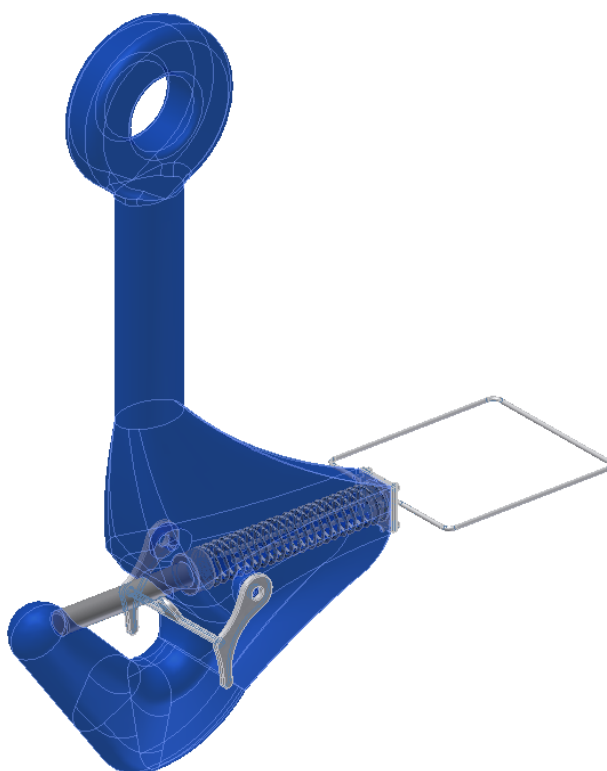




HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

ROV-vennlig løfteredskap

- For løft av objekter fra havbunn til dekk –



BachelorOppgave utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Maskin, Energi- og Prosessteknikk

Av: Roy Roaldsøy
Lars Morten Kro

Kand.nr.

52

Kand.nr.

17

Haugesund

Våren 2008



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

BACHELOROPPGAVE

Studentenes navn: Lars Morten Kro
Roy Roaldsøy

Linje & studieretning Maskin, Prosess- og energiteknikk

Oppgavens tittel: ROV-vennlig løfteredskap for løft av objekter fra havbunn til dekk

Oppgavetekst:

For de fleste løfte-operasjoner fra subsea til dekk som gjøres ved hjelp av ROV, benyttes i dag ROV-kroker eller ROV-sjakler. Men begge disse løfte-redskapene har sine begrensinger.

Oppgaven består av følgende:

Undersøke hva som finnes på markedet av alternativer til ROV-krok og ROV-sjakkel.

Utvikle et nytt ROV-vennlig løfte-verktøy, evt. modifisere eksisterende løfte-verktøy til å bli ROV-vennlig (inkluderer styrke-beregninger og design fortrinnsvis i Inventor)

Sjekk ut ROV-vennligheten av det nye verktøyet, med tanke på bruk ved hjelp av ROV'ens manipulator - f.eks. vha. animasjoner i Inventor

Endelig oppgave gitt: Torsdag 6. mars 2008

Innleveringsfrist: Fredag 2.mai 2008 kl. 12.00

Intern veileder Jens Christian Lindaas - HSH, tlf: 52 70 26 70

Ekstern veileder Olaf Alexander Hansen - DeepOcean tlf: 92 44 49 55

**Godkjent av
studieansvarlig:
Dato:**

Monika Metallinou Log
22. april 2008



Forord

Rapporten er resultatet av arbeidet gjort i emnet "ING3006 – Hovedprosjekt". Dette er et obligatorisk emne som har gått over hele semesteret våren 2008. Vekten er 15 studiepoeng, der 10 vektas denne rapporten, og de resterende 5 er for en muntlig fremføring av prosjektet. Denne fremføringen er lagt til 12.juni 2008.

Prosjektet baseres på at studentene kommer i kontakt med en bedrift, som kommer med en oppgave i samarbeid med studentene. Gruppen vil ha en veileder i bedriften, i tillegg til en intern veileder ved Høgskolen Stord/Haugesund (HSH). I dette prosjektet har gruppen fått tildelt en oppgave fra DeepOcean ASA.

DeepOcean er en anerkjent markedsleder innen undervannsoperasjoner, som inspeksjon, vedlikehold, reparasjon, konstruksjonsstøtte, med mer. Bedriften ble stiftet i 1999, og har i dag rundt 700 ansatte.

Flere steder i rapporten vil det være referanser, og disse er på formen ["siffer"]. I referanselisten bak i rapporten vil leseren kunne finne frem til den refererte kilde.

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

- *Jens Christian Lindaas – intern veileder, HSH.*
- *Olaf Alexander Hansen – veileder, DeepOcean ASA*
- *Rolf Wiksnes – Teknisk sjef, Westcon Lofteteknikk AS*
- *Idar S. Gjelland – Teknisk salg, Norfjær*
- *Designavdelingen – DeepOcean ASA*

Haugesund, 2.mai 2008


Roy Roaldsøy


Lars Morten Kro



Sammendrag

I fra første dag har det vært behov for løft mellom overflatefartøy og havbunn rundt offshoreinstallasjoner. Dykkere ble utfaset, og ROV ("Remote Operated Vehicle") ble tatt i bruk. Problemet som oppsto, var at verktøyet som ble brukt til å koble løftevaier til løftehodet ("Master Link") ikke var tilpasset en ROV.

I dag finnes det tilpassede verktøy, men det er fortsatt forbedringspotensial. Problemstillingen blir som følger:

Kan det utvikles et løfteverktøy, som på en effektiv og sikker måte kan brukes til av-/påkobling av løftevaier til løftehoder ("Master Links"), løfteøyer eller tilsvarende. Samtidig som det etterlever prinsippet om to sikkerhetsbarrierer, er robust og gjør jobben på en raskere og enklere måte enn det som finnes i dag. Verktøyet dimensjoneres for 30 tonn SWL.

En kombinasjon av krokens brukevennlighet og sjakkelenes sikkerhet, vil være en optimal løsning. Etter en gjennomgang av eksisterende ROV-vennlige løfteverktøy, kan man etter hvert komme med forslag til et nytt og bedre løfteverktøy. I videreutviklingen av valgt løsning, må verktøyet først dimensjoneres for aktuell last, ved bruk av manuelle beregninger. Deretter kan verktøyet designes i Autodesk Inventor, for så å lage en animasjon, som for frem brukervennligheten til løfteverktøyet. Ansys Workbench blir brukt som analyseverktøy, for å finne eventuelle feil i de manuelle beregningene, eller i designen.

Fordelen ved at man lager og tester modellen mer eller mindre ferdig i et dataprogram, er stor. I tillegg vil en digital animasjon av det ferdige produktet, hjelpe til med forståelsen av at verktøyet fungerer som tiltenkt.

Det ROV-vennlige løfteverktøyet som gruppen kom frem til, vil som konsept oppfylle de mål som oppgaven stilte. Etter designfasen er det fortsatt noen små detaljer, som trenger en detaljert løsning. Spesielt gjelder dette med å komme opp med en ekstra sikkerhetsbarriere, som gruppen ikke klarte å få til en konkret løsning på. Allikevel er det viktig å få frem at dette bør la seg løse, og da vil denne løsningen i prinsippet være et bra ROV-vennlig løfteverktøy.



Innholdsfortegnelse

Forord.....	1
Sammendrag	2
Innholdsfortegnelse	3
1. Innledning.....	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Problemstilling.....	6
1.3 Formål og målsetning.....	6
1.4 Metode/verktøy før løsning av oppgaven.....	6
2. Betingelser og forenkling.....	7
2.1 Betingelser.....	7
2.2 Forenkling.....	7
3. Eksisterende ROV-vennlige løfteverktøy.....	8
3.1 Historikk.....	8
3.2 Krav til ROV-vennlige løfteverktøy	8
3.3 Eksempler på eksisterende løfteverktøy	9
3.3.1 Krok.....	9
3.3.2 Sjakkell.....	10
3.3.3 Multi-dog.....	13
3.4 Oppsummering.....	14
4. Forslag til nye konsepter	15
4.1 Modifisere eller utvikle nytt verktøy?	15
4.2 Konsepter	15
4.2.1 Forslag 1	15
4.2.2 Forslag 2	16
4.2.3 Forslag 3	16
4.2.4 Forslag 4	16
5. Valget.....	18
5.1 Sammenligning/Diskusjon	18
5.2 Eliminering.....	19
5.3 Valgt løsning og utfordringer	19



6. Videreutvikling av produktet.....	20
6.1 Kravspesifikasjoner og bruk av standarder	20
6.1.1 Løftehode	20
6.1.2 Krok.....	20
6.1.3 Sjakkell.....	21
6.2 Dimensjonering	22
6.2.1 Bolt	22
6.2.2 Fjær.....	22
6.2.3 Krok.....	26
6.2.4 Holder	35
6.4 Design	35
6.5 Anvendelse av beregningsprogram.....	36
6.5.1 Gjennomføring av analyse.....	36
6.5.2 Resultat og sammenligning	38
7. Diskusjon av valgt løsning.....	40
8. Konklusjon	41
Referanseliste.....	42
Vedlegg.....	43
Vedlegg A: Materialserfikat og beregninger for fjær, fra Norfjær	
Vedlegg B: Tekniske data for S165M	
Vedlegg C: Rapport om analysene på kroken, hentet fra Ansys Workbench	
Vedlegg D: 2D Tegninger	
Vedlegg E: CD med animasjoner og dokumenter i samband med referanseliste	



1. Innledning

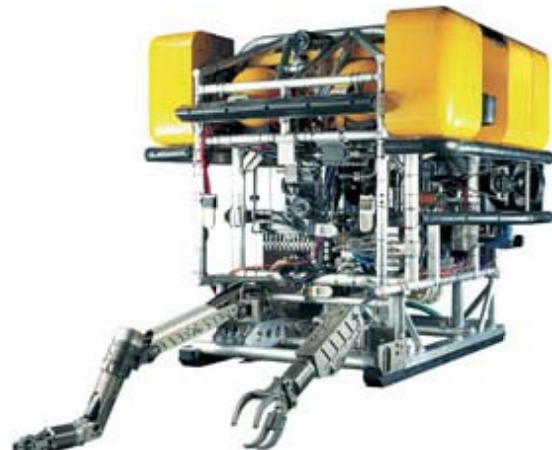
1.1 Bakgrunn

I fra første dag har det vært behov for løft mellom overflatefartøy og havbunn rundt offshoreinstallasjoner. Fordi det ikke er praktisk gjennomførbart å foreta et løft uten assistanse ved havbunnen, så har det frem til i dag vært behov for en enhet som kan assistere, observer og kommunisere med overflaten.

Først ble det brukt dykkere. Begrensingene det førte med seg var spesielt havdyp, fysisk styrke, og bevegelse. Etter hvert kom det dykkerdrakter som tålte større dybde, og hadde gjerne propeller for bedre bevegelse. Men med stadig mer utfordrende operasjoner og økende vandyp ble den menneskelige faktor etter hvert en flaskehals. Det ble derfor behov for noe som kunne erstatte mange av de menneskelige fordelene og samtidig takle de nye utfordringene på en sikrere og bedre måte. Den fjernstyrte undervannsfarkosten, ROV ("Remote Operated Vehicle"), ble født. I dag er denne i bruk til mange oppdrag under vann på norsk sokkel.



FIGUR 1.1.1: TUNGT ARBEID FOR DYKKER [1]



FIGUR 1.1.2: EKSEMPEL PÅ ARBEIDS-ROV [2]

Løft mellom overflatefartøy og havbunn stiller strenge krav til sikkerhet. Dette medfører store krav til løfteverktøyet som skal brukes til å koble av- og på løftevaier. Til dette blir det både brukt kroker og sjakler, som har gjennomgått mindre eller større modifikasjoner. I tillegg er det blitt utviklet helt nye løfteverktøy.

Et stadig økende aktivitetsnivå på undervannsoperasjoner øker behovet for flere løft mellom overflatefartøy og havbunn. Dette medfører at kravene for et sikkert løft har blitt strengere, i tillegg til at det å spare tid er viktig for å sørge for en rask operasjon. Siden det perfekte løfteverktøyet ennå ikke eksisterer, så vil det alltid være rom for forbedring.



1.2 Problemstilling

For løft som krever et løfteverktøy med kapasitet 30 tonn SWL ("Safe Working Load"), der verktøyet er både sikkert og lettvent å bruke ved hjelp av ROV, er det lite av på markedet. Det som finnes, har gjerne kun én sikkerhetsbarriere, eller er vanskelig å operere. Problemstillingen blir da som følger:

Kan det utvikles et løfteverktøy, som på en effektiv og sikker måte kan brukes til av- /påkobling av løftevaier til løftehoder ("Master Links"), løfteøyer eller tilsvarende. Samtidig som det etterlever prinsippet om to sikkerhetsbarrierer, er robust og gjør jobben på en raskere og enklere måte enn det som finnes i dag. Verktøyet dimensjoneres for 30 tonn SWL.

1.3 Formål og målsetning

Formålet med oppgaven er å gjøre rede for de verktøy som blir brukt i dag, og finne de positive og negative sidene til disse. En vil ta de positive sidene fra de forskjellige verktøyene å kombinere disse til et bedre ROV-vennlig løfteverktøy. I tillegg må verktøyet tåle den aktuelle lasten, og kunne brukes sammen med standard løfteutstyr. Siden verktøyet skal brukes under vann, og opereres ved hjelp av en ROV, må det være enkelt å håndtere. Det er til slutt viktig å kunne bevise ROV- vennligheten av det nye verktøyet, for eksempel i form av en animasjon.

Som målsetting, vil gruppen jobbe for å tilegne seg kunnskap om undervannsløft, og om verktøyene som brukes i den sammenheng. Kontakt med næringslivet, for å få svar på praktiske spørsmål og få innblikk i bransjen.

1.4 Metode/verktøy før løsning av oppgaven

Måten oppgaven vil bli løst på er å først vurdere de løfteverktøy som allerede finnes på markedet. Deretter komme frem til forslag til nye konsepter. Disse blir så videre sett på i en kritisk vinkling, der alle mulige situasjoner som kan inntreffe under operasjon blir belyst. Ut i fra dette blir de ulike forslagene så satt opp mot hverandre og sammenlignet. Etter å ha eliminert de dårligste forslagene står en da igjen med det beste konseptet. Videre utføres overslagsberegninger i form av manuelle beregninger, for å kunne grov- dimensjonere størrelsen. DAK-programmet Inventor blir brukt for å designe skissen i 3D. Etterpå blir analyseprogrammet Ansys Workbench brukt for å finne eventuelle avvik fra de manuelle beregningene i designet. Til slutt brukes Autodesk Inventor til å lage en digital animasjon, der bruken av verktøyet blir vist.



FIGUR 1.4.1: AUTODESK INVENTOR LOGO [3]



FIGUR 1.4.2: ANSYS WORKBENCH LOGO [4]



2. Betingelser og forenkling

2.1 Betingelser

Betingelser som er satt, er satt for at oppgaven skal ha en konkret vinkling, og at alternative løfteverktøy skal alle kunne brukes til samme løft. Derfor er det antatt at standardiserte løfthoder ("Master Links") er festet med sjakkell til løfteøret på modulen, og standard sjakkell er brukt for å feste løfteverktøyet til løftevaier. Alle standardproduktene kan ta gitt last (30 tonn SWL). Videre skal kranen som brukes på overflatefartøyet være såkalt "hiv-kompensert", det vil si at kranen utligner mesteparten av bølgenes påvirkning på overflatefartøyet. Det antas allikevel at noe hiv- bevegelse vil kunne oppstå, og at det derfor ikke er mulig å foreta altfor kompliserte løfteoperasjoner.

2.2 Forenkling

SWL, "Safe Working Load", har en høy innebygd sikkerhetsfaktor, for at alle de små faktorene som kan føre til belastning på en enhet, ikke skal måtte tas hensyn til i så stor grad. Den resterende hiv-belastningen som ikke blir kompensert for, er en slik faktor. Visse hensyn må også tas til dette at praktisk vinkling på verktøyet ikke i så stor grad kan belyses fullt ut. Gruppen har ikke førstehåndskjennskap til undervannsløft støttet av ROV, slik at en del kjente problemstillinger kanskje ikke blir belyst i den grad de burde.

Ved de manuelle beregningene som blir utført blir det ikke tatt hensyn til:

- Friksjonskraften mellom sikkerhetsbolt og sylindrehull
- Nøyaktig tverrsnittsgeometri for de ulike områdene på løfteverktøyet
- Kreftene som virker på holder

Som tidligere nevnt, er det kvaliteten og funksjonen til løftevertøyet som er i fokus.

Tilvirkningsmetoder og kostnader blir ikke tatt hensyn til i denne rapporten. Til dette formålet anses ikke tilvirkningskostnadene å være av betydning, sett i forhold til andre utgifter i en operasjon.



3. Eksisterende ROV-vennlige løfteverktøy

3.1 Historikk

ROV-vennlige løfteverktøy har ennå et stort utviklingspotensial. Aktiviteten rundt undervannsoperasjoner øker stadig både med tanke på installasjon og vedlikehold. Av den grunn øker også antall løfteoperasjoner fra havbunn til dekk. For at løftevaier skal kunne koples av/på en modul på havbunnen, bør løfteverktøyet være ROV-vennlig, med tanke på bruk ved hjelp av ROV'ens manipulator. I den forbindelse bør av- og påkopling, være hurtig og samtidig sikker mot at løfteverktøyet koples av under løfteoperasjonen. Spesielt er risikoen for dette ekstra stor i plaskesonen. Dersom løfteverktøyet er komplisert og tidkrevende å installere kan løfteoperasjonen fort bli en unødvendig dyr affære.

Til nå er det stort sett tatt utgangspunkt i kroker og sjakler. Disse ligner på de kroker og sjakler som blir brukt til løfteoperasjoner på land, men er spesielt konstruert og tilrettelagt for ROV'ens manipulator. Ved at man tok utgangspunkt i allerede sertifiserte løfteverktøy, sparte man en masse tid og penger på design- og tilvirkningsfasen. Men den investeringen i form av tid og penger som går til utviklingen av et nytt ROV-vennlig løfteverktøy, kan fort lønne seg.

Fordelen med en krok er at den er enkel å installere for en ROV, men dens utforming gjør at det er en risiko for at objektet hopper av under løfteoperasjonen. Det har blant annet vært et tilfelle der en hjelpestrøpp har lagt seg over sikkerhetsleppen på kroken og åpnet denne slik at masterlinken ble koblet av. En sjakkel derimot er sikrere, men vanskeligere og installere for en ROV.

3.2 Krav til ROV-vennlige løfteverktøy

Det er flere krav til et ROV-vennlig løfteverktøy som må oppfylles, for at det i det hele tatt skal være praktisk mulig å benytte seg av det. Det må blant annet kunne påmonteres løftevaier, som ofte skjer med en sjakkel. Deretter må løfteverktøyet kunne koples på modulen som skal løftes. Et løftehode er som regel festet med en sjakkel på paddeøyet til modulen. For noen løfteverktøy må det påmonteres spesiallaget innretning, som må kobles på modulen, før løfteverktøyet kan kobles til (Et slikt verktøy blir nærmere beskrevet senere).

Bak begrepet om et ROV-vennlig løfteverktøy ligger kravene om at verktøyet skal i helhet kunne betjenes av en ROV under vann. Over vann blir det mannskapet på skipet/riggen som tar seg av operasjonen. ROV'en må kunne gripe tak i løfteverktøyet på en enkel måte, slik at den kan justere verktøyets posisjon, for å muliggjøre påkopling til modul. Alle funksjonene som løfteverktøyet måtte ha skal også kunne betjenes av en ROV. For eksempel åpning/lukking av barrierer, og av- og påkobling av modul.

På samme måte som andre løfteverktøy, må det de være sertifisert og dimensjonert til det aktuelle løftet. I vårt tilfelle vil dette si at den må være sertifisert og merket med en "Safe Working load" på 30 tonn.



