf>

MIKO Marine. (2016, 03 28). Hentet fra <http://www.mikomarine.com/products/rov-magnet/>



Mirage Subsea. (2016, 03 28). Hentet fra <http://miragesubsea.com/subsea-tooling/rov-tooling/diamond-wire-saws/manipulator-diamond-wire-saw/>

Norsk digital læringsarena (NDLA). (2016, 03 28). Hentet fra <http://www.ndla.no/nb/node/58059>

Norsk Standard. (2016, 04 09). Hentet fra <https://www.standard.no/standardisering/suksesshistorier/suksesshistorie-statoil/>

Norsk Stål. (2016, 04 24). *MEKANISKE MINIMUMSVERDIER - Aluminium*. Hentet fra http://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiO_la1jKjMAhXkCJoKHYW1DVwQFggBMAA&url=http%3A%2F%2Fproduktkatalog.norskstatal.no%2FProduct%2520Resources%2F1321.pdf&usg=AFQjCNHbWvhNlsXnLEzOvfcBfhuJBtmntQ&sig2=w9l-gBBH

Norwegian Offshore Rental. (2016, 03 28). Hentet fra <http://offshorerental.no/product/o43-api-17h-hot-stab/>

Oceaneering. (2016, 03 27). *Brochures*. Hentet fra <http://www.oceaneering.com/oceandocuments/brochures/dts/Pipe%20Line%20Repair/DTS%20-%20Pipe%20End%20Prep%20Tool.pdf>

RMS Pumptools. (2016, 03 28). Hentet fra <http://www.rmstpumptools.com/products/wet-mateable-power-connectors.php>

ROVquip. (2016, 03 28). Hentet fra <http://www.rovquip.com/products/cutting-grinding/rq-001-17-inch-rotary-cutter/>

SMD (Soil Machine Dynamics Ltd.). (2016, 05 01). Hentet fra https://www.google.no/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=imgres&cd=&ved=0ahUKEwi82e6W3bjMAhXoO5oKHaQ3DLEQjRwIBQ&url=http%3A%2F%2Fsmd.co.uk%2Fdownload.php%3Ffile%3D%2Fdownload%2FSMD_2685_ROV_Brochure_pps_low_res.pdf&psig=AFQjCNFKiwlh1l1cn7Wfhj2ZUCyHr4FiA&ust

Snap Tite Inc. (2016, 03 28). Hentet fra http://www.snap-titequickdisconnects.com/qd_pdf/qdvccNOR.pdf

Store norske leksikon. (2016, 05 01). Hentet fra <https://snl.no/funksjonskrav>

Store norske leksikon. (2016, 03 28). *Stål*. Hentet fra <https://snl.no/st%C3%A5l>

Store norske leksikon. (2016, 03 28). *Titan*. Hentet fra <https://snl.no/titan>

Tooltec Ltd. (2016, 03 28). Hentet fra <http://www.tooltecltd.com/page46.html>

Uptech Engineering. (2016, 03 28). Hentet fra <http://www.mikomarine.com/products/rov-magnet/>

Vedvik, N., Valberg, H., Holthe, K., Støren, S., & Thaulow, C. (2010, 03 28). *Kompendium SIO2035 Materialteknikk 2, 2010, kap 9*. Trondheim: NTNU. Hentet fra <https://dviskan.no/ntnu-studentserver/kompendier/kap09.pdf>



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Standardisert festemekanisme (SFM) mellom

