




Universitetet  
i Stavanger

**DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET**

**BACHELOROPPGAVE**

Studieprogram/spesialisering: <b>Maskin ingeniør</b>	Vårsemesteret, 2021  <b>Åpen</b>
Forfatter: <b>Alexander Husby Kongshaug</b>	 ..... (signatur forfatter)
Intern veileder: <b>Ove Mikkelsen</b>	
Ekstern veileder(e): <b>Roar Langås og Thomas Helland, Odfjell Drilling AS</b>	
Tittel på bacheloroppgaven:  <b>Prosjektering av kontroll enhet for pneumatisk drill-pipe slips på Johan Sverdrup DP</b>	
Studiepoeng: <b>20</b>	
Emneord: -Slips -Fjernstyring -Kontroll boks -Hydraulikk -Pneumatikk -Forstudierapport	Sidetall: 51  + vedlegg/annet: 28  Stavanger, 14.05.2021 dato/år

# Prosjektering av kontroll enhet for pneumatisk drill-pipe slips på Johan Sverdrup DP



Figur 1.1 - Johan Sverdrup Feltsenter [1]



## **Forord**

Denne bachelor oppgaven er skrevet på Universitetet i Stavanger våren 2021 som avslutning på maskin ingeniørutdannelsen. Hensikten er å vise til kunnskapen man har lært gjennom studiet fra de forskjellige fagene.

Bakgrunnen for oppgaven er en selvvalgt problemstilling gjennom jobben min i Odfjell Drilling A/S. Odfjell er boreoperatør på Johan Sverdrup feltet. Oppgaven er å studere løsninger for fjernoperering av pneumatisk drill-pipe slips på boredekket.

Jeg har i hovedsak sett på to metoder for å løse oppgaven.

Vil rette en stor takk til veileder Ove Mikkelsen ved Universitetet i Stavanger. I tillegg vil jeg takke eksterne veiledere i Odfjell for at jeg fikk studere problemet. Roar Langås og Thomas Helland i Odfjell har gitt råd og de har utlevert bakenforliggende informasjon som har hjulpet meg på vei med å løse problemet.

## Innholdsfortegnelse

Symbol liste og ordforklaringer .....	II
Sammendrag .....	III
1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven .....	1
1.2 Fakta om Odfjell Drilling AS .....	1
1.3 Målsetting for oppgave .....	2
1.4 Hjelpemidler og dataprogram .....	2
1.4.1 Autodesk Inventor .....	2
1.4.2 AutoCAD .....	2
1.5 Begrensninger og oppgavens struktur .....	3
2. Innføring .....	4
2.1 Beskrivelse av problemet.....	4
2.2 Innføring i nordsjøboring.....	7
2.3 Bore utstyr .....	8
2.3.1 Rød Sone .....	8
2.3.2 Drawwork.....	9
2.3.3 Top Drive .....	9
2.3.4 Elevator .....	10
2.3.5 Slips.....	10
2.3.6 Iron Roughneck .....	11
2.3.7 Hydraracker.....	11
2.4 Styresystemer.....	11
2.5 Hydraulikk .....	12
2.5.1 HPU .....	13
2.6 Pneumatikk .....	13
3. Metode for løsning av oppgaven.....	15

3.1	Informasjon gitt fra Odfjell.....	15
3.2	Deler fra leverandører.....	16
3.3	Power Slips PS-30 .....	17
3.4	Valg av størrelse på pneumatikk ventiler .....	19
3.5	Luftbehandlings enhet .....	21
1.6	Luftbehov ved operering av pneumatisk slips.....	22
4.	Løsning 1: Solenoidstyrt sleideventil .....	25
4.1	Solenoidstyrt pneumatikkventil .....	25
4.2	Valg av skap .....	26
4.3	Resultat .....	27
4.4	Diskusjon løsning 1 .....	28
4.5	Konklusjon på løsning 1 .....	28
5.	Løsning 2: Helmekanisk løsning.....	29
5.1	Hydraulikk sylinder .....	29
5.2	Pneumatikk ventil .....	29
5.3	Innfesting av ventil og sylinder .....	31
5.4	Hydraulikk styring .....	33
5.5	Hydraulisk tilbakemelding .....	35
5.6	Resultat og plassering av skap.....	39
5.7	Diskusjon løsning 2 .....	40
5.8	Konklusjon på løsning 2 .....	41
6.	Delebehov og kostnader .....	42
6.1	Prisoverslag løsning 1 .....	42
6.2	Prisoverslag løsning 2.....	43
7.	Diskusjon.....	45
8.	Konklusjon .....	46
9.	Referanser.....	48

10. Vedlegg .....	51
-------------------	----

## Figur liste

Figur 2.1 - Manuelt slips installert rundt borestrengen i boredekket [4].....	4
Figur 2.2 - Snitt av et installert slips [5].....	5
Figur 2.3 - Hydraulisk NOV PS-30 slips [8].....	5
Figur 2.4 - Pneumatisk slips installert på boredekk, A.Kongshaug .....	6
Figur 2.5 - Manuell pedal for kjøring av pneumatisk slips [9] .....	7
Figur 2.6 - Standard foringsrør program [10] .....	8
Figur 2.7 - Rød sone på boredekk [15].....	9
Figur 2.8 - NOV drawwork [11] .....	9
Figur 2.9 - NOV automatisk elevator [13] .....	10
Figur 2.10 - Iron roughneck [15].....	11
Figur 2.11 - Prinsipp skisse hydraulikk [16] .....	13
Figur 3.1 - Pneumatisk styringsenhet på Deepsea Stavanger [17].....	16
Figur 3.2 - Oversikt over komponenter i PS-30 [19, s.19].....	17
Figur 3.3 - Hydraulikk tilkobling manifold på PS-30 [19, s.22].....	18
Figur 3.4 - Oppbygning av pneumatisk 5/2 sleideventil [6, s.36] .....	20
Figur 3.5 - Manuell 5/2 ventil [21, s.5] .....	20
Figur 3.6 - Solenoid styrt 5/2 ventil [22, s.3] .....	20
Figur 3.7 - Luftbehandlings enhet [30] .....	21
Figur 3.8 - Dobbeltvirkende sylinder på pneumatisk slips, A.Kongshaug .....	22
Figur 3.9 - Dobbeltvirkende sylinder [6, s.19].....	23
Figur 3.10 - Pilotoperert tilbakeslagsventil, A.Kongshaug .....	24
Figur 3.11 - Pilotoperert tilbakeslagsventil [31] .....	24
Figur 4.1 - Solenoidstyrt 5/2 pneumatikk ventil [22, s.11] .....	26
Figur 4.2 - Syrefast skap 400x400x200 [23].....	26
Figur 4.3 - Skjerm bilde fra Inventor (3D modelleringsprogram) med forklaring.....	27
Figur 5.1 - Hydraulikk sylinder med slaglengde 50mm [24].....	29
Figur 5.2 - Manuell pneumatisk 5/2 ventil levert av Nordgren [21, s.20] .....	30
Figur 5.3 - Resultat av slaglengde .....	30
Figur 5.4 - Sylinder og ventil montert i begge ender i Inventor (3D modellering).....	31
Figur 5.5 - Standard M6 rod øye med svivel fra RS PRO [25, s.3] .....	31
Figur 5.6 - Clevis designet i Inventor (3D modelleringsprogram).....	32
Figur 5.7 - 6mm clevis bolt med seegerringer [25, s.3] .....	32

Figur 5.8 - Hydraulikk sylinder nedre innfestning alternativer designet i Inventor (3D modellering) .....	33
Figur 5.9 - Strupe tilbakeslagsventil fra Parker [26] .....	34
Figur 5.10 - Tverrsnitt av reguleringsventil [27].....	35
Figur 5.11 - Signal løp koblet inn på begge hydraulikk løp.....	36
Figur 5.12 - Tilbakeslagsventil utforming og symbol [7, s.111].....	37
Figur 5.13 - Styng av hydraulikk med tilbakeslagsventiler .....	37
Figur 5.14 - Hydraulikkstyrings komponenter fra Inventor (3D modellering) .....	38
Figur 5.15 - Helmekanisk kontroll boks med komponenter satt sammen i Inventor (3D modellering) .....	39
Figur 5.16 - Oversiktsbilde over boredekket på Johan Sverdrup, Odfjell Drilling .....	40

## Tabell liste

Tabell 3.1 - Ventil størrelse i forhold til sylinder boring [20].....	19
Tabell 5.1 - Innstilling av reguleringsventil [26] .....	35
Tabell 6.1 - Pris på løsning 1.....	42
Tabell 6.2 - Pris på løsning 2.....	43



## Symbol liste og ordforklaringer

DP	-	Drill Pipe/Bore Rør
EX	-	Eksplosjon sikker
PS	-	Power Slips
SLIPS	-	Anretning for å låse borerør i boredekket
NOV	-	National Oilwell Varco
HPU	-	High Pressure Unit
NDLA	-	Norwegian Digital Learning Arena
ACS	-	Anti Collison System
P&ID	-	Piping and Instrumentation Diagram
PLS	-	Programbare Logiske Styringer
OWS	-	Odfjell Well Service

## Sammendrag

Denne oppgaven gikk ut på å prosjektere og designe en styreenhet for fjernoperering av pneumatisk slips på Johan Sverdrup. Oppgaven er en selvvalgt problemstilling gjennom egen arbeidsgiver Odfjell Drilling.

Pneumatisk drill-pipe slips kjøres manuelt fra fotpedal nede på boredekket per dags dato. Til dette behøves en ekstra operatør. Oppgaven gikk ut på å designe løsninger for fjernoperering av det pneumatiske slippet som frigjør den ekstra operatøren. Denne rapporten tar for seg to løsninger på problemet. Løsningene er designet ut fra valgte deler og modellert i modelleringsverktøy. Teoretisk forankring og hvor inspirasjon til oppgaven er hentet er forklart innledningsvis. På et boredekk er det mange maskiner som skal samarbeide, derfor blir det gitt en kort forklaring på de mest sentrale. Noen av delene er sentral i begge løsningene, derfor blir valg og dimensjonering av disse vist. Deretter kommer forklaring på hvordan de to løsningene er bygd opp og hvilke utfordringer som måtte løses underveis.

Den første løsningen er styring av en pneumatikk ventil med elektriske signaler inn på to solenoider. Videre styrer denne ventilen den pneumatiske kraftoverføringssylinderen i slippet. Den andre bruker eksisterende hydraulikk styringssystem inn på en hydraulisk aktivator sylinder som opererer en pneumatikk ventil. Pneumatikkventilen styrer igjen kraftoverføringssylinderen i slippet.

I rapporten er det søkelys på å gjøre løsningene så kompakt som mulig og de skal kreve lite vedlikehold. De fleste delene er standard og funnet hos leverandørers nettsider. Nødvendige kalkulasjoner og påfyll av teoretisk forankring er flettet inn underveis. Til slutt kommer en tabell med delebehov og kostnader på disse. P&ID tegninger av begge løsningene er dokumentert og ligger vedlagt. Av deler som ikke er standard er det utarbeidet arbeidstegninger som også ligger vedlagt.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn for oppgaven

Som avslutning på ingeniørutdanningen ved Universitetet i Stavanger ønsket utførende å studere et egendefinert problem gjennom egen arbeidsgiver – Odfjell Drilling AS. På et boredekk offshore er det mange maskiner som skal fungere sammen for å få boreoperasjonen til å gå raskest mulig. Johan Sverdrups borepakke skal være den mest høyteknologiske av dem alle. Selv om feltet er helt nytt, er det flere ting som ikke er helt gunstig. Noe utstyr må byttes ut og noe må forbedres.

Denne oppgaven tar for seg et utstyr på boredekk som per dags dato må kjøres manuelt av en ekstra operatør. Det skal på sikt bygges om til fjernoperering. I den forbindelse skal det gjennom denne oppgaven ses på mulige løsninger for fjernoperering av pneumatisk drevet drill-pipe slips. Et slips er en enhet som griper rundt røret. Det har en utvendig konisk utforming som passer i en tilsvarende kon i boredekket.

## 1.2 Fakta om Odfjell Drilling AS

Odfjell Drilling er en internasjonal leverandør av boring og brønn tjenester. Selskapet har om lag 2500 ansatte og opererer i 20 nasjoner. Virksomheten ble grunnlagt i 1973, men har forbindelser fra tidlig 1900-tallet. Odfjell har over flere ti-år spesialisert seg på boring i krevende miljø. På norsk sokkel leverer de borepersonell til faste produksjonsplattformer og driver sine egne flyttbare innretninger. Per dags dato eier og drifter de fem flyttbare flyterigger, samt at de leverer personell til seks faste installasjoner på sokkelen. Johan Sverdrup er en av de faste installasjonene Odfjell Drilling har borekontrakt på per dags dato [2].

### **1.3 Målsetting for oppgave**

Målet med oppgaven er å finne en god og holdbar løsning på slips-problematikken. Det skal ses på to mulige løsninger:

- Styreenhet med solenoid styrt pneumatikk ventil.
- En hel mekanisk løsning som bruker eksisterende hydraulikk system som styrer en pneumatikk ventil. Dette skal settes sammen i en liten kontroll boks.

Den ekstra personen skal i teorien frigjøres fra manuell kjøring av slips. Det skal derfor prosjekteres og designes en styreenhet som gjør det mulig å enkelt skifte mellom hydraulisk og pneumatisk fjernoperering av drill-pipe slips. Den ekstra operatøren kan med det gjøre andre parallelle aktiviteter, som for eksempel å gjøre klart til neste operasjon.

Styreenhetene skal designes etter deler funnet hos leverandører som leverer hydraulikk og pneumatikk. Deretter skal delene designes og settes sammen til en kontrollunit i modellerings program. Det skal lages dokumentasjon av arbeidstegninger med mål, P&ID tegninger og delelister med kostnadsberegninger.

### **1.4 Hjelpemidler og dataprogram**

#### **1.4.1 Autodesk Inventor**

Autodesk Inventor er et 3D-modellerings verktøy bygd for Windows operativsystem. Programmet ble først utgitt i 1999. I dette programmet er det mulig å tegne enkle deler og deretter sette de sammen til større konstruksjoner. Etter modellering fins det egne funksjoner for å lage arbeidstegninger. Det er enkelt å gjøre endringer i filer og tegninger underveis. Inventor er blitt brukt underveis i studiet ved UIS [3].

#### **1.4.2 AutoCAD**

AutoCAD er en applikasjonsprogramvare for 2D og 3D konstruksjon. Programmet ligger under Autodesk familien. I denne oppgaven blir AutoCAD brukt til å lage P&ID skjema av løsningene. Grunnen er at Inventor ikke har denne funksjonen innebygd [28].

## 1.5 Begrensninger og oppgavens struktur

Kontroll boksene må bygges opp på en måte som gjør de driftssikker og slitesterk over tid. En borestreng er bygd opp av mange meter rør, og derfor må kontrollboksen tåle mange repetisjoner. Det skal også være lett å bytte mellom hydraulisk og pneumatisk slips styring.

Først kommer en detaljert beskrivelse av problemet, før det gis en innføring i nordsjøboring og de viktigste maskinene på boredekket. Så kommer en teoridel med teoretisk forankring og litteratur. Deretter legges det frem to mulige løsninger på problemet. Videre kommer en grov kostnadsberegning og dokumentasjon på de to ulike løsningene. Etter hver løsning kommer en liten diskusjon og en delkonklusjon før det til slutt kommer en hoved diskusjon og en hovedkonklusjon på slutten.

## 2. Innføring

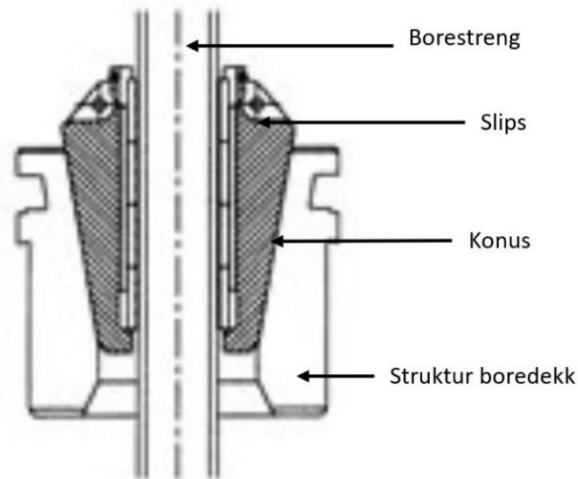
Johan Sverdrup er det nyeste og største feltet som er utbygd i nyere tid på norsk sokkel. Feltet ble oppdaget i 2010 og er nå bygd ut med fire plattformer; boligplattform, produksjonsplattform, boreplattform og stigerørsplattform. Etter en vellykket utbyggingsfase, ble produksjonen startet 5. oktober 2019 og var allerede nedbetalt etter 16 måneders drift. Senere skal det bygges enda en produksjonsplattform som skal startes opp i løpet av 2022. Den daglige produksjonen forventes da til å være rundt 690.000 fat i døgnet. Forventet levetid for Johan Sverdrup feltet er på hele 40 år [1].

### 2.1 Beskrivelse av problemet

For å bore etter hydrokarboner trengs en lang stålstring. I enden er det noen teknologiske komponenter og et bor. Denne strengen er skrudd sammen av mange borerør. Borerørene kan ha en dimensjon fra 3 ½'' og opp til 8''. For hvert rør som skal skrus sammen må strengens vekt avlastes i boredekket. Til dette brukes et *slips*. Et slips er en enhet som griper rundt røret. Det har en utvendig konisk utforming som passer i en lik kon i boredekket. Innvendig i slipset er det små stål tagger som, sammen med kraften fra konusen, skaper nok friksjon til å holde røret på plass. Fjernopererte slips brukes for å unngå unødvendig personell i rød sone. I tillegg erstatter de fjernopererte slipsene manuell håndtering og løfting. Et manuelt slips montert rundt borestrengen er vist på figur 2.1 og veier omtrent 50 kg. Videre er virkemåten på et slips vist med et utsnitt av samme med forklaring på figur 2.2 [29].



Figur 2.1 - Manuelt slips installert rundt borestrengen i boredekket [4]



Figur 2.2 - Snitt av et installert slips [5]

Fjernopererte slips blir levert hydraulisk eller pneumatisk drevet med tanke på kraftoverføring. Kraftoverføringen er setting og åpning. Et slips er satt når det bærer borestrengens vekt mot strukturen i boredekket. Når slippet skal heves igjen, løfter først boremaskinen opp vekten av borestrengens. Deretter heves slippet. Grunnen er at da blir det ikke så stor belastning på løfte mekanisme i slippet. Da løftes kun vekten av slippet.

Slipsene har ulik utforming og størrelse. Et hydrauliske slips er stor og har en vekt på hele 4000 kg. Derfor kan det til tider være vanskelig å montere de rundt borestrengen. Et slik slips blir kalt PS-21/30 og er vist på figur 2.3 [29].



Figur 2.3 - Hydraulisk NOV PS-30 slips [8]

Et pneumatisk slips der kraftoverføringen blir gjort med trykkluft, er lite og lett. Vekten er bare 200kg og derfor lett å håndtere og montere ved hjelp vinsj.

Et pneumatisk slips som er montert på boredekket er vist på figur 2.4 [9]. Det er styringen av dette slipset rapporten tar for seg.



*Figur 2.4 - Pneumatisk slips installert på boredekk, A.Kongshaug*

Utfordringen er at det ikke er lagt opp for fjernoperering av pneumatisk slips på Johan Sverdrup. Det er kun lagt opp for fjernoperering av hydraulisk styrt slips. Derfor må pneumatisk slips kjøres av en ekstra operatør utenfor boredekket. Det pneumatiske slipset blir operert ved hjelp av en manuell fotpedal som vist på figur 2.5. Boreren kjører borestrengen opp og ned med boremaskinen. Derfor må det være god kommunikasjon mellom slips operatør og borer for å sette det i riktig høyde rundt borestrengen. Boreren er den som styrer operasjonen og utstyret på boredekket.



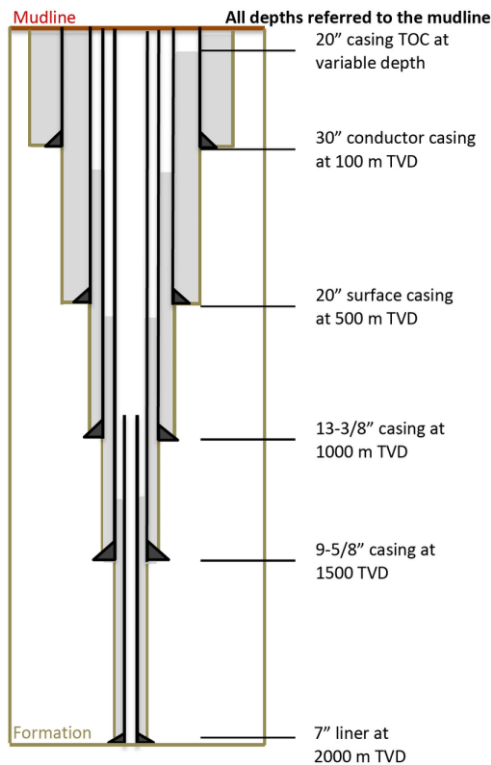


Figur 2.5 - Manuell pedal for kjøring av pneumatisk slips [9]

## 2.2 Innføring i nordsjøboring

Det norske olje eventyret startet på 60-tallet. Amerikanske oljeselskaper kom over på norsk kontinentalsokkel for å prøve lykken. Det ble boret tørt i flere år og de var på nippet til å gi opp. Phillips Petroleum skulle gjøre et siste forsøk. Lille julaften 1969 traff de endelig blink. Oljefeltet ble kalt Ekofisk og var det største oljefeltet funnet til havs. Etter ekofiskfunnet har det blitt funnet mange flere felt som er satt i produksjon. Norge har derfor blitt en rik oljenasjon med god velferd.

Brønnene på Norsk sokkel er boret fra flyttbare eller faste installasjoner. For å bore en lang brønn, må den bores i flere seksjoner. Seksjonene er foringsrør med dimensjoner fra 30`` og ned til 7`. For hver seksjon blir foringsrør satt og sementert på utsiden. Deretter blir neste seksjon boret med et bor med mindre dimensjon. Til slutt blir produksjonsrøret, der oljen strømmer til over flaten, installert. En typisk opp bygning av en brønn er vist på figur 2.6 [11].