3.3 Eksempler på eksisterende løfteverktøy

3.3.1 Krok

En krok er på grunn av sin enkle utforming kjent for en enkel påkøpling. For at modulen som skal løftes ikke skal koples av under løfteoperasjonen, må den i tillegg ha en sikkerhetsleppe. Denne er som regel fjærbelastet, slik at den alltid faller tilbake i lukket stilling. Dette medfører at man under avkøpling må holde denne oppe i tillegg til å kople kroken av modulen. For en ROV kan dette bli komplisert og litt vanskelig å utføre. En ROV- krok er derfor utstyrt med en utløser-vaier som er festet til sikkerhetsleppen. Den kan ROV'en enkelt gripe tak i å dra i en sånn retning at sikkerhetsleppen åpner seg, samtidig som kroken løser seg fra løftehodet.



Som det fremgår av figur 3.3.1.1 finnes det for en standard krok ikke noe utpreget område hvor ROV'ens manipulator kan gripe tak. For å løse dette kan det under tilvirkning av kroken legges på et stykke som fungerer som et gripeområde for ROV'ens manipulator (Se figur 3.3.1.3). Et sånt område kan også legges til som en del av krokens bærende funksjon. Dette vises på figur 3.3.1.2.

FIGUR 3.3.1.1 MYHRE MARITIMS GN R.O.V. HOOK [5]



FIGUR 3.3.1.2 MYHRE MARITIMS TRITON R.O.V. HOOK [6]



FIGUR 3.3.1.3 R.O.V-TILPASSET KROK FRA FRAM KJÆTTINGFABRIKKEN [7]



Svakheten med denne type krok er imidlertid at det finnes en risiko for at objektet koples av. For eksempel kan en hjelpestrøpp havne mellom sikkerhetsleppen slik at objektet som løftes koples av.

En forsterket sikkerhetsleppe som ikke kan bevege seg fritt fra lukket til åpen posisjon kan motvirke dette. Og for at man skal være på den sikre siden bør også sikkerhetsleppen være dimensjonert for å tåle lastens påkjenning. På figur 3.3.1.4 er det bilde av en krok som har en sterkere sikkerhetsleppe.



FIGUR 3.3.1.4 IMENCO/MØLLERODDENS KROK FOR LØFT UNDER VANN [8]

3.3.2 Sjakkkel

Mens kroken er forholdsvis enkel å installere for ROV, er sjakkelen litt mer tidkrevende. Til gjengjeld er den sikrere mot at lasten vil ramle av under løfteoperasjonen. Dette gjør at mange vil foretrekke sjakkkel fremfor krok. På en standard sjakkkel er sjakkebolten holdt på plass med en skrudd forbindelse. For en ROV vil dette bli for vanskelig og tidkrevende å operere. Dermed må man sørge for at sjakkkelbolten blir låst på en annen måte. Sjakkkelbolten må heller ikke kunne skilles fra resten av sjakkkelhuset, da denne lett vil kunne mistes under operasjon av ROV. På figur 3.3.2.1. er det vist et eksempel på en ROV-vennlig sjakkkel.



FIGUR 3.3.2.1 R.O.V. SJAKKEL FRA FRAM KJÆTTINGFABIKKEN [7]

Sjakkelen fra Malm Orstad AS (se figur 3.3.2.2) er

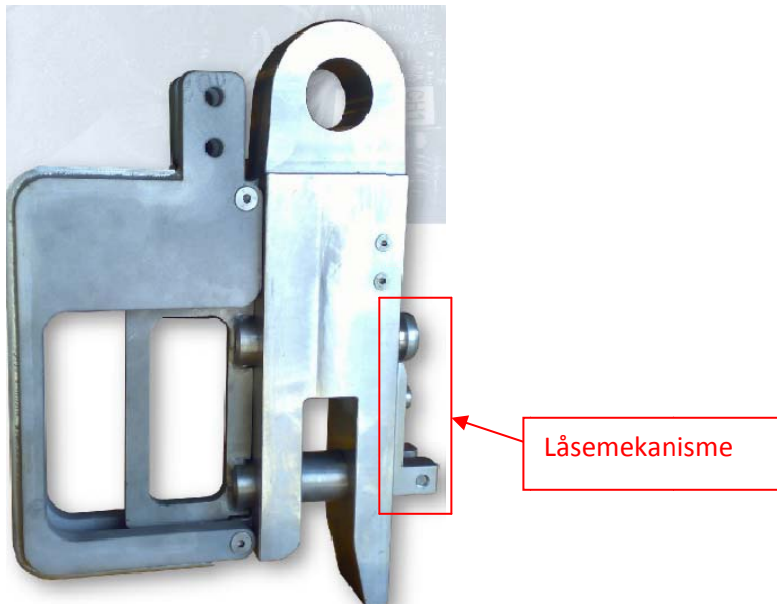


utstyrt med mekanisk ROV-operert åpne og lukke funksjon. Den har en robust design basert på standard sertifisert sjakkelse noe som gjør den ikke altfor dyr. Ved bruk av denne sjakkelen, kan ROV åpne og lukke sjakkelsebolt ved hjelp av manipulatorarmen. Men i følge Deep Ocean er dette en noe trøblete operasjon. Malm Orstad AS har levert sjakler fra 12 tonn til 600 tonn.



FIGUR 3.3.2.2 R.O.V. SJAKKEL FRA MALM ORSTAD AS [9] OG [12]

Sjakkelen fra Kystdesign AS (se figur 3.3.2.3) har derimot en bedre design. Denne er enkel å operere for ROV og har 2 sikkerhetsbarrierer. En fjæret forbindelse sørger for at sjakkelsebolt alltid står i lukket posisjon. I tillegg kan den låses i lukket posisjon. For å åpne sjakkelen, må 7 funksjons manipulator arm først fjerne lås på sjakkelsebolt. ROV'en må så klemme og holde sammen håndtaket slik at sjakkelsebolt åpner seg helt, og deretter kople sjakkelen av/på masterlink i mens sjakkelsebolt holdes i åpen posisjon. Denne sjakkelen lages kun i 12 tonn SWL.



FIGUR 3.3.2.3 R.O.V. SJAKKEL MED UVANLIG DESIGN, FRA KYSTDESIGN [10] OG [12]

Kystdesign AS leverer også sjakler beregnet for større løft (Figur 3.3.2.4), med SWL fra 20 til 300 tonn.



I motsetning til den forrige sjakkelen er sjakkkelbolten ikke fjærbelastet, men er kun utstyrt med en låsemekanisme. Dette gir da en ikke like sikker påkopling, og har ikke en ekstra barriere for å holde sjakkkelbolten på plass.



FIGUR 3.3.2.4 R.O.V. SJAKKEL FRA KYSTDESIGN [10] OG [12]

APL sin løsning (se figur 3.3.2.5) med en fjærbelastet låsepinne vil da kanskje være et bedre alternativ. Men denne har ikke en sikkerhetsbarriere som låser sjakkkelbolten i lukket posisjon. Den kan også være litt trøblete å operere for ROV ved at sjakkkelbolten må trekkes ut og holdes ute mens sjakkelen føres på plass. Sjakkelen er dimensjonert for 70 tonn SWL.



Den

FIGUR 3.3.2.5 R.O.V. SJAKKEL FRA APL [12]



nyutviklede sjakkelen fra Imenco (se figur 3.3.2.6) i samarbeid med DeepOcean, må sies å være det beste alternativet som finnes på markedet i dag. Denne er dimensjonert for 25 tonn SWL. Sjakkelbolten har en trykkfjær i bakkant og står i utgangstilling i åpen posisjon. Her holdes den på plass av en fjærbelastet, gaffelformet holder. Når en løftering eller et løftehode treffer denne og presser den opp og forbi sjakkelboltens nivå, vil sjakkelbolten skyves automatisk i lukket posisjon. Dette gir en sikker og hurtig påkopling. Som en ekstra sikkerhetsbarriere kan sjakkelbolten låses i lukket posisjon. Under åpning tar manipulatorarmen tak i en utløser wire som er festet til sjakkelbolten og drar denne så langt tilbake at gaffelen tvinges ned og sperrer for sjakkelbolten.



FIGUR 3.3.2.6 SJAKKEL LAGET I SAMARBEID MELLOM DEEPOCEAN OG IMENCO

3.3.3 Multi-dog

Multi-dog (Figur 3.3.3.1), er et verktøy som skal, ifølge DeepOcean, være et sikrere alternativ til vanlige ROV-kroker, og Kystdesigns ROV-sjakler. Så lenge den er riktig montert, så vil den ikke under noen omstendighet feile under løft. Erfaringsmessig, så er det en forholdsvis enkel operasjon, men krever like mye tid som andre løsninger. Det er også mye vedlikehold etter en operasjon, som du i stor grad slipper på enklere verktøy. Bakdelen med denne typen verktøy er imidlertid at det trengs litt ekstra arbeid i forkant, for å mottagliggjøre modulen som skal løftes. Man trenger både en han- og hun del. Dette fører til unødvendig ekstra arbeid.



FIGUR 3.3.3.1 MULTI-DOG FRA EJECTO [12] OG [13]



3.4 Oppsummering

Det har vært en utvikling på området de siste årene. Det begynte med enkle modifikasjoner av kroker, og etter hvert mer avanserte modifikasjoner av sjakler. Å modifisere eksisterende løfteverktøy vil ikke alltid eliminere samtlige av verktøyets ulemper, men er en rimeligere løsning. Et raskt og effektivt verktøy vil kunne tjene operatøren godt, ved at operasjonen blir sikrere, bedre og mer tidsbesparende. Sjakkelen fra Imenco i samband med DeepOcean, er eksempel på et løfteverktøy som er enkelt å operere for ROV, samtidig som det sørger for en sikker av- og påkopling. Men også her vil det være rom for forbedringer. Blant annet vil sjakkelen utforming og design i stor grad gjøre at påkoplingen helst bør skje vertikalt. Løftehodet på modulen vil som regel nærmest alltid ligge til en side, horisontalt.

To sikkerhetsbarrierer, og smertefri av- og påkobling er målet. Ingen kan til nå sies å ha tilfredsstilt dette målet, selv om Imenco's sjakkel ikke er langt unna. Per i dag anser gruppen dette som det beste ROV-vennlige løfteverktøyet som finnes på markedet.

Videre i rapporten vil denne sjakkelen være en referanse til dagens verktøy. Det vil virke meningsløst å komme opp med en idé som er dårligere enn det som allerede finnes.



4. Forslag til nye konsepter

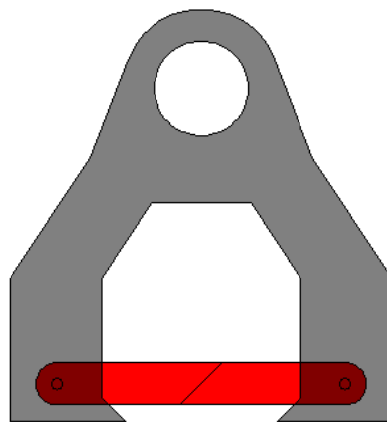
4.1 Modifisere eller utvikle nytt verktøy?

Det om et verktøy er en nyutvikling eller en modifikasjon av eksisterende verktøy, er ingen enkel vurdering. Det er vanskelig å finne opp et nytt konsept, uten å allerede ha vært innom eksisterende løsninger. Det finnes med andre ord en gråson mellom hva som er en ny idé, og hva som er en modifikasjon. Å modifisere eksisterende løfteverktøy setter begrensninger på hvor store forbedringer som kan gjøres, før det kan sies å være et nytt verktøy. Men alt som skiller seg fra eksisterende i form av at det får en annen opererbar funksjon, slik at det blir sikrere eller mer brukervennlig, må sies å være et nytt verktøy. Begge metodene fører som regel til at sertifiseringen må gjøres på nytt. Det skal med andre ord ikke endres så mye på eksisterende verktøy før det mister sertifiseringen. Men kan man bruke eksisterende løfteverktøy uten at det må sertifiseres på nytt, kan det være mye å spare. Da kan det hverken sveises, eller borres i det eksisterende løfteverktøyet, da dette vil gå ut over styrkeegenskapene til løfteverktøyet.

4.2 Konsepter

4.2.1 Forslag 1

Figur 4.2.1.1 viser prinsippskisse av forslag 1. Tanken her var å forbedre av-/påkoblingen til en sjakkell. I en standard sjakkell, må boltene frigjøres og dras ut til siden på en eller annen måte, og så kobles løftehodet på/av. Sjakkellboltene i dette konseptet, vil være delt på midten, og ha fjærbelastede oppheng, som vil sørge for at sjakkellboltene alltid faller tilbake i lukket posisjon og forblir lukket. Når så oppkobling skal skje, vil boltedelene skyves innover, og smette ut igjen når løftehodet er på plass. Dette gir en hurtig og sikker påkobling. En større utfordring får man under avkobling, siden løftehodet her vil ligge over sjakkellboltene. Dette vil hindre sjakkellboltene i å bevege seg fritt til åpen posisjon. Ved å feste en utløser vaier bare på en av sjakkellboltene slik at det vil være tilstrekkelig rom for å skille sjakkellen fra løftehodet, kan dette muligens løses.

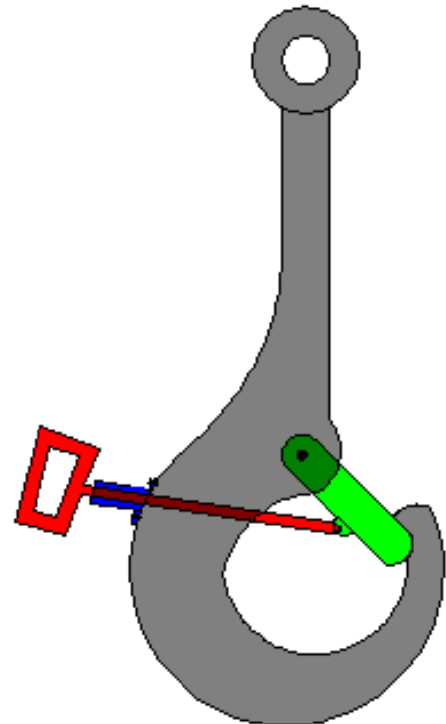


FIGUR 4.2.1.1 PRINSIPPSKISSE AV KONSEPT 1



4.2.2 Forslag 2

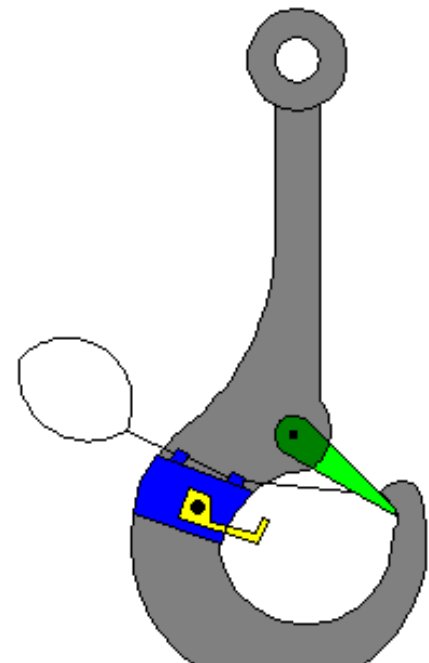
I forhold til en vanlig ROV krok har denne også et gripeområde på "halsen", slik at ROV lettere kan manipulere kroken. Sikkerhetsleppen skal være fjærbelastet i form av en spiralfjær i akselledet slik at den alltid faller tilbake i lukket stilling etter påkopling. Det videre skal være en stiv forbindelse i form av en stav mellom sikkerhetsleppen og håndtaket. Staven mellom håndtaket og sikkerhetsleppen vil gå gjennom selve kroken og være opplagret med en skinnforbindelse langs sikkerhetsleppens aksialakse. Dette er fordi at staven ikke skal kunne kile seg fast under på- og avkopling. Etter påkopling skal håndtaket vris 90° , og på den måten låse sikkerhetsleppen mot å åpne seg. Under avkopling griper ROV tak i håndtaket, vrir 90° for å låse opp, drar ut slik at sikkerhetsleppen åpner seg og vrir nok en gang 90° for å låse sikkerhetsleppen i åpen posisjon. ROV'en kan da i neste omgang enkelt kople av kroken. Låsemekanismen ligger i det blå "hylsteret" som vist på figur 4.2.2.1, å opereres som sagt ved at ROV vrir håndtaket 90° . Her vil det være noen spor som motvirker sikkerhetsleppen i å åpne seg eller falle tilbake i lukket stilling.



FIGUR 4.2.2.1 PRINSSKISSE AV KONSEPT 2

4.2.3 Forslag 3

På samme måte som i konsept 2, så er det her lagt opp til et stort gripeområde for ROV'ens manipulator (se figur 4.2.3.1). Sikkerhetsleppen skal også kunne låses fast, slik at den ikke kan skyves innover (dette er imidlertid ikke vist på figuren). Under påkopling fungerer den som en vanlig ROV krok. Under avkopling drar ROV i utløser vaier, slik at sikkerhetsleppen åpner seg, og i neste omgang presser ned "låse- armen" (som vist i gul farge på figuren), helt til en spiralfjær sørger for at den smetter opp igjen når sikkerhetsleppen er dradd helt inn. Nå vil sikkerhetsleppen holdes i åpen posisjon, og gjør det lett for ROV å kople av løftehodet i neste operasjon. Dette systemet kan i stor grad ettermonteres på eksisterende kroker, uten å miste sertifiseringen. Det som er vist i blå farge på figur 4.2.3.1 vil være en klemforbindelse.

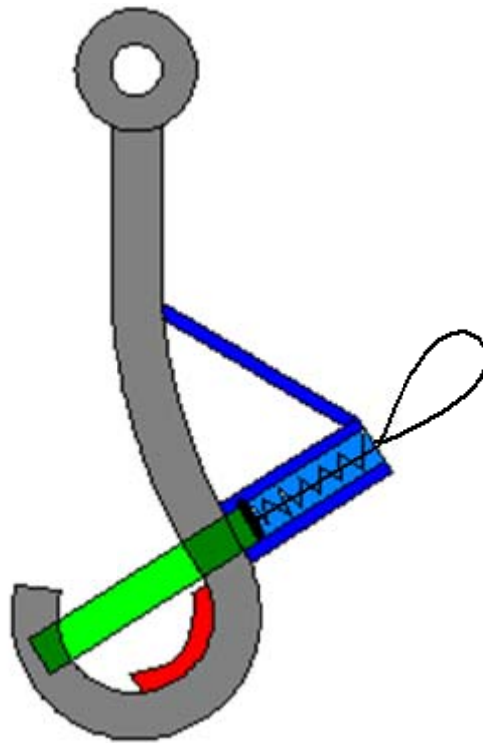


FIGUR 4.2.3.1 PRINSSKISSE AV KONSEPT 3

4.2.4 Forslag 4



Figur 4.2.4.1 viser prinsippskisse av forslag 4. Også her vil det være et gripeområde, tilrettelagt ROV'ens manipulator for å gjøre løfteverktøyet lettere å operere. I forhold til en vanlig ROV krok er den største forskjellen her at sikkerhetsleppen er byttet ut med en fjærdrevet sikkerhetsbolt, som i utgangspunktet holdes inne av en fjærbelastet holder. Sikkerhetsbolten skyves automatisk ut i det løftehodet treffer denne holderen og presser denne ned og forbi nivået for sikkerhetsbolten. Dette gir en rask og sikker påkopling. Under avkobling, griper ROV'ens manipulator tak i utløser vaieren som er festet i bakkant av sikkerhetsbolten. Deretter drar ROV'en helt til "sikkerhetsbolt- holderen" ved hjelp av en dreiefjær i aksel- leddet, smetter opp igjen og holder sikkerhetsbolten inne. I tillegg trengs det en ekstra sikkerhetsbarriere, som låser bolten i lukket posisjon under løfteoperasjonen. Her er det flere mulige løsninger.



