

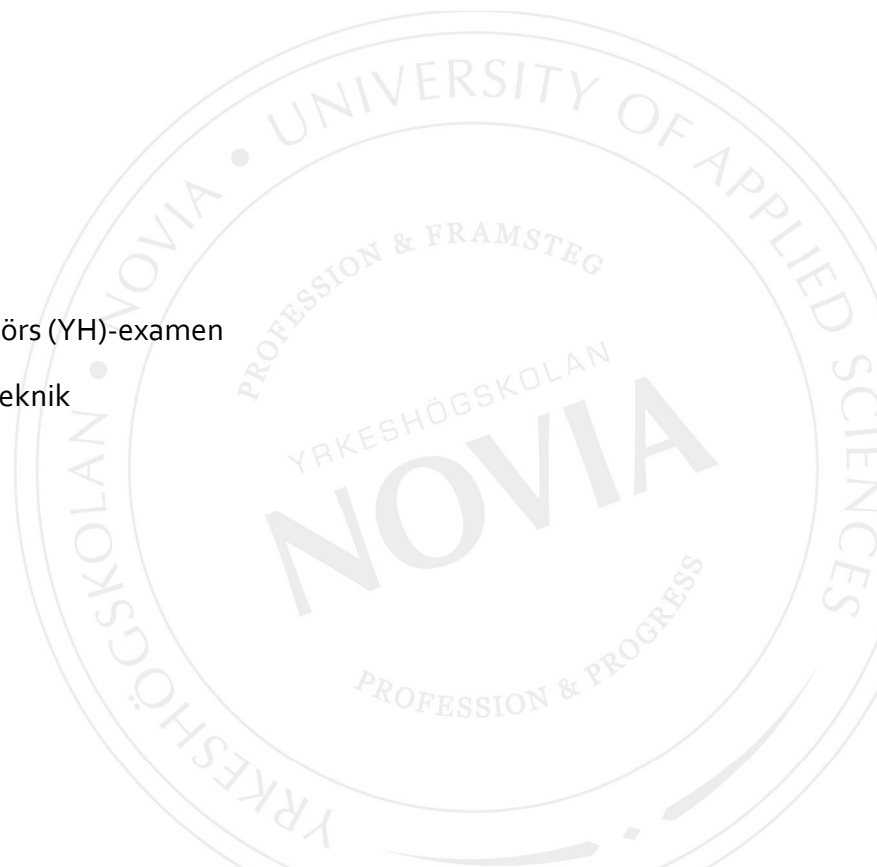
# Planering av servicebord för större hydraulcylindrar

Frans Storbacka

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Maskin- och produktionsteknik

Vasa 2020



## EXAMENSARBETE

Författare: Frans Storbacka

Utbildning och ort: Maskin och- produktionsteknik, Vasa

Inriktningsalternativ: Bil- och Transportteknik

Handledare: Rolf Dahlin

Titel: Planering av servicebord för större hydraulcylindrar

---

Datum 23.3.2021

Sidantal 29

Bilagor 13

---

### Abstrakt

Detta examensarbete består av planering av ett servicebord för större hydraulcylindrar som kommer att användas av företaget Ab Tallqvist Infra Oy:s egna anställda. Huvudsyftet med detta projekt är att minska kostnaderna för service på de större hydraulcylindrar, som tills nu skickats till andra företag för service, vilket medfört stora kostnader.

Främst handlar examensarbetet om planeringskedet för maskiner som kommer användas i företagets bruk, vilka säkerhetskrav som gäller och sedan kommer jag också att dimensionera hydrauliska komponenter.

För att utföra detta examensarbete har metoder som att diskussioner med verkstadschefen vid företaget, kontaktat social- och hälsoministeriet, och såklart diskussioner med erfarna maskinkonstruktörer använts.

Resultatet blev färdigt dimensionerade hydrauliska komponenter och en 3D-modell som man kan börja göra en riskkartläggning på.