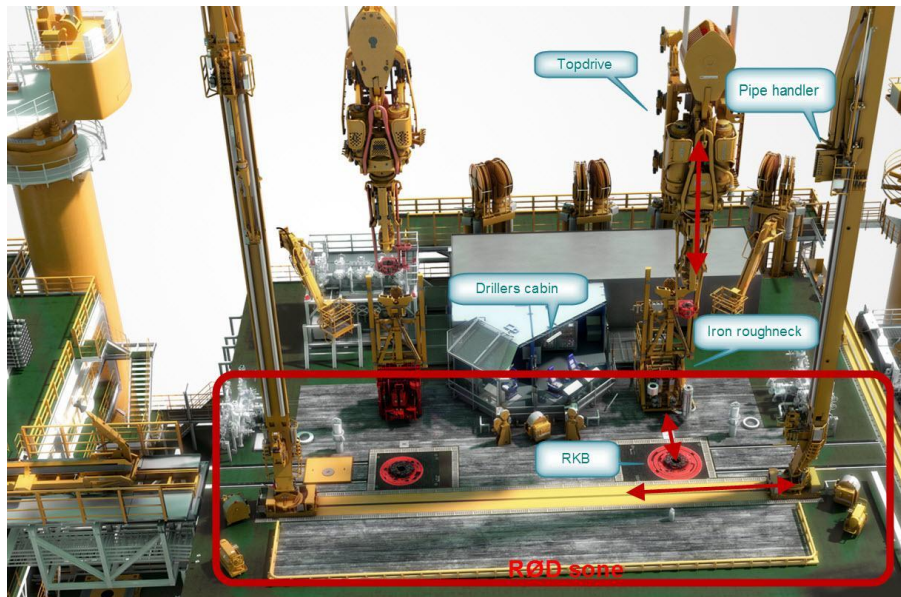
Figur 2.6 - Standard foringsrør program [10]

## 2.3 Bore utstyr

I senere tid har det blitt mer og mer søkelys på Helse Miljø og Sikkerhet. Det skal være tilstrekkelige barrierer som forhindrer storulykker. Samtidig har det blitt søkelys på god ergonomi for å lette arbeidshverdagen til arbeiderene. Tyngre arbeidsoppgaver skal erstattes av maskiner og hjelpemidler. NOV et internasjonalt selskap som er en av de største total leverandørene av boreutstyr. Utviklingen går i den retning at mest mulig skal fjern opereres. Bilder og generell informasjon om boreutstyret er hentet fra [11] NOV sin hjemmeside og fra NDLA [13]. Noe av forklaringene kommer også fra egen erfaring fra bruk av NOV utstyr. Her kommer en liten innføring i noen av de mest sentrale maskinene i moderne boreteknologi.

### 2.3.1 Rød Sone

Rød sone er et avgrenset område på boredekket, og er vist på figur 2.8. Innenfor dette området er det utstyr i bevegelse på boredekket og oppover i boretårnet. Etter regelverk fra NORSOK og Samarbeid for Sikkerhet (SfS) skal utstyr fjern opereres fra operatørstoler i borers cabin. Det er derfor ikke lov å være innenfor rød sone uten at utstyret står stille, og borer gir tillatelse til å gå inn. Hensikten er å beskytte personell i området fra klemskader og eventuelt fallende gjenstander [15].



Figur 2.7 - Rød sone på boredekk [15]

### 2.3.2 Drawwork

Drawwork er hoved vinsjen som løfter boremaskinen opp og ned i boretårnet. Til å løfte blir det brukt en kraftig wire. For å gjøre det lettere for vinsjen, går wiren flere ganger opp og ned gjennom flere skiver. Selve heisingen går da saktere, men det blir mulig å løfte flere hundre tonn. Drawworken er drevet av flere store elektromotorer gjennom et girsystem.



Figur 2.8 - NOV drawwork [11]

### 2.3.3 Top Drive

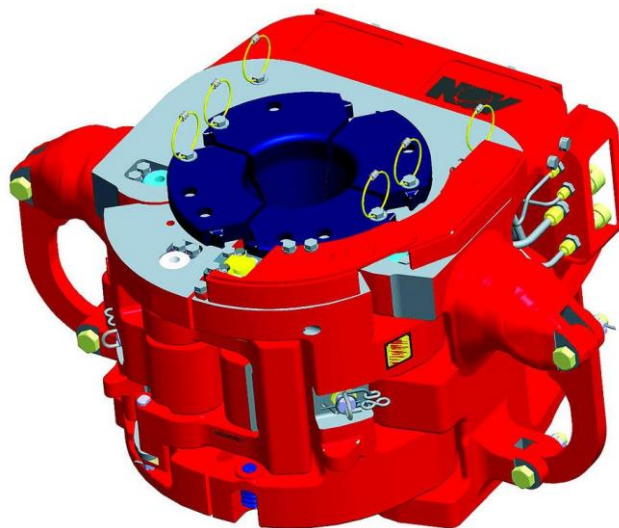
Top Driven er selve boremaskinen som løfter og senker utstyr. Den roterer borestrengen ved hjelp av store elektromotorer. For at hele boremaskinen ikke skal snurre rundt, blir den ført

opp og ned i bjelker med spor for ledehjul. Boremaskinen blir løftet og låret av drawworken. Et eksempel på en Top Drive er avbildet på figur 2.7 [15].

### 2.3.4 Elevator

Elevatoren er automatisk og er forbindelsen mellom borerøret med boremaskinen når det kun trekkes, men ikke pumpes. Når det pumpes, er borerøret skrudd fast i boremaskinen.

Borerøret har en nakke som passer i en *insert* i elevatoren. Disse insertene blir byttet etter hvilken dimensjon det er på borerøret. Denne er hydraulisk drevet og har flere sikkerhetsfunksjoner. Den ene skal forhindre åpning når det er vekt i den. Den andre er lagt inn slik at det ikke skal være mulig å åpne slipset når elevatoren ikke er lukket. Denne sikkerhetsfunksjonen er noe som skal brukes senere i oppgaven. Sikkerhetsfunksjonene er lagt inn for å hindre at borestrengen mistes i brønnen [13].



Figur 2.9 - NOV automatisk elevator [13]

### 2.3.5 Slips

Som tidligere skrevet er slipset et verktøy som blir brukt til å låse av borerøret i boredekket. Slipset har en utvendig konisk utforming som passer i en lik kon i boredekket. Disse kan være helt manuelle, der tre personer må til før å få løftet det. Ellers er de mekanisk styrt ved hjelp av pneumatikk eller hydraulikk. Et manuelt slips er montert rundt borestrengen på figur 2.1 [32].

### 2.3.6 Iron Roughneck

En Iron Roughneck er en maskin som skrur sammen rørene og gjør deretter gjør de opp til ønsket moment. Kraften kommer fra hydraulisk anlegget som styrer sylindere og motorer. Denne maskinen kjøres frem og tilbake på skinner når den skal skru av eller på et nytt borerør. Den kjøres tilbake slik at den ikke er i veien mens andre operasjoner gjennomføres [15].



Figur 2.10 - Iron roughneck [15]

### 2.3.7 Hydraracker

NOV's svar på rørhåndteringsmaskin kalles Hydraracker. For å gjøre boreoperasjonene mer effektiv, blir borerørene satt sammen til *stands*. Et stand er flere borerør som er skrudd sammen, fra to til fire stykker. Lengden blir da fra 30-40 meter. Standene blir plassert i et magasin i boretårnet, magasinet blir kalt fingerbord. Hydrarackerens oppgave er da å hente disse standene fra fingerbordet og flytte de til senter av boretårnet. En del av pipehandleren vises på figur 2.7 [15].

## 2.4 Styresystemer

Som tidligere nevnt, er det et flertalls maskiner som jobber sammen på et boredekk. Her er bare de mest relevante for oppgaven nevnt. Maskinene kjører i forhåndsdefinerte baner, som monitoreres med flere sensorer. Maskinene opereres fra teknologiske kontroll stoler som kalles Cyber Base. For å forhindre kollisjon blir det brukt systemer som hjelper operatørene med å forhindre dette. NOV's system heter ACS. Systemet er bygd opp slik at hver maskin har virtuelle bokser rundt seg. Dersom det kommer to maskiner i nærheten av hverandre, blir farten redusert og maskinen gjør seg klar til å stoppe. Kommer maskinene inn i hverandres boks, stopper de momentant. For å ikke få full stopp på anlegget under boring, er maskinene

satt opp etter prioritet. Top drive blir for eksempel ikke stoppet hvis hydraracker kommer i nærheten, da stoppes kun hydrarackeren.

Elevatoren kan som skrevet ikke åpnes når den har vekt. En annen funksjon er at den ikke kan åpnes når slipset ikke er satt. Likens, kan heller ikke slipset åpnes når elevatoren er åpen. Dette er lagt inn i ACS systemet for å forhindre feiloperering som kan føre til at borestrengen kan mistes ned i brønnen [14].

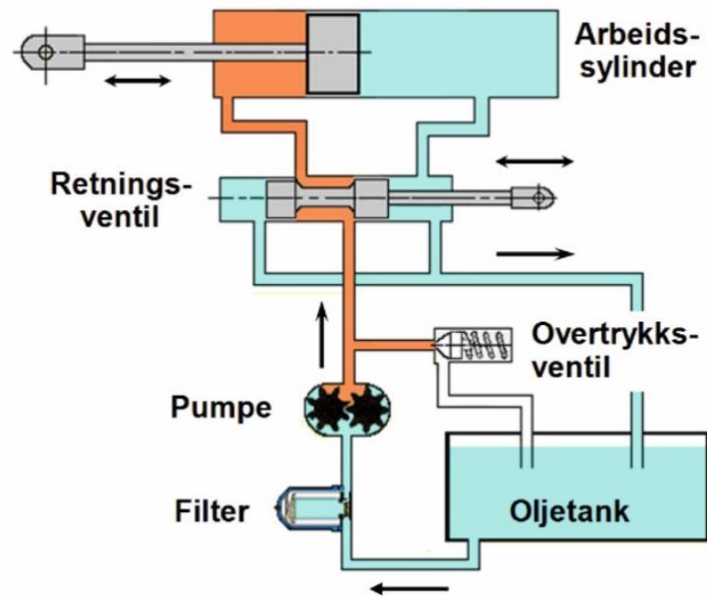
## 2.5 Hydraulikk

Oljehydraulikk er overføring av store krefter og bevegelser ved hjelp av olje under trykk. En pumpe henter olje fra et reservoar og sender det ut på et system bestående av rør og ventiler. Energien blir overført til for eksempel en sylinder eller en motor, før oljen så returnerer tilbake til reservoaret.

Oljehydraulikk er mye brukt i industrien, spesielt innen marine og offshore industrien. Den har mange fordeler og noen ulemper:

- Gir kontrollerte bevegelser
- Kan overføre store krefter med relativt små komponenter uten store bevegelige komponenter. Erstatte for eksempel reimdrift, tannhjul og lange akslinger
- Kan brukes i tøffe miljøer
- Lett å automatisere ved hjelp av elektrostyrt fjernoperering.

Den største ulempen derimot er det helsemessige med tanke på oljesøl. Hydraulikkolje er svært helseskadelig, derfor er det viktig å bruke egnet verneutstyr ved arbeid på hydraulikksystemer [7][16].



Figur 2.11 - Prinsipp skisse hydraulikk [16]

## 2.5.1 HPU

Mye av boreutstyret blir drevet av hydraulikk. En HPU består av flere pumper drevet av elektromotorer og et olje reservoar. I tillegg er det montert filter inn og ut av systemet for å fange opp partikler i oljen. Trykket pumpene produseres blir sendt ut på en ring-line som går rundt på riggen. Dette er et lukket system som sirkulerer på oljen. Maskinene er derfor koblet på denne linjen og tar ut trykk etter behov. Kapasiteten på anlegget er kalkulert ut fra mengden olje alle maskinene behøver under drift. Når det ikke blir brukt olje, sirkuleres oljen tilbake til oljereservoaret. Moderne anlegg har automatisk start og stopp av antall pumper som er i drift etter hvor stor belastningen er.

## 2.6 Pneumatikk

Pneumatikk er overføring av mindre krefter ved hjelp av luft trykk. Pneumatikk blir mye brukt i industrien og er forbundet med automatisering. Forskjellen mellom pneumatikk og hydraulikk er ikke så veldig stor. Den største forskjellen er at hydraulikkolje ikke lar seg komprimere like mye som luft. Derfor er ikke pneumatikk like presist som hydraulikk. I pneumatikk blir returluften sendt ut som eksos etter bruk, mens i hydrauliske systemer må det føres i et eget løp tilbake til tanken. Luften komprimeres ved hjelp av kompressorer og kan lagres på tanker over lengre tid. Ved bruk, strømmer luften kjapt i rør og ledninger uten for stort tap. Derfor er pneumatikk raskere enn hydraulikk. Pneumatiske systemer er enkle å

installere, vedlikeholde og de har høy driftssikkerhet. Prisen er også lavere enn på et hydraulikkanlegg. Pneumatikk og hydraulikk trykk blir som regel målt i bar, mens i SI-systemet brukes pascal. I industrien har bar blitt såpass innarbeidet. I denne oppgaven vill det derfor også bli brukt bar [16] [6, s.12-14].



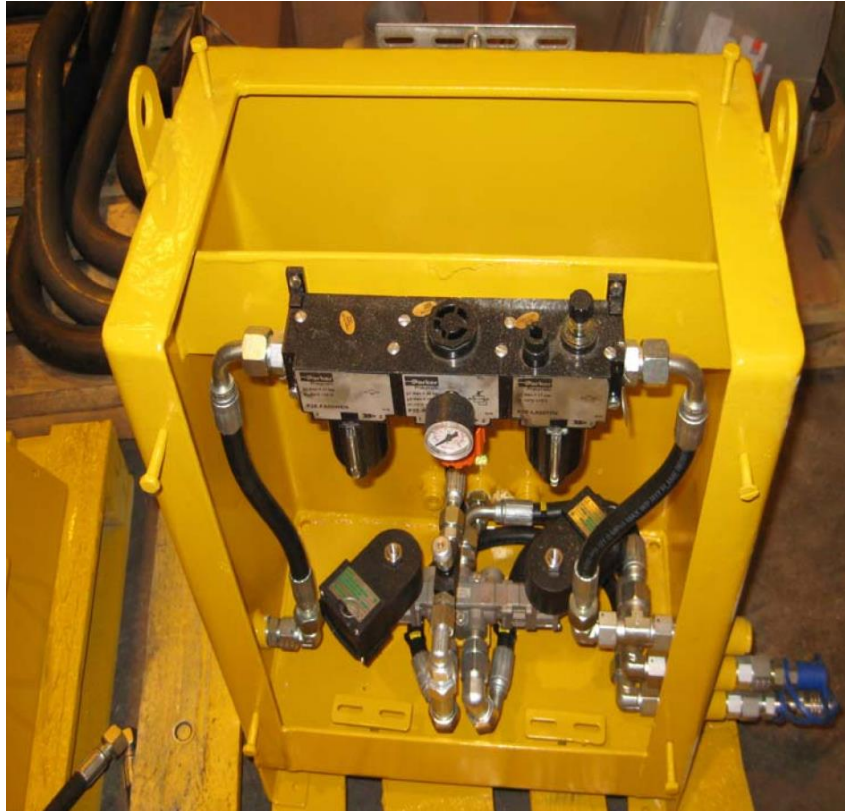
### 3. Metode for løsning av oppgaven

For å løse slipsproblematikken på Johan Sverdrup har det blitt sett på to mulige løsninger. Den ene er å styre en pneumatisk ventil med elektriske solenoider på begge innganger. Denne ventilen styrer deretter kraftoverføringen i det pneumatiske slipset ved hjelp av en pneumatisk sylinder. Den andre er en helmekanisk løsning der eksisterende hydraulikk blir brukt til å kjøre en hydraulisk sylinder som aktiverer en pneumatisk ventil, som igjen styrer den pneumatiske sylinderen i det pneumatiske slipset.

I dette kapittelet blir det vist hvor inspirasjon til prosjektet kommer fra og hvordan løsningene har blitt bygd opp. Hvor deler kommer fra og hvilke utfordringer som måtte løses underveis.

#### 3.1 Informasjon gitt fra Odfjell

Odfjell sendte et bilde og et skjema over en eksisterende styringsenhet som er i bruk på Deepsea Stavanger. Deepsea Stavanger er en av Odfjells flyttbare enheter. Dette er en pneumatisk løsning styrt med solenoider. En solenoid er en elektrisk magnetventil som blir brukt som aktivator på ventiler i et programmert system [18]. Løsningen er vist på figur 3.1. P&ID symbolskjema av samme enhet er vedlagt i vedlegg A. I tillegg ligger P&ID skjema over hydraulikk styringen av PS-30 vedlagt som vedlegg B. Ut fra disse opplysningene og samtaler med kollegaer på Johan Sverdrup skal det designes to løsninger på problemet. Som tidligere nevnt må løsningen tåle mange sykluser. I tillegg er det viktig at det blir gjort enkelt og at løsningen blir holdbar uten for mye nødvendig vedlikehold.



*Figur 3.1 - Pneumatisk styringsenhet på Deepsea Stavanger [17]*

NOV, som er leverandør av boreutstyr, har ikke pneumatisk slips i sitt sortiment. Likevel er pneumatiske slips i bruk på alle installasjonene til Odfjell. De pneumatiske slipsene blir leid ut av datterselskapet til Odfjell, nemlig Odfjell Well Service. På bakgrunn av dette blir kontrolluniten for dette ekstrautstyr som må tilpasses inn i NOV's styresystem (ACS).

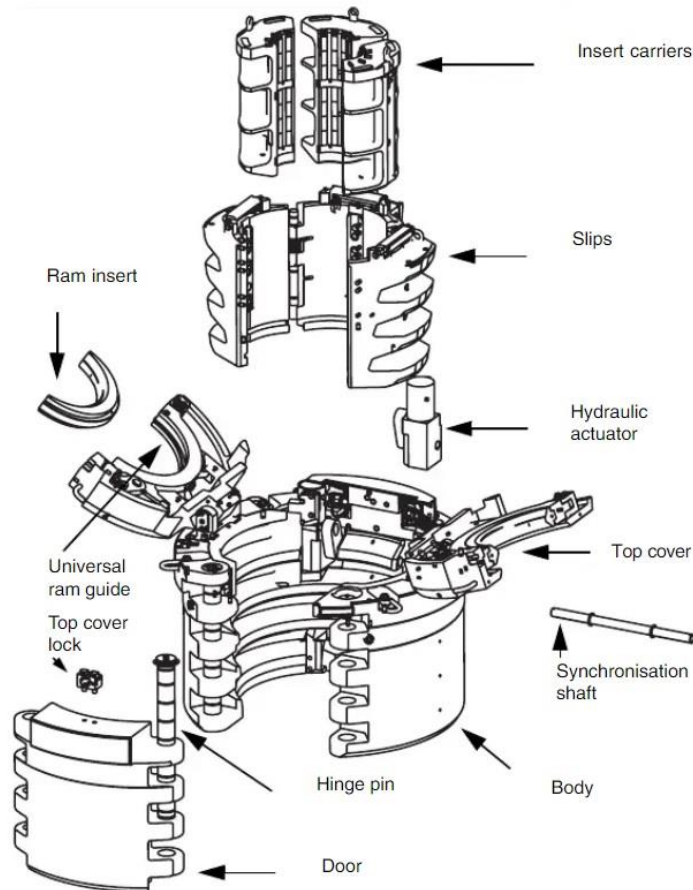
På boredekket blir det brukt en kombinasjon av pneumatisk eller hydraulisk slips etter hvilken operasjon som foregår. Kjøres det rør med samme dimensjon over lengre tid, blir hydraulisk PS-30 foretrukket. Mens når det blir byttet mellom flere dimensjoner i korte tidsrom, blir pneumatisk mest brukt [17].

### **3.2 Deler fra leverandører**

For å finne et design på problemet ble det diskutert med kollegaer offshore, samt fra egen arbeidserfaring. Det ble belyst og diskutert hva problemet er, og hva trengs for å løse det. De fleste av delene er funnet på ei nettside som heter RS Components AS [33]. På denne nettsiden ble det funnet deler med dimensjoner og dokumentasjon som gjorde det enklere å designe delene i Inventor. Samtidig ble prisen funnet direkte som gjorde det enklere å gjøre utføre en kostnadsberegning.

### 3.3 Power Slips PS-30

PS-30 og PS-21 er i NOV's sortiment for hydrauliske slips. Eneste forskjellen på disse er størrelsen. I denne oppgaven blir de samme hydrauliske signalene brukt i kontroll boksen, som i PS-30 slipsene. Derfor blir det gitt en liten forklaring på hvordan de fungerer. Oversikt over de ulike komponentene er vist i figur 3.2.



Figur 3.2 - Oversikt over komponenter i PS-30 [19, s.19]

Hydraulikk styringen kommer fra en egen sentral som igjen får trykket fra riggerens HPU system. Til slipset går det tre slanger, tilkoblet med hurtigkoblinger. En for åpning og en for setting av slipset, samt en for signal/tilbakemelding. Trykket er henholdsvis 1600 psi for åpning opp og 1800 psi for slips setting (ned). Lest fra vedlegg B er disse kalt A1, B1 og S1.

- A1 - Setting av slips (ned).
- B1 - Åpning av slips (opp).
- S1 - Signal/tilbakemelding.

Disse funksjonen får elektrisk signal fra:

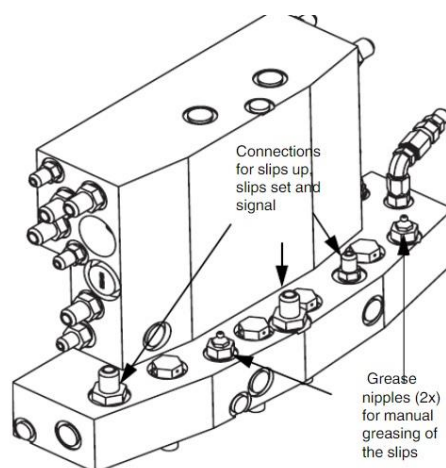
- E9 - Slips up.
- E10 – Slips set.
- E11 – Slips set detection.
- E13 – Slips up detection.

Trykkbryterne som registrerer trykk fra signalslangen kalles:

- PS2 – Pressure switch slips up.
- PS3 – Pressure switch slips down.

$$1 \text{ bar} = 14,5 \text{ psi}$$

Som nevnt blir det brukt bar i denne oppgaven. Derfor blir trykkene for setting og åpning av PS-30 slipset henholdsvis 110 bar og 124 bar. Disse signalene hydraulikkslangene skal brukes som styring på videre i oppgaven på løsning 2 [19, s.33].



Figur 3.3 - Hydraulikk tilkobling manifold på PS-30 [19, s.22]

Når slipset er oppe eller nede blir noen små trykkbrytere aktivert. Når disse er aktivert, åpnes det for trykk i signal slangen. Trykket blir registrert tilbake på sentralen av to pressostater, PS2 og PS3, en for hver retning. Videre gis det elektrisk tilbakemelding gjennom E11 og E13 til PLS systemet (ACS). Det gis i tillegg tilbakemelding oppe på skjermen til operatøren. En pressostat er en elektrisk komponent som registrerer trykk. Slike tilbakemeldings signaler er viktige for at flere maskiner kan jobbe sammen sikkert. Et eksempel er, som tidligere nevnt, at det er innlagt barrierer i systemet. Når slipset er nede og elevator er åpen, gis det ikke tilgang til å åpne slipset. Når elevatoren er lukket derimot, får man lov å åpne slipset. Motsatt får ikke elevatoren åpnes, når slipset ikke er satt. Dette er lagt inn i moderne systemer for å hjelpe operatørene mot å gjøre feil [Vedlegg B].

I tillegg er det lagt inn en advarsel i manualen. Selv om den teoretiske løftekraften er 4,263 kg, kan slipset åpnes med DP installert hvis et åpnesignal gis. Derfor er det anbefalt å ha et minimum borestrengs vekt på 10,000 kg for å være sikker. Svært ofte blir derfor pneumatisk slips brukt som en sikkerhet opp til en strengvekt på 10,000 kg. Denne informasjonen er funnet i manualen til PS-30 [19, S.21].

### 3.4 Valg av størrelse på pneumatikk ventiler

Dimensjonering av komponentene er valgt ut fra eksisterende slanger og komponenter på det pneumatiske slipset. Dette ble sjekket og målt i felt. Dimensjonene er i tommer og ble målt til 1/4''.