FIGUR 4.2.4.1 PRINSIPPSKISSE AV KONSEPT 4



5. Valget

5.1 Sammenligning/Diskusjon

Tabell 5.1.1 sammenfatter fordeler, ulemper og kjente problem med forslagene:

Forslag	Fordeler	Ulemper	Kjente problem
1	Egenskaper til en sjakkell, gjør den sikker, men er allikevel lettere å få på, enn en standard sjakkell.	Ikke like lett ved avkopling. Skal lite til før det kan bli trangt om plassen, slik at det kiler seg.	Har ikke kommet opp med en god idé for avkopling. Om det er mulig å ha en delt sjakkellbolt, er også usikkert.
2	Sikrere enn en vanlig krok, med at sikkerhetsleppen kan låses i lukket posisjon. Er også enkel å bruke for en ROV ved at den kan låses i åpen posisjon.	Det er en del tekniske detaljer som kan kalles finmekanikk. Dette øker sannsynligheten for at noe kan feile under operasjon, grunnet miljøforhold, og ROV'ens unøyaktighet.	Problemet med at staven ville kile seg når leppen skulle åpnes, ble løst med et skinnesystem på sikkerhetsleppen. Om dette virker i praksis vites ikke.
3	Enkel og billig konstruksjon, som kan påmonteres eksisterende kroker, uten å måtte resertifisere verktøyet. Denne modifikasjonen vil gjøre det enklere og sikrere å gjøre ROV-assisterte løft.	Etter samtale med Deep Ocean, kom det frem at å holde sikkerhetsleppen i åpen posisjon, ikke var noe det var behov for. Så den blir unyttig i så måte.	Siden behovet for å holde sikkerhetsleppen åpen, ikke er der, så blir ikke dette bedre enn hva som allerede finnes på markedet.
4	Tar med seg gode sikkerhetsegenskaper fra en sjakkell, og forener disse med brukervennligheten til en krok.	Det flere bolter og hull i kroken, som gjør at det må brukes en mye større krok enn vanlig, for at den skal tåle tilsvarende last.	Vinkelen til boltene må endres slik at avkopling kan skje i én operasjon. Utløsermekanismen må forbedres og forenkles. Sikkerhetsbarriere nr. 2 er ikke ferdig.

TABELL 5.1.1 FORDELER, ULEMPER OG KJENTE PROBLEM MED FORSLAGENE.

Hele oppgaven går ut på å komme frem til et ROV-vennlig løfteverktøy som tar med seg de positive sidene med krok og sjakkell, og forener disse til et nytt, og bedre løfteverktøy. Hovedfokuset med alle disse ideene, er at på- og avkopling skal være enkel og tidsbesparende, samtidig som det skal være mulig å få sikret påkoblingen med én sikkerhetsbarriere samtidig som påkoblingen skjer. En sikkerhetsbarriere nr. 2 skal også være der for å hindre at sikkerhetsbarriere nr. 1 skal feile.

Samtlige ideer klarer i teorien påkobling godt, men første sikkerhetsbarriere er ikke lik. Forslag 1 er den som ser ut til å være litt vanskeligere å koble på, mens forslag 2 ser ut til å komme dårligst ut sikkerhetsmessig. Sikrest ser ut til å være forslag 4, som har boltene som første sikkerhetsbarriere. Den andre sikkerhetsbarrieren går ut på å sikre at den første ikke feiler, noe som forøvrig er felles for alle fire forslagene.



Å tilføre noe nytt og bedre, var også en del av oppgaven. Av de løfteverktøyene som er tilgjengelige i dag, så er mesteparten basert på krok- eller sjakkelprikket. Etter en gjennomgang av forslagene, ble særlig forslag 2 for likt det som allerede eksisterer. Forslag 1 er ideen som skiller seg mest fra eksisterende løfteverktøy. Det blir videre også et spørsmål om kunde ville tatt i bruk et slikt verktøy, som har en såpass utradisjonell design. Forslag 4 har kombinert krokens brukervennlighet, og sjakkelprikkens sikkerhet.

En vil ikke ha for avansert konstruksjon på et verktøy som skal brukes i et krevende undervannsmiljø. En hiv kompensert kran vil aldri kunne kompensere 100 % av hiv bevegelsene til båten. I tillegg kan ikke en ROV operere med samme nøyaktighet som et menneske. Med dette til grunn, kommer viktigheten av gode gripeområder og lettvinte operasjoner, tydelig frem.

5.2 Eliminering

På bakgrunn av diskusjonen i kapittel 5.1, skiller to av forslagene seg negativt ut. Forslag 1 er for vanskelig å koble av. I tillegg stilles det spørsmål om en delt sjakkelprikk vil kunne ta opp den aktuelle kraften lasten representerer. Grunnideen er god men det trengs imidlertid en stor endring til i design for at dette forslaget skal være løsbart. Forslag 3 blir for mye likt det som allerede eksisterer på markedet, og det som skulle være nytt med dette forslaget, viste seg å ikke være nyttig. De to gjenstående forslagene, er konsepter som skiller seg en god del fra hverandre, selv om begge baserer seg på en krok-design. Forslag 2 bruker en forsterket sikkerhetsleppe, mens i forslag 4 er sikkerhetsleppen byttet ut med en sikkerhetsbolt. Forslag 2 baserer seg på til dels små og tekniske detaljer, noe som øker usikkerheten til funksjonalitet under de tøffe forholdene det skal operere i. Forslag 4 derimot, har mindre av disse finmekaniske detaljene og er derfor et mer robust verktøy. Det har videre sikkerheten og påliteligheten som en sjakkelprikk samtidig som det har brukervennligheten til en krok. Av konseptene som er presentert her, så har forslag 4 det største potensialet, og er den beste løsningen. Forslag 4 er dermed det konseptet gruppen velger å gå videre med.

5.3 Valgt løsning og utfordringer

Det valgte konseptet har en del utfordringer som trenger å løses, for at det skal kunne gjøre det som det er tenkt til. Som nevnt så må vinkelen til boltene endres, slik at ROV kan dra boltene til åpen posisjon samtidig som kroken dras med og hekter av løftehodet. Videre er tanken om å bruke en eksisterende krok forkastet. Også det å bruke flere deler, øker sannsynligheten for at stropper og lignende kan henge seg fast i kanter og bolter slik at problemer kan oppstå. Det kan derfor være hensiktsmessig å prøve å lage mest mulig ut av samme enhet, og en slipper å bruke sylindere, avstiver og bolter. For at kroken ikke skal bli for stor, må avstanden som sikkerhetsboltene skal vandre, være så liten som mulig, samtidig som gjeldende standarder blir overholdt. Dette setter store krav til design, og blir en stor utfordring til ferdigstilling av produktet. En annen utfordring blir fjæren som skal skyve boltene til lukket posisjon ved påkopling. Både sikkerhetsbolt og fjær må stå i forhold til hverandre samtidig som det ikke blir overdimensjonert. Løfteverktøyet må nemlig ikke bli så stort at det blir i praksis uhåndterbart. En siste utfordring blir å gjøre selve kroken sterkt nok for den aktuelle lasten. Siden det sannsynligvis må maskineres ut et hull gjennom selve kroken for sikkerhetsboltene å vandre gjennom, fører det til store spenningskonsentrasjoner rundt hullet. Gripeområdet for ROV'ens manipulator, må også være godt utformet, slik at ROV lett kan håndtere kroken.



6. Videreutvikling av produktet

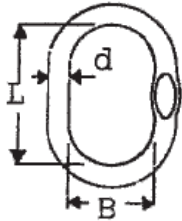
6.1 Kravspesifikasjoner og bruk av standarder

6.1.1 Løftehode

Løftehodet ("Master Link") er den standardiserte delen, som løfteverktøyet skal koble seg til. Sertifiseringen skjer i henhold til "DnV's offshore containers – certification notes No 2.7-1". En tabell over forskjellige dimensjoner, basert på SWL (WLL), er vist i Tabell 6.1.2.1. Den som ligger nærmest vårt krav på 30 tonn SWL, er den som er oppgitt med 38,3 tonn. Den største har 45 mm i diameter, og setter med det krav til krokens design, ved at det må være mulig å koble denne til kroken uten at det oppstår problemer.

I modellen i Autodesk Inventor, har løftehodet brukt i animasjonene, blitt dimensjonert etter Tabell 6.1.2.1.

Masterlinks

	Varenr. Item no.	Dim. Code	WLL 4:1 tonn	Mål i mm/Dim mm			Kg
				d	B	L	
	0301001	11.B.4	2,1	11	40	83	0,2
	2	13.B.5*	2,7	13	54	95	0,3
	3	13.B.6*	2,7	13	60	115	0,4
	4	16.B.6*	4,1	16	70	120	0,6
	5	16.B.7	3,2	16	100	190	0,9
	6	20.B.6*	6,7	20	82	150	1,1
	7	20.B.7	6,5	20	90	170	1,3
	8	22.B.6*	8,2	22	90	170	1,6
	9	22.B.7	7,2	22	110	210	1,9
	25	22.B.8	5,8	22	140	270	2,3
	10	25.B.6*	10,7	25	103	190	2,3
	11	28.B.6*	12,9	28	112,5	210	3,2
	12	28.B.7	11,8	28	140	270	4,0
	13	32.B.6*	17,1	32	140	270	5,3
	14	38.B.6	28,1	38	140	270	7,5
	15	38.B.7	19,1	38	220	420	11,0
	16	45.B.6	38,3	45	170	320	12,5
	17	45.B.7	27,6	45	250	470	17,5
	18	50.B.6	45,0	50	200	380	18,0
	19	60.B.6	65,3	60	220	430	30,0
20	70.B.6	84,4	70	250	500	44,0	

TABELL 6.1.2.1 DIMENSJONER PÅ MASTER LINKS I HENHOLD TIL "DNV'S OFFSHORE CONTAINERS – CERTIFICATION NOTES NO 2.7-1" [7]

6.1.2 Krok

Kroken skal designes basert på egne beregninger, men ved å se på eksisterende kroker, som er sertifiserte, kan en få innblikk i sånn ca hvor store dimensjonene bør være. Dimensjoneringen av "Kritisk snitt D" i kapittel 6.2.3, er gjort for å bekrefte at denne dimensjonen stemmer, men dimensjonene vist i Tabell 6.1.3.1 er brukt i modellen. En vesentlig årsak til at dette er gjort, er for å være sikker på at løftehodet som skal kobles på, skal få god kontaktflate med kroken.



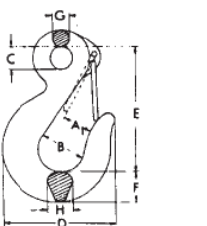
Videre må størrelsen på gripeområdet til ROV'ens manipulator bestemmes. Basert på at kloen til en ROV er på ca. 14 cm, bestemmes det etter samtale med DeepOcean, at gripeområdet bør være minst 20 cm.

Sikkerhetsbolten er også et krav fra DnV. I standarden "Rules for Certification of Lifting Appliances" (sec. 5 B 605) står det at kroken må ha en sikkerhetsbarriere som hindrer løftehodet i å falle ut.

Krok brukt offshore har vanligvis sikkerhetsfaktor 4 (Se eksempelvis i Tabell 6.1.3.1). I den videre utviklingen av løfteverktøyet er sikkerhetsfaktoren bestemt dels på det som tilsvarende utstyr har, og dels på grunn av utradisjonelt design. I snittet der fjæren og sikkerhetsboltet skal være, har sikkerhetsfaktoren økt fra normale 4 til 5. Gripeområdet har fått sikkerhetsfaktor 6, grunnet at det under bruk kan oppstå bøyemoment, og vil oppleve mer slitasje enn normalt.

Løfteøye, hvor sjakkelen i enden av løftevaieren skal kobles til, har også blitt dimensjonert etter Tabell 6.1.3.1. Dette for at kroken skal kunne brukes av standard sjakler.

Slinghooks – type SK

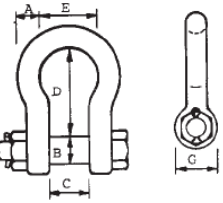
	Varenr. Item no.	Dim. Code	WLL 4:1 tonn	Mål i mm/Dim mm								Kg
				A1	B	C	D	E	F	G	H	
	0302101	SK-41	2,5	28	35	27	87	95	35	14	20	0,5
	2	SK-42	4,3	35	46	36	110	120	37	17	26	1,0
	3	SK-43	6,2	39	56	44	135	140	47	19	30	2,0
	4	SK-44	8,5	49	65	52	155	166	56	22	36	2,8
	5	SK-45	12,5	58	73	58	185	193	70	26	46	5,5
	6	SK-46	20,0	65	80	54	215	215	85	32	51	7,6
	7	SK-49	31,5	94	118	63	285	292	92	40	63	22,0

TABELL 6.1.3.1 TABELL PÅ STANDARD ROV-KRO. DIMENSJONENE PÅ LØFTEØYE ER BRUKT, FOR AT DEN NYE KROKEN SKAL PASSE MED EKSISTERENDE SYSTEMER. [7]

6.1.3 Sjakkel

I modellen i Autodesk Inventor, har sjakkel og sjakkelbolt, brukt i animasjonene, blitt dimensjonert etter Tabell 6.1.4.1.

Harpesjakler Red-Pin m/mutterbolt / Red-Pin bow-shackles standard/offshore

	Varenr. Item no.	Dim. Code	WLL 6:1 tonn	Mål i mm/Dim mm						Kg	Varenr. Item no. Offshore
				A	B	C	D	E	G		
	0208997	1/4"	0,5	6	8	12	29	20	16	0,06	–
	0208998	5/16"	0,75	8	10	13	32	21	20	0,11	–
	0208999	3/8"	1,0	10	11	17	37	26	22	0,17	–
	0209000	7/16"	1,5	11	12	17	44	38	26	0,23	–
	1	1/2"	2,0	13	16	21	47	33	30	0,3	0209101
	2	5/8"	3,25	16	19	27	60	42	40	0,6	2
	3	3/4"	4,75	19	22	32	71	51	46	1,1	3
	4	7/8"	6,5	22	25	37	84	58	50	1,6	4
	5	1"	8,5	25	28	43	95	68	58	2,3	5
	6	1 1/8"	9,5	28	32	46	108	74	64	3,1	6
	7	1 1/4"	12,0	32	35	51	119	83	72	4,4	–
	8	1 3/8"	13,5	35	38	57	132	89	75	6,3	–
	9	1 1/2"	17,0	38	42	60	146	98	86	8,0	–
	10	1 3/4"	25,0	44	50	73	178	127	110	14,0	–
	11	2"	35,0	51	58	83	197	146	127	19,0	–
	12	2 1/2"	55,0	65	70	105	255	152	185	41,0	–

Leveres også i offshore-kvalitet i henhold til kravene i DnV. 2.7-1

Also according to DNV 2.7-1

TABELL 6.1.4.1 TABELL PÅ STANDARD SJAKKEL FOR BRUK OFFSHORE [7]



6.2 Dimensjonering

6.2.1 Bolt

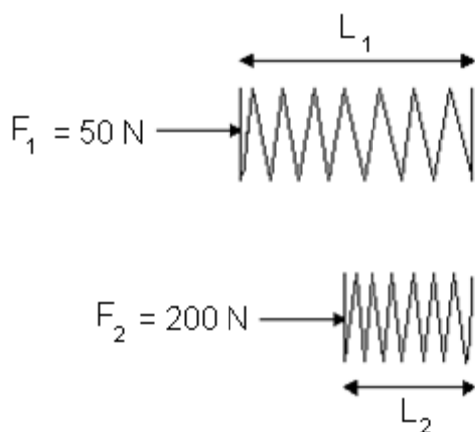
I motsetning til en sjakkelbolt skal sikkerhetsbolten bare sikre mot at lasten kan hoppe av under operasjon. Dersom for eksempel en hjelpestrøpp skulle havne og ligge over sikkerhetsbolten, vil den i verste fall bli belastet med hele lasten. Den vil ikke være dimensjonert for å ta hele lasten, men deformeres slik at den ligger over løftehodet og videre hindrer denne i å hoppe av. Fra tabell 6.1.4.1, har en sjakkelbolt som er dimensjonert for SWL 35 tonn, en diameter på 58 mm. Ut i fra dette bestemmes det at det er tilstrekkelig med en diameter på 20 mm på sikkerhetsbolten. På de siste 5 mm av bolten vil det være en utfasing. Her vil det være en diameter på 33 mm. Videre for at det skal være tilstrekkelig styring på sikkerhetsbolten før den blir styrt på plass av tilhørende hull, bestemmes det at det skal være minimum 1,5 ganger diameter til sikkerhetsbolten igjen før den blir ført til lukket posisjon. Lengden av sikkerhetsbolten må da totalt minimum være 128,7 mm.

Sylinderhullet som sikkerhetsbolten skal bevege seg i har en diameter på henholdsvis 21 og 34 mm. Materialet som velges for sikkerhetsbolten er rustfritt *S165M*. Detaljer rundt dette materialet kommer under beregningen av krok.

6.2.2 Fjær

Den vanligste formen av stålfjærer er Sylindrisk skrufjær. Og i dette tilfelle må det i tillegg være en trykkfjær som skal kunne skyve sikkerhetsbolten til lukket posisjon.

Bestemmer videre for at det trengs en kraft på 200 N (20 Kg) for å dra sikkerhetsbolten til åpen posisjon. Og dette antas å være tilstrekkelig for å skyve sikkerhetsbolten til lukket posisjon, samtidig som det tenkes at resterende kraft fjæren står med når sikkerhetsbolten er i lukket posisjon er ca. 50 N. Figur 6.2.2.1 viser sammenhengen mellom fjærkraft og fjærlengde.



FIGUR 6.2.2.1 SAMMENHENGEN MELLOM FJÆRKRAFT OG FJÆRLENGDE

Total fjærvandring = $f_v = 102,8 \text{ mm}$

For å beregne en fjær bruker fjærfabrikantene gjerne nomogrammer til dette. Disse nomogrammene er videre konstruert slik at skjærspenningen τ i fjærtråden vil holde seg innen tillatte grenser.



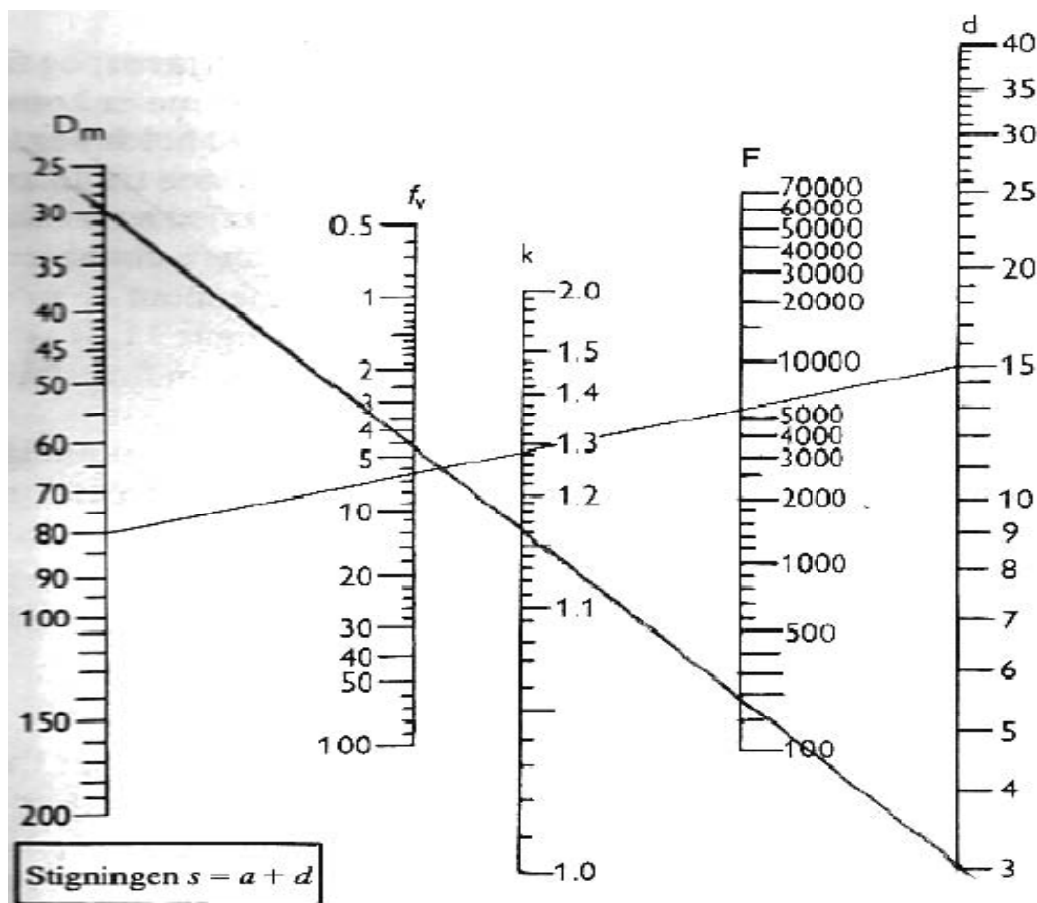
Ved hjelp av et nomogram for en trykkfjær kan vi nå finne en passende trykkfjær som skal tåle en største kraft, $F = 200 \text{ N}$, og samtidig passe til sikkerhetsbolten.