---

Språk: svenska

Nyckelord: hydraulik, planering

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Frans Storbacka

Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja kuljetustekniikka

Ohjaaja: Rolf Dahlin

Nimike: Isojen hydraulisylintereiden huoltopöydän suunnittelu

---

Päivämäärä 23.2.2021 Sivumäärä 29

Liitteet 13

---

### Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö sisältää hydraulisylintereiden huoltopöydän suunnittelun vaiheet sekä mitkä kriteerit työkalun pitää täyttää ennen kuin sitä saa luovuttaa firman omille työntekijöille. Mitoitetaan myös hydraulikkaan kuuluvat komponentit.

Työ on tehty yhteistyössä Ab Tallqvist Infra Oy:n kanssa koska heillä oli tällaiselle tarvetta, jotta saisivat huoltokustannukset pienennettyä.

Suorittaakseen tämä opinnäytetyö on keskusteltu korjaamopäällikön kanssa, oltu yhteydessä Sosiaali- ja terveysministeriöön sekä juteltu suunnittelijoiden kanssa.

Opintonäytetyön tulos on valmiiksi mitoitettuja hydraulikkakomponentteja sekä perusteellinen 3D-malli josta voi tehdä riskianalyysin.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: hydraulikkaa, suunnittelu

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Frans Storbacka

Degree Programme: Mechanical and production engineering

Specialization: Automotive and transportation engineering

Supervisor(s): Rolf Dahlin

Title: Construction of a hydraulic cylinder repair bench

---

Date 23.3.2021

Number of pages 29

Appendices 13

---

### **Abstract**

This Bachelor's thesis is made in cooperation with Ab Tallqvist Infra Oy, and its aim is to reduce repair costs of hydraulic cylinder by constructing a repair bench that their own workers can use.

The main intension is 3D constructing the part that loses the nut on the cylinder shaft, these can be torqued to 50000 Nm at the most. I will also dimension the hydraulic components of the machine.

The methods used to carry out this thesis were discussing with the Workshop manager at Tallqvist Infra, contacting the occupational safety department and discussing with experienced constructors.

---

Language: Swedish

Key words: Construction, Hydraulic

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte .....	1
1.3	Mål.....	2
1.4	Avgränsningar .....	2
1.5	Företaget.....	2
2	Teori.....	3
2.1	Serviceprocessen hos cylindrar.....	3
2.2	Hydrauliska System.....	4
2.2.1	Hydraulisk cylinder .....	6
2.2.2	Hydraulmotorer .....	7
2.2.3	Hydrauliska pumpar.....	8
2.2.4	Kugghjulspumpar .....	8
2.2.5	Vingpumpar .....	9
2.2.6	Kolvpumpar .....	9
2.3	Hydrauliska komponenter och manöverdon .....	10
2.3.1	Filtrering .....	10
2.3.2	Riktningsventiler .....	10
2.3.3	Regulatorer .....	10
2.3.4	Nödfunktioner.....	11
2.4	Standarder och bestämmelser angående maskinsäkerhet.....	11
2.4.1	Tillverkarens förpliktelser .....	11
2.4.2	Grundläggande hälso- och säkerhetskrav.....	12
2.4.3	CE-märkning.....	12
2.4.4	Bruksanvisning.....	13
2.5	Program .....	13
2.5.1	Siemens NX.....	14
3	Metod.....	15
4	Resultat .....	16
4.1	Tekniska specifikationer .....	16
4.2	Modellen .....	16
4.2.1	Bordet.....	17
4.2.2	Vridstycket .....	18
4.3	Säkerheten .....	19
4.4	Hydrauliken.....	19
4.4.1	Hydraul pumpen.....	19

4.4.2	Hydraulcylindrarna .....	20
4.4.3	Hydraulmotorn.....	23
4.4.4	Slangdimensionering .....	24
4.4.5	Dimensionering av ventiler .....	25
5	Resultatdiskussion.....	26
5.1	Kritisk granskning.....	26
5.2	Förslag till fortsatt forskning.....	27
6	Diskussion .....	28
7	Referenser.....	29