Dimensjoner på den pneumatiske kraftoverførings sylindren er målt ute i felt:

- Stempelets diameter: 100 mm
- Stempelstangens diameter: 50 mm
- Slaglengde: 180 mm

Ut fra tabell 3.1 kan man se at 1/4'' er et av alternativene, men også det minste med sylinder fart under 0,5 m/s. Likevel blir det brukt G1/4'' videre. Man kan også se at det ikke er anbefalt med for lange strekk mellom ventil og sylinder.

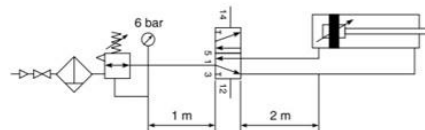
Tabell 3.1 - Ventil størrelse i forhold til sylinder boring [20]

**Typical cylinders speeds which can be achieved with Viking valves and different tube sizes.**

In the chart below you can find the suitable valves, tubes etc. for each cylinder size. If you have a tube length over 2 m, choose one tube size larger than in the chart.

Following data is valid:

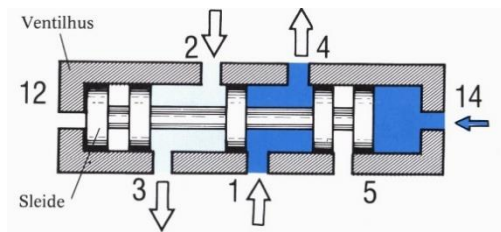
- Supply pressure : min 7,0 bar
- Regulator pressure setting : 6,0 bar
- Pipe length between air treatment unit and valve : max 1 m
- Pipe length between valve and cylinder : max 2 m



Cylinder bore	<20	20-32	40-50	63	80	100	125	160	200
Cylinder port	M5	G1/8	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G1/2	G3/4	G3/4
Tubing Ext/Int	4/2.7	6/4	8/6	10/8	10/8	12/9	14/11	18/15	20/18
P2LAX	G1/8	G1/8	G1/8	G1/8	G1/8				
P2LBX	G1/4	G1/4	G1/4	G1/4	G1/4	G1/4			
P2LCX				G3/8	G3/8	G3/8	G3/8		
P2LDX				G1/2	G1/2	G1/2	G1/2	G1/2	G1/2

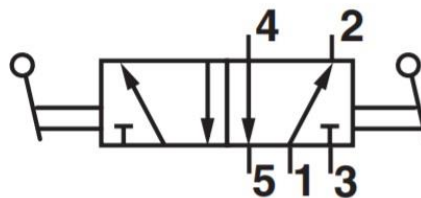
- Cylinder speed < 0,5 m/s
- Cylinder speed < 1 m/s
- Oversized
- Cylinder speed > 1 m/s

De pneumatiske ventilene skal styre en pneumatisk kraftoverførings sylinder som enten er ute eller inne, den behøver ingen midtillings posisjon. 5-portsventiler har fire strømmingsveier, de kan fylle og tømme to kamre, disse blir mest brukt til å styre dobbeltvirkende sylindre. Disse blir kaldt sleideventiler. Port 1 er for luft inn, 2 og 4 er for utløp til sylindren og 3 og 5 er for eksos til atmosfære. Derfor passer en 5/2 ventil inn etter formålet med denne oppgaven. Tverrsnitt på en 5/2 ventil er vist i figur 3.4.

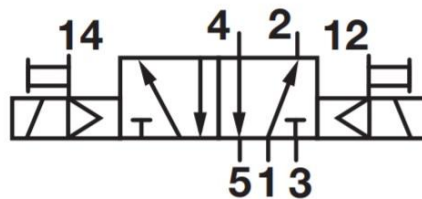


Figur 3.4 - Oppbygning av pneumatisk 5/2 sleideventil [6, s.36]

Den ene blir solenoidstyrt og blir brukt på løsning 1 mens den andre er manuelt styrt og blir brukt til løsning 2. På figurene under ser man at de har litt forskjellig utforming på symbolene, men de har lik funksjon [6, s.36].



Figur 3.5 - Manuell 5/2 ventil [21, s.5]



Figur 3.6 - Solenoid styrt 5/2 ventil [22, s.3]

### 3.5 Luftbehandlings enhet

Luftbehandlingsenheter blir ofte kalt tåkesmører. Når trykklufta strømmar gjennom rør, blir den nedkjølt. Lufta skiller da ut vann som kan skape forstyrrelser i systemet. I det første kammeret på tåkesmøreren fjernes derfor fuktighet fra lufta, mens i det andre kammeret tilføres luftolje. Oljen smører komponenter som igjen forlenger levetiden. På toppen er det en reguleringsventil for å justere luft trykket ut. Riggens systemtrykk for pneumatikk er vanligvis på 8 bar og i vedlegg 1 står det at trykkbehovet for solenoidløsningen er på 7 bar. I tillegg har den valgte typen en avstengingsventil som gjør det enklere når man må etterfylle luftolje. Fra informasjonen gitt av Odfjell ser det ut som luftbehandlingsenheter deres er av størrelse G3/8", derfor blir den også brukt her i begge løsningene. Valgt enhet som er levert av Nordgren er vist i figur 3.7 [6, S.118-124].



Figur 3.7 - Luftbehandlings enhet [30]

## 1.6 Luftbehov ved operering av pneumatisk slips

Det pneumatiske slipset er drevet av en *dobbeltvirkende sylinder*. En sylinder er dobbeltvirkende når den kan få trykk inn på hver sin side av stempelet. Denne gjør da arbeid i begge retninger.

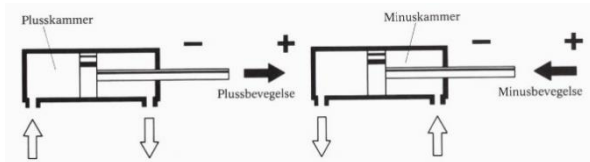
Her kommer kalkulasjon av nødvendig luftmengde og luftforbruk. Trykket blir målt i bar. I pneumatikken måles det alltid i overtrykk, det vill si trykk over atmosfæretrykket. Når det beregnes luftmengde og luftforbruk, må det brukes det *absolutte trykket*. Absolutt trykk inkluderer det atmosfæriske trykket i kalkulasjonene. Heretter brukes betegnelsen bar for overtrykk og bar- $\alpha$  for absolutt trykk. Et overtrykk på 6 bar vil for eksempel svare til et absolutt trykk på  $6+1=7$  bar- $\alpha$ . Fra vedlegg A sto det at det nødvendige luft trykket var på 7 bar, derfor blir det absolutte trykket i dette tilfellet 8 bar- $\alpha$ . Denne informasjonen og formlene kommer fra [6, S.13-19]. Dobbeltvirkende kraftoverførings sylinder montert i rammen på det pneumatiske slipset er vist på figur 3.8.



Figur 3.8 - Dobbeltvirkende sylinder på pneumatisk slips, A.Kongshaug



Figur 3.9 viser virkemåten til en dobbeltvirkende sylinder.  $V_1$  er volumet bak stempelet i plussbevegelse og  $V_3$  er volumet foran stempelet og rundt stempelstangen som er minusbevegelse. Volumet blir oppgitt i liter. Når det tilføres trykkluft i det ene kammeret, kommer det eksosluft ut fra det andre.



Figur 3.9 - Dobbeltvirkende sylinder [6, s.19]

$$V_1 = \frac{1}{4} \pi * D^2 * L = 1,42 \text{ l}$$

$$V_3 = \frac{1}{4} \pi * (D^2 - d^2) * L = 1,06 \text{ l}$$

For luft gjelder: *trykk \* volum = konstant* som er det samme som  $P_1 * V_1 = P_2 * V_2$ .

$P_2 = 1 \text{ bara (atmosfæretrykk)}$

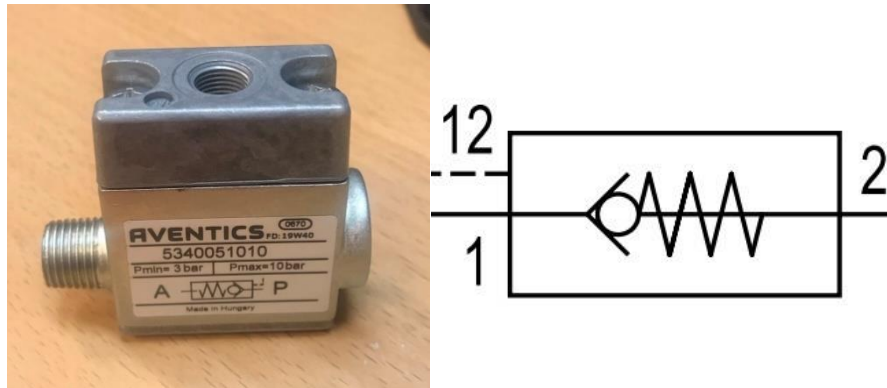
Det vil si:

$$V_2 = \frac{P_1 * V_1}{P_2} = \frac{8 * 1,42}{1} \text{ Nl} = 11,36 \text{ Nl}$$

$$V_4 = \frac{P_1 * V_3}{P_2} = \frac{8 * 1,06}{1} \text{ Nl} = 8,48 \text{ Nl}$$

Luftmengde angis i *normalliter* som er luft ved 1 atmosfære og 15 grader [6, S.16]. For en syklus opp og ned med det pneumatiske slipset er det behov for 19,84 Nl luft.

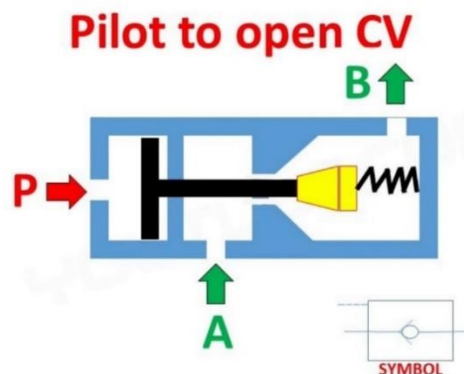
På undersiden av sylinderen, på tilkoblingen til plusskammeret, er det montert en tilbakeslagsventil. Det er ikke en vanlig tilbakeslagsventil, men en pilotoperert tilbakeslagsventil. Ventilen og tilhørende symbol er vist i figur 3.10.



Figur 3.10 - Pilotoperert tilbakeslagsventil, A.Kongshaug

Ventilen i figur 3.10 fungerer slik at det er fri åpning når plusskammeret fylles med trykkluft. Når sylindren skal kjøres i motsatt retning, der minuskammeret skal fylles og plusskammeret skal tømmes, skjer det ikke noe dersom det hadde vært en normal tilbakeslagsventil. Denne tilbakeslagsventilen fungerer derimot i motsatt retning dersom den får trykkluft inn på pilot inngang nummer 12. Slangen som tilfører trykk inn i minuskammeret er derfor også koblet inn på inngang nummer 12. Når det tilføres et trykk på minimum 3 bar åpnes tilbakeslagsventilen og luften går ut av plusskammeret som eksos [31].

Grunnen til at denne ventilen er montert er som en sikkerhet mot at sylindren siger over tid. Den fungerer som en lastholdeventil og slangene kan derfor kobles av uten at plusskammeret tømmes. Samtidig under operasjon der borestrengen kjøres ned i brønnen med stor hastighet, er ventilen der som sikring mot at slippet settes utilsiktet ved et eventuelt trykkfall. Settes slippet utilsiktet bråstopper borestrengen, men det gjør ikke resten av boreutstyret. Dermed får man en kollisjon der konsekvensene er store, og utstyr blir skadet. Forklarende bilde av ventilen er vist i figur 3.11.



Figur 3.11 - Pilotoperert tilbakeslagsventil [31]

## 4. Løsning 1: Solenoidstyrt sleideventil

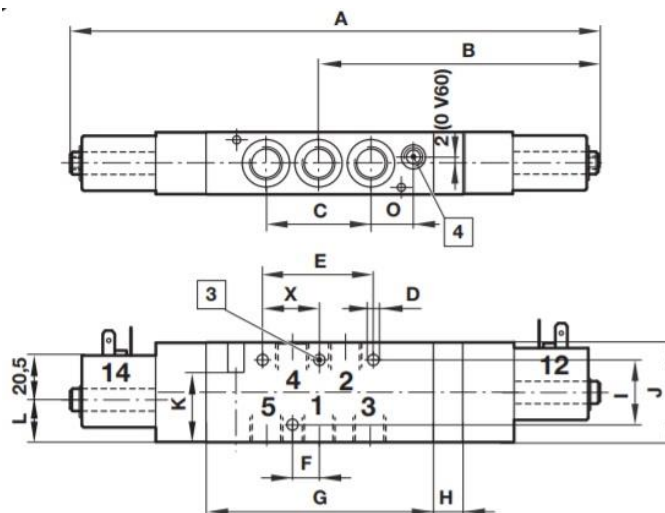
Solenoid løsningen krever ikke så mange mekaniske deler, men krever en del programmering i PLS fra NOV sin side. I tillegg må alt elektrisk offshore være EX-sikkert. Derfor innebærer det en del jobb å trekke kabler, slik at dette blir gjort i henhold til krav. Signalene er uavhengige av hydraulisk styringen. Operatøren i borers kabin må derfor bytte over i systemet om det skal benyttes hydraulisk eller pneumatisk operert slips.

Designet av denne løsningen blir veldig likt som liknende løsning som er gitt i figur 3.1 og vedlegg A fra Deepsea Stavanger. Den største forskjellen ble at mitt design ble mer kompakt og tok mindre plass. Etter samtale med elektriker kollega offshore sa han at en vanlig solenoid i NOV's system får 24 volt DC signal. Dette var bare info av ren nysgjerrighet, det skal ikke studeres inn på elektronikk styringen i denne rapporten.

Det var også viktig at det ble lagt inn tåkesmører i designet for lengre levetid på ventil og slips. Videre kommer valg av deler til å designe kontroll boksen. Kontrollboksen er modellert i Inventor. I dette kapittelet blir det vist hvordan deler er satt sammen og hvilke utfordringer som måtte løses underveis. Etter hver løsning kommer en liten diskusjon og delkonklusjon. Løsningene vurderes opp mot hverandre.

### 4.1 Solenoidstyrt pneumatikkventil

Valgt pneumatikk ventil blir styrt av solenoider på begge sider. Ventilen skal igjen styre den pneumatiske kraftoverførings sylindere på slipset. Ventilen er en 5/2 ventil som leveres av leverandøren Nordgren. Valgt ventil er vist på figur 4.1. Selve solenoid coilene er plassert ytterst der det står 12 og 14. På toppen av disse kobles det på egne kontakter som har tilhørende kabler som går inn til tavlerom og kobles på PLS innganger. Solenoidene og kontaktene må etterleve krav om EX-sikrings offshore.



Figur 4.1 - Solenoidstyrt 5/2 pneumatikk ventil [22, s.11]

## 4.2 Valg av skap

For å beskytte komponenter fra ytre påkjenninger blir delene designet i et rustfritt skap. På nettsiden til elektroimportøren ble det funnet skap i rustfritt og syrefast i flere dimensjoner. Det ble litt testing og modellering i Inventor for å lage et design som passert i et standard skap med gitte dimensjoner. Skapets størrelse ble 400x400x200. I illustrasjonene fra Inventor er kun veggene og innholdet i skapet som er vist. Døren er modellert inn på den siste arbeidstegningen vedlegg D.

I skapets vegger blir det montert gjennomføringer for luftrør og elektriske kabler. Skapet får to innganger for elektriske kabler og tre for rør. I stedet for å ha egne gjennomføringer for eksosluft, ble det designet et hull på 40 mm i bunnen av skapet. Dette ble gjort slik at returluften skal gå til atmosfære uten stor motstand.



Figur 4.2 - Syrefast skap 400x400x200 [23]

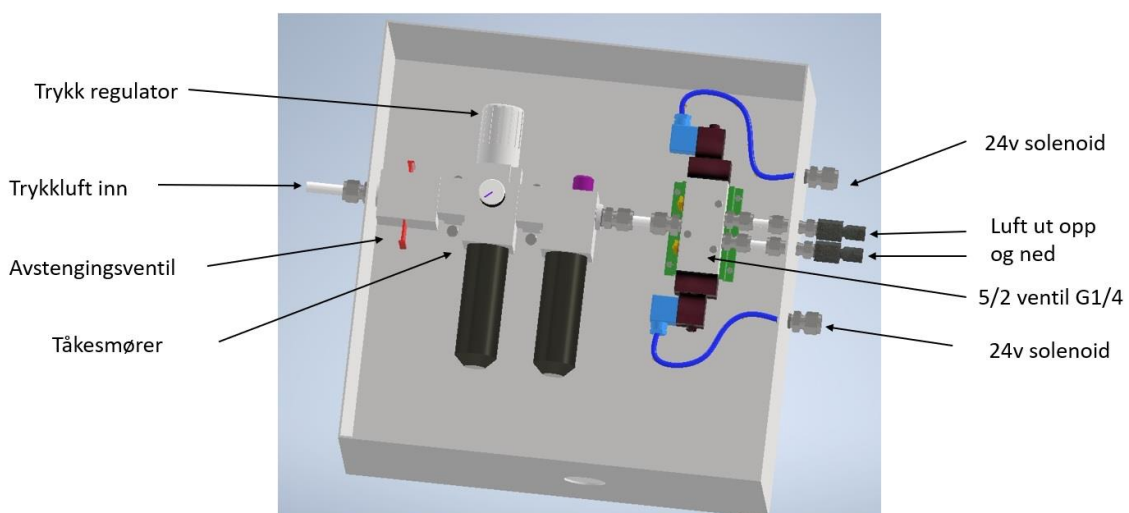
Til koblinger og fittings ble det i hovedsak brukt to typer. På rørkoblinger til instrumentrør ble det brukt en type som heter *Parker A-lok*. Parker A-lok har NPT gjenger i ene enden og press ring for instrumentrør i den andre. Rørene mellom luftbehandlings enheten, pneumatikk ventilen og koblingene ble dimensjonert til 10mm. Dette fordi tilkoblingene på ventilen er ¼". I pneumatikk ventilene og i tåkesmøreren er det rørgjenger med dimensjoner gitt i tommer. NPT er det samme som rørgjenger og passer overens.

På hydraulikk slange koblinger blir det brukt *Ermeto*. Det blir brukt fleksible 1/4" hydraulikkslanger fra skapet og ut på boredekket til det pneumatikk slipset. Estimert lengde på slangene er 2x6 meter, dette avhengig av plassering av skapet. Ermeto er den standardiserte typen koblinger som blir brukt på hydraulisk utstyr fra NOV og er levert av *Parker*. Parker er en stor leverandør av hydrauliske komponenter til industrien.

Gjengetypene som ble brukt ble bestemt sammen med Odfjell og egen erfaring med bruk av disse. Det var ønskelig at det ble brukt mest mulig standardiserte typer som allerede er i bruk på riggen [17].

### 4.3 Resultat

Her er resultatet av solenoidløsningen vist i figur 4.3 med forklaringer. Her er skapet illustrert uten dør for å få frem komponentene innvendig i skapet.



Figur 4.3 - Skjerm bilde fra Inventor (3D modelleringsprogram) med forklaring

For å få senter av pneumatikk ventilen like langt ut fra bakveggen i skapet som senter av tåkesmøreren, måtte det konstrueres en monterings plate. Monteringsplaten er vist som grønn på figur 4.3. Denne monteringsplaten er ikke standard, derfor er arbeidstegning vedlagt i vedlegg D.

#### **4.4 Diskusjon løsning 1**

Tidligere er det nevnt at det er ønskelig med tilbakemelding til systemet om slipset er satt eller ikke. Dette slik at ACS systemet får maskinene til å samarbeide. I tillegg skal det hindre at boreren foretar feil operasjoner som kan få negative konsekvenser. Konsekvensene er forklart i punkt 2.4 styresystemer. Problemet med denne løsningen er at det ikke gis noen form for tilbakemelding til ACS. Slipset får kun lufttrykk fra kontrollskapet for åpning og setting av slipset, ingen form for tilbakemelding tilbake. Kun at det er gitt signal opp eller ned på slipset. Borer må derfor visuelt bekrefte at slipset er skikkelig satt i boredekket hver gang før han avlaster vekten av borestrengen. På en annen side er ikke det pneumatiske slipset så kraftig i åpnesekvensen, derfor er det ingen fare for at slipset kan åpnes når borestrengen står avlastet i boredekket. Med denne løsningen må borer veksle mellom hydraulisk eller pneumatisk slips i ACS.

#### **4.5 Konklusjon på løsning 1**

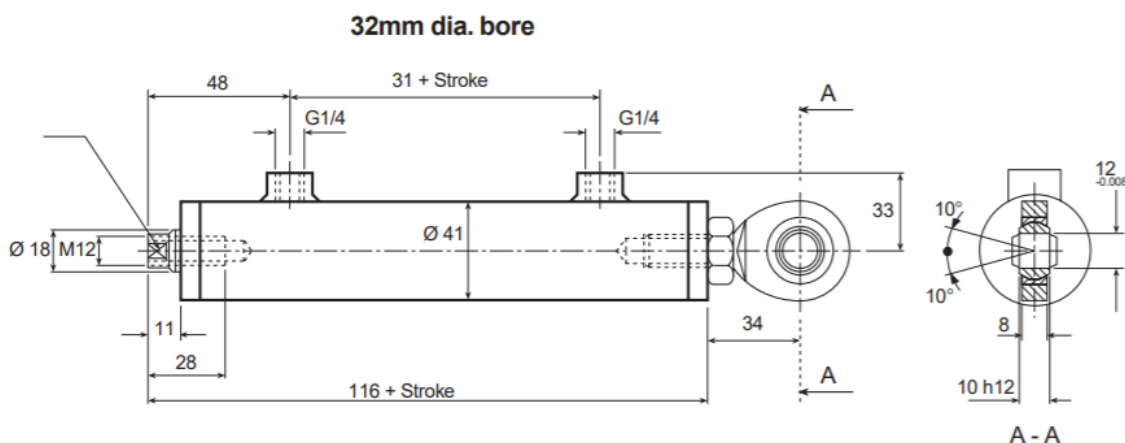
Løsningen er kompakt og passer i et standardisert skap som skjerner mot ytre påkjenninger. Det er ingen bevegelige deler, annet enn sleiden innvendig i pneumatikkventilen. For å få god levetid på ventilen er det lagt inn en luftbehandlingsenhet. Under luftbehandlingsenheten er det lagt inn god plass for lett å kunne demontere kopper for drenering av fuktighet og etterfylling av luftolje. Problemet er at denne løsningen er dyr å sette i gang. Det er mye programmering og tilpasning av ACS fra NOV sin side. I tillegg må det trekkes kabler over lengre strekk inn til tavlerommet. Prisen for delene i denne løsningen er ikke så kostbare, men det er alt som kommer i tillegg som koster. Dette fører til at den totale prisen på løsningen blir høy. Likevel blir problemet løst med at det pneumatiske slipset blir fjernoperert med denne løsningen. Noe som igjen frigjør den ekstra personen som måtte kjøre dette manuelt tidligere.

## 5. Løsning 2: Helmekanisk løsning

Den andre løsningen som er designet, er en helmekanisk løsning. Her var målet å bruke eksisterende hydraulisk system inn på en liten hydraulisk sylinder som blir brukt som aktivator på en pneumatikkventil. Pneumatikkventilen styrer igjen den pneumatiske kraftoverførings sylinderen i slipset. Her kommer en forklaring på hvordan delene er satt sammen og hvor informasjon om disse er hentet. Alt er designet i Inventor. For å forstå de utdypende forklaringene er det lagt inn skjermbilder av sammenstillinger og av enkelt deler.