Nomogrammet (Figur 6.2.2.2) gir oss en trykkfjær med følgende spesifikasjoner:

d = tråddiameter i mm = 3 mm

D_m = midlere fjærdiameter = 30 mm

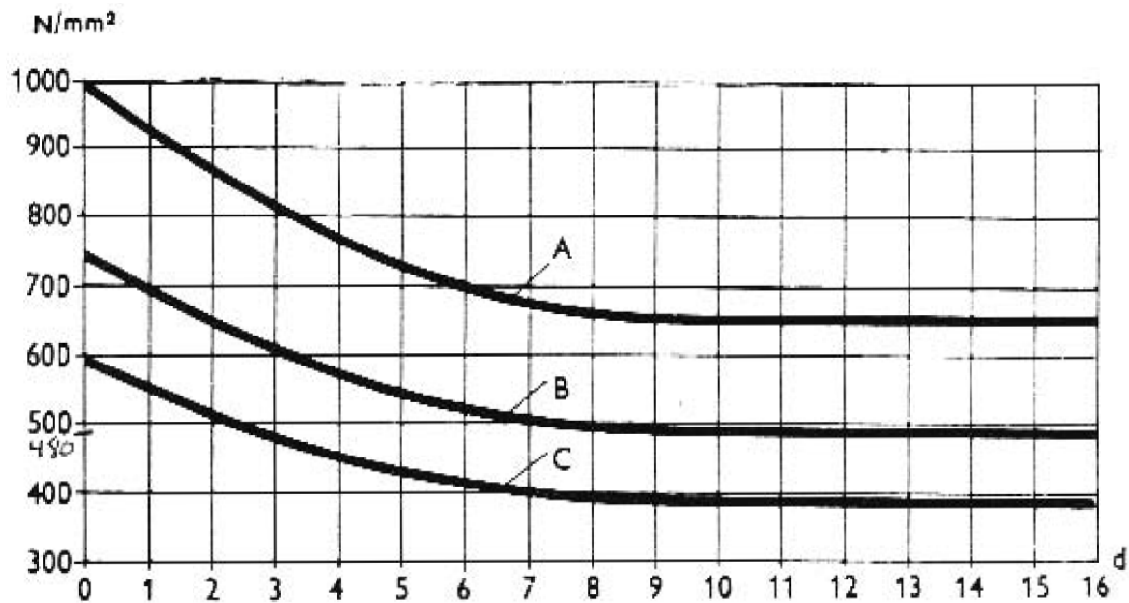
f_v = fjærvandring per arbeidende vinding i mm = 4,7 mm/vinding



FIGUR 6.2.2.2 NOMOGRAM FOR DIMENSJONERING AV TRYKKFJÆRER [14]

Fjærmaterialets flytegrense varierer som regel med tråddiameteren, og for en trykkfjær bør ikke materialet belastes over 75 % av flytegrensen. Ved hjelp av figur 6.2.2.3 kan man finne tillatt skjærspenning for skruefjærer, ved hvilende belastning (kurve B). For en tråddiameter på 3 mm leser man av $\tau_m = 0,75 \cdot \tau_f = 610 \text{ N/mm}^2$.

Materialet som velges er Rustfri ståltråd, $W N 1,4571$. Dette materialet har en skjærflytespenning, $\tau_f = 1357 \text{ N/mm}^2$ (Se vedlegg A for materialserfikat).



FIGUR 6.2.2.3 TILLAT SKJÆSPENNING FOR SKRUEFJÆRER VED HVILENDE BELASTNING [14]

For total fjærvandring gjelder:

$$f_t = i_f \cdot f_v$$

Av dette kan vi finne antall arbeidende vindinger, i_f :

$$i_f = \frac{f_t}{f_v} = \frac{102,8 \text{ mm}}{4,7 \text{ mm/vinding}} = \underline{21,87 \text{ vindinger}}$$

For antall vindinger totalt har man:

$$i_g = i_f + 1,77 = (21,87 + 1,77) \text{ vindinger} = \underline{23,64 \text{ vindinger}}$$

i_g er altså antall vindinger totalt medregnet planslippede, ikke arbeidende ende vindinger.

Lengden av ubelastet fjær kan finnes ved følgende uttrykk:

$$L_0 = (i_g - 2) \cdot s + 1,5 \cdot d$$

Der:

s = stigningen = $a + d$

a = lysåpning = avstanden mellom to vindinger

En trykkfjær skal vanligvis ikke bli helt sammentrykt. Ved maksimal bruksbelastning bør resterende lysåpning være ca. 25 % av a , dvs. $f_{maks} = 0,75 \cdot a$ eller:



$$s = \frac{f_{maks}}{0,75} + d$$

↓

$$s = \left(\frac{4,7}{0,75} + 3 \right) mm = \underline{9,26 mm}$$

Kan nå finne lengden av ubelastet fjær:

$$\Rightarrow L_0 = [(23,64 - 2) \cdot 9,26 + 1,5 \cdot 3] mm = \underline{204,88 mm}$$

Sammenhengen mellom fjærkraft og fjærvandring kalles *fjærkarakteristikken*. Denne kan uttrykkes ved fjærstivheten:

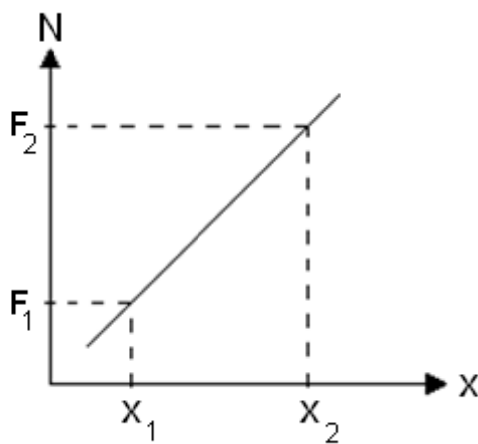
$$k = \frac{\Delta F}{\Delta x}$$

Der:

k = fjærstivheten

x = fjærvandring (sammentrykt lengde)

Dette kan uttrykkes bedre i figur 6.2.2.4:



FIGUR 6.2.2.4 SAMMENHENG MELOM FJÆRKRAFT OG FJÆRVANDRING

Siden total fjærvandring ($x_2 - x_1$) allerede er funnet, kan fjærstivheten finnes:

$$k = \frac{F_2 - F_1}{x_2 - x_1} = \frac{(200 - 50)N}{102,8 mm} = \underline{1,46 N/mm}$$

Kan nå finne x_1 og x_2 :



$$x_1 = \frac{F_1}{k} = \frac{50 \text{ N}}{1,46 \text{ N/mm}} = \underline{34,25 \text{ mm}}$$

$$x_2 = \frac{F_2}{k} = \frac{200 \text{ N}}{1,46 \text{ N/mm}} = \underline{136,98 \text{ mm}}$$

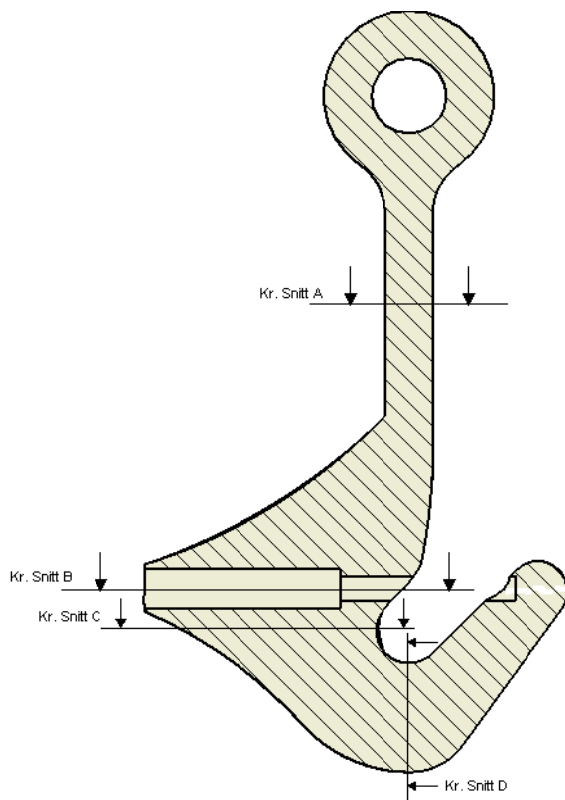
Dette gir videre komprimert lengde av fjær ved henholdsvis 50- og 200 N.

$$L_1 = L_0 - x_1 = (204,88 - 34,25) \text{ mm} = \underline{170,63 \text{ mm}}$$

$$L_1 = L_0 - x_2 = (204,88 - 136,98) \text{ mm} = \underline{67,9 \text{ mm}}$$

I vedlegg A er det vist beregninger gjort av Norfjær, som bekrefter disse tallene. Ut i fra dette er det verdt å legge merke til at for en kraft på 200 N, blir utsatt for en total påkjenning på 569 MPa. I vårt tilfelle fikk vi en tillatt skjærspenning på 610 MPa.

6.2.3 Krok



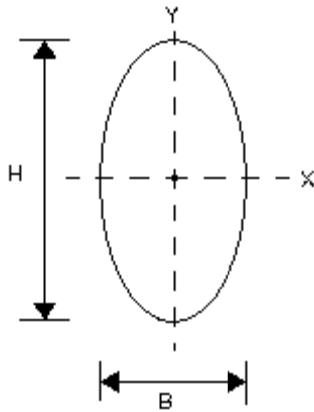
FIGUR 6.2.3.1 SNITT AV KROK, MED OVERSIKT OVER KRITISKE SNITT

Ved dimensjonering av kroken velges det å se nærmere på utvalgte kritiske snitt. Se figur 6.2.3.1.



Kritisk snitt A:

Velger og se på spenningene som virker her siden man her typisk vil ha minst tverrsnittsareal. Dersom en lar senteraksen til gripeområdet sammenfalle med punktet hvor kraften (lasten) F virker får en kun en aksialkraft (normalkraft) som virker i dette tverrsnittet av kroken. Velger derfor her å ha et ovalt tverrsnitt til å ta opp denne kraften (Se Figur 6.2.3.2).



FIGUR 6.2.3.2 TVERRSNITT AV KRITISK SNITT A

$$F = 30000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = \underline{294,3 \text{ kN}}$$

Likevekt krever:

$$\Sigma F_z = 0 \quad \Rightarrow \quad N = \underline{294,3 \text{ kN}} \text{ (Normalkraften som virker i snittet for å få likevekt)}$$

Videre har man for normalspenningen:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{N}{\pi \cdot BH}$$

Siden kreftene virker bare langs en akse og man ikke har noen skjærspenninger kan man sette for jevnføringspenningen:

$$\sigma_j = \sqrt{\sigma^2} = \sigma = \frac{N}{\pi \cdot BH} = \frac{f_y}{n}$$

Der:

f_y = flytespenningen til materialet

n = sikkerhetsfaktor mot flyt i materialet

Materialet som det dimensjonerer opp mot er *S165M*, som er et seigherdet rustfritt metall. Seigherdet stål får høyere flytegrense, strekkfasthet, hardhet og slagseighet enn tilsvarende stål som er varmvalset eller i normalisert form. Dette materialet brukbart i korrosivt miljø og tåler både høye



og lave temperaturer meget godt. Velger derfor å bruke dette materialet i selve kroken. Tabell 6.2.3.1 inneholder tekniske data for S165M:

Teknisk data for S165M

C-max	Cr	Ni	Mo	R _p 0,2 Flyt.	Strekfasthet
0,05	15-16	5,0-6,0	0,8-1,5	700	900-1150

TABELL 6.2.3.1 TEKNISK DATA FOR S165M [15]

Generelt for kroker er det vanlig å bruke en sikkerhetsfaktor på 4. I dette tverrsnittet velges det å bruke en sikkerhetsfaktor på 6. En vil med denne regne med at eventuelle små bøyemoment påført på denne "strek delen" pga litt skjev lastfordeling vil kunne tas opp av sikkerhetsfaktoren.

Velger $H = 40 \text{ mm}$ og finner B:

$$\Rightarrow B = \frac{N \cdot n}{\pi \cdot H \cdot f_y} = \frac{294300 \text{ N} \cdot 6}{\pi \cdot 40 \text{ mm} \cdot 700 \text{ N/mm}^2} = \underline{20,07 \text{ mm}}$$

For at ROV'ens manipulatklo skal få et godt grep på løfteverktøyet kan det se ut til at et tverrsnittsareal på $40 \cdot 20$ er lite. Etter samtale med DeepOcean velges derfor å øke tverrsnittsarealet til $60 \cdot 40 \text{ mm}$.

Dette vil gi en sikkerhetsfaktor på:

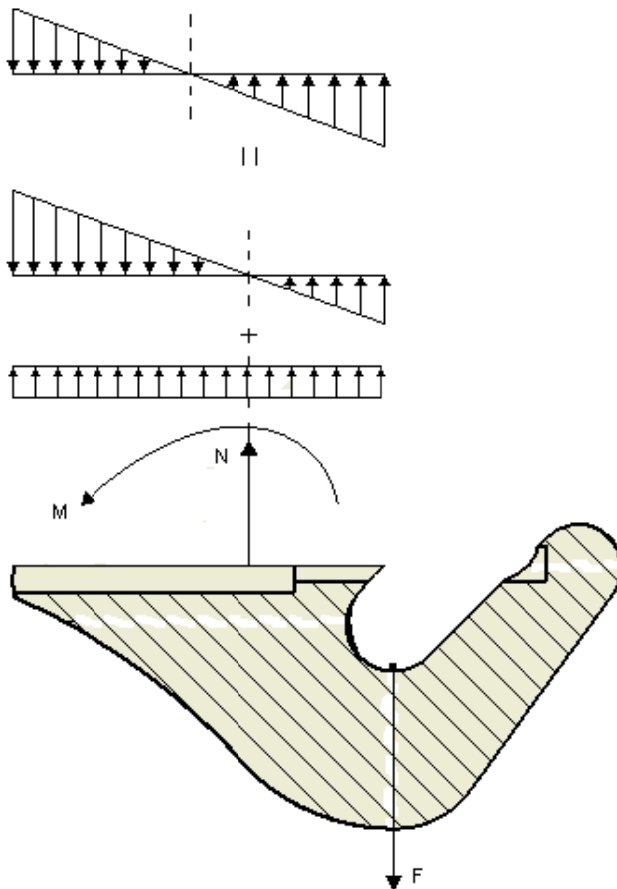
$$n = \frac{BH \cdot \pi \cdot f_y}{N} = \frac{40 \text{ mm} \cdot 60 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 700 \text{ N/mm}^2}{294300 \text{ N}} \approx \underline{18}$$

For å unngå overdimensjonering kan det senere være en mulighet å gjøre dette tverrsnittet hult. Dette vil også redusere vekten av løfteverktøyet. Dette vil imidlertid ikke bli gjort i denne oppgaven.

Kritisk snitt B

Siden det her må maskineres et sylindrisk hull for sikkerhetsbolten, vil det her oppstå spenningskonsentrasjoner i form av et bøyemoment og en normalkraft. For å få et størst mulig tverrsnittsareal til å ta opp disse kreftene velger man derfor å maskinere sylindere til fjær og sikkerhetsbolt inn i krok stykket. En velger med dette også her med en sikkerhetsfaktor på 6 i beregningene.

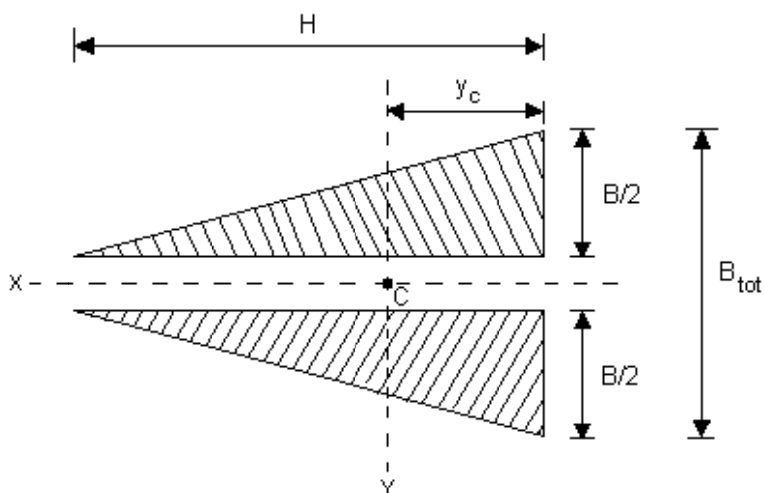
I tverrsnittet får man både en aksialkraft og et bøyemoment som vil gi følgende spenningsprofil vist på figur 6.2.3.3:



FIGUR 6.2.3.3 KRITISK SNITT B

En ser med dette at man får størst strekkspenninger på innsiden av kroken og størst trykkspenninger på utsiden av kroken.

Typisk tverrsnitt vil forenklet se ut som på figur 6.2.3.4:



FIGUR 6.2.3.4 FORENKLET TVERRSNITT AV KRITISK SNITT B



Finner først avstanden y_c , til arealsenteret C.

For en trekant gjelder:

$$y_c = \frac{H}{3}$$

Kan da finne bøyemomentet i tverrsnittet:

$$\Sigma M_x = 0 \Rightarrow M_x = \left(\frac{H}{3} + 10\text{mm} \right) \cdot F$$

Videre kan man nå ved hjelp av Navier's formel sette opp følgende ligning for normalspenningene for både strekk- og trykkside:

$$\sigma_i = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} h_i \quad (\text{strekkside})$$

$$\sigma_u = \frac{N}{A} - \frac{M_x}{I_x} h_u \quad (\text{trykkside})$$

Utrykket for treghetsmoment om x-aksen, $I_x = \frac{1}{36} BH^3$.

Man ser at for dette forenklede tverrsnittet vil veggtykkelsen på trykksiden gå mot null og dermed gi unødvendig store trykkspenninger på utsiden av kroken. Siden dette i realiteten ikke vil være tilfelle velger man kun å se på spenningene som opptrer på strekksiden, da en antar at disse vil være størst.

Siden kreftene virker bare langs en akse og en ikke har noen skjærspenninger kan man sette for jevnføringsspenningen:

$$\sigma_j = \sqrt{\sigma_i^2} = \sigma_i = \frac{f_y}{n}$$

Dette gir:

$$\begin{aligned} \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} h_i &= \frac{f_y}{n} \\ \Downarrow \\ \frac{N}{\frac{1}{2}HB} + \frac{\left(10 + \frac{H}{3}\right) \cdot F}{\frac{1}{36}BH^3} \cdot h_i &= \frac{f_y}{n} \end{aligned}$$



Setter videre $H = 200 \text{ mm}$, og løser med hensyn på B :

$$B = \frac{2N \cdot n}{H \cdot f_y} + \frac{\left(10 + \frac{H}{3}\right) \cdot F \cdot h_i \cdot n \cdot 36}{H^3 \cdot f_y}$$

For $n = 6$, kan man da finne B :

$$B = \frac{2 \cdot 294300 \text{ N} \cdot 6}{200 \text{ mm} \cdot 700 \text{ N/mm}^2} + \frac{\left(10 \text{ mm} + \frac{200 \text{ mm}}{3}\right) \cdot 294300 \text{ N} \cdot \left(\frac{200 \text{ mm}}{3}\right) \cdot 6 \cdot 36}{(200 \text{ mm})^3 \cdot 700 \text{ N/mm}^2}$$

$$\underline{B = 83,24 \text{ mm}}$$

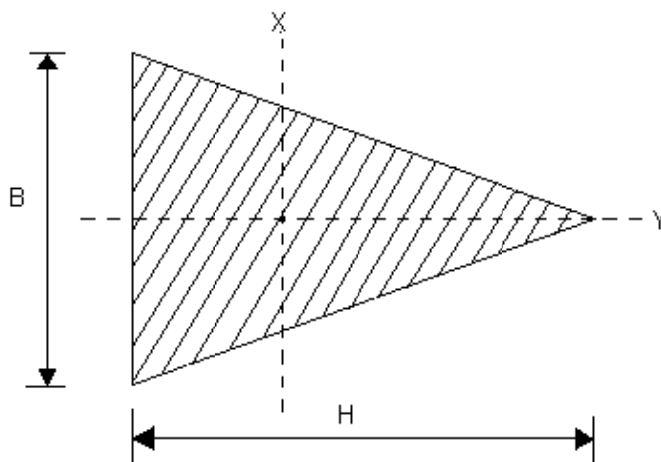
Med sylinderhullet får man da:

$$B_{tot} = (21 + 83,24) \text{ mm} = \underline{104,24 \text{ mm}}$$

Kritisk snitt C:

Siden man her vil ha den største avstanden fra arealsenteret til kraften F sin virkelinje, vil man her få det største bøyemomentet i tillegg til aksialkraften. I dette tverrsnittet finnes ingen uregelmessigheter som gir spenningskonsentrasjoner. Velger derfor å regne med en sikkerhetsfaktor på 4, på denne delen av kroken.