## Figurförteckning

Figur 1 Hydrauliska cylinderns tätningar (Schwarz, 2019).....	3
Figur 2 En hydraulisk cylinders Uppbyggnad (Huttunen, u.d.) .....	7
Figur 3 Ytter kugghjulspumps uppbyggnad (vänster) och inner kugghjulspumps uppbyggnad (höger) (Nygård, 2015).....	8
Figur 4 Vingpumpens uppbyggnad (Nygård, 2015).....	9
Figur 5 Axialkolvpumpens (vänster) och radialkolvpumpens (höger) uppbyggnad (Nygård, 2015).....	10
Figur 6 CE-märkningens utseende.....	13
Figur 7 Bordet färdigt .....	17
Figur 8 Vridstycket med den ena plattan borttagen .....	18
Figur 9 Kedjedrivningen .....	19
Figur 10 Tabell på 5,5kW hydraulikenheter (Salhydro) .....	20
Figur 11 Minsta möjliga slaglängd .....	22
Figur 12 M+S Hydraulics MS-series storlekar .....	24
Figur 13 Monogram för dimensionering av hydraulikslangar (Insane Hydraulics Hosesizing, u.d.).....	25

## 1 Inledning

Allt började med ett möte angående examensarbetet med verkstadschefen Rainer Smeds. Det som diskuterades var att hitta ett examensarbete som verkligen skulle göra nytta åt företaget. Smeds hade varit på några mässor där de hade presenterat maskiner för att göra service på hydraulcylindrar, men prislappen har alltid varit så stor så lönsamheten hade varit liten. Där uppstod idén att tillverka en egen som vi kan skräddarsy för Tallqvist behov. Jag har varit mekaniker vid verkstaden i cirka 5 år redan och har också en ganska bra bild av hur maskinen skall fungera.

### 1.1 Bakgrund

När vi med verkstadschefen Rainer Smeds funderade på möjliga problem som skulle kunna bli billigare för Tallqvist så hade Smeds en vision om att få reparerat de större hydraulcylindrarna i Tallqvists egen verkstad. Deras reparationer tillför stora kostnader och tar dessutom enormt med arbetstid från maskinerna.

I dagens läge ifall en hydraulcylinder konstateras defekt så måste den först demonteras och sedan skickas till endera Caterpillars/Komatsus egna verkstäder eller Norrhydro i Rovaniemi för reparation. Problemet med detta är att dessa företag är nästan ensamma om specialkunskaperna och är därför inte billiga. Inte nog med att servicen är dyr så blir frakten också kostsam, en vikt upp till 1000 kg och längder på 3m tar sitt utrymme och tillför problem för lastning och lossning.

Tiden för dessa reparationer beror såklart på säsong och hur omfattande reparationer som krävs men redan demontering, frakt tur/retur och montering tar en vecka.

### 1.2 Syfte

Syftet med denna maskin var att få ner kostnaderna för reparationerna på hydrauliska cylindrarna. De största kostnaderna beror på den tid maskinerna inte kan arbeta, därför är det kritiskt att få planerat och konstruerat en egen maskin som ger Tallqvist möjligheten att utföra reparationerna själva.



### 1.3 Mål

Målet med detta slutarbete var att få gjort de beräkningar som krävs för att maskinen skall bli säker, för att sedan efter slutarbetet göra resterande uppgifter så att vi så fort som möjligt få 3D-modellen till en verklighet så att arbetstagarna kan utbildas och börja använda maskinen. Detta är planerat att ske under 2021. Dock skall den vara säker så det inte egentligen finns någon möjlighet att en arbetstagare skadar sig.

### 1.4 Avgränsningar

Att planera och tillverka en hel maskin krävs mycket arbete och därför har vi valt att avgränsa arbetet till att planera och skissa upp en 3D-modell så att man får en helhetsbild av maskinen och kan sedan börja göra en riskkartläggning och modifiera modellen så att man får en säker användning, med modellen är det möjligt att använda sig av en dynamisk hållfasthetskontroll som finns i de flesta 3D-programmen.