### 5.1 Hydraulikk sylinder

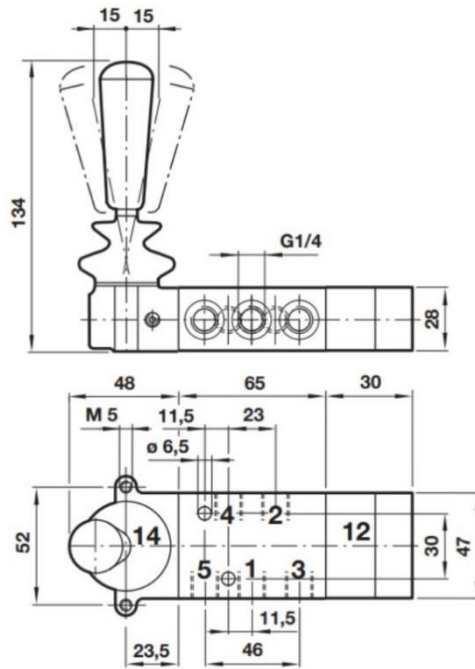
Tanken var å bruke en hydraulisk aktivator direkte på pneumatikkventilen for å få løsningen så kompakt som mulig. En hydraulikkventil som styrte pneumatikkventilen, men jeg fant aldri en slik ventil som passet formålet. Derfor ble det heller brukt en liten hydraulikksylinder med kort slaglengde som aktivator. Den korteste slaglengden som ble funnet var 50 mm.



Figur 5.1 - Hydraulikk sylinder med slaglengde 50mm [24]

### 5.2 Pneumatikk ventil

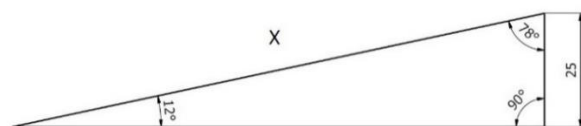
Den hydrauliske sylinderen skal som skrevet brukes som aktivator på en pneumatisk ventil. For å løse dette ble det valgt en manuelt operert pneumatisk 5/2 ventil. Denne skal kobles opp mot aktivatoren som er en hydraulikksylinder. Her kommer en forklaring på hvordan det er løst. Spaken på valgt ventil kun opereres 12° hver vei.



Figur 5.2 - Manuell pneumatisk 5/2 ventil levert av Nordgren [21, s.20]

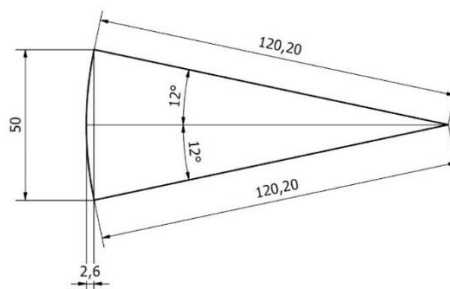
Plastspaken på figur 5.2 er skrudd fast på en stang med M6 gjenger. Denne stangen må forlenges med en gjengestang og en skjøtemutter. På enden skal det monteres et øye kalt en *rod*, slik at slaglengden mellom rotasjons punkt til rotasjonspunkt blir totalt 50 mm. Lengden ble funnet ved hjelp av sinus setningen, vinkelen og ønsket lengde.

$$\frac{a}{\sin(A)} = \frac{c}{\sin(C)}$$



Data for å finne lengde X

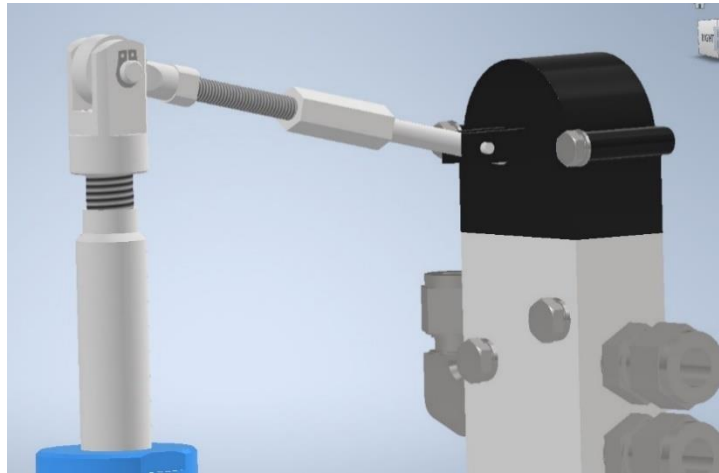
$$X = \frac{25}{\sin(12)} * \sin(90) = 120,2mm$$



Figur 5.3 - Resultat av slaglengde

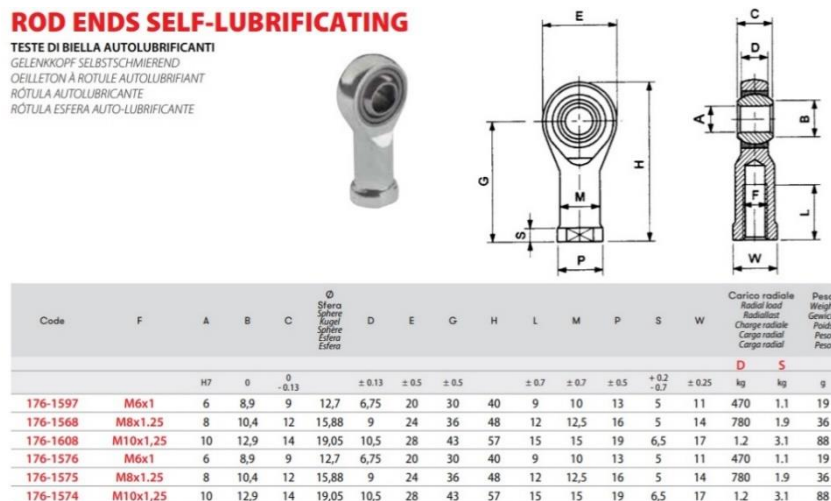


### 5.3 Innfesting av ventil og sylinder



Figur 5.4 - Sylinder og ventil montert i begge ender i Inventor (3D modellering)

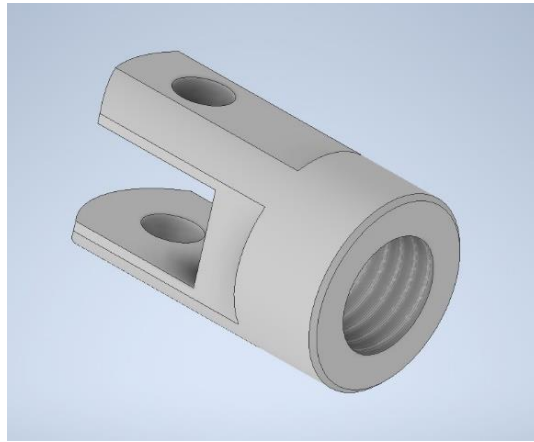
Stangen på pneumatikkventilen på figur 5.4 er forlenget med en M6 skjøtemutter og en M6 gjengestang. På gjengestangen er det skrudd på en standard rod slik at lengden er 120,2 mm fra rotasjonspunkt til rotasjonspunkt. Denne roden kan justeres inn og ut etter ønsket lengde.



Figur 5.5 - Standard M6 rod øye med svivel fra RS PRO [25, s.3]

I enden av hydraulikk sylinderens stempelstang er det ifølge figur 5.2 innvendige M12 gjenger. Her ble det også montert en kort M12 gjengestang for å feste en *clevis* i enden. Clevisen er på en måte en gaffel som må passe over roden som er på pneumatikkventilen. Siden det er stor forskjell på gjengestørrelsen mellom sylinder og ventil, måtte det designes en egen clevis i Inventor. Målene ble brukt fra figur 5.5 for å få den til å passe på roden, samt i

enden ble det innvendige M12 gjenger som passer på sylindren. Tegning fra denne ligger vedlegg D vist i figur 5.6.



Figur 5.6 - Clevis designet i Inventor (3D modelleringsprogram)

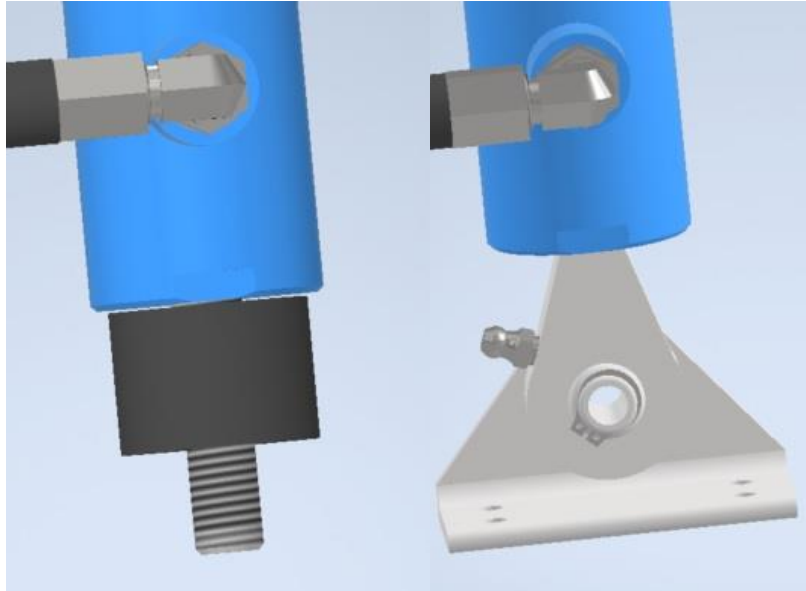
For å koble sammen rod og clevis ble det brukt en aksling med diameter på 6 mm. I begge endene av denne er det spor for å sikre den med seegerringer. Lengden må være 18 mm pluss sporene for seegerringene. Total lengde er da 24 mm. Akslingen med seegerringer er vist på figur 5.7.



Figur 5.7 - 6mm clevis bolt med seegerringer [25, s.3]

På hydraulikksylindrens nedre feste ble det sett på to mulige innfestninger. Her er det også 12mm innvendige gjenger. Den ene metoden var med en 40 mm gummidemper direkte mellom skap og sylinder. Den andre var tradisjonell med 12 mm rod og en innfestningsbrakett med seegerring som sikring. Ifølge figur 5.3 er vandrings sideveis langs buen kun 2,6 mm vannrett. Siden vandrings er så liten, hadde begge løsningene fungert.

Det ble valgt løsningen med rod og innfestningsbrakett. Grunnen er at gummidempere kan morkne opp over tid, som igjen fører til at den kan dele seg. Noen gummi typer tåler heller ikke mud. Begge alternativ er illustrert under på figur 5.8.



Figur 5.8 - Hydraulikk sylinder nedre innfestning alternativer designet i Inventor (3D modellering)

## 5.4 Hydraulikk styring

På denne helmekaniske styringsenheten er hele hensikten å konvertere hydraulikk til pneumatikk. Derfor er det ingen behov for kraftoverføring fra hydraulikksylinders side, den skal kun være en aktivator. Kraften fra den hydrauliske sylindere med eksisterende trykk er kalkulert under. Trykkene er hentet fra punkt 3.3 og dimensjonene fra figur 5.1. Innvendig diameter på sylindere er 32 mm og stempelstangen er 18 mm. Formelen er hentet fra [7, S.13].

$$p = \frac{F}{A \cdot 10} \quad F = p \cdot A \cdot 10$$

$$A_1 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 3,2^2 = 8,04 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,8^2 = 2,54 \text{ cm}^2$$

$$F_1 = 110 \text{ bar} \cdot 8,04 \text{ cm}^2 \cdot 10 = 8844 \text{ N} = 8,8 \text{ kN}$$

$$F_2 = 125 \text{ bar} \cdot (8,04 - 2,54) \text{ cm}^2 \cdot 10 = 6875 \text{ N} = 6,8 \text{ kN}$$

Selv om det er en liten sylinter, kan man se fra beregningen at den har stor kraft. Kraften  $F_1$  er sylinter ut og  $F_2$  er sylinter sammen. For å ikke ødelegge pneumatikkventilen er det veldig viktig at slaglengden ikke blir for lang i forhold til lengden til av stangen på pneumatikkventilen. Dette må stilles inn nøyaktig på forhånd. Slaglengden må være innstilt slik at den så akkurat ikke går i endeslag begge veier. Blir slaglengden for lang den ene veien, kan pneumatikkventilen bli skadet innvendig. Derfor er det lagt inn mulighet til å justere rod og clevis innfestningen inn og ut på gjengene etter behov.

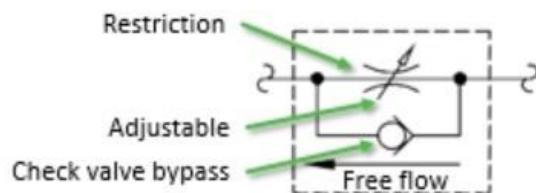
Et PS-30 slips trenger en del oljevolum for å opereres. Eksisterende hydraulikkslanger for setting og åpning av det hydrauliske slipset er av 3/8'' størrelse for god gjennomstrømming. Signalslangen derimot er 1/4''. Det er ulike hurtigkoblinger på hver av slangene slik at det ikke er mulig å koble feil. Volumet på valgt aktivator hydraulikksylinder er kalkulert under.

$$V_1 = A_1 * h = 8,04 \text{ cm}^2 * 5,0 \text{ cm} = 40,2 \text{ cm}^3$$
$$V_2 = (A_1 - A_2) * h = (8,04 - 2,54) \text{ cm}^2 * 5,0 \text{ cm} = 27,5 \text{ cm}^3$$

Det kreves altså ikke så mye volum per syklus. Derfor ble det lagt inn strupeventiler med regulerings mulighet i designet. Hensikten er å redusere hastigheten på hydraulikk sylindere under operering. Strupeventiler blir brukt til å regulere volumstrømmen når trykkforholdet er konstant og det ikke stilles krav til at reguleringen skal være nøyaktig. Som regel er det ønskelig å regulere kun i den ene flyt retningen, samtidig som man har fri strømming i motsatt retning [7, S.101-104]. En slik strup tilbakeslagsventil med ønsket utformingen ble funnet hos leverandøren Parker. Den er vist i figur 5.9 og symbolet av samme er vist på figur 5.10.



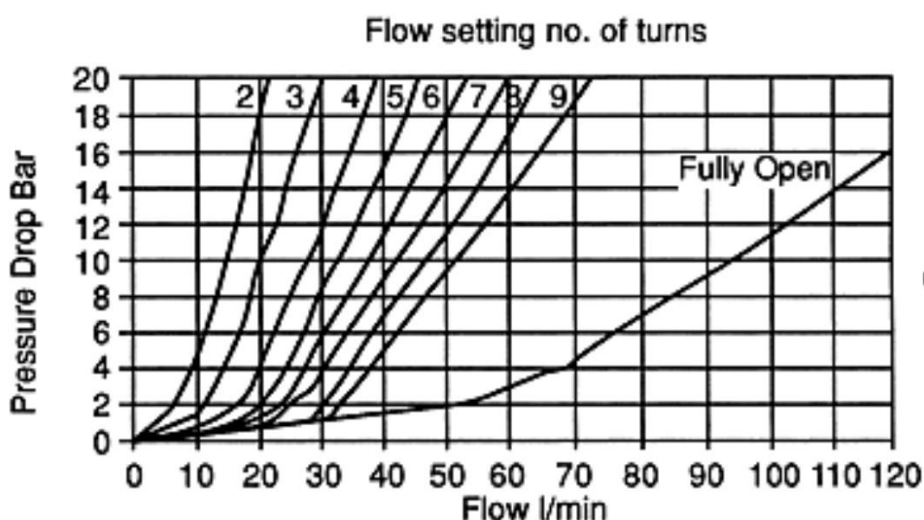
Figur 5.9 - Strupe tilbakeslagsventil fra Parker [26]



Figur 5.10 - Tverrsnitt av reguleringsventil [27]

Innstilling av reguleringsventilen må stilles inn etter ønsket hastighet på sylinderen. Dette må testes ved innstalling. Vedlagt i dokumentasjonen fra parker ligger det en tabell med mulige innstillinger.

Tabell 5.1 - Innstilling av reguleringsventil [26]



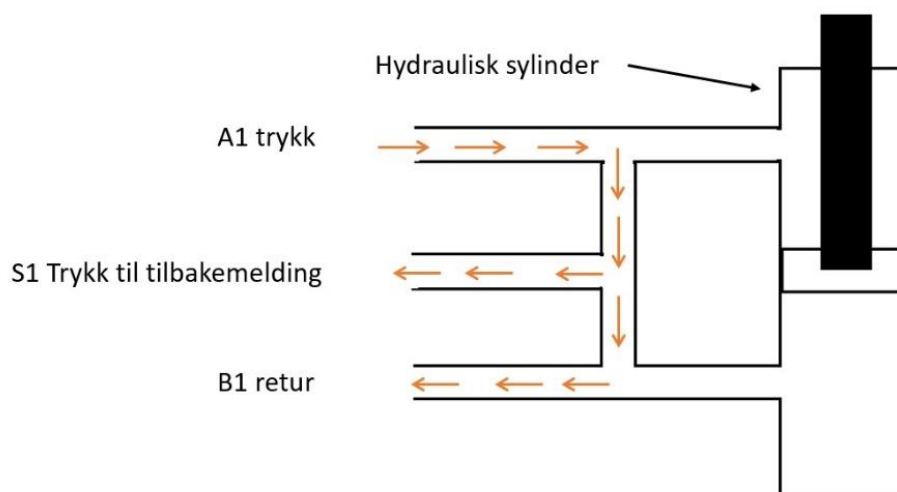
## 5.5 Hydraulisk tilbakemelding

Som tidligere nevnt må systemet få tilbakemelding på om slipset er oppe eller nede. Fra P&ID skjemaet over hydraulikkstyringen av PS-30 slipset (vedlegg B) ble det gitt trykk tilbakemelding gjennom signal slangen S1. Det ble mye grubling og tyding P&ID skjemaet for å løse problemet. En liten forklaring på hva problemet var, er illustrert og forklart under.

Siden det er bare en tilbakemeldings slange må trykket registreres gjennom denne slangen når slipset er satt og når slipset er oppe. Trykket blir registrert på hver sin pressostat, PS2 og PS3. I signalslangen bygges det bare opp trykk, det strømmer ikke olje gjennom denne. Det er en egen retningsventil DV3, som styrer åpning til den ene eller den andre pressostaten. Denne retningsventilen er igjen styrt av åpne og lukke signalet gitt fra hydraulikk systemet tilhørende

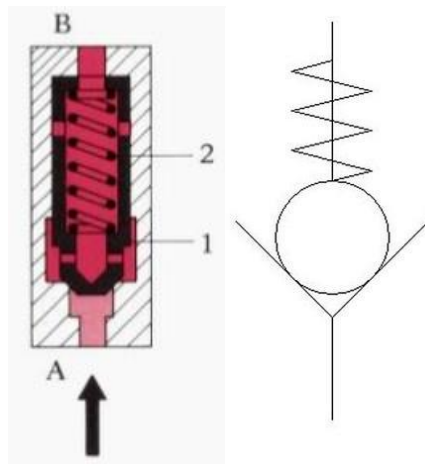
PS-30. For eksempel når retningsventilen står åpen til PS2, står motsatt pressostat PS3 på drenering til hydraulikk tank. Gis det motsatt signal, slår den over og det blir motsatt. Derfor er det ingen fare for innstengt trykk i signal slangen ved operering [Vedlegg B].

For å få tilbakemelding fra begge løpene A1 og B1 må derfor begge disse kobles inn på tilbakemeldings slangen. Problemet er at disse ikke kan kobles på direkte. Da vil resultatet bli alt volumet fra ene slangen A1, vill gå over til den andre slangen B2 som står åpen til retur og motsatt. Gjøres dette vill sylindereens bevegelse bli feil. Det eneste som vill skje er at plusskammeret blir fylt på grunn av areal forskjellen mellom de ulike kamrene. Sylinderen vill derfor ikke gå andre veien. Væske tar alltid letteste vei, som i dette tilfellet er retur til tank. Dette er illustrert i figur 5.11.



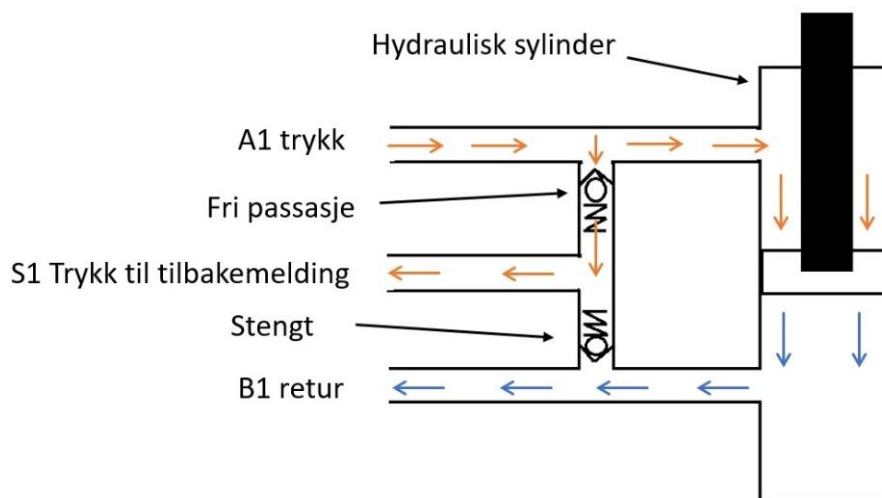
Figur 5.11 - Signal løp koblet inn på begge hydraulikk løp

Derfor må det legges inn en form for barrierer som forhindrer dette. Ved hjelp av teori fra oljehydraulikk boken [7] ble det funnet en løsning på dette. Løsningen ble å legge inn tilbakeslagsventiler på hvert innløp til tilbakemeldings slangen S1. En tilbakeslagsventil har til hensikt å stenge oljestrømmen i ene flytningen og gi fri flyt i motsatt retning. Fra figur 5.12 er det innvendig i ventilen, en kjeGLE (1) som blir presset mot et sete av en trykkfjær (2). Når oljetrykket er høyere enn i A enn i B, vill kjeGlen bli løftet fra setet. Når trykket i B er høyere enn i A, vill kjeGla bli presset mot setet slik at ventilen blir helt stengt [7, S.111].