Typisk tverrsnitt vil forenklet se ut som på figur 6.2.3.5:



FIGUR 6.2.3.5 FORENKLET TVERRSNITT AV KRITISK SNITT C



På samme måte som ved kritisk snitt B velger vi her å bare se på spenningene som virker på trykksiden av kroken.

Vi har:

$$\sigma_i = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} h_i$$

Videre får man tilsvarende:

$$\begin{aligned} \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} h_i &= \frac{f_y}{n} \\ \Downarrow \\ \frac{N}{\frac{1}{2}HB} + \frac{\left(\frac{55}{2} + \frac{H}{3}\right) \cdot F}{\frac{1}{36}BH^3} \cdot h_i &= \frac{f_y}{n} \end{aligned}$$

Setter videre $H = 135 \text{ mm}$, og løser med hensyn på B:

$$B = \frac{2N \cdot n}{H \cdot f_y} + \frac{\left(\frac{55}{2} + \frac{H}{3}\right) \cdot F \cdot h_i \cdot n \cdot 36}{H^3 \cdot f_y}$$

For $n = 4$, kan man da finne B:

$$B = \frac{2 \cdot 294300 \text{ N} \cdot 4}{135 \text{ mm} \cdot 700 \text{ N/mm}^2} + \frac{\left(\frac{55 \text{ mm}}{2} + \frac{135 \text{ mm}}{3}\right) \cdot 294300 \text{ N} \cdot \left(\frac{135 \text{ mm}}{3}\right) \cdot 4 \cdot 36}{135 \text{ mm}^3 \cdot 700 \text{ N/mm}^2}$$

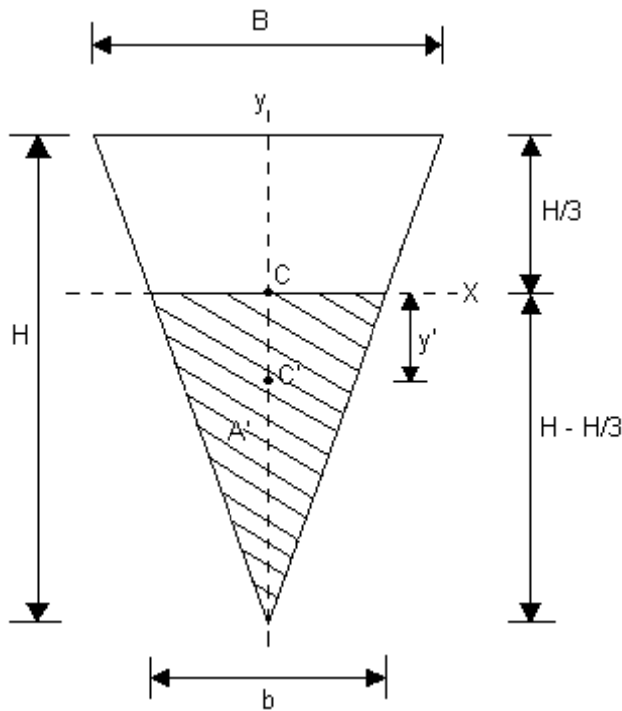
$$\underline{B = 105,19 \text{ mm}}$$



Kritisk snitt D:

Dette snittet av kroken er lagt i virkelinjen til kraften F . Her vil man kun få avskjæring og dermed de største skjærspenningene.

Typisk tverrsnitt vil forenklet se ut som på figur 6.2.3.6:



FIGUR 6.2.3.6 FORENKLET TVERRSNITT AV KRITISK SNITT D

De største skjærspenningene virker langs x -aksen gjennom arealsenteret til tverrsnittet. "Kutter" videre hele tverrsnittet i to og ser på den delen som fremkommer under arealsenteret til hele flaten.

Videre har man for skjærspenningen:

$$\tau = \frac{V}{Ib} \cdot y' A'$$

Der.

V = skjærkraft

S' = første arealmoment

y' = avstanden til hele flatens arealsenter til delflatens arealsenter

A' = delflatens tverrsnittsareal

Ved å se på den skraverte delflatens på figur 6.2.3.6 kan en finne et uttrykk for y' og b .



$$y' = \frac{H - \frac{H}{3}}{3}$$

og

$$A' = \frac{b \cdot \left(H - \frac{H}{3} \right)}{2}$$
$$\Downarrow$$
$$b = \frac{A' \cdot 2}{\left(H - \frac{H}{3} \right)}$$

Siden en bare får skjærkrefter i dette snittet får en for jevnføringsspenningen:

$$\sigma_j = \sqrt{3\tau^2} = \frac{f_y}{n}$$
$$\Downarrow$$
$$\sqrt{3} \cdot \tau = \frac{f_y}{n}$$

Sette så inn uttrykket for skjærspenningen:

$$\sqrt{3} \cdot \frac{V}{Ib} \cdot y' A' = \frac{f_y}{n}$$
$$\Downarrow$$
$$\sqrt{3} \cdot \frac{V}{\frac{1}{36} BH^3} \cdot \frac{A' \cdot 2}{\left(H - \frac{H}{3} \right)} \cdot \frac{\left(H - \frac{H}{3} \right)}{3} \cdot A' = \frac{f_y}{n}$$
$$\Downarrow$$
$$\frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot \left(H - \frac{H}{3} \right)^2 \cdot 6}{BH^3} = \frac{f_y}{n}$$

Setter $H = 120 \text{ mm}$, og løser med hensyn på B:



$$B = \frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot \left(H - \frac{H}{3}\right)^2 \cdot 6 \cdot n}{H^3 \cdot f_y}$$

For $n = 4$ kan en finne B :

$$B = \frac{\sqrt{3} \cdot 294300 \text{ N} \cdot \left(120 \text{ mm} - \frac{120 \text{ mm}}{3}\right)^2 \cdot 6 \cdot 4}{(120 \text{ mm})^3 \cdot 700 \text{ N/mm}^2} = \underline{64,73 \text{ mm}}$$

6.2.4 Holder

Denne har som funksjon å holde sikkerhetsbolten inne, helt til løftehodet dytter holderen forbi sikkerhetsboltens nivå. Denne vil være fjærbelastet av en dreiefjær. Denne sørger for å gi et dreiemoment som vil føre holderen tilbake til sikkerhetsboltens nivå i det avkopling skjer.

Siden største fjærkraft er på 200 N når sikkerhetsbolten blir holdt inne, vil holderen være maksimalt påkjent med denne kraften.

Gruppen har imidlertid ikke prioritert beregningene på denne delen av løfteverktøyet. Dette skyldes at holderen ikke er en kritisk komponent for at lasten skal ramle av under løfteoperasjonen. Dersom denne skulle feile vil dette eventuelt være før løfteverktøyet blir koplet på modulen.

Materialet som blir brukt er rustfritt, *S165M*.

6.4 Design

I designfasen brukes tegneprogrammet Autodesk Inventor. Her modelleres løfteverktøyet etter de dimensjoner som er funnet under de manuelle beregningene.

Metoden som hovedsakelig ble brukt, var å tegne snittene etter de manuelle beregningene, men modifisere de med kantutjevninger, og mer runde former. Dette for at det i mindre grad skal kunne skje at stropper og lignende skal sette seg fast i kroken. Reduserte kjervirkninger er også viktig. Videre ble "loft"-funksjonen brukt for å lage overgangen mellom snittene.

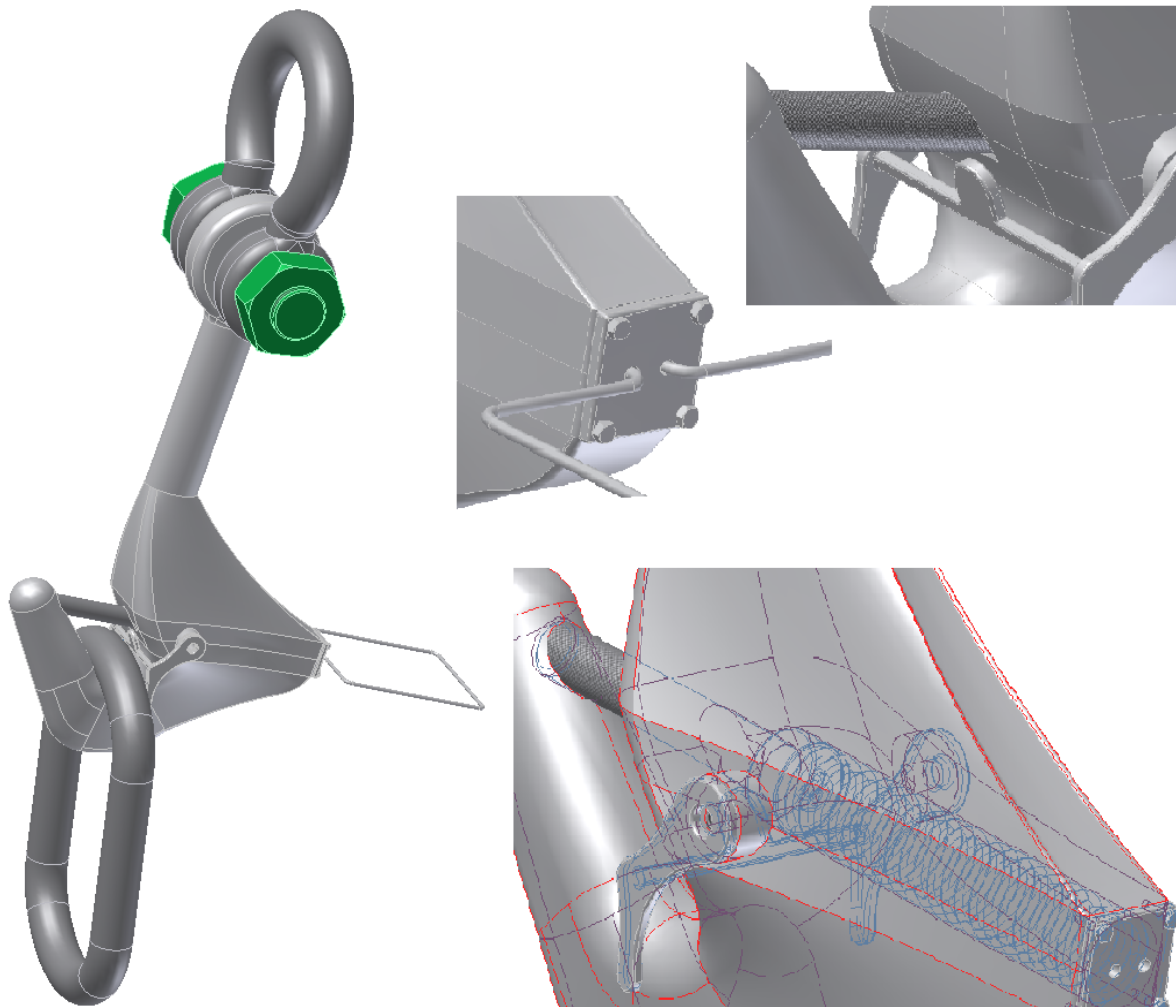
Trykkfjæren, som ligger i bakkant av sikkerhetsbolten inne i kroken, er laget ved hjelp av en hjelpefil. Dette for å kunne oppnå lik fjær som en kom frem til i beregningene. Se referanse [X].

Vaieren som ser ut som en ramme av rør, skal være en vanlig vaier.

De løse delene, ble laget som separate deler, og satt sammen til slutt. Figur 6.4.1 viser bilde tatt fra modellen, der delene er satt sammen, samt detaljer.



For å vise målene på modellen, samt bekrefte at de kritiske snittene er ivaretatt, se vedlegg D. Vedlegget inneholder tegninger av de delene som må konstrueres. Bolter, sjakkel og løftehode er modellert etter standard dimensjoner, slik at det kan kjøpes hos leverandør.



FIGUR 6.4.1 DET ENDELIGE DESIGNET AV VERKTØYET, TEGNET I AUTODESK INVENTOR.

6.5 Anvendelse av beregningsprogram

6.5.1 Gjennomføring av analyse

Etter at å ha designet løfteverktøyet i Autodesk Inventor kan modellen importeres av ANSYS Workbench. Ansys Workbench er et analyseverktøy med et nytt og effektivt brukergrensesnitt. Med Ansys Workbench kan antall fysiske prototyper og tester reduseres. Dette vil føre til billigere produkter, raskere ut på markedet.

I denne oppgaven blir ANSYS Workbench kun brukt til å vurdere sluttproduktet opp mot de aktuelle påkjenningene som virker på verktøyet. Og siden det i forkant er gjort manuelle beregninger på



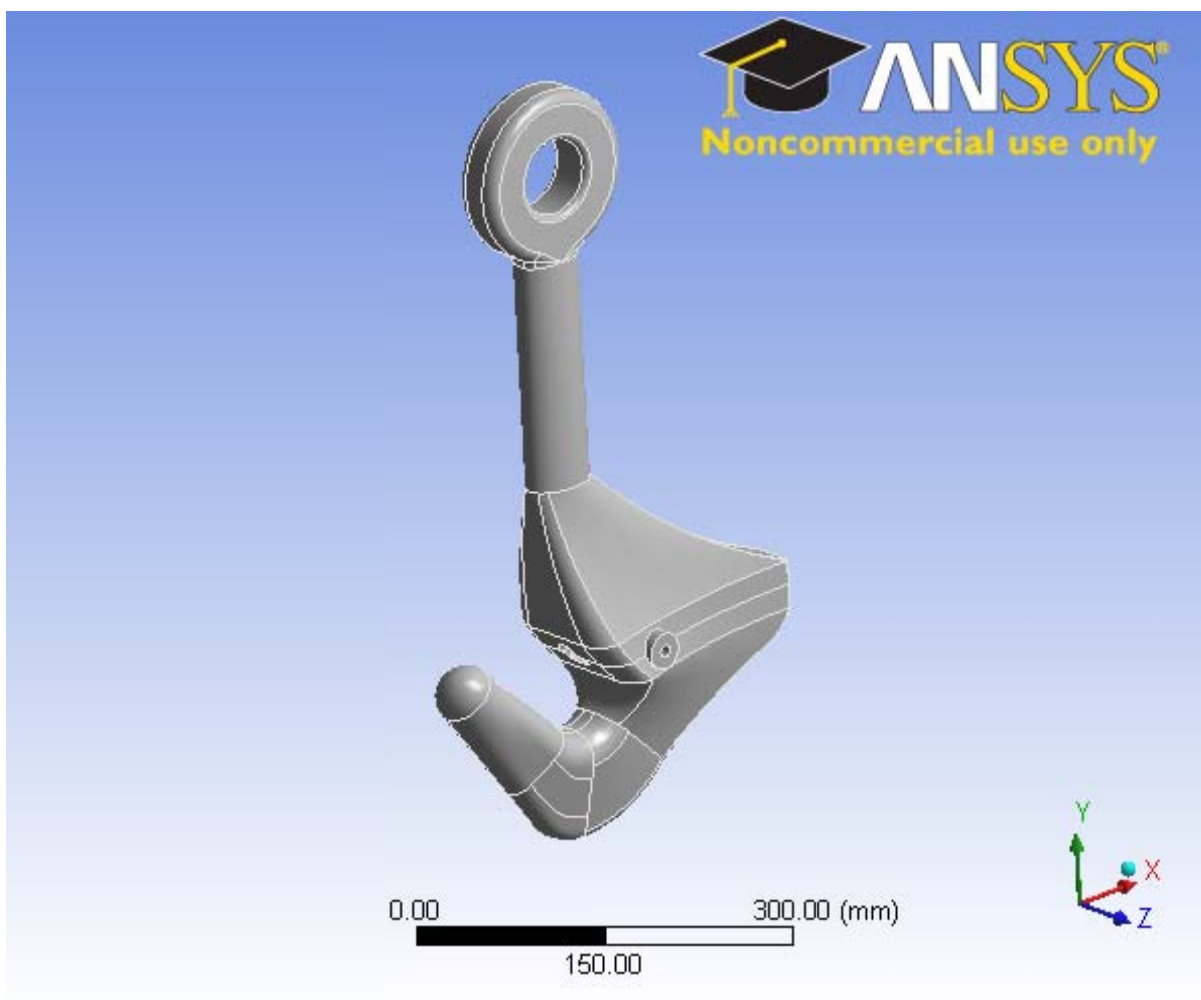
løfteverktøyet blir det også en verifikasjon på disse. Eventuelle feil i konstruksjonen vil på den måten bli tidlig oppdaget og muliggjør senere endringer i konstruksjonen.

Etter å ha åpnet ANSYS Workbench åpner man simuleringsprogrammet for så å importere 3D modellen av løfteverktøyet. Deretter velges material, generer et nett ("mesh") og setter på krefter (lasten) og opplagring. Programmet vil så foreta en analyse og gi resultatet.

Nettet som lages i programmet, deler opp modellen i små biter, og foretar beregninger på hver enkelt av disse. Størrelsen på maskene bestemmer nøyaktigheten av resultatet. Dette nettet generer programmet i stor grad selv, men kritiske områder kan manuelt settes med mindre maskestørrelser. I oppgaven er dette gjort spesielt der løftehodet vil ligge.

Krefter som virker på modellen kan enten kobles til et punkt, en kant eller en flate. I oppgaven var det ikke mulig å få til helt nøyaktig flate basert på kontakten mellom krok og løftehode. Opplagring ble satt i løfteøyet, der løftelinen vil kobles til verktøyet under operasjon.

Figur 6.5.1.1 er et skjermdump fra Ansys Workbench som viser modellen etter import.



FIGUR 6.5.1.1 BILDE AV MODELLEN I ANSYS WORKBENCH, FØR ANALYSE ER BLITT GJORT.