### 1.5 Företaget

Ab Tallqvist Oy är en av Finlands största privatägda jordbyggsföretag. Satsningarna har lite varierat från år till år men man kan säga att det finns fyra huvudsakliga riktlinjer för de projekt de håller på med och de är gruvverksamhet, bränsletransport, jordbygge och husbyggnad. Men de har även Tungtransportsutrustning, egen verkstad och krossverksamhet.

Som VD fungerar nu Gina Tallqvist och företaget omsätter idag cirka 40 miljoner euro och sysselsätter cirka 130 arbetare. Maskinparken består av totalt cirka 100 fordon varav cirka 70 är tunga fordon, de flesta av märket Caterpillar.

Företaget startades med namnet H&I Tallqvist 1965 av företagarna Harry Tallqvist och kusinen Ingvald Tallqvist. Då var det främst frågan om bränsletransporter åt Teboil och frakt av bulkmaterial till hamnen och även några vägbyggen. Det var först 1971 som den första grävmaskinen införskaffades och några mindre jordbyggnadsprojekt påbörjades. Därifrån har företaget vuxit och maskinparken bara vuxit.

Ända fram till 1991 gick företaget under namnet H&I Tallqvist, efter det så byttes bolagsformen till aktiebolag och namnet till Ab Tallqvist Oy. Senare år 2008 grundades tre dotterbolag *Ab Tallqvist Infra Oy*, *Ab Tallqvist Energy Oy* och *Ab Tallqvist Rental Oy*. (Tallqvist, u.d.).

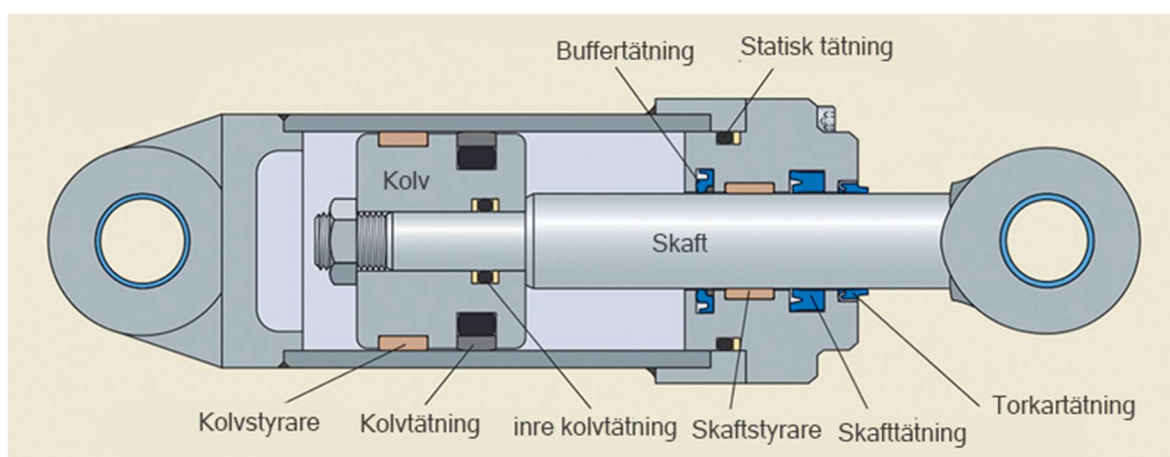
## 2 Teori

Här kommer jag gå igenom teorin som min planering baserar sig på, men också processen på hur man utför reparation på en hydraulisk cylinder. Det är viktigt att först ta reda på vad problemet är och hur det skall lösas. I kapitlet kommer jag förklara hur hydrauliken skall planeras och dimensioneras, hur man skall gå till väga när en maskin skall konstrueras för egna anställda och hur säkerheten skall lösas samt grunderna för 3D-modellering och lite hållfasthet för maskinkonstruktion.

### 2.1 Serviceprocessen hos cylindrar

Hydrauliska cylindrar utför en linjär rörelse varje gång trycket på kolven sidor ändras. Med detta uppstår också slitage på tätningar som separerar de två kammare som finns på kolvens båda sidor. Det finns också tätningar som förhindrar vätskan att smita ut från boxen.