Figur 5.12 - Tilbakeslagsventil utforming og symbol [7, s.111]

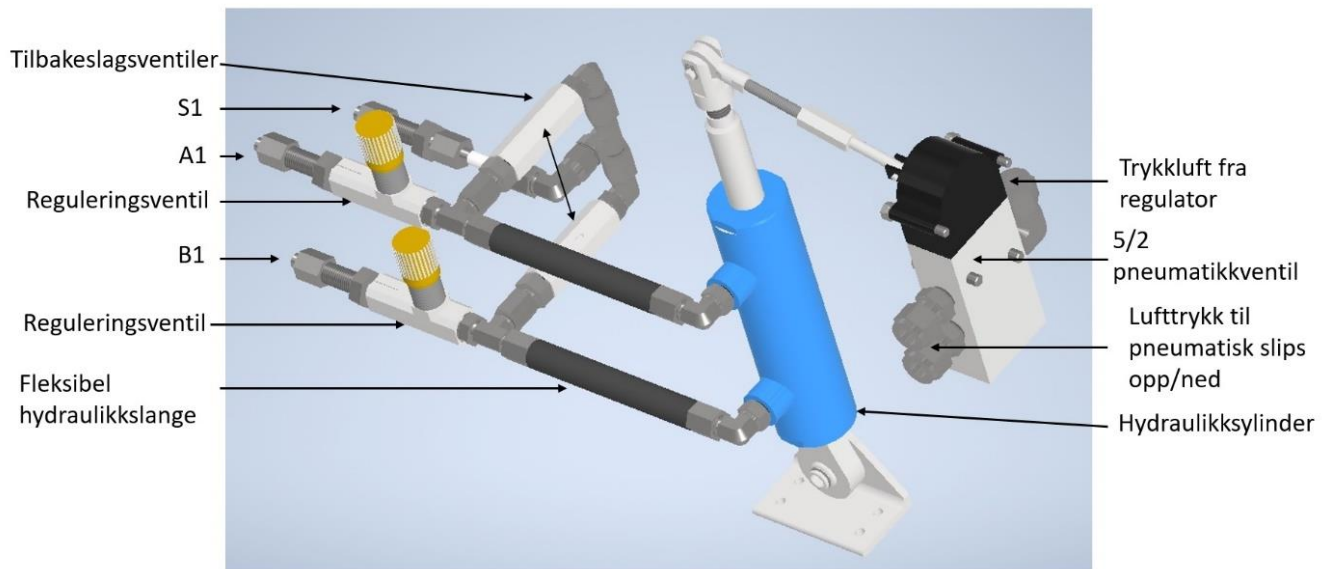
Når det er lagt inn tilbakeslagsventiler kan man se illustrert i figur 5.13 at oljetrykket ikke strømmer inn i feil løp, kun til tilbakemeldings slangen. Vi ser også at hydraulisk sylinderen beveges i korrekt retning. Gis det trykk gjennom motsatt løp B1, blir det motsatt. Da går sylinderen ut og trykk til S1 kommer fra B1, returen går ut gjennom A1.



Figur 5.13 - Styling av hydraulikk med tilbakeslagsventiler

Hadde det kun vært en enkel pressostat på sentralen kunne ikke dette designet blitt valgt. Dette siden det er tilbakeslagsventiler på begge sider av kontroll slangen i kontroll boksen. Da hadde det blitt innestengt trykk mot pressostaten hele tide som har ført til at systemet ikke hadde fungert. Systemet ville fått en feilmelding og låst seg.

Under kommer et skjermbilde fra Inventor der alle delene til hydraulikk styringen er satt sammen. Det er piler med forklaring på de forskjellige komponentene og navn på de ulike tilkoblingene.

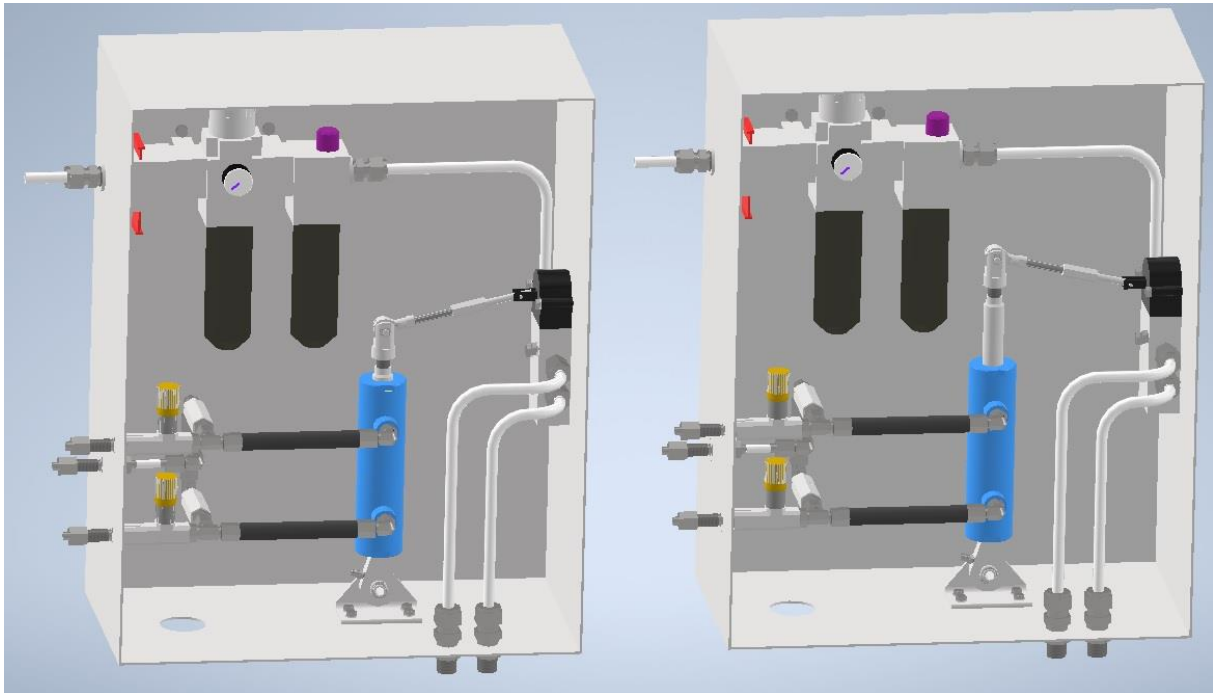


Figur 5.14 - Hydraulikkstyrings komponenter fra Inventor (3D modellering)



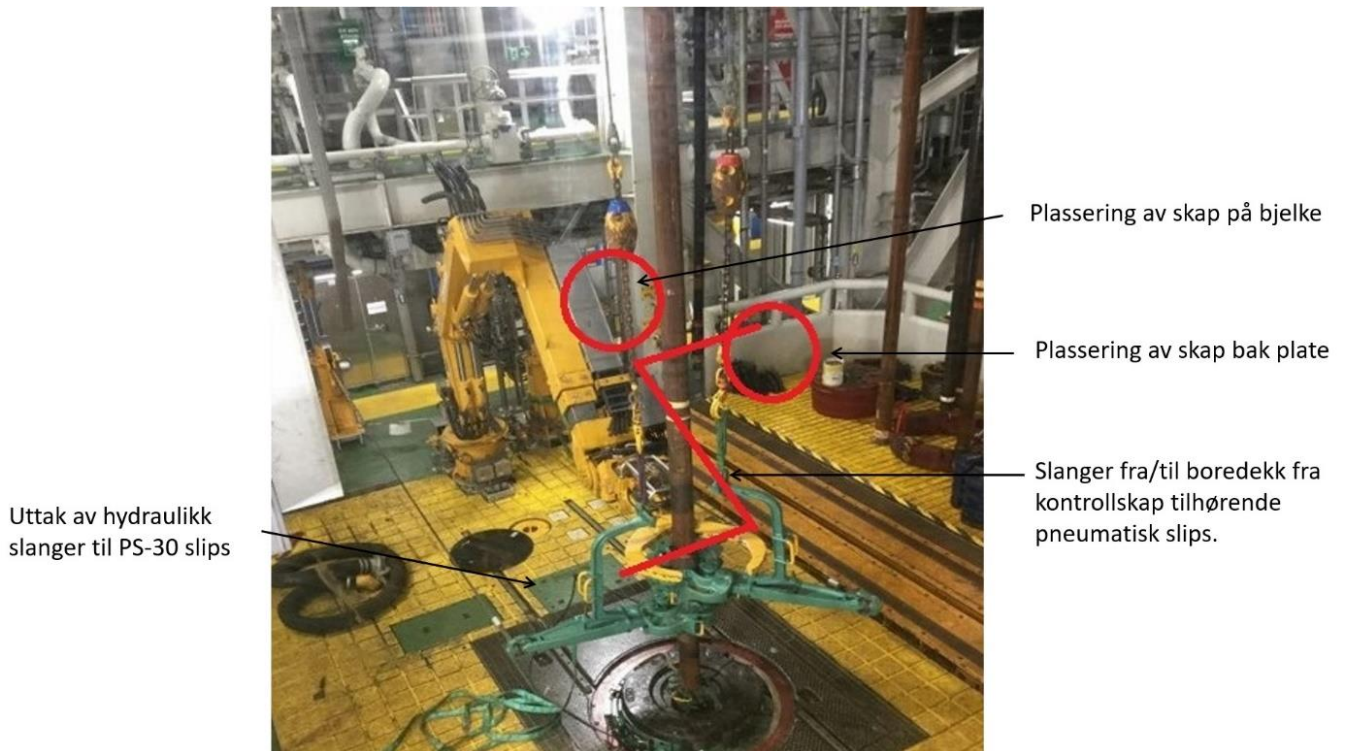
## 5.6 Resultat og plassering av skap

Målet var å lage en kompakt løsning som passer i et skap for den helmekaniske løsningen, slik som for løsning 1. Etter mye prøving og modellering i Inventor ble det funnet et design som kan passe. Ut fra størrelsen ble det funnet et skap hos elektroimportøren som var 500x400x200. Slangere og rør ble derfor dimensjonert deretter. I dette skapet blir det også montert gjennomføringer for luftrør og hydraulikk tilkoblinger.



Figur 5.15 - Helmekanisk kontroll boks med komponenter satt sammen i Inventor (3D modellering)

Fra koblingene på skapet må det gå slanger frem til boredekket. Hydraulikk styrings slangene fra PS-30 styringen må kobles med hurtigkoblinger på slangene til kontroll boksen. Slangene fra kontrollskapet må ha samme hurtigkoblinger som PS-30 slipset for å få det til å passe overens. Fra kontrollboksen må det gå to luftslanger tilbake til boredekket for tilkobling av det pneumatiske slipset. På figur 5.16 er det vist et oversiktsbilde over boredekket på Johan Sverdrup. Her er det markert to røde sirkler over mulig plassering av skapet. Den ene plasseringen er på en bjelke, og den andre er bak en plate. De røde strekene skal illustrere hvor de fem slangene må gå.



Figur 5.16 - Oversiktsbilde over boredekket på Johan Sverdrup, Odfjell Drilling

## 5.7 Diskusjon løsning 2

Selv om styresystemet ACS får tilbakemelding med dette designet, blir det på en måte et falskt signal. ACS får tilbakemelding med en gang pressostatene på hydraulikksystemet registrerer korrekt trykk. Det er litt forsinkelse i systemet siden luft skal strømme gjennom slanger og frem til det pneumatiske slipset. Samme som på løsning 1 går det kun to luftslanger frem til det pneumatiske slipset, det gis ingen tilbakemelding fra selve slipset når det fysisk er satt. Derfor må borer selv bekrefte dette visuelt før han avlaster borestrengens vekt i boredekket. Likevel får ACS et tilbakemeldings signal med denne løsningen som brukes som en sikkerhet mot feil operering som igjen kan få store konsekvenser.

Får å få til korrekte tilbakemeldings signal måtte det blitt montert ekstra trykkbrytere på det pneumatiske slipset. En bryter når slipset er satt og en bryter som indikerer når det er åpent. Dette blir vanskelig siden de pneumatiske slipsene ikke eies av riggene, disse er kun leie fra utstyrs leverandøren OWS, Odfjells datterselskap. OWS leier ut disse pneumatiske slipsene til flere rigger, derfor kan de ikke uten videre bygges om.

## 5.8 Konklusjon på løsning 2

Målet med løsning 2 var å designe en helmekanisk løsning som brukte eksisterende styresystem på riggen. Dette ble løst ved å bruke eksisterende hydraulikk signaler inn på en hydraulisk sylinder. Hydraulikk sylindere ble brukt som aktivator på en ombygd manuelt operert pneumatisk 5/2 ventil. Denne ventilen styrte igjen den pneumatiske kraftoverførings sylindere på slipset. På hydraulikksiden ble det lagt inn reguleringsventiler for å redusere farten på hydraulikk sylindere. I tillegg måtte det legges inn tilbakeslagsventiler på begge sider av signal løpet. Dette slik at systemet kunne få tilbakemelding på om slipset er satt eller står åpent. Med denne løsningen blir ACS systemet brukt slik som det skal brukes. Samtidig blir oppgaven løst med at det pneumatiske slipset blir fjernoperert.

Siden det er stor kraft i den hydrauliske aktivator sylindere er det lagt inn mulighet til å justere rod og clevis innfestningen inn og ut på gjengene. Det er viktig at slaglengden på innfestings stangen på pneumatikkventilen ikke blir feil. Er dette feil kan pneumatikkventilen bli knust innvendig.

## 6. Delebehov og kostnader

Her kommer et lite prisoverslag av de to løsningene. Totalsummen på løsning 1 er oppgitt fra Odfjell. Dette er et tilbud de har fått fra NOV. Den andre tabellen er kun et estimat over hva løsning 2 ville kostet. Deler og priser er hentet fra ulike leverandører og er kun vist som et estimat. De fleste prisene er funnet hos RS Components [33]. Skulle Odfjell eller en annen underleverandør lagd en av løsningene har de nok gode avtaler på deler og utstyr, som reduserer delekostnadene. Monteringskostnadene er vanskelig å anslå, derfor er det bare satt inn et spørsmålstegn. Dokumentasjon er også veldig viktig i offshore bransjen, derfor kan det hende at løsning 2 er dyrere enn anslått. Prisen på løsning 2 ble anslått sammen med eksterne veileder Langås. Prisene er oppgitt er uten moms.

### 6.1 Prisoverslag løsning 1

Tabell 6.1 - Pris på løsning 1

Delebehov og prisoverslag på solenoid løsning			
Navn	Antall	Pris	Leverandør
Pneumatisk 5/2 ventil Solenoid/Solenoid ¼''	1	1 518	IMI Nordgren
Solenoid coil	2	527	IMI Nordgren
Solenoid coil kontakt	2	383	IMI Nordgren
Luftbehandlingsenhet G3/8''	1	1 518	IMI Nordgren
Eksos lydtemper til pneumatikkventil	2	232	RS PRO
Skottgjennomføring A-lok 10mm	3	230	Hoke
Fittings A-lok 10mm → 10mm Ermeto	2	230	Parker
Fittings G1/4'' → A-lok 10mm	3	460	Parker
Fittings NPT G3/8'' → A-lok 10mm	2	300	Parker
Instrumentrør 316L per meter	10	2 000	Tess
Hydraulikkslange ¼'' per meter	12	1 150	Tess
Pressfittings Ermeto 10mm og presshylser	8	1 000	Parker
Syrefast skap 400x400x200	1	4 500	Cenika
Monteringsplate pneumatikkventil	1	450	NN
Div bolter til montering	10	400	NN

<b><i>Delsum komponenter</i></b>		<b>14 948</b>	
Elektrisk signalkabel	?	?	
Programmering NOV	?	?	NOV
Monteringskostnader og trekking av kabler	?	?	
Montere rør for luft tilførsel til skap	?	?	
Dokumentasjon	?	?	
<b><i>Total sum</i></b>		<b>250 000</b>	

## 6.2 Prisoverslag løsning 2

Tabell 6.2 - Pris på løsning 2

<b>Delebehov og prisoverslag på helmekanisk løsning</b>			
<b>Navn</b>	<b>Antall</b>	<b>Pris</b>	<b>Leverandør</b>
Pneumatikkventil 5/2 manuelt styrt ¼’’	1	1 270	IMI Norgren
Hydraulisk sylinder med 50mm slaglengde	1	4 178	Bosch Rexroth
Tilbakeslagsventil ¼’’	2	438	Parker
Regulerings ventil hydraulikk strømning ¼’’	2	796	Parker
Syrefast skap 500x400x200	1	4 900	Cenika
Luftbehandlingsenhet G3/8’’	1	1 518	IMI Norgren
Eksos lydtemper til pneumatikkventil	2	232	RS PRO
Fittings NPT G3/8’’ → A-lok 10mm	2	304	Parker
Fittings G1/4’’ → A-lok 10mm	3	582	Parker
Rod M6 innvendige gjenger	1	167	Fluro
Rod M12 utvendige gjenger	1	221	Fluro
Brakett 6mm mellom rod og clevis	1	63	RS PRO
Innfestningsbrakett hydraulikksylinder	1	300	NN
Clevis M12 til innfestning av 6mm rod	1	500	NN
Gjengestang M12	1	169	Biltema
Skjøtemutter M12	1	23	Biltema
Gjengestang M6	1	99	Biltema

Instrumentrør 316L per meter	10	2 000	Tess
Hydraulikkslange ¼’’ per meter	25	2 400	Parker
Skottgjennomføring A-lok 10mm	2	205	Parker
Skottgjennomføring G1/4’’	3	310	Parker
Hydraulisk T-kobling G1/4’’	3	501	Parker
Hydraulisk 90* BSP ¼’’ → 10mm Ermeto	2	315	Parker
Hydraulisk 90* kobling G1/4’’	2	400	Parker
Hurtigkoblinger	3	531	Parker
Pressfittings Ermeto 10mm og presshylser	20	2 000	Parker
Div bolter til montering	20	800	NN
<b><i>Delsum komponenter</i></b>		<b>23 100</b>	
Montere rør for luft tilførsel til skap	?	?	
Sette sammen og montere deler i skap	?	?	
Montering og testing offshore	?	?	
Dokumentasjon	?	?	
<b><i>Total sum</i></b>		<b>50 000</b>	

## 7. Diskusjon

Tanken med denne oppgaven var å komme med to løsninger som ble presentert for ekstern veileder i Odfjell. Deretter var tanken å konstruere og reise ut å montere en av løsningene offshore på Johan Sverdrup. Etter samtale med vedlikeholdsleder på land for Johan Sverdrup kom vi frem til at dette ble utfordrende. Grunnen var at det er Equinor som eier riggen og utstyret. Derfor er det også de som skal betale og utbedre problemet. Utfordringen er at det også er andre problemer som har større prioritet enn slips problemet, derfor må disse prioriteres først. For å levere et reelt resultat ble vi enige om at det var bedre at jeg kun tok den teoretiske biten. Finne mulige løsninger og designe disse i et modellerings program ut fra valgte komponenter.

Bakenforliggende årsak var å forenkle hverdagen til operatørene på boredekket med å få styringen av det pneumatiske slipset fjernoperert, slik som det hydrauliske. Med pneumatisk slips går det mye kjappere å veksle mellom rørdimensjoner. Den ekstra operatøren som tidligere måtte kjøre det pneumatiske slipset fra manuelt operert fotpedal vil bli erstattet med en av disse fjernopererte løsningene. Denne personen kan derfor gjøre andre parallelle aktiviteter. Samtidig slipper man kommunikasjon over radio mellom operatør og borer for hver gang slips skal opereres. Det behøves heller ikke personell inne i rød-sone på boredekket ved slips operering.

Odfjell har sammen med Equinor sagt at de kommer til å gå for en solenoidløsning for fjernoperering av pneumatisk slips. Programvaren er gjort klar av NOV og lagt inn i ACS. I skrivende stund har det vært boreoperasjoner på Johan Sverdrup siden 2018. Likevel er ikke fjernoperering av pneumatisk slips montert, noe som er frustrerende for operatørene på boredekket. De vet heller ikke når det kommer på plass en løsning. Derfor hadde en billigere versjon vært et alternativ frem til en solenoidstyrt løsning hadde vært på plass. En slik løsning som den helmekaniske varianten hadde vært et godt alternativ siden den bruker eksisterende styresystem på riggen og prisen er mye mindre enn for solenoidløsningen.

På nye flyttbare borerigger levert med NOV boreutstyr er det ikke lagt inn fjernstyring av pneumatisk slips, dette er tilleggsutstyr som må monteres i ettertid. Derfor hadde en av disse løsningene i denne rapporten vært gode alternativ. Da kunne de valgt mellom en relativt billig løsning og en litt dyrere.

## 8. Konklusjon

Resultatet av denne rapporten er to ulike løsninger på slipsproblematikken på Johan Sverdrup DP. Oppgaven var å lage en styreenhet for fjernoperering av pneumatisk slips. Den første var å styre en pneumatikkventil med elektriske signaler som igjen styrte en pneumatisk kraftoverførings sylinder i slipset. Den andre var en helmekanisk løsning der eksisterende hydraulikk signaler ble brukt inn på en liten hydraulisk sylinder. Denne sylinderen ble brukt som aktivator på en pneumatisk ventil som igjen styrte en pneumatisk kraftoverførings sylinder i slipset.

Rapporten har tatt for seg fremgangsmåten og valg av komponenter for å løse problemet. Kravet fra Odfjell var at begge løsningene skulle være så kompakt som mulig og designes inn i et kontroll skap. Samtidig skulle de være holdbare og kreve minimalt med vedlikehold. Dette er løst med å designe kontrollbokser uten å gjøre det for avansert. Delene er plassert i små skap som lett kan henges opp. De fleste delene er i rustfritt og skapet skjermer mot ytre miljø. På pneumatikk delene ble det valgt 1/4'' størrelse. Siden det ble lange strekk med slanger fra kontrollskap og frem til det pneumatiske slipset kunne det kanskje blitt valgt en størrelse større på disse, kanskje 3/8'' istedenfor. Samtidig ble dette en teoretisk rapport, derfor ble heller ikke løsningene testet i felt.

Med begge løsningene kan hverdagen for operatørene på boredekket forenkles med at det pneumatiske slipset blir fjernoperert. Boreren får kontroll over slipset, i tillegg er kontrollsystemet med på å forhindre feiloperering. Operatøren som måtte kjøre dette manuelt fra pedal blir erstattet og kan gjøre andre parallelle ting. Samtidig blir personell holdt borte fra rød-soner. Per dags dato når det pneumatiske slipset blir manuelt operert, må slips styringen legges ut av ACS. Med en av disse løsningene blir ACS operativt og brukt slik det skal brukes. Selv om tilbakemeldingene til systemet ikke er helt ekte, er det bedre enn ingen tilbakemelding. Man kan ikke stole 100% på automatikken, derfor er det den visuelle tilbakemeldingen som er viktigst uansett.

Derfor er konklusjonen at begge løsningene løser slipsproblematikken på Johan Sverdrup, slik at det pneumatiske slipset kan fjernopereres. Begge alternativene løser problemet på sin måte. Tidlig i oppgaven ble det gjort kjent med at Odfjell har sammen med Equinor bestemt at de kommer til å gå for en løsning der den pneumatiske ventilen blir solenoidstyrt. Dette blir et



lignende design som den første løsningen i rapporten. Derfor ble det kun sett på design og modellering i denne rapporten og ikke fysisk arbeid ute i felt.