ROV-verktøy og konstruksjon under vann

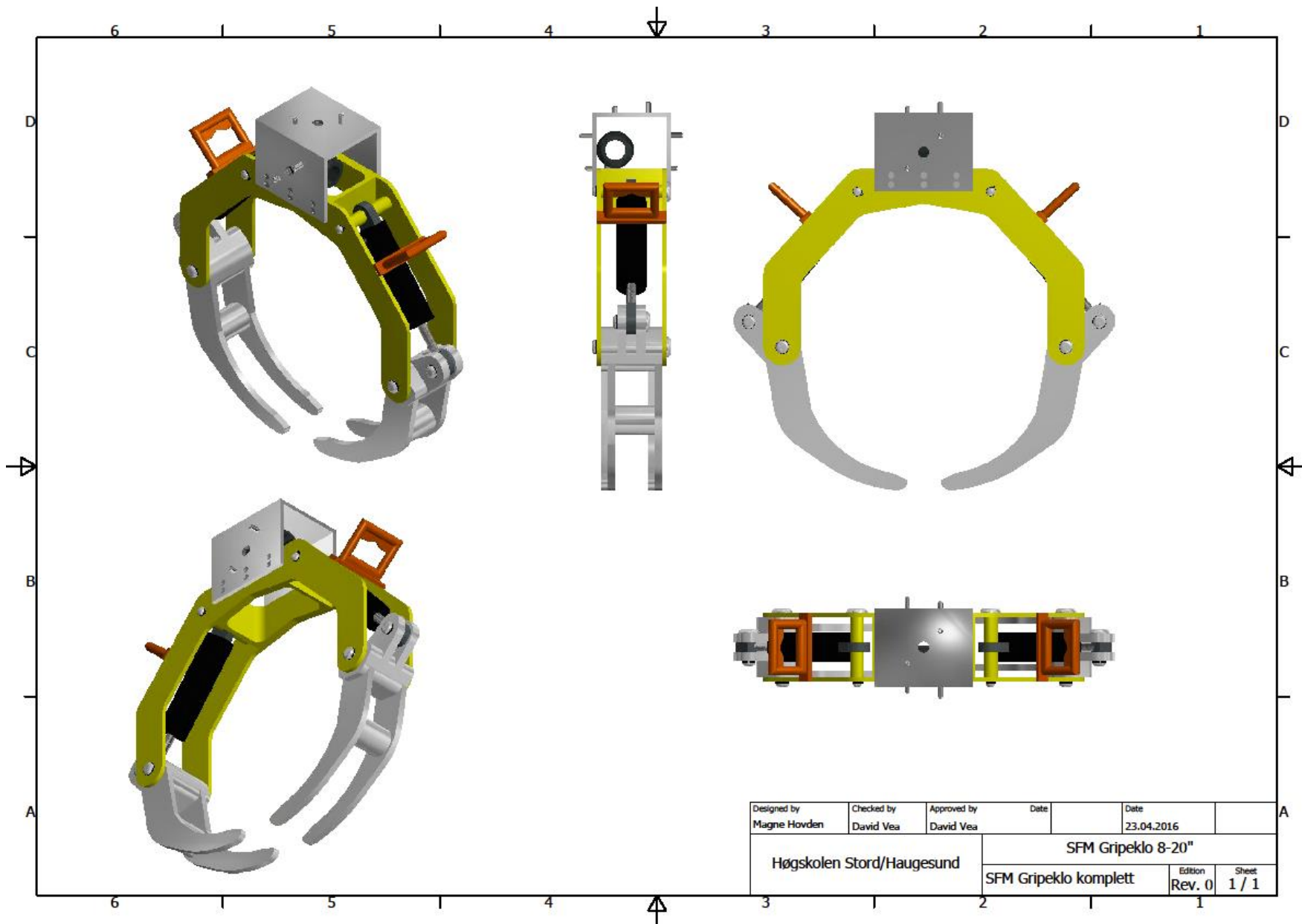
subsea 7

Wachs Subsea. (2016, 03 28). Hentet fra <http://www.ehwachs.com/Wachs-Subsea/product/Subsea-Drill-Manual-Feed-225.html#.VpvhtIK5d0o>

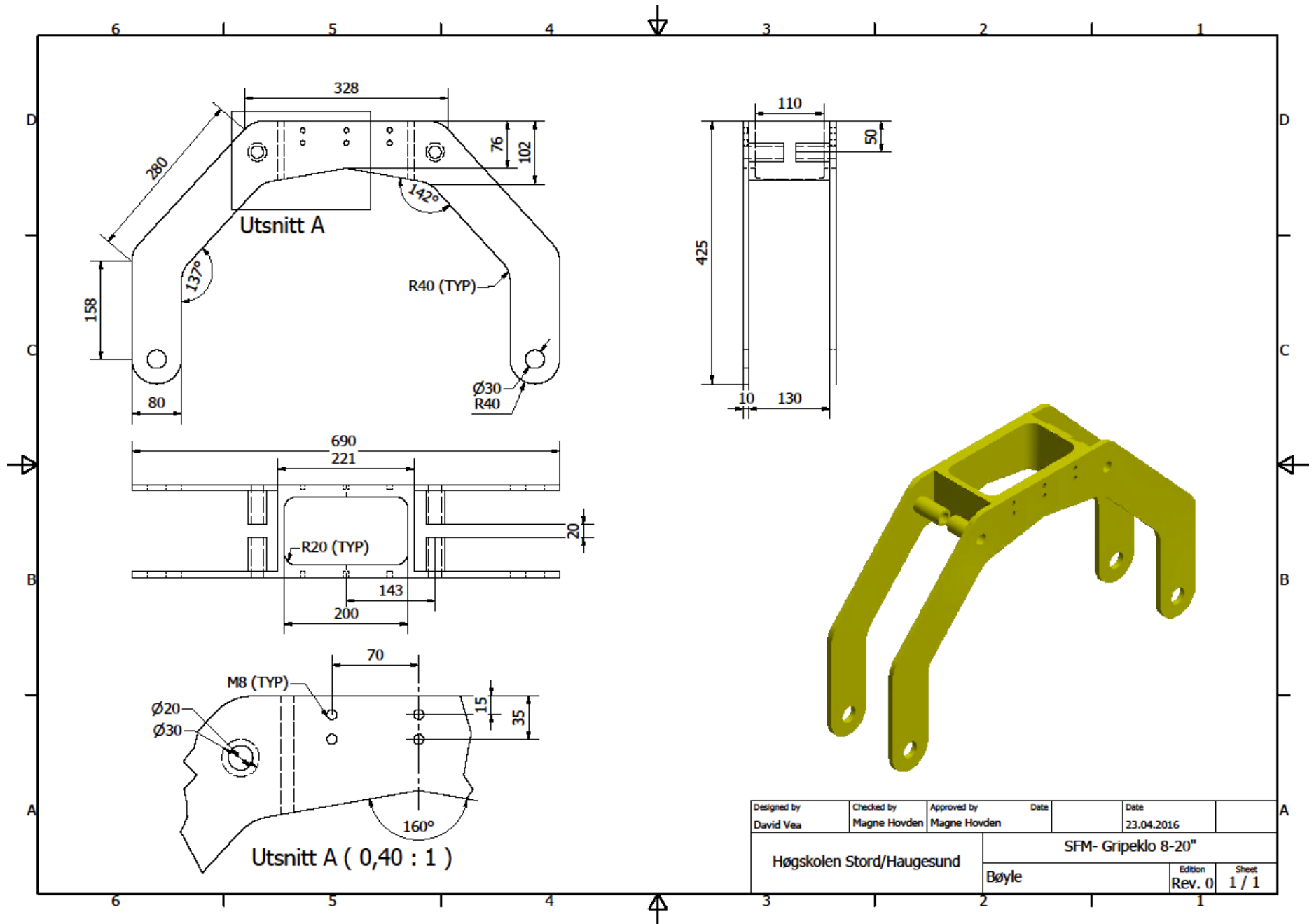
Yangzhou Xiyi Electric Equipment Manufacturing & Trade Co. Ltd . (2016, 03 28). Hentet fra http://www.enginewinch.com/upload/big/Steel_Wire_Rope_lever_hoist_1_73_1342688763.JPG