Ifall tätningarna mellan kamrarna börjar läcka orsakar detta att vätskan kommer åt att röra sig mellan de två kamrarna och kolven förflyttar sig sakta i den riktning som yttre kraften påverkar stängen. Om cylindern läcker olja utåt så är det skaftetätning och buffertätningen som är slitna.



Figur 1. Hydrauliska cylinderns tätningar. (Schwarz, 2019).

När ett av de ovannämnda symptomen upptäcks så finns det olika metoder beroende på användningsområde att ta reda på ifall det är cylindern som är defekt eller till exempelvis någon ventil eller pumpen. Om det konstateras att det är cylinder som är defekt så är nästa

steg att demontera cylindern, oberoende på cylinderns storlek så är processen vanligtvis ganska lika.

Det börjas med att skruva lös cylinderlocket för att kunna separera skaften och cylindern. Därefter så dras skaften ut som ofta kräver lite kraft eftersom tätningarna är mycket täta mot cylinder väggen, på mindre cylindrar med cirka max 100 mm kolvdiameter kan detta oftast göra för hand men på större kan det behövas hjälp av en yttre kraft.

Nästa steg är att lossa på endera muttern som håller fast kolven eller så är det gängor i kolven så då ska kolven lossas. Oftast har dessa någon slags låsning så de inte kan skruva ut sig själva, så det skall också tas i hänsyn före man med makt vrider och det kan då orsaka till att gängorna förstörs. När man har fått lös kolven så kan man också ta bort cylinder locket från skaften genom att dra den ut i den ände som kolven var.

Nu när cylindern är totalt demonterad så kan man ta bort tätningarna från både kolv och locket och ersätta dessa med nya. Man skall också granska så skaftet eller cylinderväggarna inte har skråmor eller andra defekter som kan ha orsakat läckage. Ifall allt är inom toleranserna som tillverkarna har gett så kan man i omvänd ordning montera ihop cylindern.

När cylindern är ihop monterad är det bra att trycktesta cylinder den slutligen monteras fast i maskinen. Det finns maskiner som kan pumpa tryck i cylindern för att se ifall trycket hålls jämn. Detta är baserat på egna erfarenheter.

## **2.2 Hydrauliska system**

Hydrauliska system används för att flytta energin från en plats till en annan, hydraulolja är teoretisk inte kompressbar. Systemet består av tre huvudkomponenter och det är då en motor/pump som förvandlar mekanisk energi till hydrostatisk, styrkomponenter och sedan ett manöverdon som till exempel en hydraulisk cylinder.

I hydrauliska system är det viktigt att alla komponenter är kapabla till det vad pumpen ger ut, i större hydraulsystem kan vi ha tryck på cirka 500 bar. I dagens läge har oftast alla högt belastade hydraulsystem någon sorts säkerhetsventil som minskar riskerna för katastrof vid haveri.

När ett hydrauliksystem byggs upp måste är det bra att veta teorin bakom hur man skall dimensionera olika komponenter för att få systemet säkert och få maskinen att fungera som den planeras.

Det finns två huvudsakliga parametrar som alltid används när ett hydrauliksystem planeras och det är följande. (Nygård, 2015).

### Vätsketryck

Hydraulikvätska är inte komprimerbart och trycket som befinner sig i samma krets utan några regulatorer kommer alltid vara samma på alla ytor. Formeln för vätsketryck är följande:

$$P = \frac{F}{A \cdot 10} \quad (1)$$

där

$P$  är vätsketryck (bar)

$A$  är ytans area (cm<sup>2</sup>)

$F$  är kraft (N)

Ifall vätsketrycket finns tillgängligt och det finns en kraft som skall uppnås så dimensioneras cylindrarna med följande formel (1)

$$A = \frac{F}{P \cdot 10} \quad (2)$$

och då fås en area (cm<sup>2</sup>) som skall användas förr att uppnå den kraft som ska uppnås. (Nygård, 2015).