## 9. Referanser

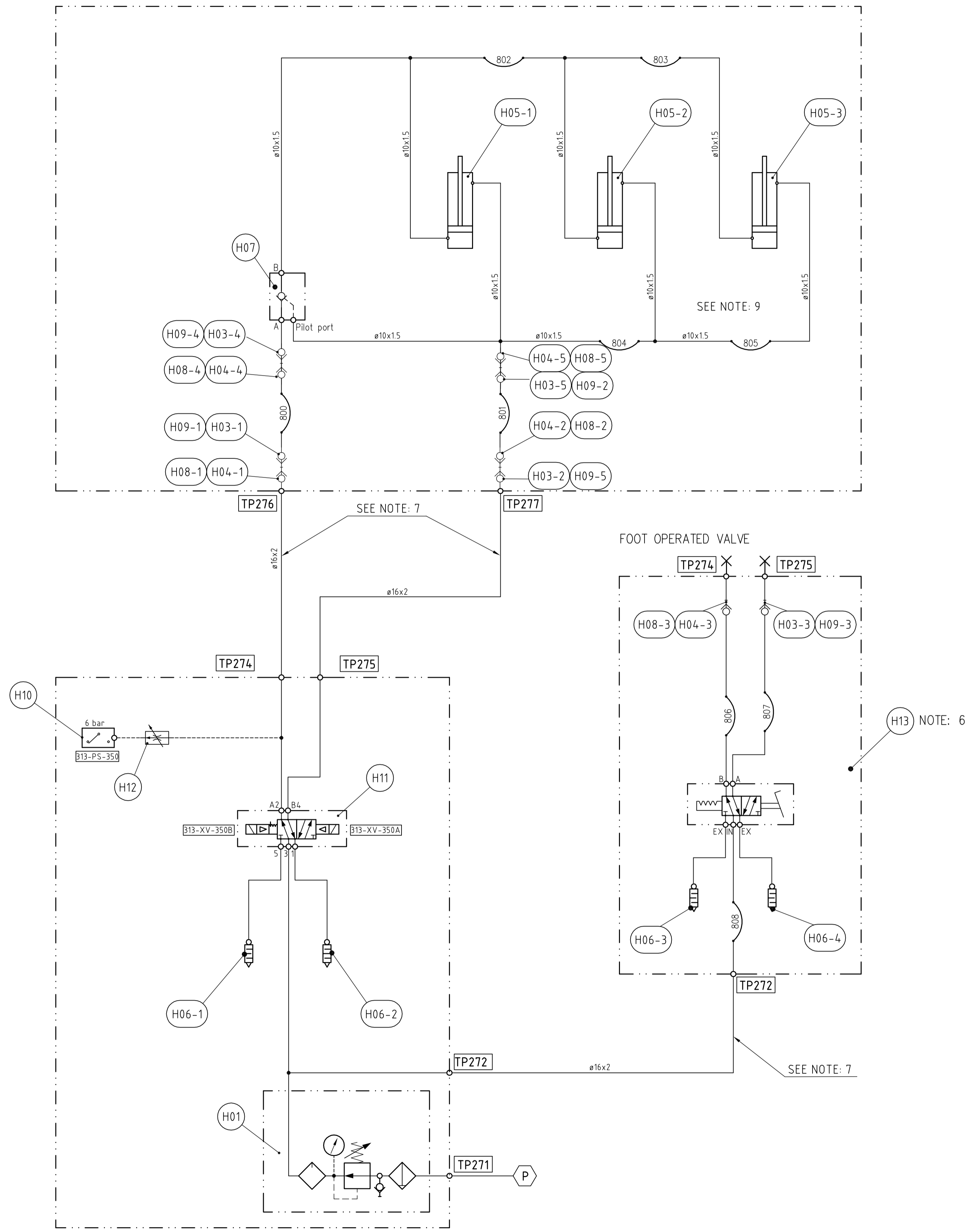
- [1] Aker BP, *Johan Sverdrup*, 2019. Hentet fra: <https://akerbp.com/asset/johan-sverdrup/> Lastet ned: 03.02.21
- [2] Odfjell Drilling, *Hjemmeside*, 2021. Hentet fra: <https://www.odfjelldrilling.com/About/>, Lastet ned: 19.02.21
- [3] Wikipedia, *Autodesk Inventor*, 18.06.17, Hentet fra: [https://no.wikipedia.org/wiki/Autodesk\\_Inventor](https://no.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Inventor), Lastet ned: 07.03.21
- [4] Dreamstime, *DrillPipe slips*, 2021 Hentet fra: <https://www.dreamstime.com/stock-image-drill-pipe-slip-rotary-table-oil-well-drilling-rig-image36677391>, Lastet ned: 08.03.21
- [5] General Oil Tools, *Slips in buching*, 2018 Hentet fra: <https://gpot.com.au/product/tattle-tale-hinge-pins/>, Lastet ned 08.03.21
- [6] K. Evensen, J. Ruud, *Pneumatikk*, 1. utg. utgitt i Aurskog, Norge: Yrkesopplæring, 1990. s. 1-181. [Online]. Tilgjengelig: <https://www.nb.no/>
- [7] S. Haugnes, *Oljehydraulikk*, 1. utg. utgitt i Aurskog, Norge: Yrkesopplæring, 1988. s.1-139. [Online]. Tilgjengelig: <https://www.nb.no/>
- [8] Triconser, *PS-30 slips*, 2015. Hentet fra: <https://triconser.com/nov-ps-30-power-slip/>, Lastet ned: 03.03.21
- [9] Malm Orstad AS, *Power Slips*, 2021. Hentet fra: <https://malmorstad.com/products/power-slips-lifter>, Lastet ned: 02.02.21
- [10] Researchgate, *Casing program*, Hentet fra: [https://www.researchgate.net/figure/a-Schematic-of-well-casing-program\\_fig1\\_303312237](https://www.researchgate.net/figure/a-Schematic-of-well-casing-program_fig1_303312237), Lastet ned: 05.02.21
- [11] Store Norske Leksikon, *Norsk oljehistorie*, 2020. Hentet fra: [https://snl.no/Norsk\\_oljehistorie](https://snl.no/Norsk_oljehistorie), Lastet ned: 05.02.21
- [12] NOV, *Produkt katalog rigg utstyr*, 2018. Hentet fra: <https://www.nov.com/-/media/nov/files/products/rig/rig-equipment/top-drive-systems/offshore-product-reference-guide.pdf?la=en-us&hash=484472C27F3CEB282CEA72604B587F00>, Lastet ned: 09.03.21
- [13] NDLA, *Hovedsystemer om bord på offshore installasjoner NOV*, 2017. Hentet fra: <https://ndla.no/en/subject:6/topic:1:182849/topic:1:147173/?filters=urn:filter:01c27030-e8f8-4a7c-a5b3-489fdb8fea30>, Lastet ned 09.03.21
- [14] EntirelySafe, *Anti Collision System*, 2017. Hentet fra: <http://entirelysafe.com/acs-anti-collision-system/>, Lastet ned: 09.03.21

- [15] NDLA, *Rørhåndtering*, 2017. Hentet fra: <https://ndla.no/en/subject:6/topic:1:182849/topic:1:147173/resource:1:161723?filters=urn:filter:01c27030-e8f8-4a7c-a5b3-489fdb8fea30>, Lastet ned: 09.03.21
- [16] Norsk Industri, *Grunnleggende hydraulikk*. Hentet fra: <https://docplayer.me/5782052-Produksjonsteknikkfaget-grunnleggende-hydraulikk.html>, Lastet ned: 14.03.21
- [17] Odfjell Drilling AS, *Pneumatisk styrings enhet på Deepsea Stavanger*. Sendt fra/samtale med: Thomas Helland, Odfjell Drilling. Tilsendt den: 20.11.20
- [18] Wikipedia, *Solenoid*, 25.02.21. Hentet fra: <https://en.wikipedia.org/wiki/Solenoid>, Lastet ned: 15.03.21
- [19] Academica, *NOV PS-30 manual*, Hentet fra: [https://www.academia.edu/38918201/REFERENCE\\_PS21](https://www.academia.edu/38918201/REFERENCE_PS21), Lastet ned: 10.01.21
- [20] RS Components AS, *Parker Pneumatic catalogue*, 2015. Hentet fra: <https://docs.rs-online.com/76a9/0900766b815d2384.pdf>, Lastet ned: 09.03.21
- [21] RS Components AS, *Nordgren manual valves*, 2015. Hentet fra: <https://docs.rs-online.com/e549/0900766b8142660a.pdf>, Lastet ned: 09.03.21
- [22] RS Components AS, *Nordgren solenoid/pilot valves*, 2015. Hentet fra: <https://docs.rs-online.com/4581/0900766b815d238a.pdf>, Lastet ned: 09.03.21
- [23] Elektroimportøren, Rustfritt skap. Hentet fra: <https://www.elektroimportoren.no/veggskap-syrefast-ip66-400x400x200-montasjeplate/2400165/Product.html?Path=001148652&Event=pathlist>, Lastet ned: 10.01.21
- [24] RS Components AS, *Hydraulisk sylinder*, 1998. Hentet fra: <https://docs.rs-online.com/38e7/0900766b8001b8fc.pdf>, Lastet ned: 10.01.21
- [25] Parker, *RS PRO mounting accessories*. Hentet fra: <https://docs.rs-online.com/5205/0900766b81679364.pdf>, Lastet ned: 10.01.21
- [26] RS Components, *Flow control valve parker*. Hentet fra: <https://no.rs-online.com/web/p/hydraulic-flow-control-valves-line-mounting/0828044/>, Lastet ned: 10.01.21
- [27] Outlets, *Flow control valves symbol*. Hentet fra: <https://outlets.eoutlet2021.com/content?c=flow%20divider%20valve%20symbol&id=40>, Lastet ned: 04.04.21
- [28] Wikipedia, *AutoCAD*, 2020. Hentet fra: <https://no.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>, Lastet ned: 06.04.21

- [29] NDLA, *Utstyr for rørhåndtering*. Hentet fra: <https://ndla.no/subject:6/topic:1:182849/topic:1:168523/resource:1:162917?filters=urn:filter:01c27030-e8f8-4a7c-a5b3-489fdb8fea30>, Lastet ned: 07.04.21
- [30] RS, Components AS, *Nordgren 3/8'' luftbehandlings enhet*. Hentet fra: <https://no.rs-online.com/web/p/fri-assemblies/4192989/>, Lastet ned: 08.04.21
- [31] Youtube.com, *Pilot to open & pilot to close valve*, 2020. Hentet fra: <https://www.youtube.com/watch?v=6jZSXXKuYzcw>, Lastet ned: 10.04.21
- [32] Wikipedia, *Slips, 2017*. Hentet fra: [https://en.wikipedia.org/wiki/Slips\\_\(oil\\_drilling\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Slips_(oil_drilling)), Lastet ned:14.04.21
- [33] RS Components AS, *Pneumatics, Hydraulics & Power Transmission*. Hentet fra: <https://no.rs-online.com/web/c/pneumatics-hydraulics-power-transmission/>, Lastet ned:01.01.21

## **10. Vedlegg**

Vedlegg A - P&ID SKJEMA AV EKSISTERENDE SOLENOID KONTROLLUNIT [17]



- NOTES:**
- FOR NOZZLE SCHEDULE SEE DWG. NO.: V1527-D1101-G0001
  - - CONNECTION POINT
  - AIR REQUIREMENTS:  
AIR PRESSURE: 7 bar  
AIR CONSUMPTION: 0.035 m<sup>3</sup>/ STROKE  
INSTR. AIR QUALITY ACC. TO ISO 8573-1, CLASS. 6.3.3
  - TP271 -EQUIPMENT TERMINATION POINT
  - NOZZLE TO BE SEALED WITH DUST CAPS PRIOR SHIPMENT
  - H13 IS A BACKUP VALVE FOR H11 POSITION
  - PIPING/HOSES SUPPLIED BY OTHERS
  - REFERENCE DRAWINGS:  
V1527-D1101-G0001 - GENERAL ARRANGEMENT
  - HOSES SHOULD BE DELIVERED 316 S FITTINGS & PERFORATED.

0	23.07.2009	Approved for Construction	SYFI	ABA	TRM
Rev:	Date	Description	Made	Checked	Appr.

THIS DOCUMENT CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION WHICH BELONGS TO NATIONAL OILWELL VARCO. IT IS LOANED FOR LIMITED PURPOSES ONLY AND REMAINS THE PROPERTY OF NATIONAL OILWELL VARCO. REPRODUCTION IN WHOLE OR IN PART, OR USE OF THE DESIGN OR DISTRIBUTION OF THIS INFORMATION TO OTHERS IS NOT PERMITTED WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN CONSENT OF NATIONAL OILWELL VARCO. THIS DOCUMENT IS TO BE RETURNED TO NATIONAL OILWELL VARCO UPON REQUEST AND IN ANY EVENT FROM COMPLETION OF USE FOR WHICH IT WAS LOANED.

**NATIONAL OILWELL VARCO**  
National Oilwell Norway AS  
SERVICEBOX 401, KORSVIKFJORDEN  
N-4604 KRISTIANSAND, NORWAY

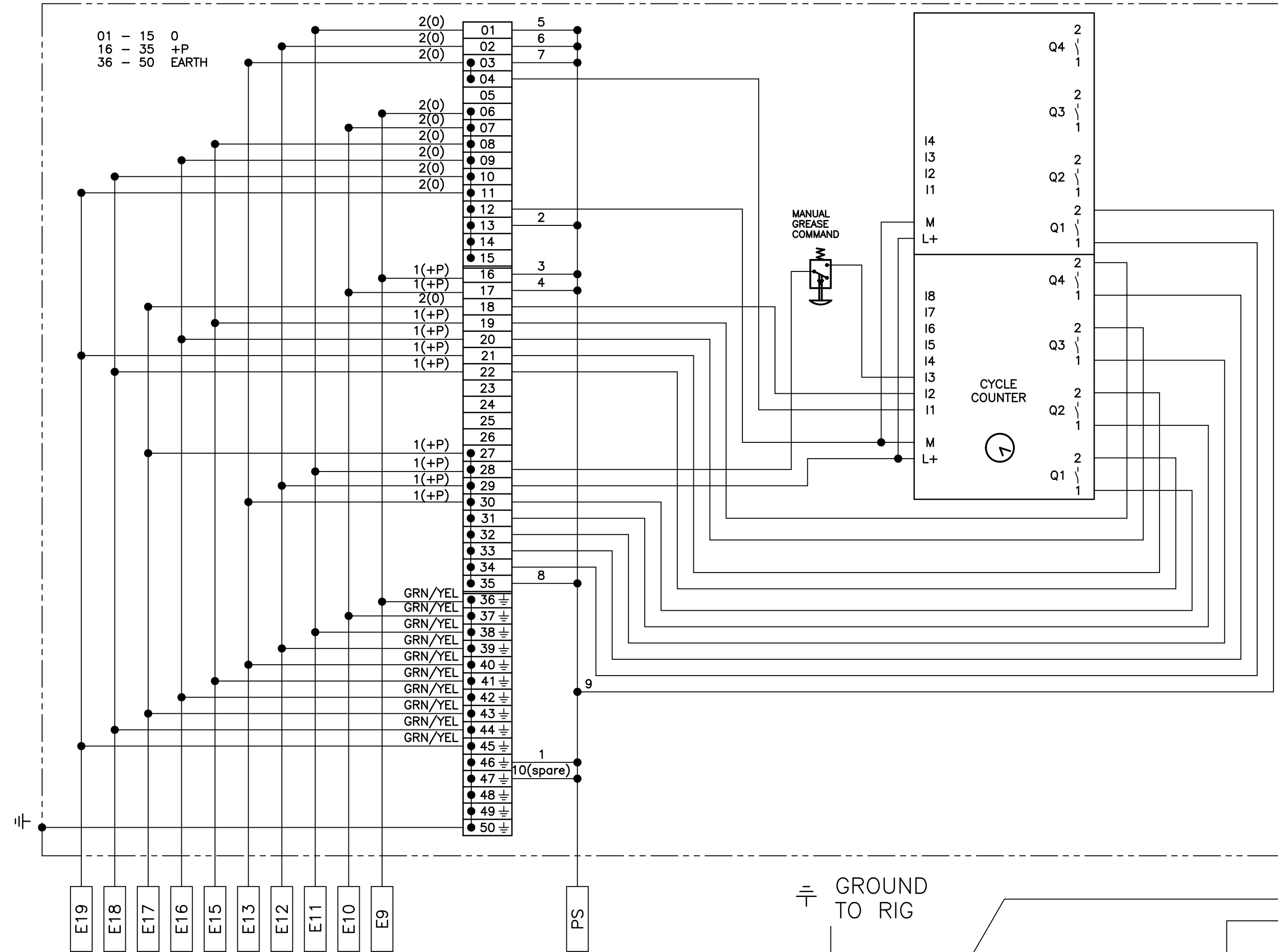
Title:  
FLOW DIAGRAM  
AIR OPERATED POWER SLIPS MAIN  
DEEPSA STAVANGER (FORMER HULL 3025)

Scale:	Projection:	Size:	Main Part:
Drawing Number:	V1527-D1101-H0001	Sheet:	1/1
Revision:	0		

Vedlegg B - P&ID SKJEMA OVER HYDRAULIKK STYRINGEN AV NOV POWER  
SLIPS 21/30 [19, S.175]

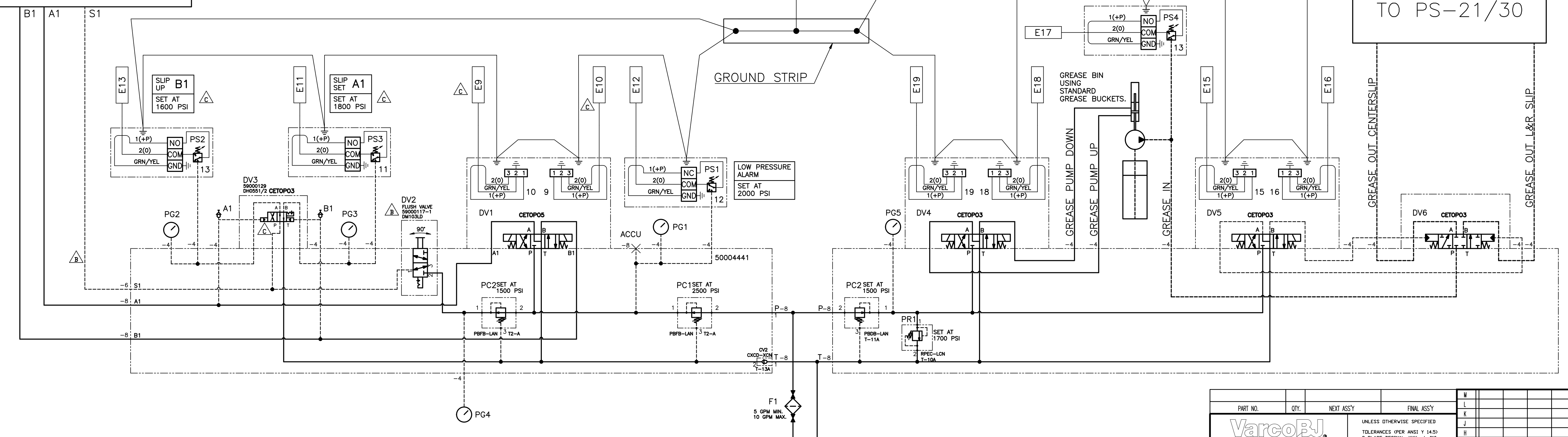


CODE	DESCRIPTION
A1	PORT CONNECTION FOR SLIPS SET
B1	PORT CONNECTION FOR SLIPS UP
S1	PORT CONNECTION FOR SIGNAL
F1, F2	FILTER
CV1, CV2	CHECK VALVE
DV1, DV2	DIRECTIONAL CONTROL VALVE
DV3, DV4	
DV5, DV6	
PC1, PC2	PILOT OPERATED PRESSURE REDUCING VALVE
PR1	PILOT OPERATED PRESSURE RELIEVE VALVE
PG1,2,3,4,5	PRESSURE GAUGE
øA1	PRESSURE GAUGE CONNECTION A1 SIGNAL (SLIPS DOWN)
øB1	PRESSURE GAUGE CONNECTION B1 SIGNAL (SLIPS UP)
ACCU	ACCUMULATOR CONNECTION
PS1	PRESSURE SWITCH LOW PRESSURE ALARM
PS2	PRESSURE SWITCH SLIPS UP
PS3	PRESSURE SWITCH SLIPS SET
PS4	PRESSURE SWITCH EMPTY GREASE BIN DETECTION
E9-E19	ELECTRICAL CABLING FOR PS-21/30 CONTROLS
E9	SLIPS UP
E10	SLIPS SET
E11	SLIPS SET DETECTION
E12	LOW PRESSURE ALARM DETECTION
E13	SLIPS UP DETECTION
E15	GREASE TO CENTER SLIP
E16	GREASE TO SIDE SLIPS
E17	EMPTY GREASE BIN DETECTION
E18	GREASE PUMP UP
E19	GREASE PUMP DOWN



HYDRAULIC LINES TO PS-21/30

GREASE LINES TO PS-21/30



PART NO.		QTY.	NEXT ASSY	FINAL ASSY	M					
L					K					
J					H					
G					F					
E					D					
C		601070	LS	31 MAR 03	R.M.					
B		601028	LS	10 FEB 03	R.M.					
A		600815	LS	15 OCT 02	R.M.					
REV.		E.C.	NAME	DATE	CHECKED					
APPROVED		K.A.L.	15 OCT 02	UNITS (INCH (MM))	SCALE	1:4	WEIGHT	LIBS/	KG	ACAD FILE NO.:
TITLE		SCHEMATIC HUK CONTROLPLATE PS-21/30 WITH ELECTRIC VALVE			SIZE	D	DRAWING NO.	50004446		SHEET
REPLACES:										

## Vedlegg C - FORSTUDIERAPPORT

Alexander Husby Kongshaug

Forstudierapport bacheloroppgave våren 2021

*''Prosjektering av kontroll enhet for pneumatisk  
drill-pipe slips på Johan Sverdrup DP''*



## Innholdsfortegnelse

1. Introduksjon .....	3
2. Bakgrunn for oppgaven .....	3
2.1 Beskrivelse av problemet .....	3
2.2 Fordeler med fjernoperering av pneumatisk slips .....	4
3. Prosjekt mål .....	5
3.1 Arbeidsoppgaver .....	5
4. Delmål .....	5
5. Teoretisk forankring og litteratur .....	5
6. Gantt chart .....	6

## 1. Introduksjon

Formålet med dette dokumentet er en forstudierapport for skriving av bachelor oppgave i maskin våren 2021. Dokumentet gir en kort introduksjon til prosjektet og dets fremdriftsplan.

## 2. Bakgrunn for prosjektet

På et boredekk offshore er det et flertalls maskiner som skal jobbe sammen for å få boreoperasjonen til å være mest mulig effektiv. Johan Sverdrups borepakke skal være det mest høyteknologiske av dem alle.

### 2.1 Beskrivelse av problemet

For å skru sammen nye borerør, må røret avlastes i boredekket med noe som kalles et slips. Et slips er en enhet som griper rundt røret. Slipset har en utvendig konisk utforming som passer i en lik konus i boredekket.

Slike slips blir levert hydraulisk eller pneumatisk styrt med tanke på heving og senking. De hydrauliske er stor og tung, mens de pneumatiske er lett å montere og demontere. Et hydraulisk veier omtrent 4000kg mens et pneumatisk kun veier 200kg.



*Bilde 2.1 Hydraulisk operert slips.*



*Bilde 2.2 Pneumatisk operert slips*

Problemet på Johan Sverdrup er at det kun er lagt opp for fjernoperering av hydraulisk slips, men ikke pneumatisk slips. Pneumatisk slips må derfor kjøres manuelt med en fot operert pedal av en ekstra operatør.

## **2.2 Fordeler med fjernoperering av pneumatisk slips**

Bakenforliggende årsak er å forbedre og effektivisere deler av boreoperasjoner.

Fordeler:

- Driller får styrt det pneumatiske slipset og får bedre kontroll med tanke på faren for kommunikasjon svikt.
- Bruke NOV's ACS system i Cyber Base (Anti Collision System) slik som det skal brukes, slik det er nå må noen av sikkerhetsfunksjonene deaktiveres.
- Frigjør den ekstra operatøren som må kjøre slips fra manuell pedal.
- Raskere bytte mellom borerørs dimensjoner og bygging av BHA (Bottom Hole Assembly).
- Rød sone filosofi.
- Mindre sjanse for å miste ting i brønnen.

### 3. Prosjektmål

Oppgaven går ut på å prosjektere og designe en styreenhet som gjør det mulig å skifte mellom hydraulisk og pneumatisk fjernoperering av drill-pipe slips.

Skal se på to mulige løsninger:

- Styreenhet med solenoid styrt pneumatikk ventil.
- En hel mekanisk løsning som bruker eksisterende hydraulikk system som styrer en pneumatikk ventil i en kontroll boks.

#### 3.1 Arbeidsoppgaver

Styreenheten designes etter deler funnet hos leverandører som leverer hydraulikk og pneumatikk.