11 Vedlegg

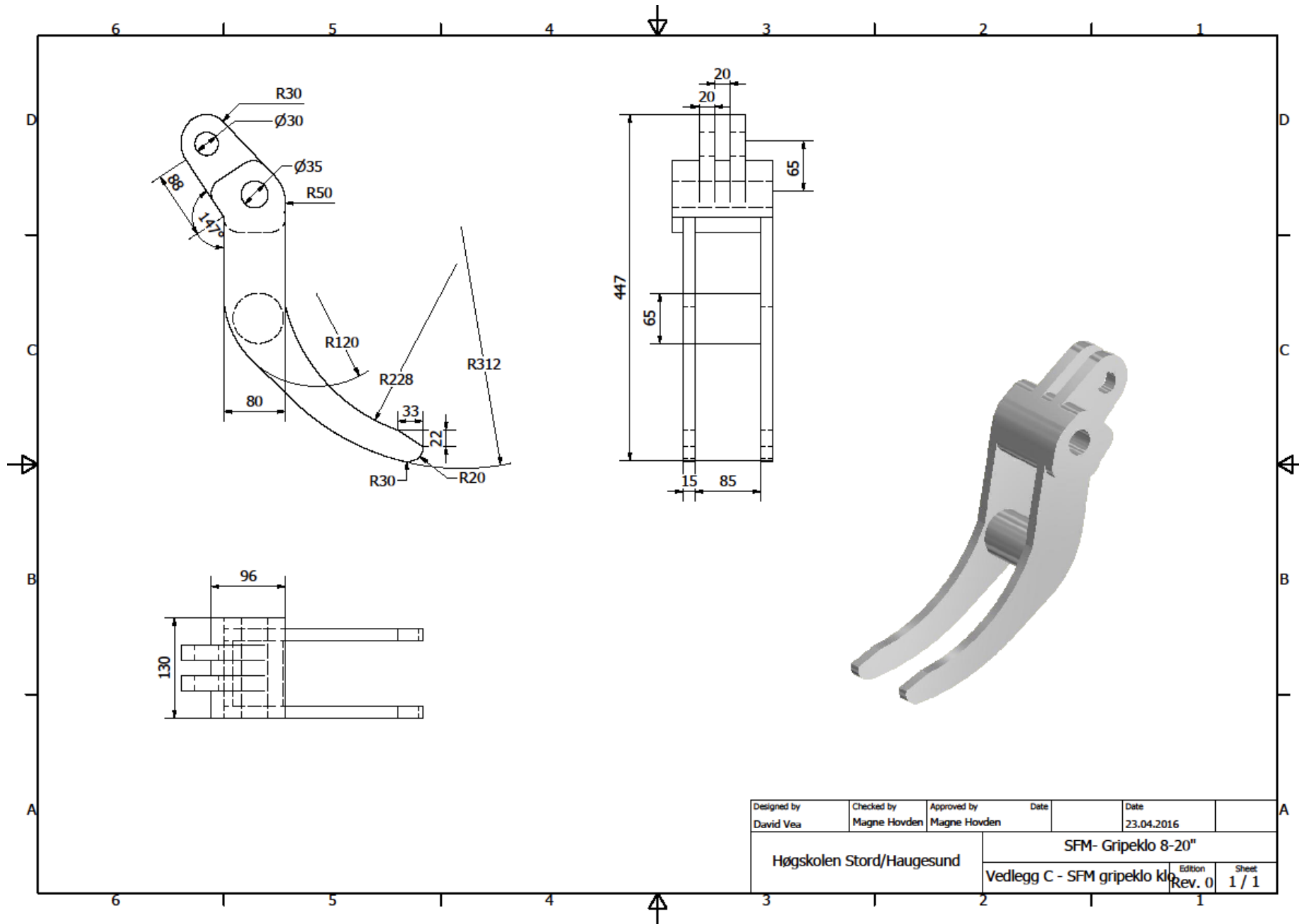
- Vedlegg A: Tegning av SFM gripeklo - komplett
- Vedlegg B: Tegning av SFM gripeklo - bøyle
- Vedlegg C: Tegning av SFM gripeklo – klo
- Vedlegg D: Tegning base for alle typer SFM
- Vedlegg E: Tegning av vinkelfeste for verktøy
- Vedlegg F: Tegning av festebolt for vinkelfeste
- Vedlegg G: Tegning av festeboltholder
- Vedlegg H: Tegning av base med vinkelfeste montert på
- Vedlegg I: Tegning av SFM gripeklo montert på 3 ulike rørdimensjoner