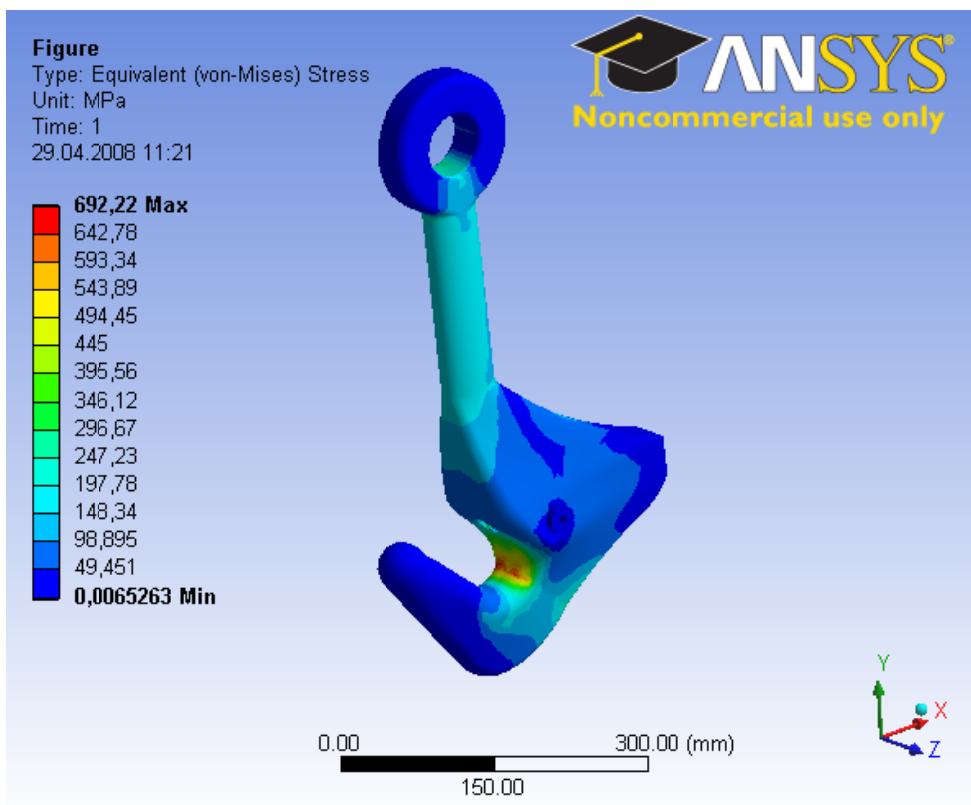
6.5.2 Resultat og sammenligning

Resultatet fra ANSYS Workbench viser blant annet spenningsfordelingen på løfteverktøyet, i form av en fargekode som representerer de ulike spenninger. Velger å se på fordelingen etter jevnføringsstressen (von-Mises kriteriet), siden det under oppgaven blir dimensjonert etter flytespenningen. Se figur 6.5.2.1.

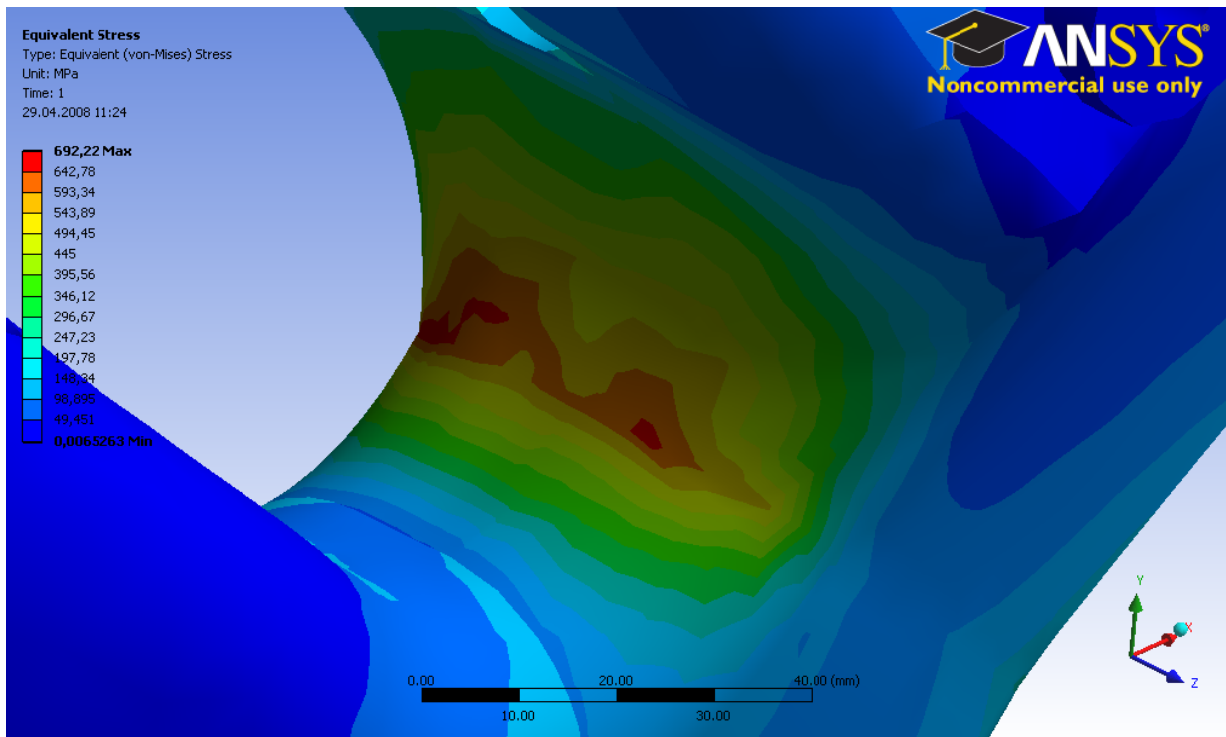
Ut fra resultatet ser det ikke ut til at man får deformasjoner ut over flytegrensen til materialet. Løfteverktøyet ser dermed ut til å tåle de aktuelle påkjenningene. Det er imidlertid verdt å legge merke til de røde områdene på kroken. Dette ser man nærmere på figur 6.5.2.2. Som tidligere nevnt var det i ANSYS Workbench ikke mulig å få til en symmetrisk lastfordeling om lastens virkelinje. Dette medfører til et unormalt høyt bøyemoment på dette området. På grunn av dette ser man også at man får betydelige spenninger på gripeområdet til løfteverktøyet. Dette området er ikke designet for å kunne ta opp store bøyemoment. En skjev lastfordeling vil dermed føre til store påkjenninger på gripeområdet.

Bøyespenningene som oppstår på grunn av skjev lastfordeling, blir her modellfeil. Dette vil si, at på grunn av at de påsatte kreftene ikke kan settes på riktig sted, vil også resultatene ofte bli noe misvisende. I slike tilfeller kan en se bort fra unormalt store spenningskonsentrasjoner, som man ser i dette tilfellet.

Vedlegg C inneholder en rapport om analysen, generert av Ansys Workbench.



FIGUR 6.5.2.1 RESULTAT AV ANALYSE GJORT I ANSYS WORKBENCH



FIGUR 6.5.2.2 NÆRBILDE AV KRITISK OMRÅDE



7. Diskusjon av valgt løsning

På prinsippskissen til valgt løsning gjenstod fortsatt en del utfordringer før prinsippet for av- og påkobling til løfteverktøyet ble ivaretatt. Disse er omtalt under kapittel "5.3 Valgt løsning og utfordringer".

Disse utfordringene ble løst på en tilfredsstillende måte i den videre utviklingen av løfteverktøyet.

Etter en grundig gjennomgang av eksisterende løfteverktøy kom gruppen etter hvert fram til at sjakkelen fra Imenco var det beste ROV-vennlige løfteverktøyet på markedet. Prinsippet for av- og påkobling sørger for at dette blir gjort hurtig og sikkert. Ved en nærmere gjennomgang av sjakkelen oppbygging og funksjon, så gruppen imidlertid ulempen med en sjakkel. Sjakkelen utforming gjør at påkoplingen i stor grad må skje vertikalt. Dette fører til liten fleksibilitet ved påkobling. Videre består sjakkelen av forholdsvis mange deler og spisse kanter som kan øke faren for at løfteverktøyet hekker seg opp i andre deler.

Prinsippet med et krok-design gjør derimot at man får en mer fleksibel påkobling. Gruppen har samtidig valgt å maskinere mest mulig ut av samme enhet. På den måten blir løfteverktøyet mer robust.

Løfteverktøyet består av:

- Krok med sylinderhus
- Holder, med tilhørende dreiefjær
- Trykkfjær
- Sikkerhetsbolt med utløserarrangement

På kroken vil det være montert en fjærbelastet holder. I det kroken entres/monteres på et løftehode vil denne skyves forbi sikkerhetsboltens nivå og frigjøre bolten som automatisk vil skyves på plass av trykkfjæren.

For at ROV skal kunne frigjøre kroken fra løftehodet i en operasjon, er det viktig at ROV'ens manipulator drar både sikkerhetsbolt og krok i en og samme retning. Pendelbevegelsen til kroken vil deretter sørge for at kroken koples av. Samtidig som dette skjer, vil dreiefjæren i akselleddet til holderen føre denne opp til sikkerhetsboltens nivå. Dette vil hindre trykkfjæren i å skyve bolten tilbake i lukket posisjon.

I lukket posisjon vil trykkfjæren med en kraft på 50 N være en barriere som hindrer at sikkerhetsboltens åpner seg under operasjon. For å sikre lasten ytterligere vil det være nødvendig med en ytterligere barriere som hindrer den første i å feile. Dette har gruppen imidlertid ikke klart å komme opp med. Gruppen anser likevel ikke dette som et stort problem. Det har vært flere forslag som har vært aktuelle, der alle på en eller annen måte låser boltens i lukket posisjon. De forslagene som da kom opp var en form for låsepinne, som var monter på kroken, og kunne skyves inn i et spor i boltens. Forskjellen på forslagene, var hvor denne låsepinne skulle monteres. Siden ingen av forslagene virket enkle/gode nok, valgte gruppen å utelate dette på det ferdige produktet.



8. Konklusjon

Ved bruk av Autodesk Inventor og Ansys Workbench, har de manuelle beregningene blitt gjort visuelle. Fordelen ved at man lager og tester modellen mer eller mindre ferdig i et dataprogram, er stor. I tillegg vil en digital animasjon av det ferdige produktet, hjelpe til med forståelsen av at verktøyet fungerer som tiltenkt.

Det ROV-vennlige løfteverktøyet som gruppen kom frem til, vil som konsept oppfylle de mål som oppgaven stilte. Etter designfasen er det fortsatt noen små detaljer, som trenger en detaljert løsning. Spesielt gjelder dette med å komme opp med en ekstra sikkerhetsbarriere, som gruppen ikke klarte å få til en konkret løsning på. Allikevel er det viktig å få frem at dette bør la seg løse, og da vil denne løsningen i prinsippet være et bra ROV-vennlig løfteverktøy.



Referanseliste

- [1]: <http://www.bissomarine.com/img/prnews/diver%20connecting%20rigging.jpg>
- [2]: <http://www.pumpstech.no/Portals/0/ROV.jpg>
- [3]: <http://www.sportmarketing-peters.de/sportmarketing-peters.data/images/cadcam/Autodesk Inventor 2008.jpg>
- [4]: Et utklipp av følgende bilde:
http://www.delcam-ural.ru/files/u5/QuickStart_WelcomePage.jpg
- [5]: http://www.myhre-maritime.no/myhre/products/rov_equipment/gn_r_o_v_hook
- [6]: http://www.myhre-maritime.no/myhre/products/rov_equipment/triton_r_o_v_hook
- [7]: http://www.framlink.no/upload/files/pdf/1176451813_katalog.pdf
- [8]: <http://www.imenco.no/doc/PDF/katalog%202006.pdf>
- [9]: http://dynamic.protu.no/pictures/206/files/Produktark/Subsea/ROV_Shackle.pdf
- [10]: http://www.kystdesign.no/f/514_kystdesign-rov-shackles.pdf
- [11]: Bilde fått fra Deep Ocean. Ligger på vedlagt CD (Vedlegg E).
- [12]: PowerPoint-presentasjon fått fra Deep Ocean. Ligger på vedlagt CD (Vedlegg E).
- [13]: <http://www.ejecto.no/7.html>
- [14]: Dahlvig, Christensen, Strømnes – Konstruksjonselementer – 2. utgave. ISBN 82-585-0700-1
- [15]: Tabell basert på data hentet fra vedlegg B "Tekniske data for S165M"



Vedlegg

Vedlegg A: *Materialserfikat og beregninger for fjær, fra Norfjær*

Vedlegg B: *Tekniske data for S165M*

Vedlegg C: *Rapport om analysene på kroken, hentet fra Ansys Workbench*

Vedlegg D: *2D Tegninger*

Vedlegg E: *CD med animasjoner og dokumenter i samband med referanseliste*

VEDLEGG A

MATERIALSERFIKAT OG BEREGNINGER FOR FJÆR, FRA NORFJÆR

BRIDON DRAHT
Medellanstraße 83
BRIDON ERBUDIONMI GmbH

Sauerbrunnstraße 83, 50385 Hagen-Höfen
Tel. (0225 81) 500 00-11 (FAX) 157-21
Fax (0225) 500 00-10
E-MAIL: info@bridon-draht.com
http://www.bridon-draht.com

BRIDON DRAHT

Hochwertige Drähte in Ringen und Stäben
Spezialität: Federstahl, nichtrostender Stahl,
Profildraht, Lagerhaltung

BRIDON DRAHT - Sauerbrunnstraße 83 - 50385 Hagen-Höfen

**NOREJAER AS
HASELVANGEN 47**

0579 OSLO

- QUALITY MANAGEMENT -

Test Certificate 3.1B acc. DIN 50049 / EN 10204

Order No : 11459
Your Order No.: 20303

Date: 25.01.2005
10.12.2004

Material Description

Article: **3,00 mm**
Stainless spring steel wire, **W N 1.4571, EN 10270-3,**
coated, in coils

Chemical Analysis

Heat No.: F32839

C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	Ni%	N%	Ti%	Al%
0,050	0,43	1,34	0,026	0,001	16,67	2,08	11,17		0,532	

Mechanical properties

		Test Results		Remarks
		Min.	Max.	
Diameter	mm	2,991	2,992	2 coils - 286,3 kgs
Tensile strength	R M N/mm ²	1357	1375	
Constriction	z %			
Torsions				
Zinc-coating	g/m ²			

BRIDON DRAHT

Stz der Gesellschaft Gelsenkirchen
Drahtwerk AG
Amel-Lindt-Brückstrasse, Düsseldorf
Part of the FHO Group of Companies

Fachbereich:
Drahtwerk AG & FG, Düsseldorf
Abt.-Nr. 100 000 001 - 4212 000 700 10
Inneschreibweise AG Düsseldorf
Abt.-Nr. 0 100 000 001 - 2000 000 000

Spring Type Round Wire Compression

Designed To: EN 13906-1: 2002
 Tolerance Standard: DIN 2095 / 2096

Calculated Data

Solid Length: 58,30 mm
 Min. Length (static): 71,75 mm
 Min. Length (dynamic): 78,48 mm
 Solid Load: 215,35 N
 Solid Stress: 609,32 N/mm²
 Stress Factor: 1,14
 Active Coils: 17,93
 Spring Index: 10,00
 Helix Angle: 6,76 Deg
 Buckling Possible: 169,21 mm
 Buckling Definite: 143,91 mm
 Spring Pitch: 11,17 mm
 Inside Diameter: 27,00 mm
 Mean Coil Dia.: 30,00 mm
 Wire Length: 1890,6 mm
 Weight / 100: 10,65 Kg
 Natural Freq: 3727,5 RPM

Material

BS 2056 Aust. Low Mag Stainless
 Youngs Mod (E): 187500 N/mm²
 Rigidity Mod (G): 70300 N/mm²
 Density: ,00000797 Kg/mm³
 Unprestress: 0-45 %
 Prestress: 45-56 %

End Type: Closed and Ground
 Dead Coils: 2,00
 Tip Thickness: 25,00 %
 End Fixation: Both Ends Fixed and Guided

Design Parameters

Wire Diameter: 3,00 mm
 Outside Diameter: 33,00 mm
 Total Coils: 19,93 (Calculated)
 Spring Rate: 1,47 N/mm
 Free Length: 204,80 mm

Stress Data

	Lower Tensile	Solid	Operating Positions		
			% Tensile		
			1	2	3
305S11	1160	53 P	37 U	49 P	12 U
904S14	1300	47 P	33 U	44 U	11 U
Specified	1360	45 U	31 U	42 U	10 U

Operating Data

	Operating Positions		
	1	2	3
Length	102,00	67,90	170,79
Load	151,12	201,24	50,00
Deflection	102,80	136,90	34,01
Stress	428	569	141
Stress % Solid	70	93	23
Load Tol. Grade 1	7,38	7,86	6,43
Load Tol. Grade 2	11,72	12,47	10,20
Load Tol. Grade 3	18,75	19,96	16,33
O.D. Expansion	0,225	0,299	0,0744

VEDLEGG B

TEKNISKE DATA FOR S165M

Chemical analysis:

	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	N
min						15,0	4,50	0,80	0,020
max	0,05	1,00	1,50	0,015	0,035	17,0	6,00	1,50	

Corresponding standards:

EN 10088 (X4CrNiMo16-5-1)	M.no. 1.4418
SEW 400 (X 4 CrNiMo 16 5)	W.nr. 1.4418
NS (replaced by EN standard)	14 240
SS (replaced by EN standard)	14 23 87

Applications: S165M is a martensitic/ferritic stainless steel with excellent mechanical properties and ductility. General areas of application are propellers, shafts, spindels, bolts etc.

Minimum mechanical properties:

Dimension	Yield strength $R_{p0.2}$ [MPa]	Tensile strength R_m [MPa]	Fracture elongation A [%]	Charpy-V impact energy CVN [J]
< 250 mm	700	900-1100	14	60 (+20 °C)

Heat treatment: Normalized at 1000 °C and cooled in air, followed by tempering at 560-580 °C and air cooling. The tempering temperature may be adjusted within this temperature range to obtain the desired mechanical properties.

Weldability: The weldability of S165M is good.