Styreenheten skal designes i CAD. Her skal tegneprogrammet Autodesk Inventor brukes.

Lage dokumentasjon med delelister.

Gjøre en kostnadsberegning med hjelp av Odfjell for begge løsningene.

### 4. Delmål

- Finne en metode å kombinere hydraulikk og pneumatikk til å fjern operere pneumatisk slips.
- Finne en metode å bruke elektriske signaler til å styre en solenoid pneumatikk ventil.
- Prosjektere en styreenhet med tegninger og koblings skjema.
- Presentere løsningen for Odfjell.
- Levere bachelor oppgave.

### 5. Teoretisk forankring og litteratur:

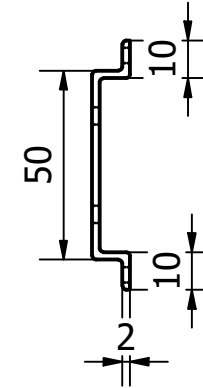
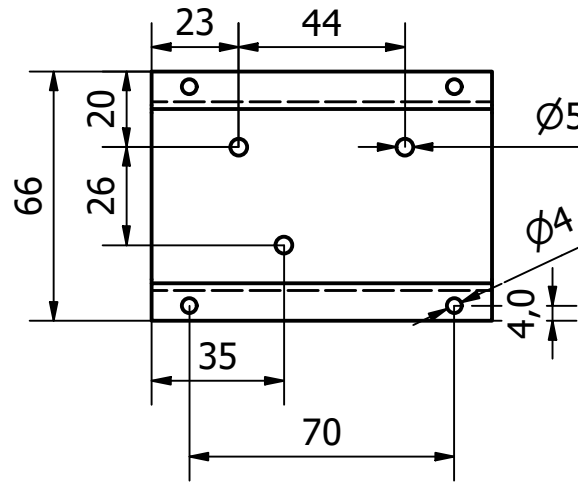
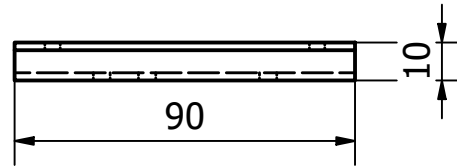
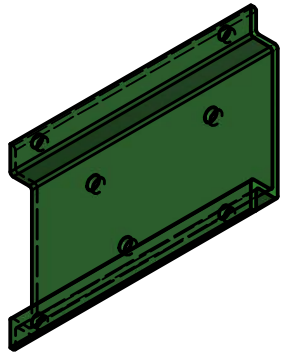
- Hydraulikk teori.
- Pneumatikk teori.
- Dokumentasjon på deler fra leverandører.
- ACS (NOV Anti Collision System).
- Rød sone filosofi.

## 6. Gantt chart

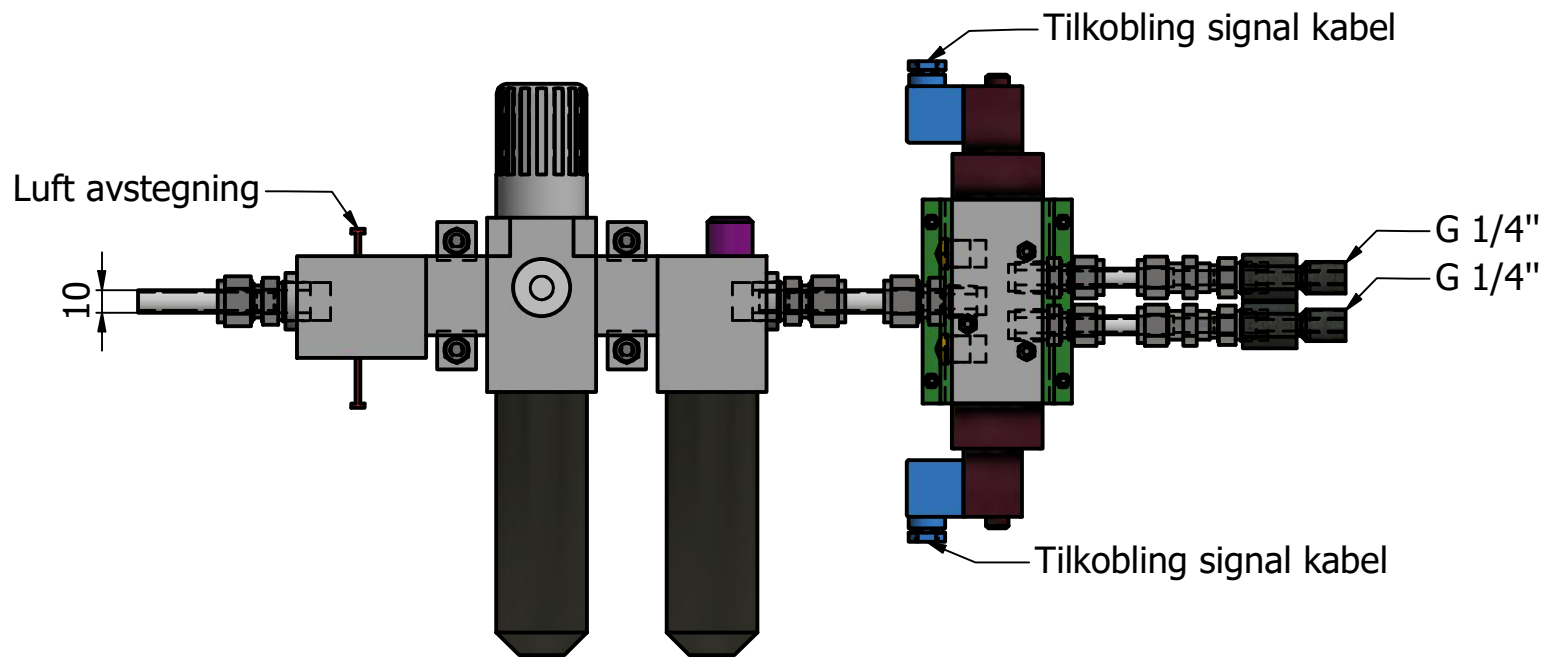
Uke	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Forstudie rapport	5.feb														
Finne mulig løsning															
Designe i CAD															
Beregninger															
Teori															
Kostnadsberegninger															
Dokumentasjon															
Bachelor															15.mai



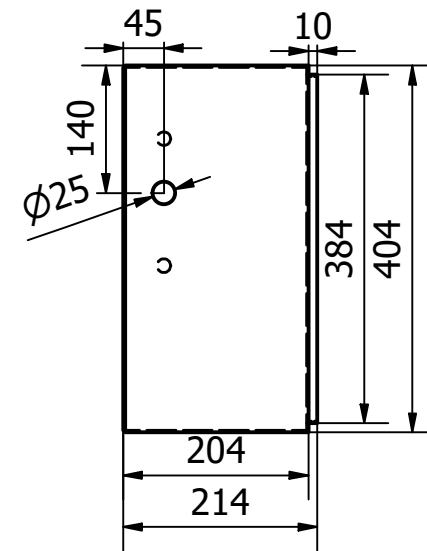
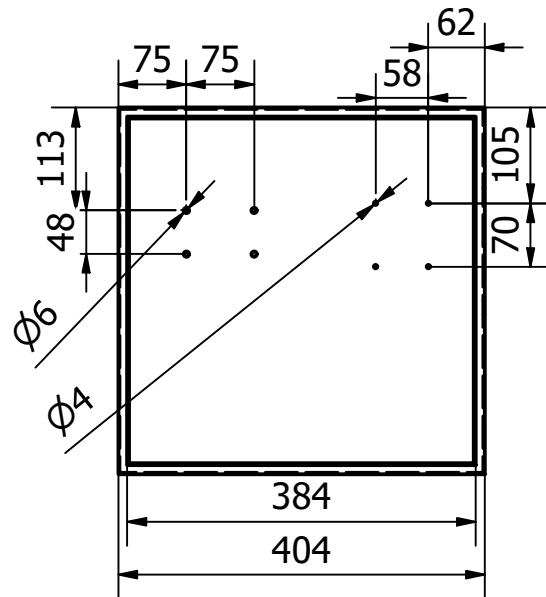
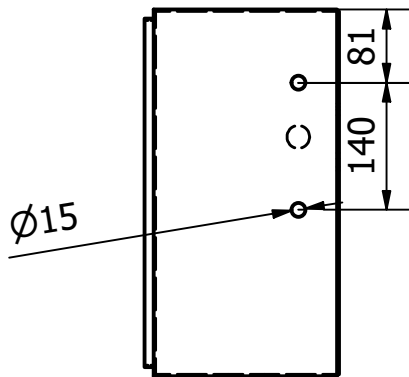
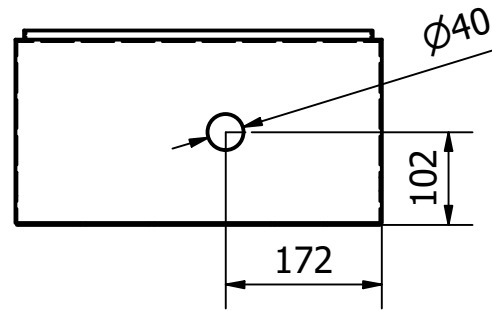
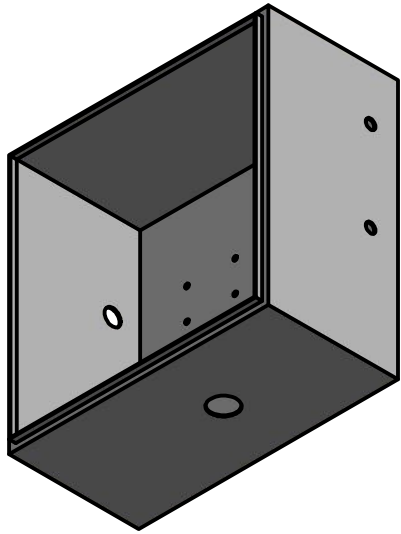
## Vedlegg D – TEGNINGER KONSTRUERT I INVENTOR



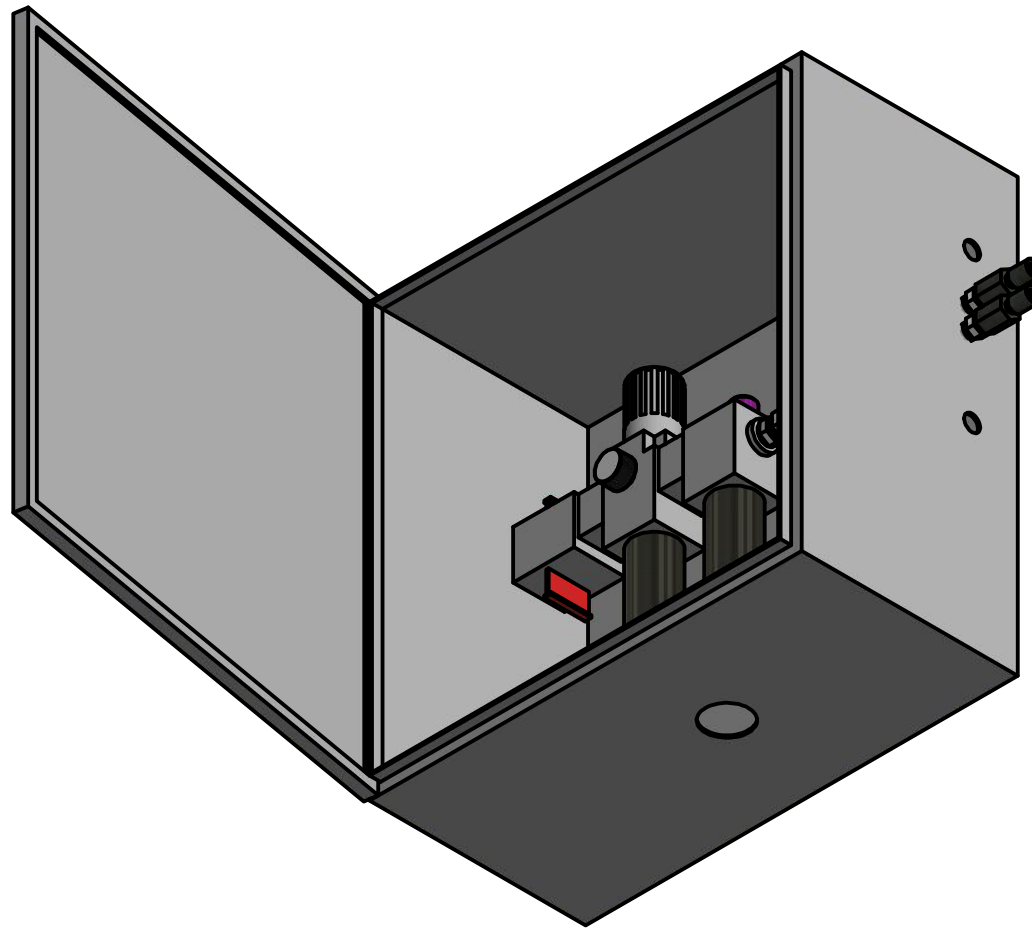
Designed by Alexander	Materiale Rustfri 316L	Toleranse	Date	Scale 1:2	Date 19.04.2021	A4
			Brakett pneumatikkventil	Edition	Sheet 1 / 1	



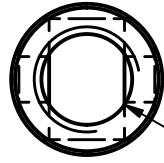
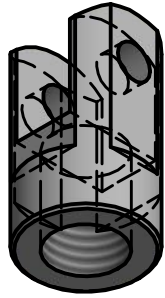
Designed by Alexander	Materiale Rustfri 316L	Toleranse	Date	Scale 0,3:1	Date 19.04.2021	A4
Solenoidløsning					Edition	Sheet 1 / 1



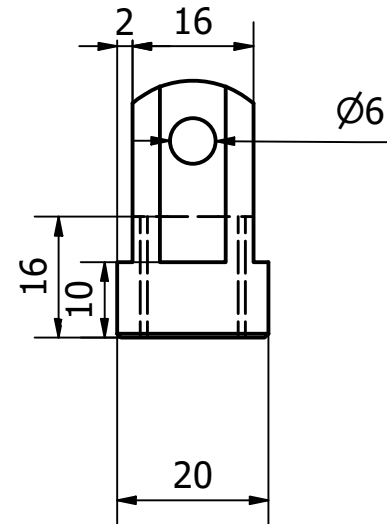
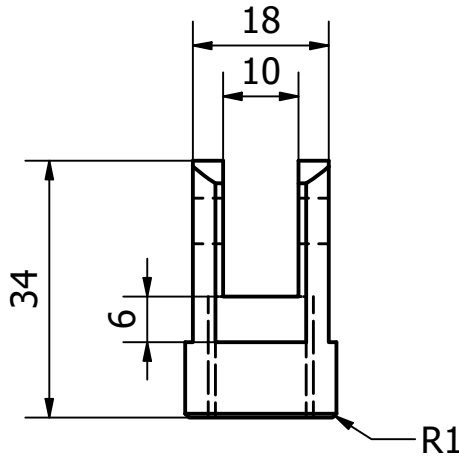
Designed by Alexander	Materiale 316L	Toleranse	Date	Date 20.04.2021	A4
			Solenoidskap		Edition



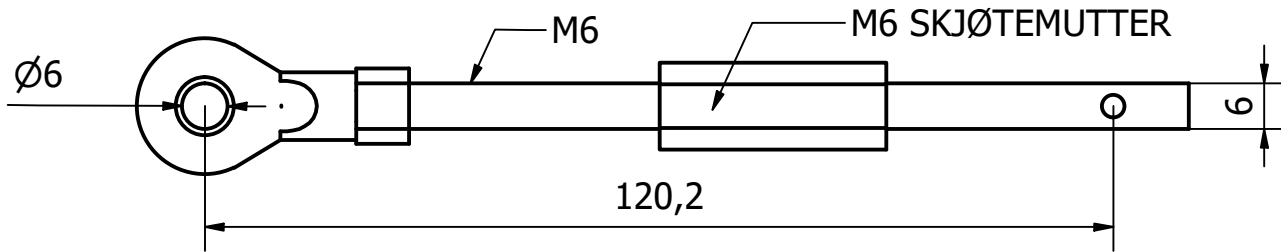
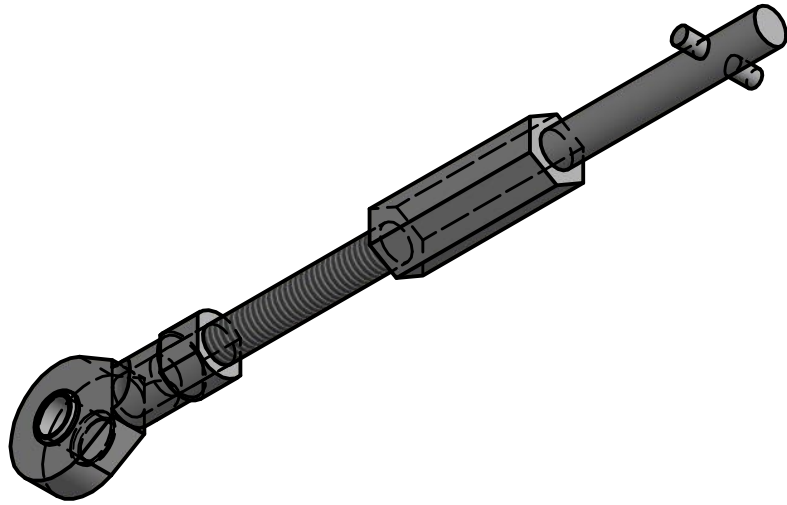
Designed by Alexander	Materiale 316L	Toleranse	Date	Scale 0,2:1	Date 22.04.2021	A4
				Solenoidskap		Edition Sheet 1 / 1



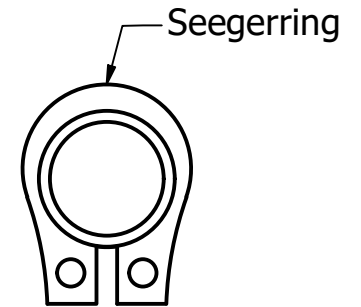
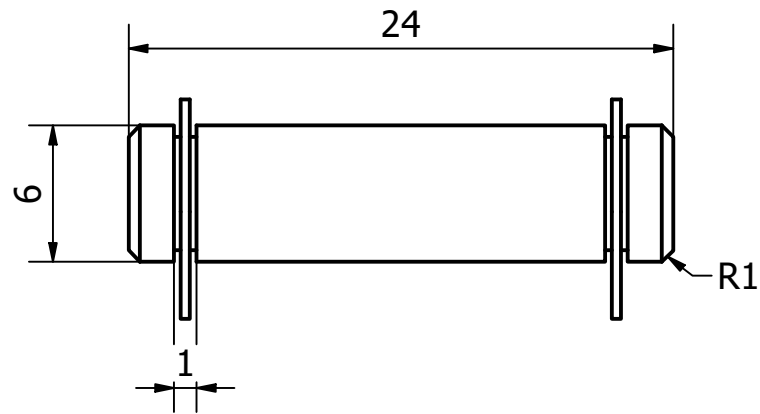
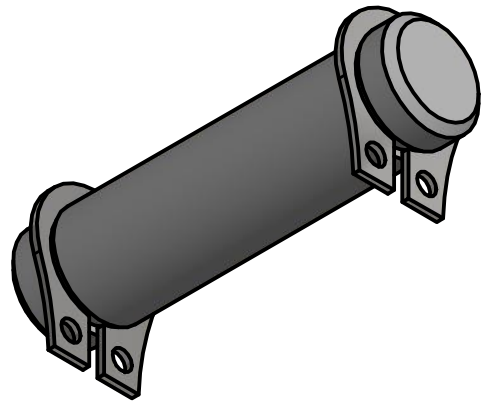
M12



Designed by Alexander	Materiale Rustfri 316L	Toleranse	Date	Scale 2:1	Date 03.04.2021	A4
Clavis					Edition	Sheet 1 / 1

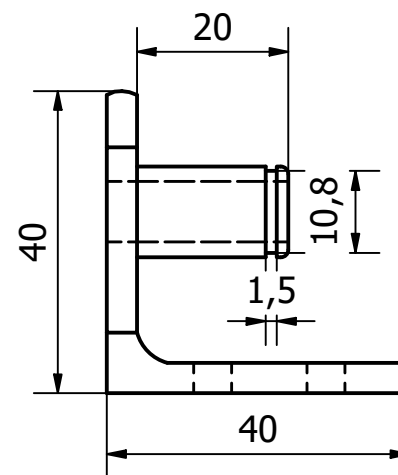
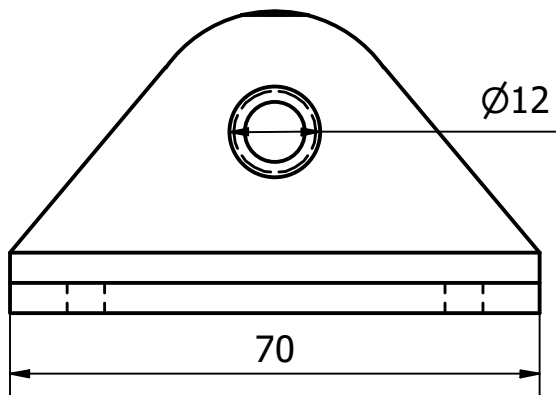
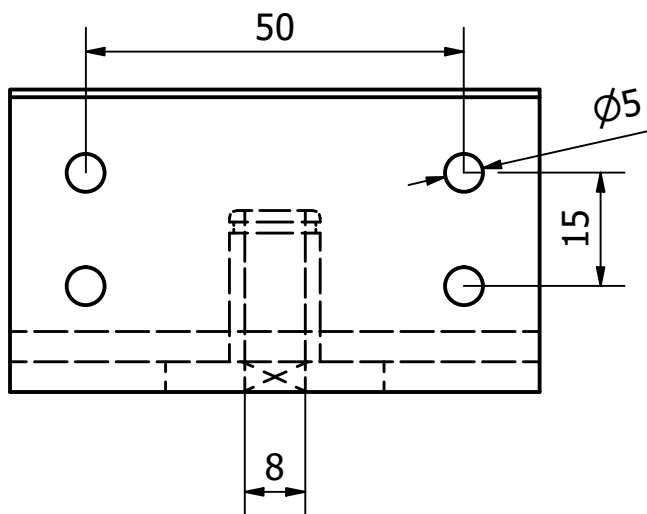
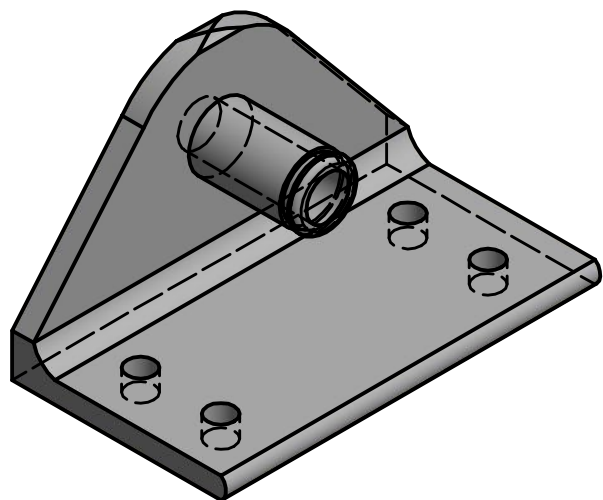


Designed by Alexander	Materiale Rustfri 316L	Toleranse	Date	Scale 1:1	Date 19.04.2021	A4
Arm pneumatikkventil					Edition	Sheet 1 / 1