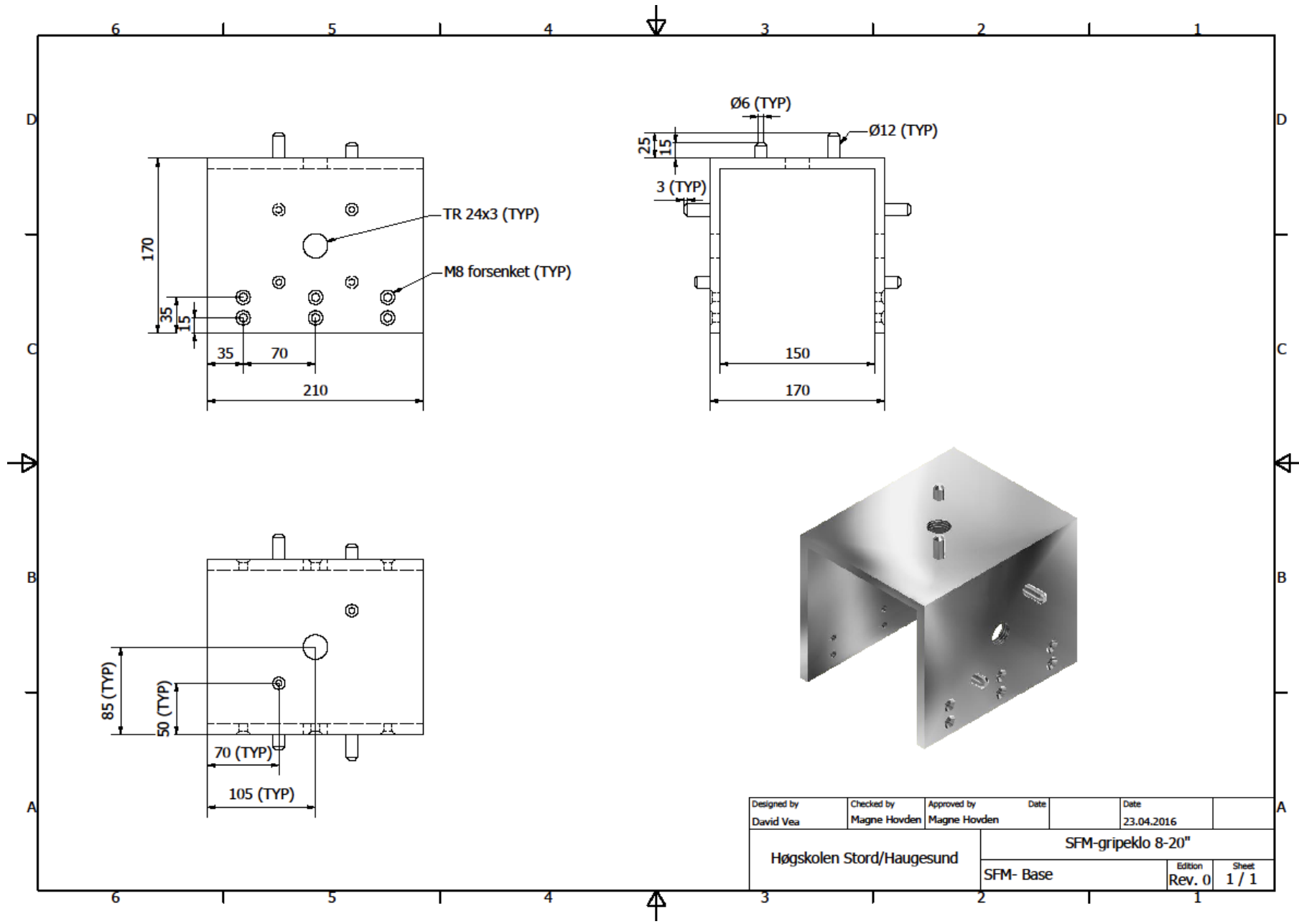
Designed by Magne Hovden	Checked by David Veia	Approved by David Veia	Date	Date 23.04.2016
Høgskolen Stord/Haugesund			SFM Gripeklo 8-20"	
			SFM Gripeklo komplett	Edition Rev. 0