Specific weight: 7.7 g/cm³

Coefficient of thermal expansion:

20-100 °C:	$12.0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
20-300 °C:	$12.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
20-500 °C:	$13.0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

EOG

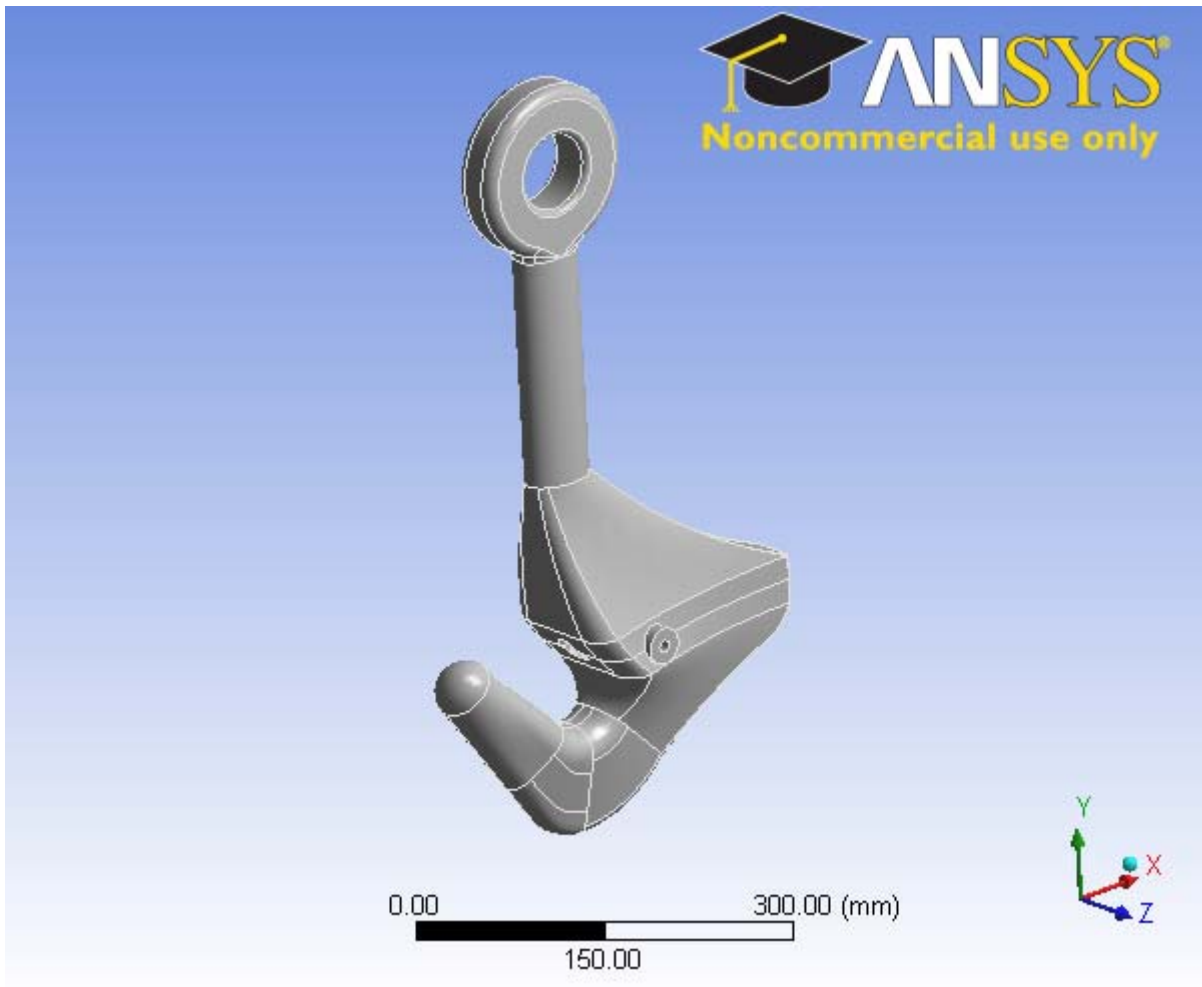
VEDLEGG C

RAPPORT OM ANALYSENE PÅ KROKEN,
HENTET FRA ANSYS WORKBENCH



Project

First Saved	Tuesday, April 29, 2008
Last Saved	Tuesday, April 29, 2008
Product Version	11.0 Release



Contents

- **Model**
 - **Geometry**
 - [siste rev](#)
 - **Mesh**
 - [Mesh Controls](#)
 - **Static Structural**
 - [Analysis Settings](#)
 - [Loads](#)
 - [Solution](#)
 - [Solution Information](#)
 - [Results](#)
 - [Max Equivalent Stress](#)
 - [Results](#)
 - [Max Shear Stress](#)
 - [Results](#)
- **Material Data**
 - [Stainless Steel](#)

Units

TABLE 1

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

Model

Geometry

TABLE 2
Model > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	\\TIGERN\home\122026\Mine mottatte filer\siste rev3.stp
Type	Step
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Part Color
Bounding Box	
Length X	354,72 mm
Length Y	641, mm
Length Z	105,39 mm
Properties	
Volume	3,2748e+006 mm ³
Mass	25,216 kg
Statistics	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	25730
Elements	14711

Preferences	
Import Solid Bodies	Yes
Import Surface Bodies	Yes
Import Line Bodies	Yes
Parameter Processing	Yes
Personal Parameter Key	DS
CAD Attribute Transfer	No
Named Selection Processing	No
Material Properties Transfer	No
CAD Associativity	Yes
Import Coordinate Systems	No
Reader Save Part File	No
Import Using Instances	Yes
Do Smart Update	No
Attach File Via Temp File	No
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model > Geometry > Parts

Object Name	<i>siste rev</i>
State	Meshed
Graphics Properties	
Visible	Yes
Transparency	1
Definition	
Suppressed	No
Material	Stainless Steel
Stiffness Behavior	Flexible
Nonlinear Material Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	354,72 mm
Length Y	641, mm
Length Z	105,39 mm
Properties	
Volume	3,2748e+006 mm ³
Mass	25,216 kg
Centroid X	33,926 mm
Centroid Y	121,69 mm
Centroid Z	-4,0157e-003 mm
Moment of Inertia Ip1	7,4844e+005 kg·mm ²
Moment of Inertia Ip2	1,0287e+005 kg·mm ²
Moment of Inertia Ip3	8,3776e+005 kg·mm ²
Statistics	
Nodes	25730
Elements	14711

Mesh

TABLE 4
Model > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	50
Advanced	
Relevance Center	Coarse
Element Size	Default
Shape Checking	Standard Mechanical
Solid Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Low
Transition	Fast
Statistics	
Nodes	25730
Elements	14711

TABLE 5
Model > Mesh > Mesh Controls

Object Name	<i>Refinement</i>	<i>Face Sizing</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	6 Faces	
Definition		
Suppressed	No	
Refinement	1	
Type	Element Size	
Element Size	Default	
Edge Behavior	Curv/Proximity Refinement	

Static Structural

TABLE 6
Model > Analysis

Object Name	<i>Static Structural</i>
State	Fully Defined
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Options	
Reference Temp	22, °C

TABLE 7
Model > Static Structural > Analysis Settings

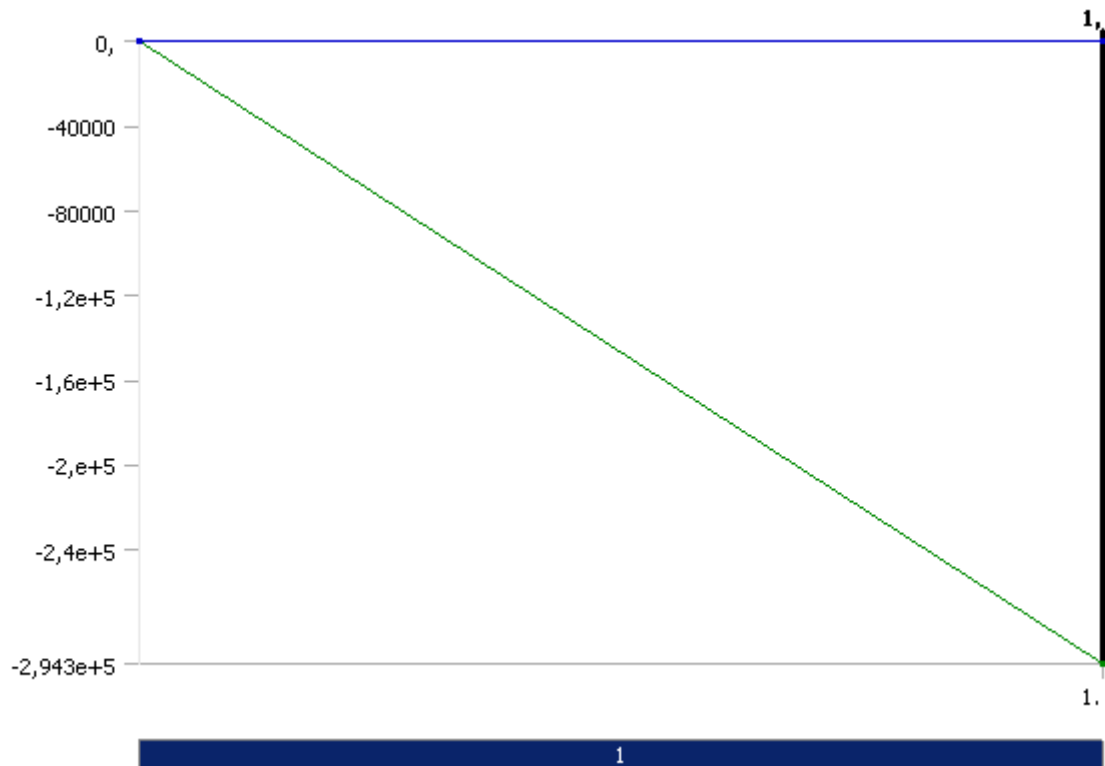
Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s

Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Nonlinear Controls	
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Output Controls	
Calculate Stress	Yes
Calculate Strain	Yes
Calculate Results At	All Time Points
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	\\TIGERN\home\122026\Mine mottatte filer\siste rev3 Simulation Files\Static Structural\
Future Analysis	None
Save ANSYS db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No

TABLE 8
Model > Static Structural > Loads

Object Name	<i>Force</i>	<i>Cylindrical Support</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	6 Faces	1 Face
Definition		
Define By	Components	
Type	Force	Cylindrical Support
X Component	0, N (ramped)	
Y Component	-2,943e+005 N (ramped)	
Z Component	0, N (ramped)	
Suppressed	No	
Radial		Fixed
Axial		Fixed
Tangential		Free

FIGURE 1
Model > Static Structural > Force



Solution

TABLE 9
Model > Static Structural > Solution

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

TABLE 10
Model > Static Structural > Solution > Solution Information

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

TABLE 11
Model > Static Structural > Solution > Results

Object Name	<i>Equivalent Stress</i>	<i>Maximum Shear Stress</i>	<i>Total Deformation</i>
State	Solved		
Scope			
Geometry	All Bodies		
Definition			
Type	Equivalent (von-Mises) Stress	Maximum Shear Stress	Total Deformation
Display Time	End Time		

Results			
Minimum	6,5263e-003 MPa	3,7676e-003 MPa	11406 mm
Maximum	692,22 MPa	372,88 MPa	2,0621e+005 mm
Information			
Time	1, s		
Load Step	1		
Substep	1		
Iteration Number	1		

FIGURE 2
Model > Static Structural > Solution > Equivalent Stress > Figure

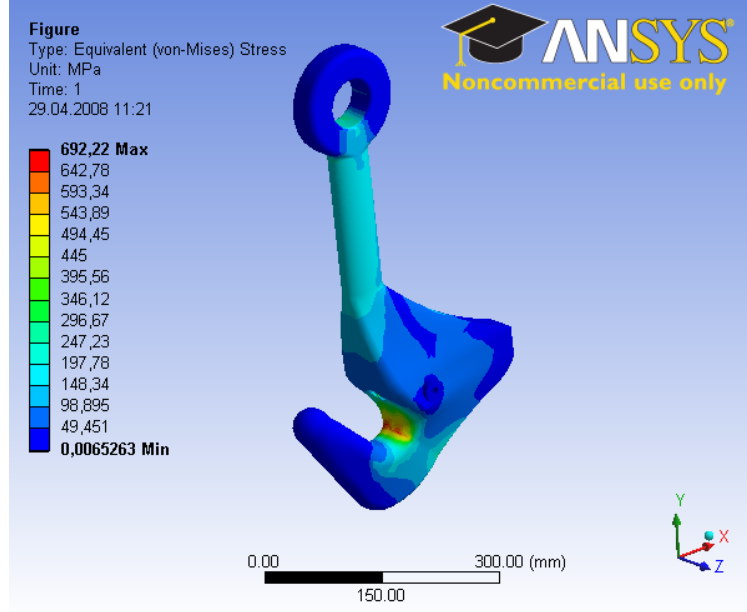


FIGURE 3
Model > Static Structural > Solution > Maximum Shear Stress > Figure

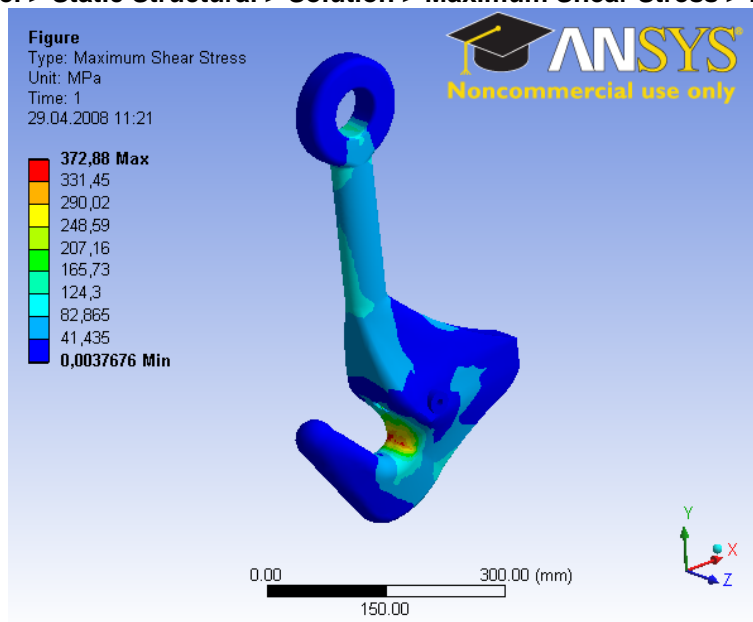


TABLE 12
Model > Static Structural > Solution > Stress Safety Tools

Object Name	<i>Max Equivalent Stress</i>	
State	Solved	
Definition		
Theory	Max Equivalent Stress	
Stress Limit Type	Tensile Yield Per Material	

TABLE 13
Model > Static Structural > Solution > Max Equivalent Stress > Results

Object Name	<i>Safety Factor</i>	<i>Safety Margin</i>
State	Solved	
Scope		
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Safety Factor	Safety Margin
Display Time	End Time	
Results		
Minimum	1,0112	1,1234e-002
Information		
Time	1, s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	

TABLE 14
Model > Static Structural > Solution > Stress Safety Tools

Object Name	<i>Max Shear Stress</i>	
State	Solved	
Definition		
Theory	Max Shear Stress	
Factor	0,5	
Stress Limit Type	Tensile Yield Per Material	

TABLE 15
Model > Static Structural > Solution > Max Shear Stress > Results

Object Name	<i>Safety Factor</i>	<i>Safety Margin</i>
State	Solved	
Scope		
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Safety Factor	Safety Margin
Display Time	End Time	
Results		
Minimum	0,93864	-6,1362e-002
Information		
Time	1, s	
Load Step	1	
Substep	1	
Iteration Number	1	

Material Data

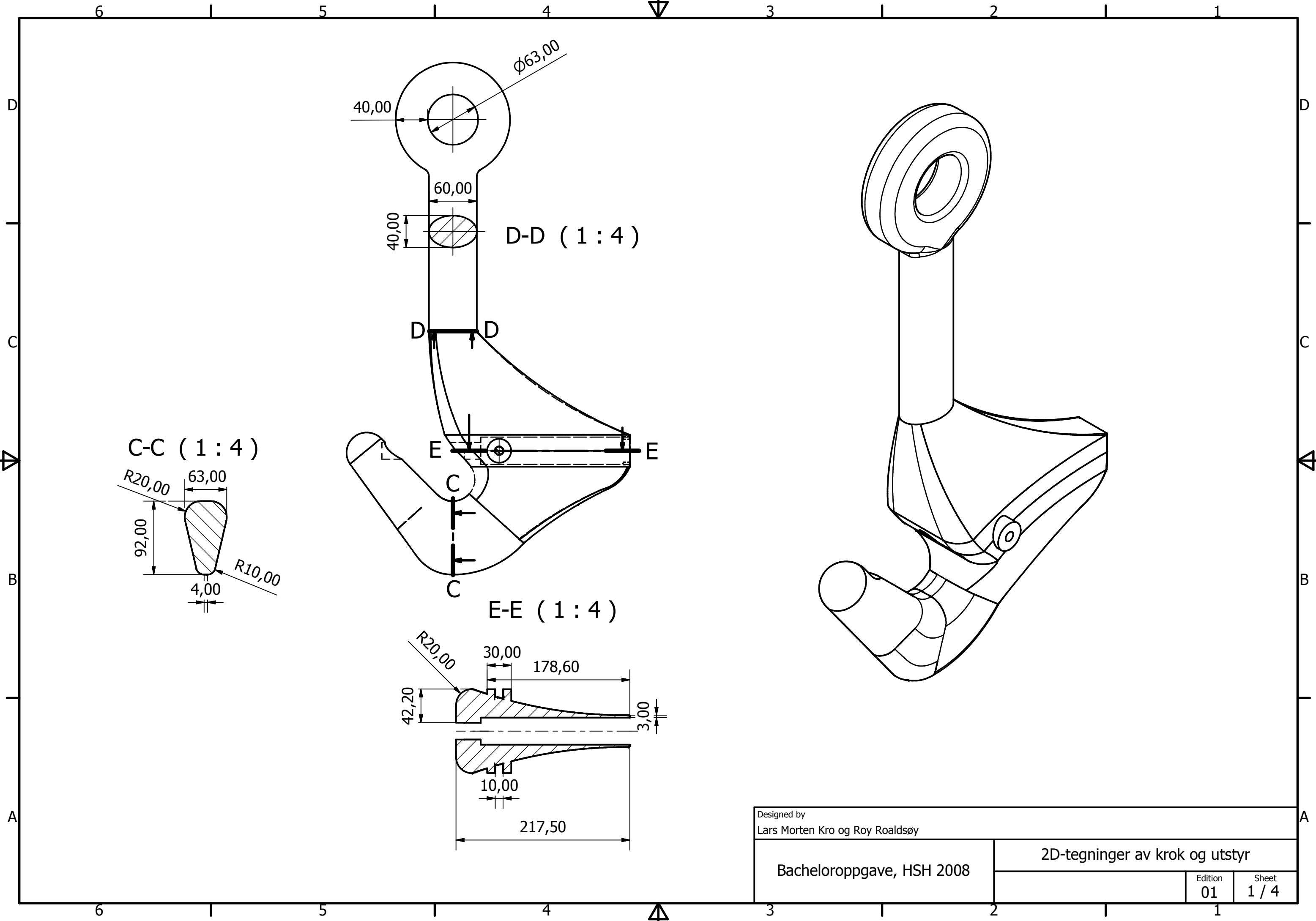
Stainless Steel

TABLE 16
Stainless Steel > Constants

Structural	
Young's Modulus	1,93e+005 MPa
Poisson's Ratio	0,31
Density	7,7e-006 kg/mm ³
Thermal Expansion	1,2e-005 1/°C
Tensile Yield Strength	700, MPa
Compressive Yield Strength	700, MPa
Tensile Ultimate Strength	900, MPa
Compressive Ultimate Strength	0, MPa
Thermal	
Thermal Conductivity	1,51e-002 W/mm·°C
Specific Heat	480, J/kg·°C
Electromagnetics	
Relative Permeability	10000
Resistivity	7,7e-004 Ohm·mm

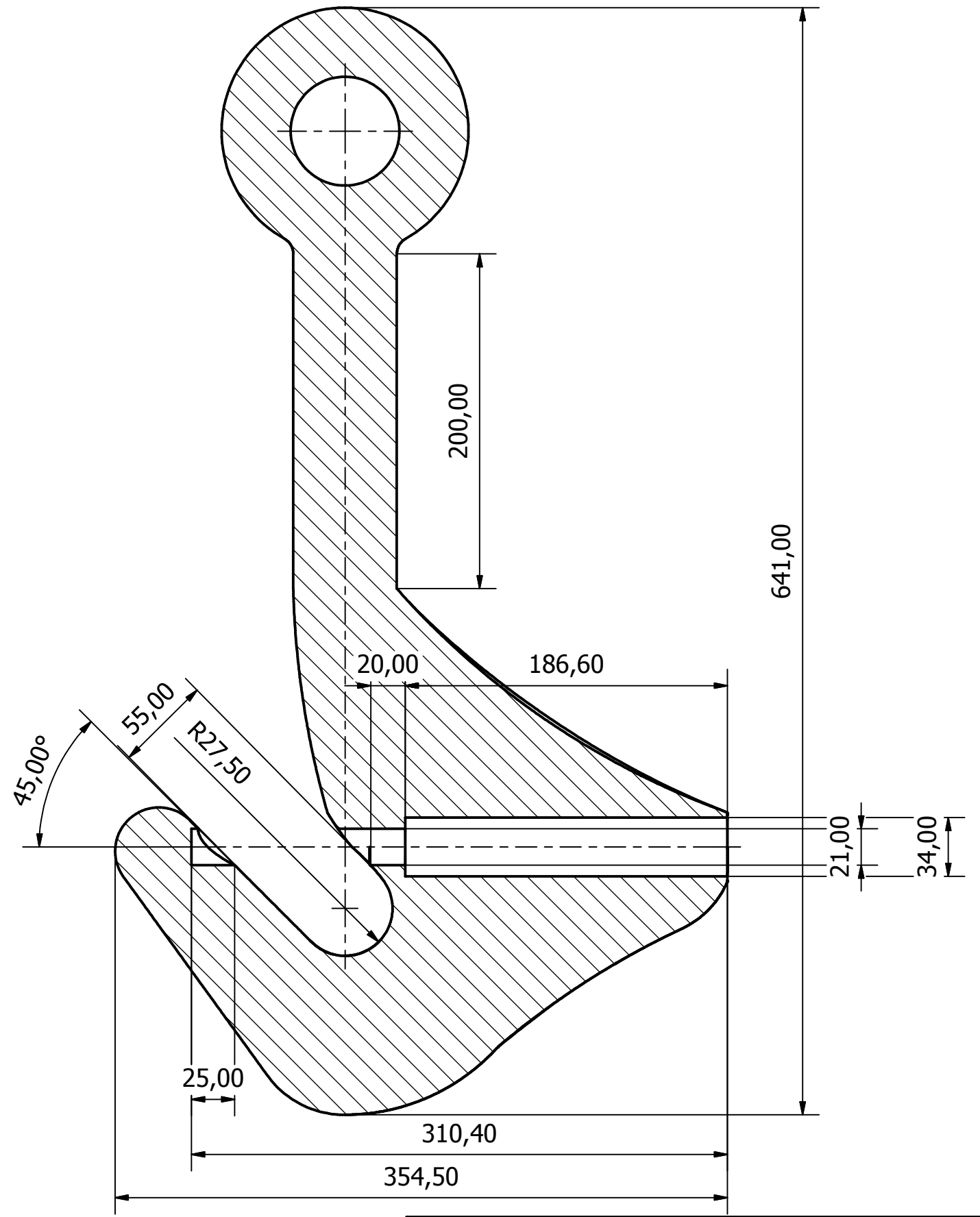
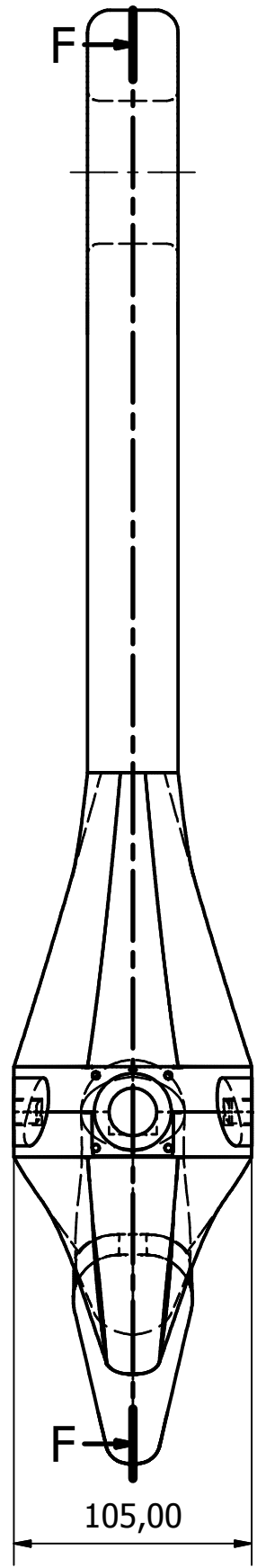
VEDLEGG D