### Flödet

Med flödet menas en viss mängd vätska som förflyttas under en viss tidsperiod, oftast används Liter/Minut. Formeln för flödet är följande:

$$q = \frac{V \cdot 60}{1000 \cdot t} \quad (3)$$

Där

$q$  är Volymström (l/min)

$V$  är Volym (cm<sup>3</sup>)

$t$  är tid (s)

Förutom föregående två formler finns det några andra som också är väldigt vanliga inom hydrauliken. Ifall effekten skall beräknas, alltså arbete per tidsenhet används formeln.

$$P = \frac{p \cdot q}{0.6} \quad (4)$$

Där

$P$  är effekt (W)

$p$  är vätsketryck (bar)

$q$  är flödet (l/min)

(Nygård, 2015).

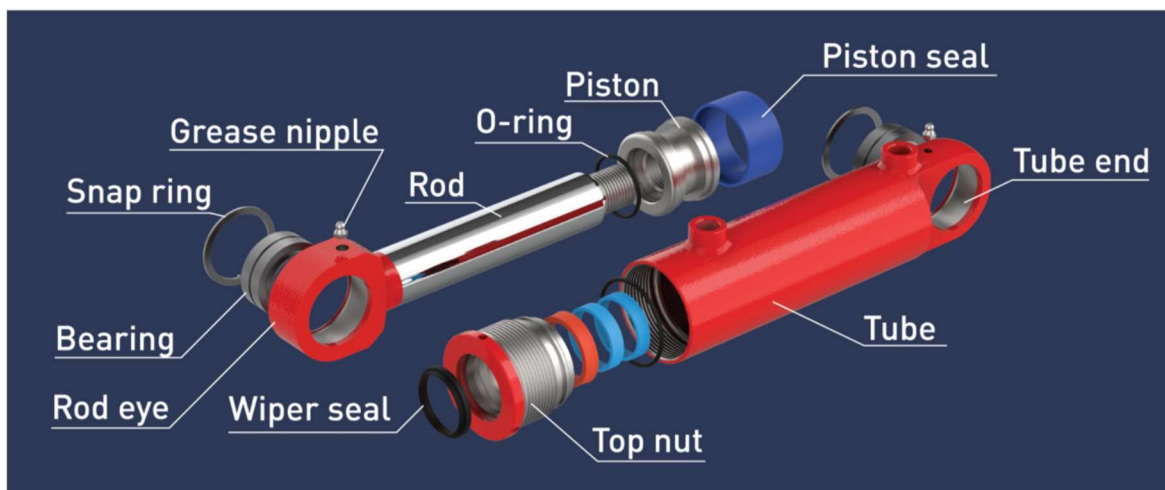
### 2.2.1 Hydraulisk cylinder

En hydraulisk cylinder används för att omvandla hydrauliskt tryck till en linjär mekanisk rörelse. Som vätska används oftast hydraulolja men kan även vara andra vätskor, dock väldigt sällan. Det finns två olika kategorier man kan dela in hydrauliska cylindrar i och det är dubbelverkande och enkelverkande.

Enkelverkande har bara en ingång och arbetar därför bara i en riktning, för att den ska returnera behövs en yttre kraft eller en fjädra. Kan användas på ställen där kraften ska bara verka åt ett håll.

Dubbelverkande har två ingångar och kolvens läge beror på i vilken sida av kolven vi har mera tryck, när oljetryck bildas i ena sidan så åker oljan som är på andra sidan tillbaka till exempel hydrauliska tanken.

Hydrauliska cylindrar har en ganska simpel uppbyggnad och har inte ändrats speciellt mycket på många år. De består i princip av en cylinder, skaft, box, kolv och några tätningar för att hålla vätskan på rätta ställen. (Figur 1) (hssptyltd, 2019).



Figur 2. En hydraulisk cylinders uppbyggnad (Huttunen, u.d.).

### 2.2.2 Hydraulmotorer

Hydraulmotorn förvandlar hydrauliskt tryck till en cirkulär mekanisk rörelse. Det finns många olika konstruktioner av hydraulmotorer men oftast är de väldigt lika kugghjulspumparna och dessa går även ibland att använda för varandras ändamål, alltså en motor kan vara en pump och en pump kan vara en motor. Hydraulmotorer har vanligtvis en verkningsgrad på cirka 0.90 men det finns alltid angivet ett mer exakt värde på pumparna.