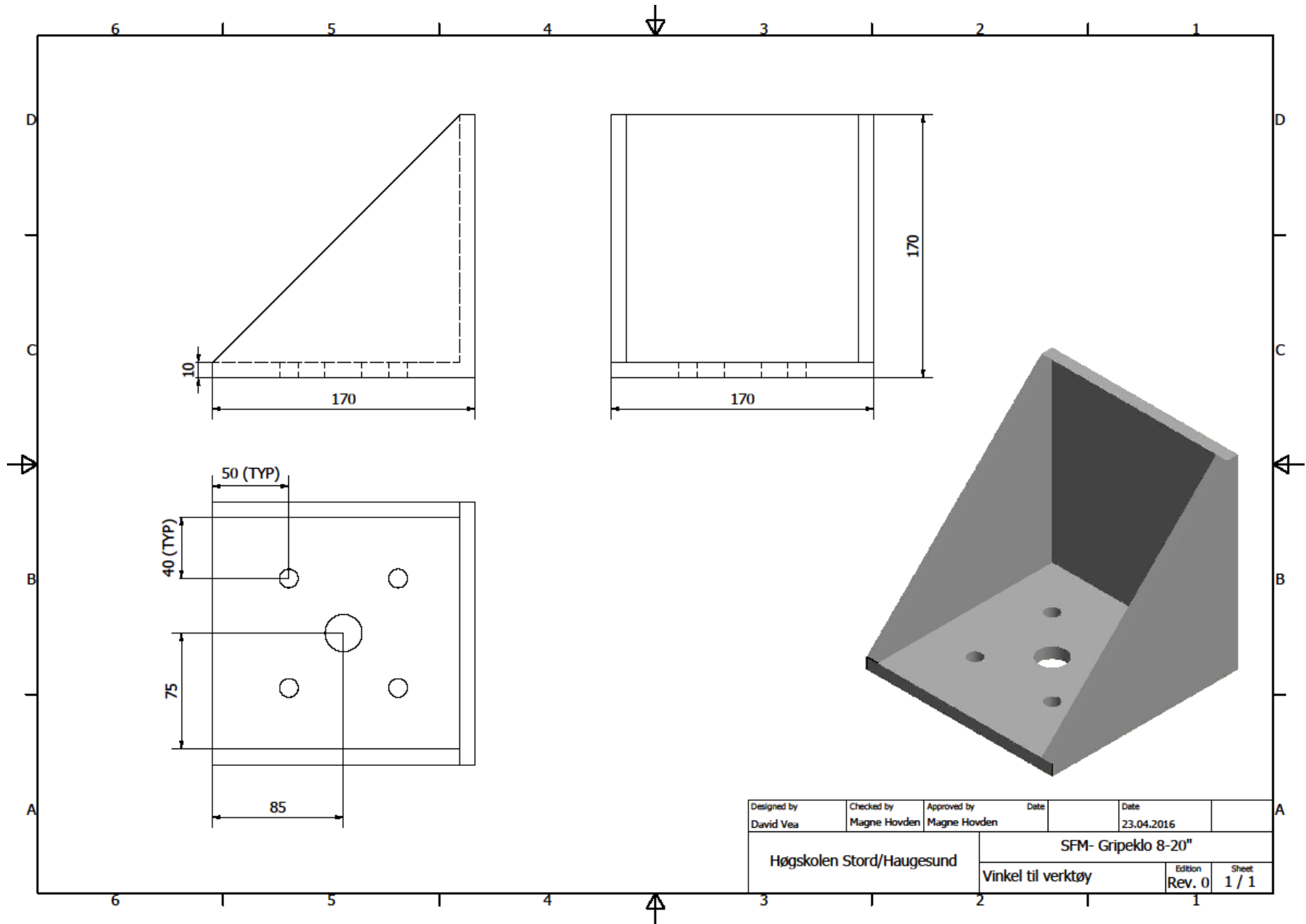
Designed by David Veia	Checked by Magne Hovden	Approved by Magne Hovden	Date	Date 23.04.2016
Høgskolen Stord/Haugesund			SFM- Gripeklø 8-20"	
			Bøyle	Sheet 1 / 1
			Revision Rev. 0	