2D TEGNINGER

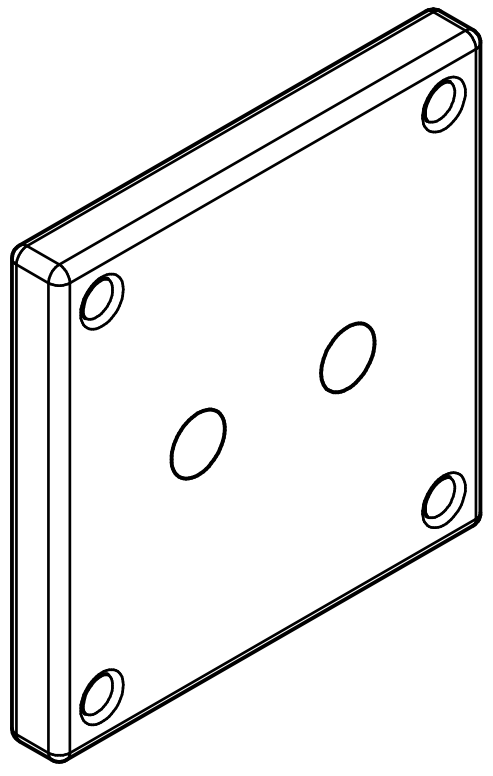
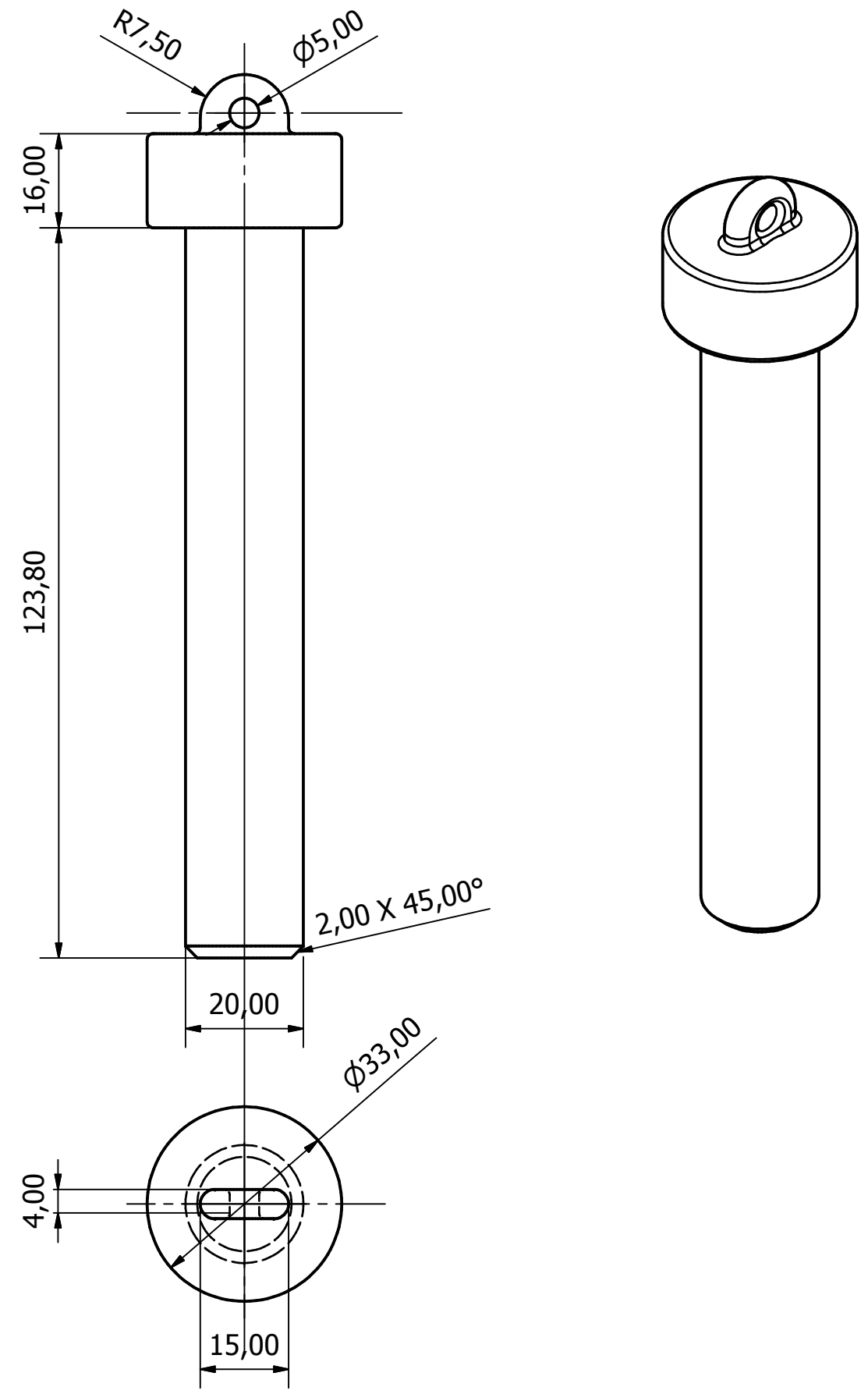
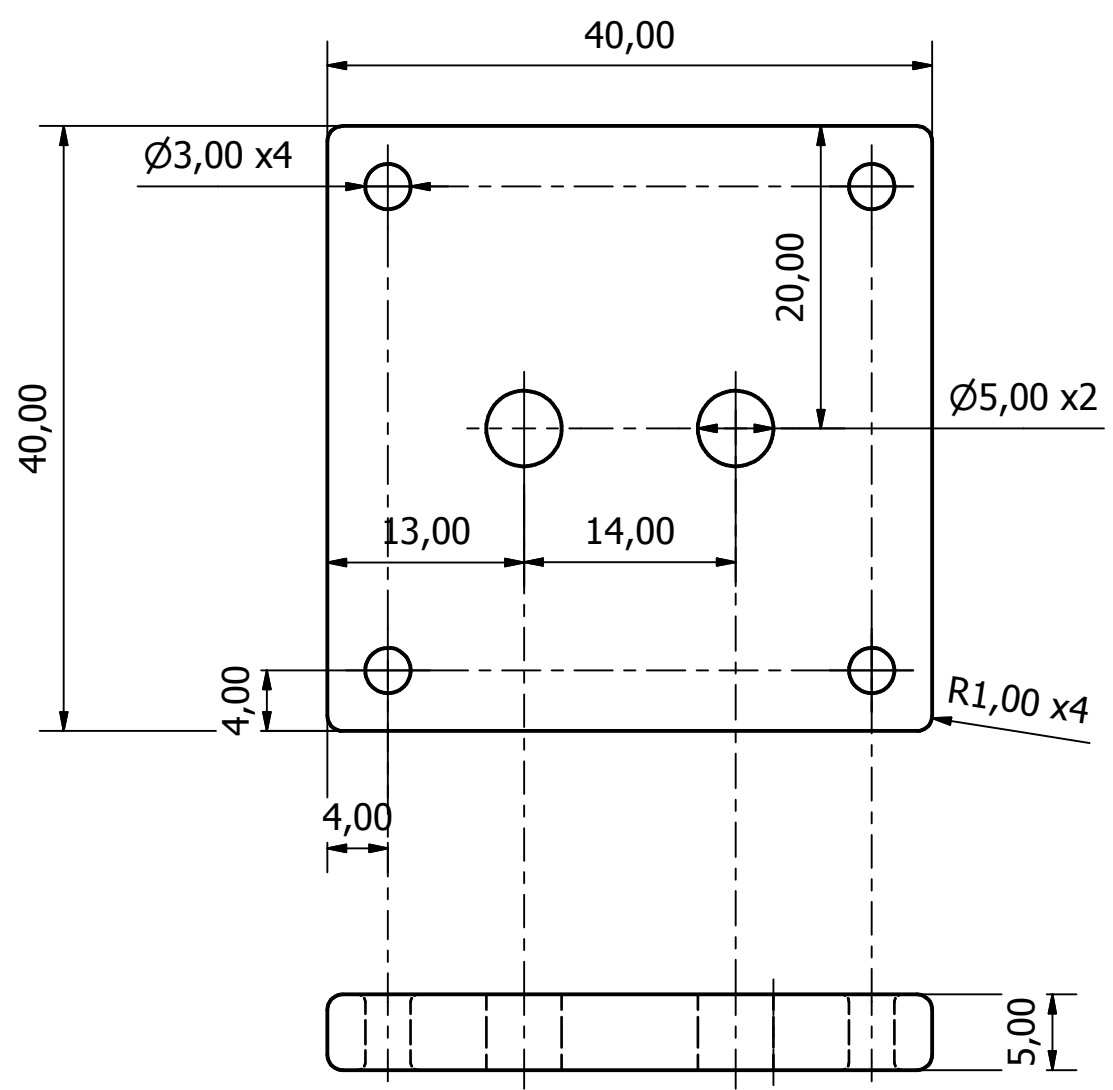


Designed by Lars Morten Kro og Roy Roaldsøy		
Bacheloroppgave, HSH 2008	2D-tegninger av krok og utstyr	
	Edition 01	Sheet 1 / 4

F-F (1:3)



Designed by Lars Morten Kro og Roy Roaldsøy		
Bacheloroppgave, HSH 2008		2D-tegninger av krok og utstyr
	Edition 01	Sheet 2 / 4



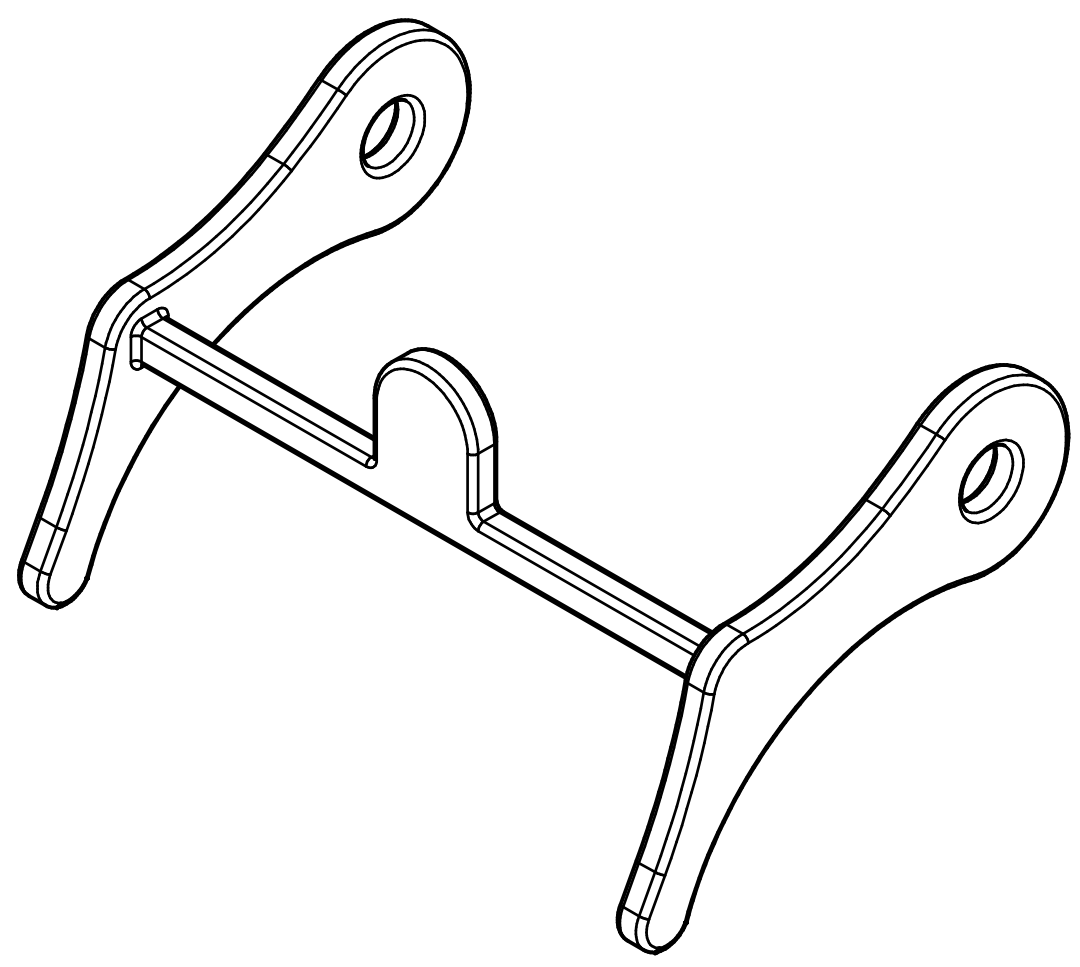
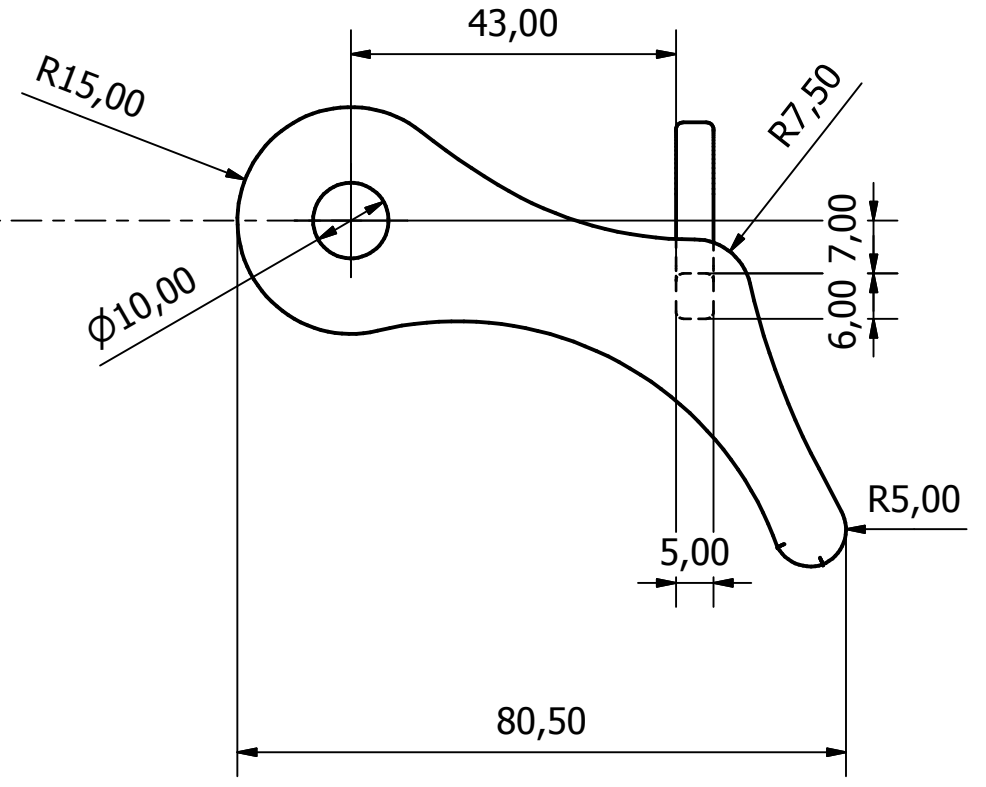
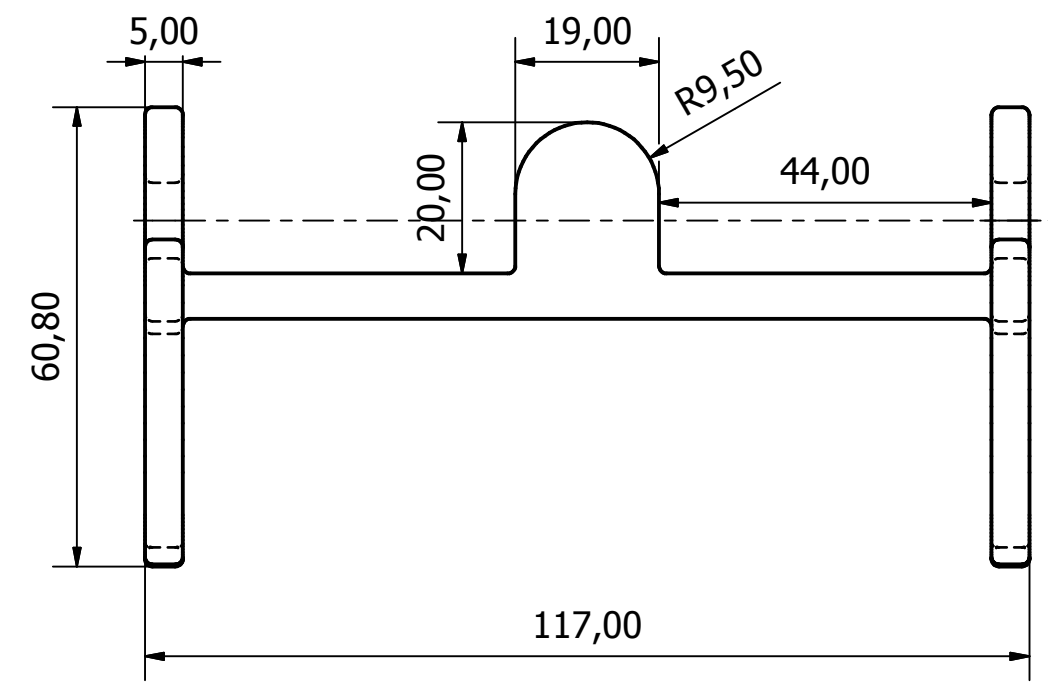
Designed by Lars Morten Kro og Roy Roaldsøy		
Bacheloroppgave, HSH 2008	2D-tegninger av krok og utstyr	
	Edition 01	Sheet 3 / 4

D

C

B

A



Designed by Lars Morten Kro og Roy Roaldsøy		
Bacheloroppgave, HSH 2008	2D-tegninger av krok og utstyr	
	Edition 01	Sheet 4 / 4

VEDLEGG E

CD MED ANIMASJONER OG DOKUMENTER I SAMBAND MED
REFERANSELISTE