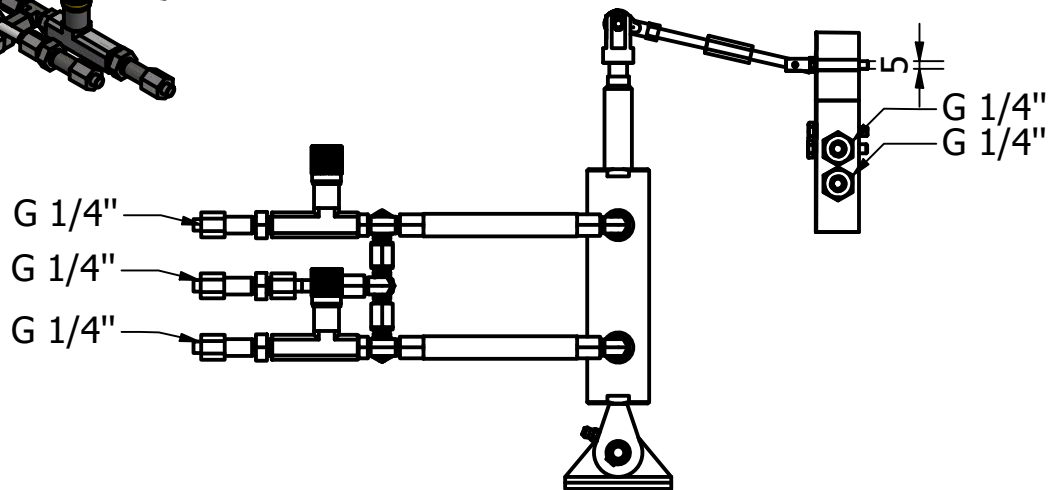
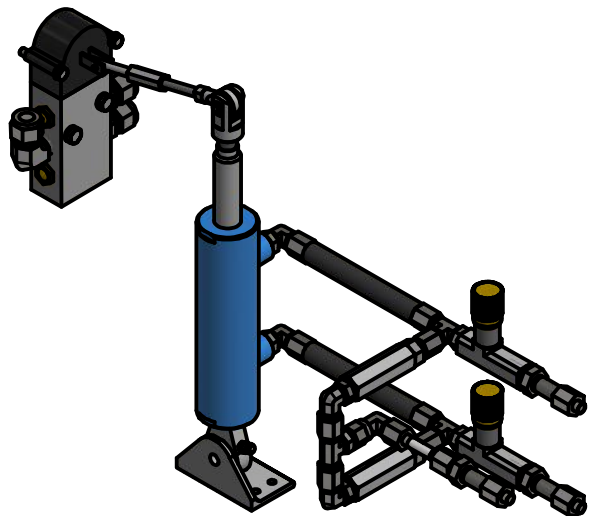


Designed by Alexander	Materiale Rustfri 316L	Toleranse	Date	Scale 3:1	Date 19.04.2021	A4
Clevis bolt					Edition	Sheet 1 / 1

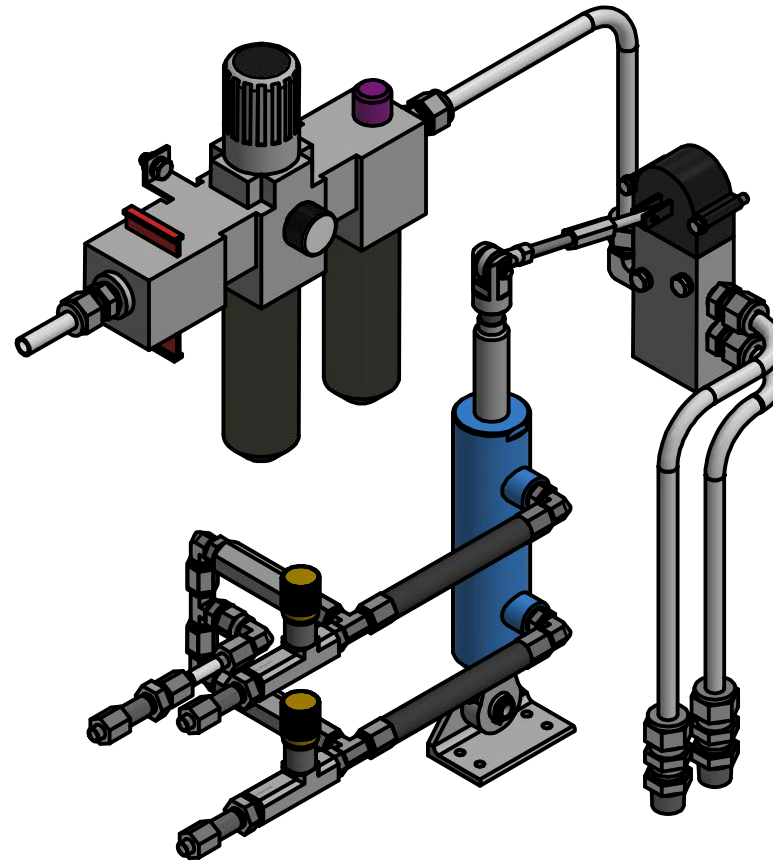




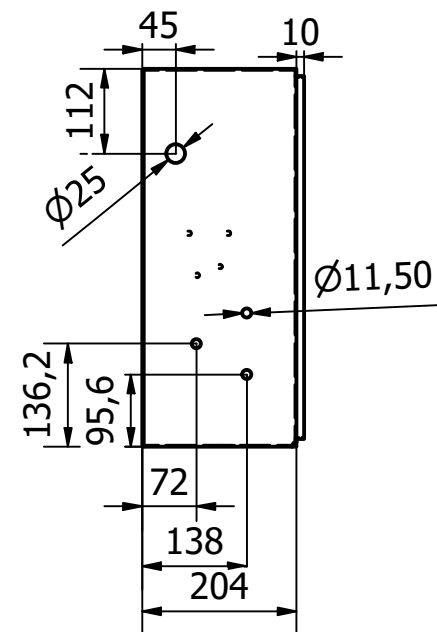
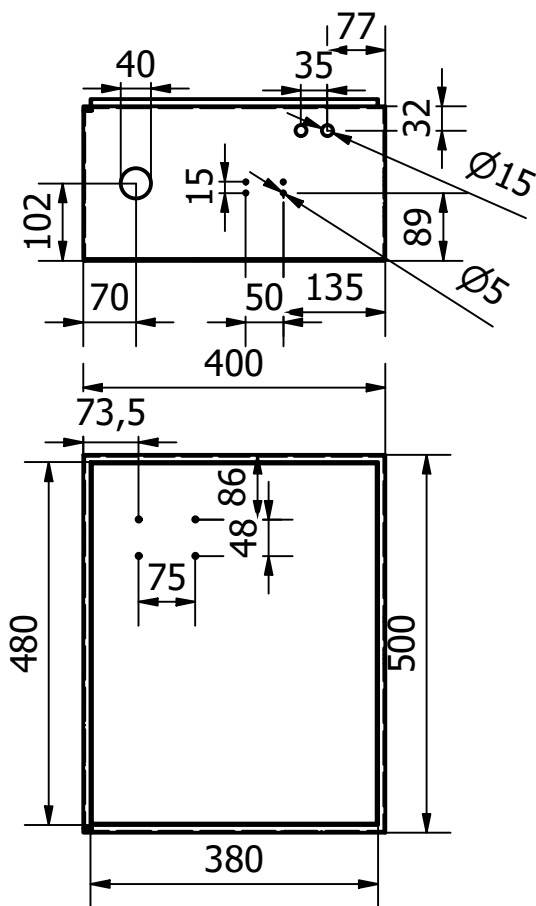
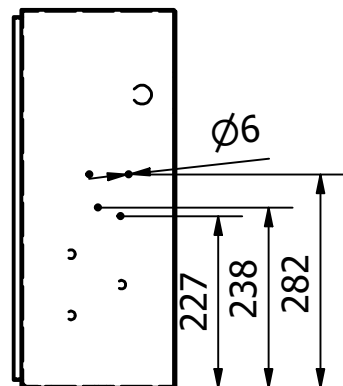
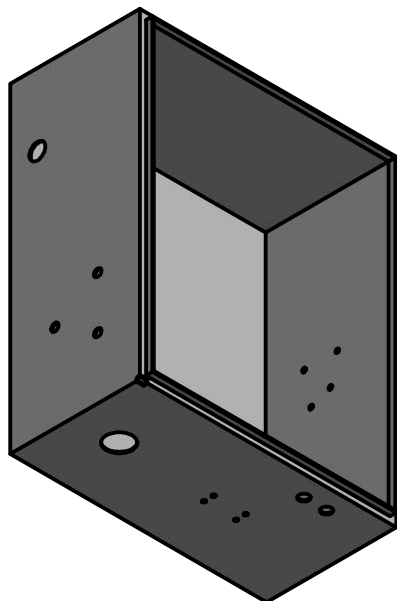
Designed by Alexander	Materiale Rustfri 316L	Toleranse	Date	Scale 1:1	Date 19.04.2021	A4
Cylinder innfestning					Edition	Sheet 1 / 1



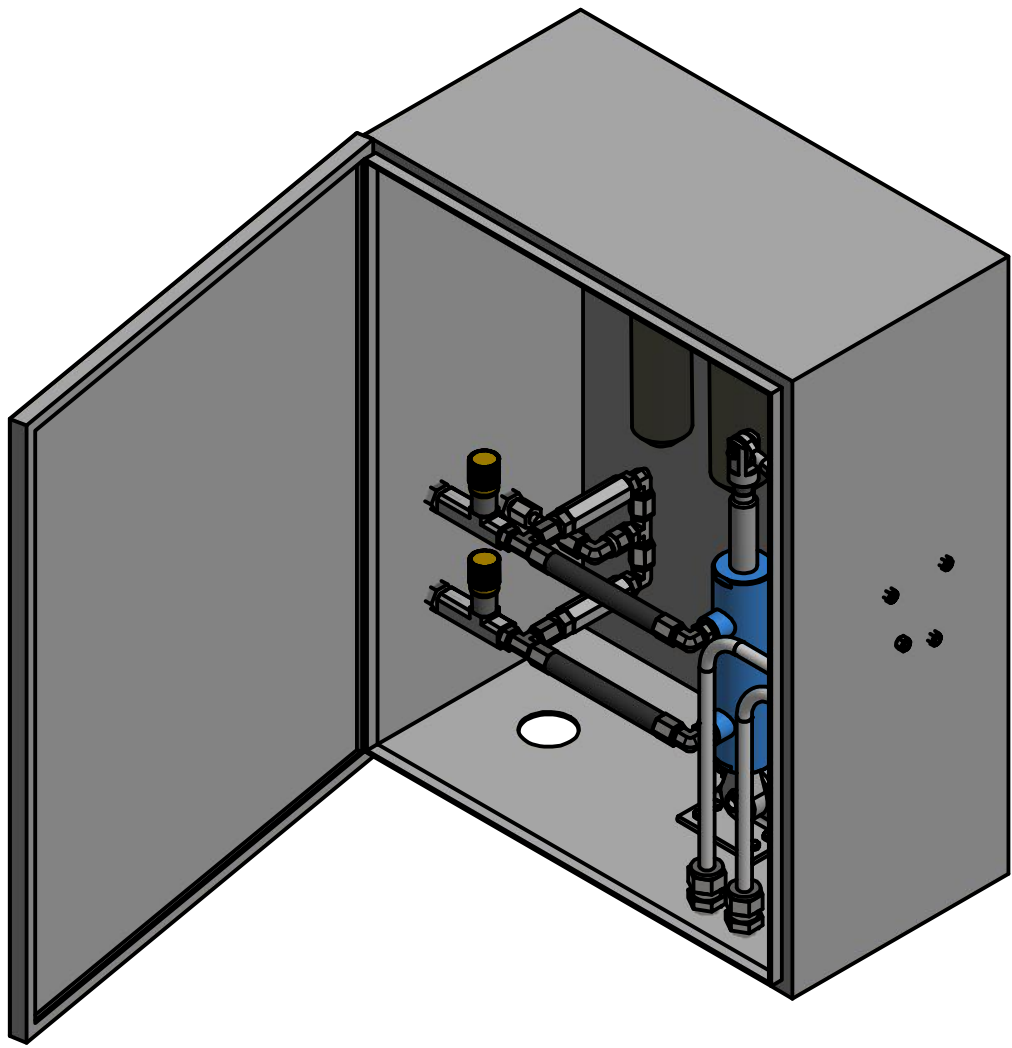
Designed by Alexander	Materiale	Toleranse	Date	Scale 0,2:1	Date 19.04.2021	A4
Hydraulikk styring					Edition	Sheet 1 / 1



Designed by Alexander	Materiale	Toleranse	Date	Scale 0,25:1	Date 19.04.2021	A4
Helmekanisk løsning					Edition	Sheet 1 / 1

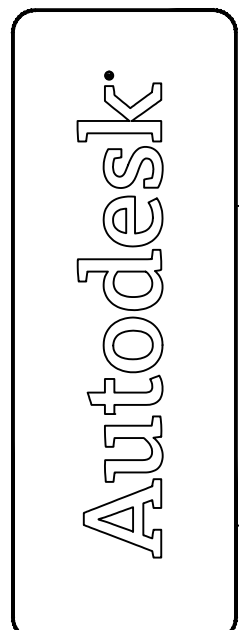
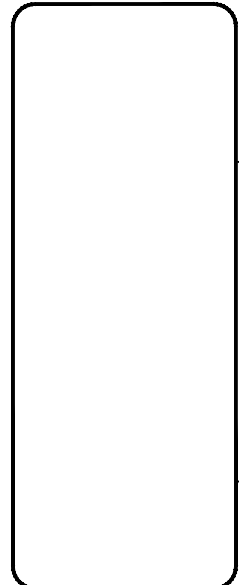
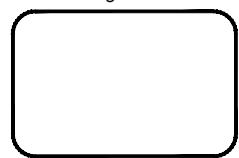
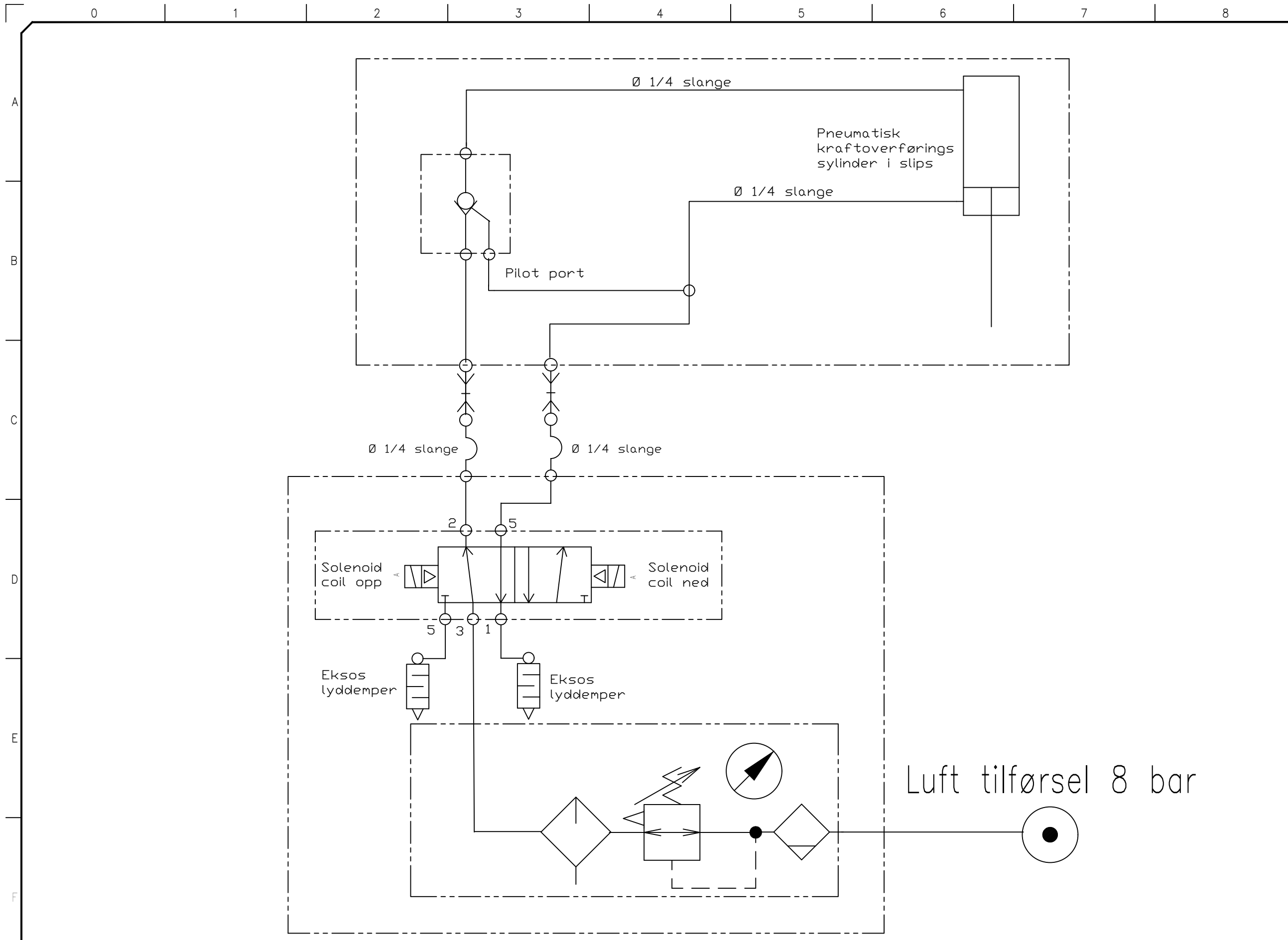


Designed by Alexander	Materiale 316L	Tolerance	Date	Scale 0,12:1	Date 20.04.2021	A4
			Helmekanisk skap		Edition	Sheet 1 / 1



Designed by Alexander	Materiale 316L	Toleranse	Date	Scale 0,12:1	Date 22.04.2021	A4
				Helmekanisk		Edition

## Vedlegg E - P&ID SKJEMA AV LØSNING 1

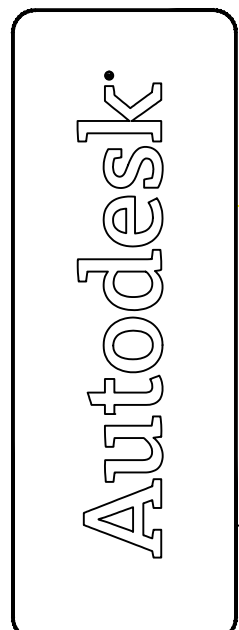
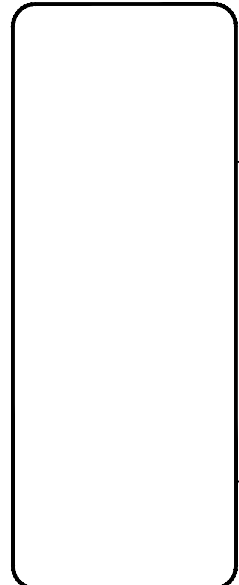
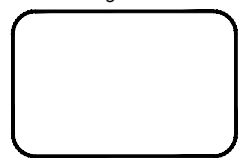
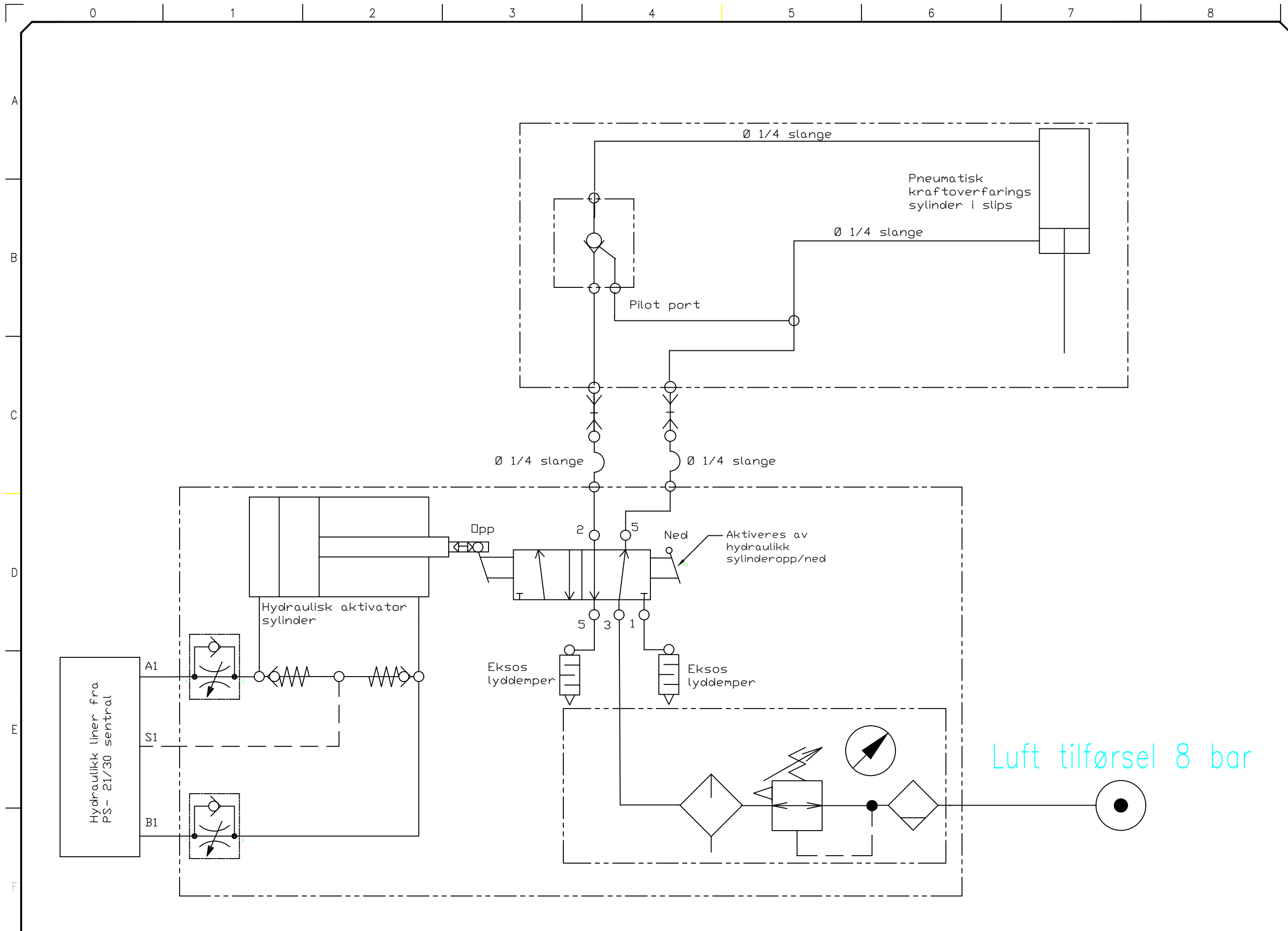


NO.	DATE	REVISION	BY
DWG TITLE			
Løsning 1 P&ID			
ENGINEER	CHECKED BY		
Alexander			
JOB NO.	DRAWN BY		
SCALE	DATE		
No Scale			
DWG NO.			

C:\DWG\DWG\FILE

## Vedlegg F - P&ID SKJEMA AV LØSNING 2





NO.	DATE	REVISION	BY
DWG TITLE			
Lösning2: Helmekanisk			
ENGINEER	CHECKED BY		
Alexander			
JOB NO	DRAWN BY		
SCALE	DATE		
No Scale			
DWG NO			

CAD DWG FILE