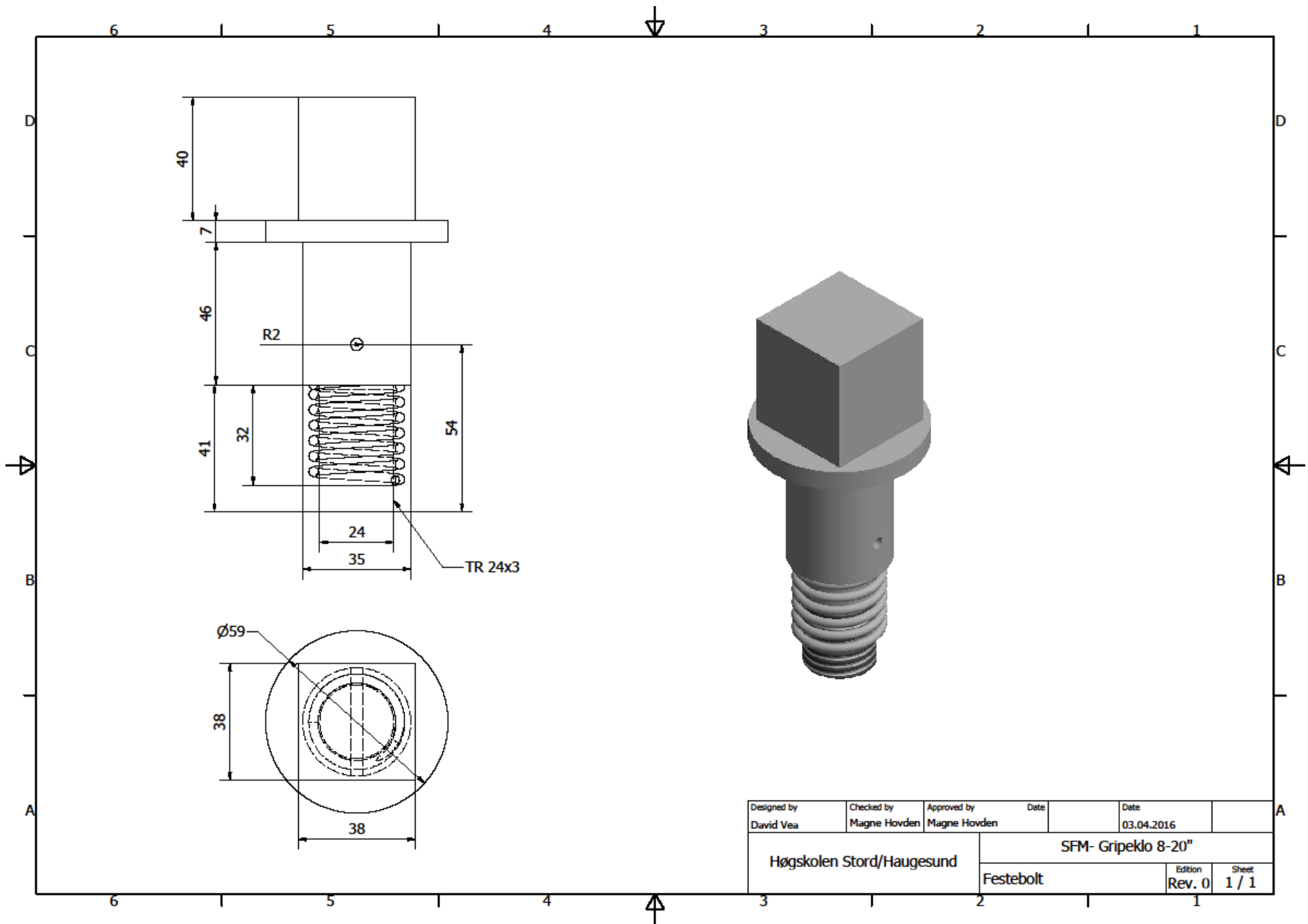
Designed by David Vea	Checked by Magne Hovden	Approved by Magne Hovden	Date	Date 23.04.2016
Høgskolen Stord/Haugesund			SFM- Gripeplo 8-20"	
Vedlegg C - SFM gripeplo klo			Edition Rev. 0	Sheet 1 / 1



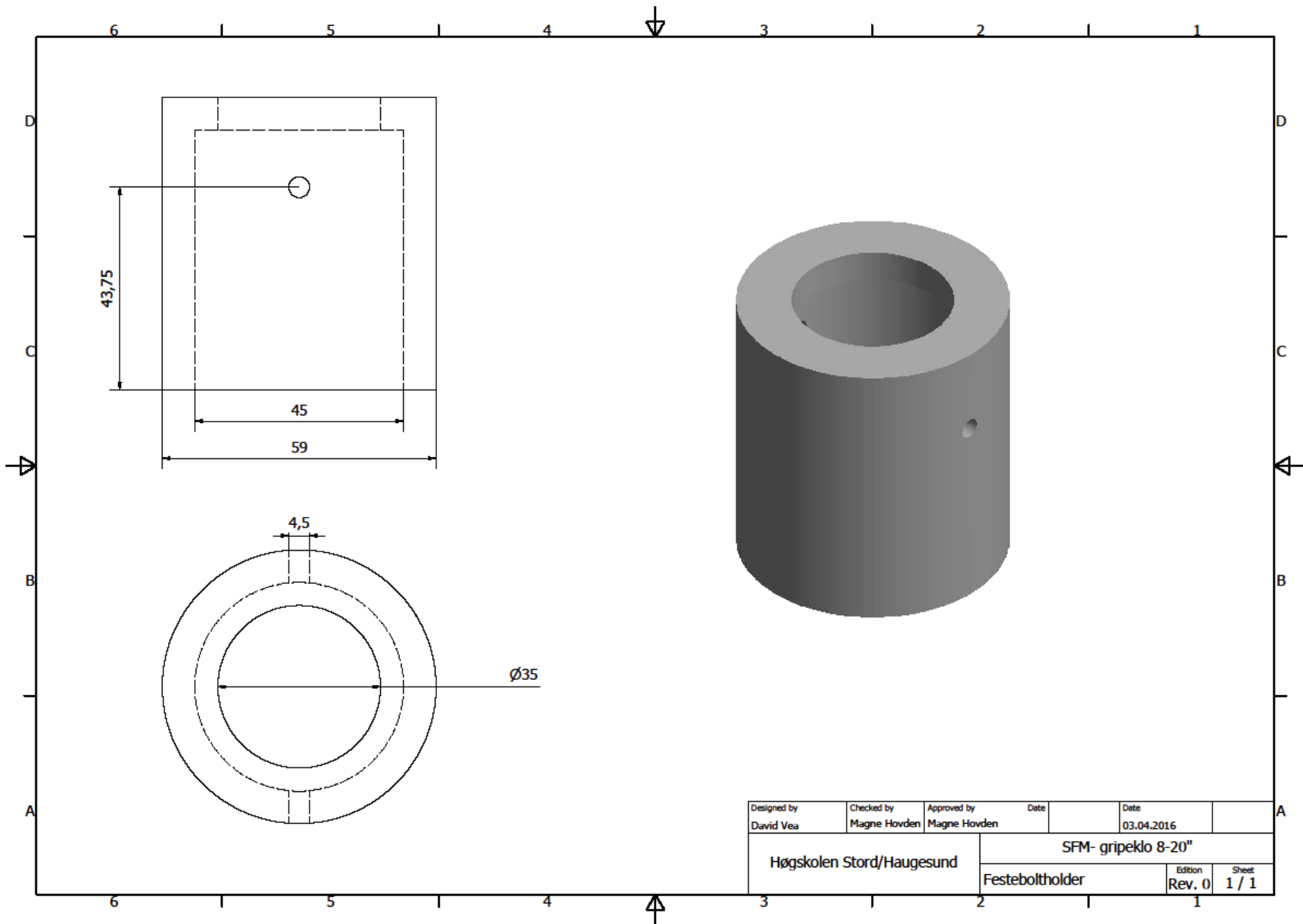
Designed by David Vea	Checked by Magne Hovden	Approved by Magne Hovden	Date	Date 23.04.2016
Høgskolen Stord/Haugesund		SFM-gripeklo 8-20"		
SFM- Base			Edition Rev. 0	Sheet 1 / 1



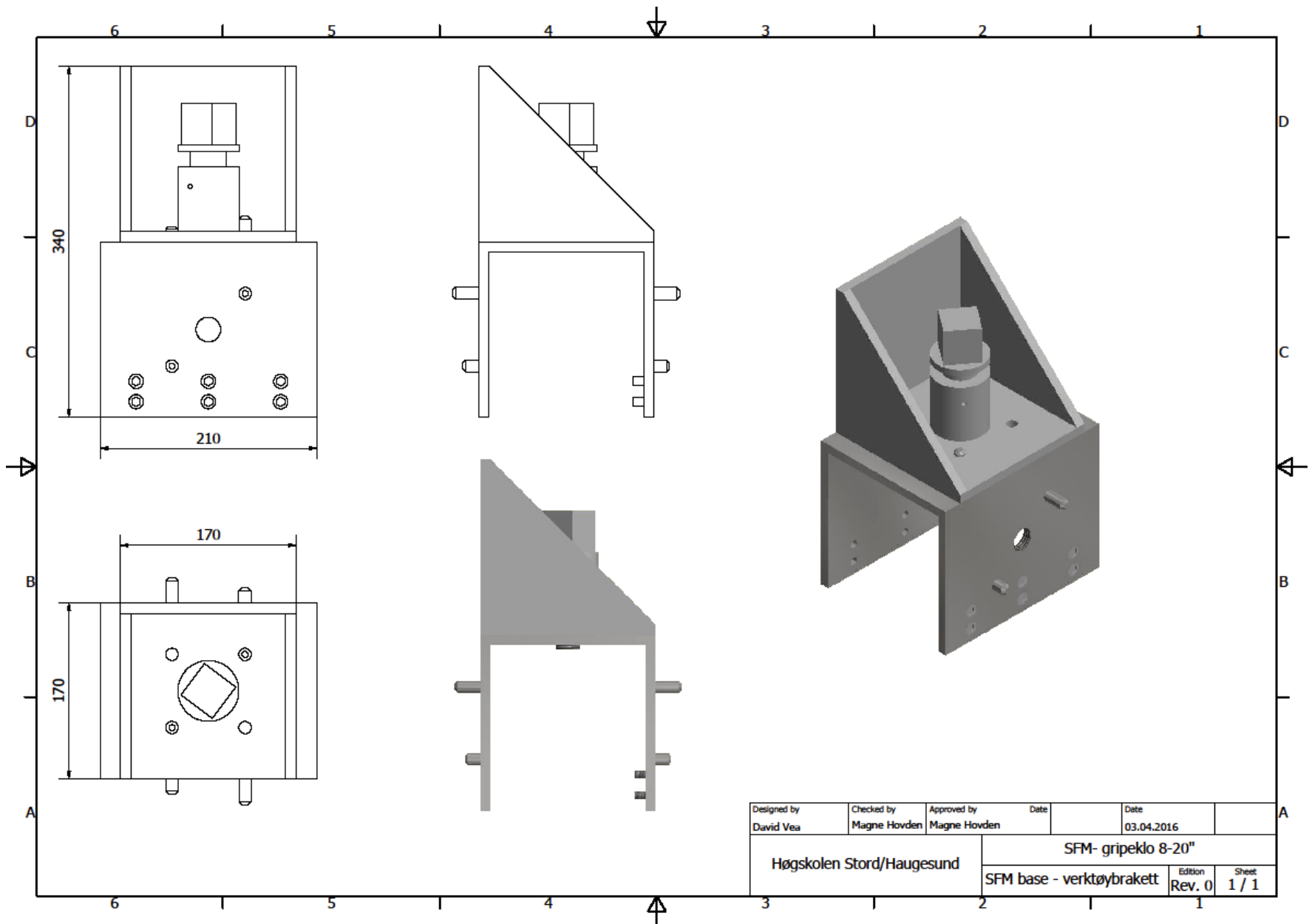
Designed by David Vea	Checked by Magne Hovden	Approved by Magne Hovden	Date	Date 23.04.2016
Høgskolen Stord/Haugesund		SFM- Gripeklo 8-20"		
Vinkel til verktøy			Edition Rev. 0	Sheet 1 / 1

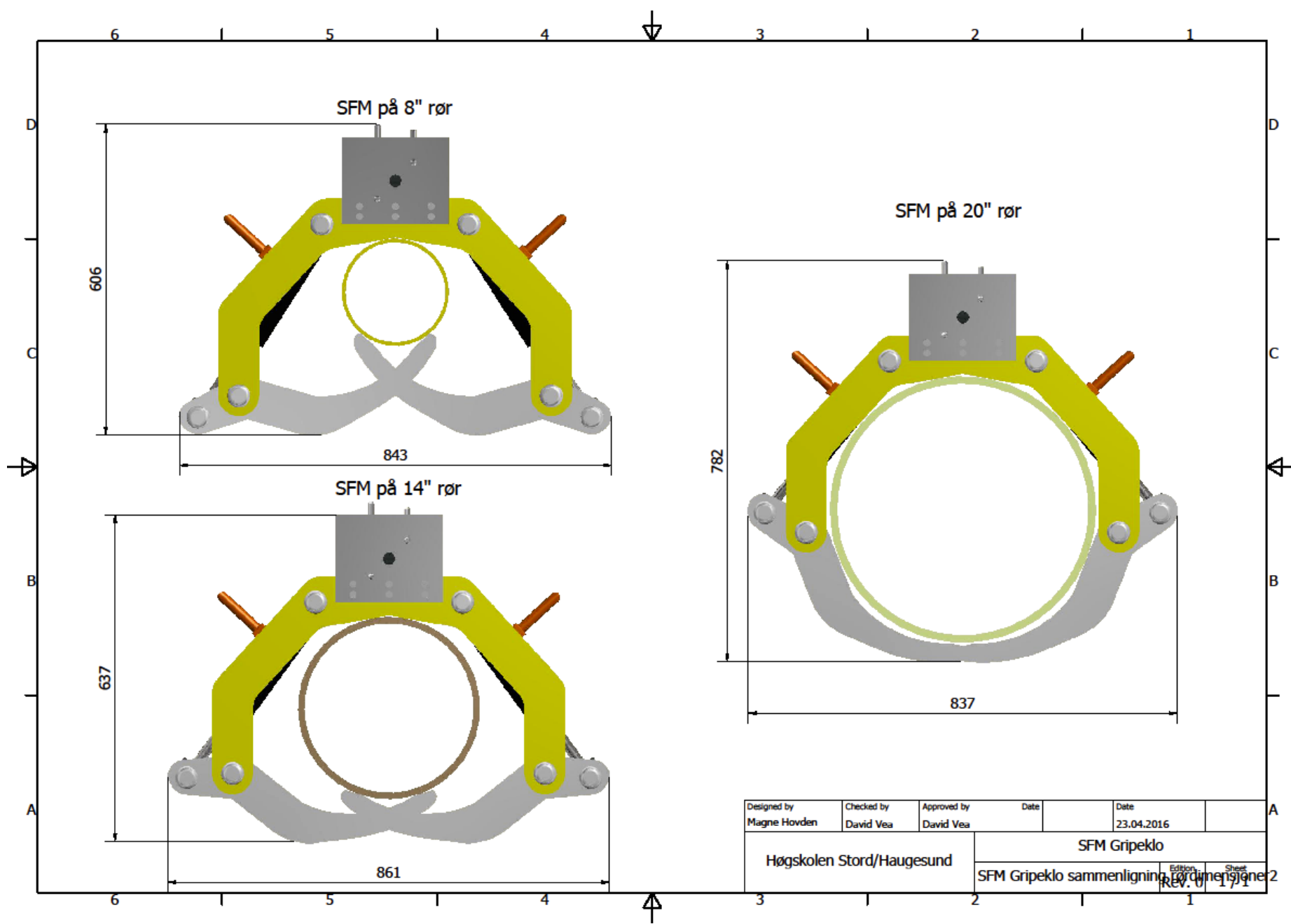


Designed by David Vea	Checked by Magne Hovden	Approved by Magne Hovden	Date	Date 03.04.2016
Høgskolen Stord/Haugesund			SFM- Gripeklo 8-20"	
			Festebolt	Edition Rev. 0



Designed by David Vea	Checked by Magne Hovden	Approved by Magne Hovden	Date	Date 03.04.2016	
Høgskolen Stord/Haugesund			SFM- gripeklø 8-20''		
			Festeboltholder	Edtion Rev. 0	Sheet 1 / 1





Designed by Magne Hovden	Checked by David Vea	Approved by David Vea	Date	Date 23.04.2016	
Høgskolen Stord/Haugesund			SFM Gripeklo		
			SFM Gripeklo sammenligning rørdimensjoner		