Med följande formel får man uträknat motorns vridmoment, vridmomentet bestäms av systemtrycket och motorns deplacement. (Nygård, 2015).

$$M = \frac{V \cdot p \cdot 10}{628} \quad (5)$$

Där

M är vridmoment (Nm)

V är pumpens deplacement ( $\text{cm}^3/\text{r}$ )

P är systemtrycket (bar)

Med hjälp av volymströmmen och deplacementet kan man även räkna ut varvtalet

$$n = \frac{q \cdot 1000}{V} \quad (6)$$

Där

$n$  är varvtal (r/min)

$q$  är volymström (l/min)

$V$  är displacement ( $\text{cm}^3/\text{r}$ )

Det finns även några andra kriterier när man skall dimensionera en motor. I tekniska informationen för motorerna finns också angivet maximalt varvtal, moment, kraft och tryck och alla de finns angivna i konstant, stundvis och toppar. (Nygård, 2015).

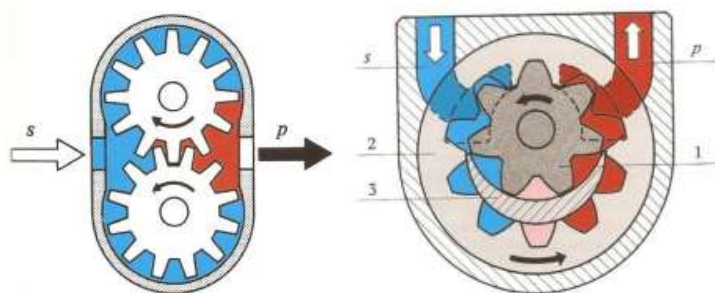
### 2.2.3 Hydrauliska pumpar

Hydrauliska pumpar finns med många olika uppbyggnader, alla har sina för- och nackdelar. Pumpen finner man oftast som första komponent i hydrauliska system. En pump pumpar lika mycket som dess displacement är, det vill säga mängden vätska den kan förflytta per axelvarv. Alla pumpar fungerar ändå med samma princip och det är att förflytta vätskevolymen mot en belastning eller ett tryck. (Nygård, 2015).

### 2.2.4 Kugghjulspumpar

Kugghjulspumparna delas ytterligare upp i två kategorier, inner- och yttre kugghjulspumpar. Båda har fast displacement och fungerar så att det finns två kuggar som drivs av varandra, mellanrummet mellan tänderna på kuggarna förflyttar vätskan från inloppet till utloppet av pumpen.

Kugghjulspumparna används ofta inom industrin där variabelt displacement inte behövs, de har få rörliga delar och är därför också relativt billiga och hållbara. Kugghjulspumparna har ett pulsfritt flöde, en bra sugförmåga och kan till och med köras torrt en längre tid. (Gear Pumps, u.d.).

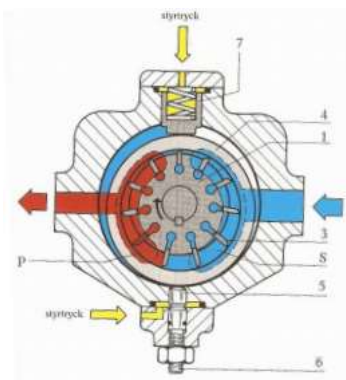


Figur 3. en yttrekugghjulspumps uppbyggnad (vänster) och en innerkugghjulspumps uppbyggnad (höger) (Nygård, 2015).

### 2.2.5 Vingpumpar

Vingpumpar har en rotor som är excentriskt placerad i en rund kammare, rotorn har vingar som trycks ut mot kammarväggarna med en kraft, oftast en fjäder. När då rotorn är excentriskt placerad så ändrar utrymmet mellan vingarna volym och skapar då först vakuum när volymen ökar och förflyttas sedan till utlopps sidan och tryck ut när volymen minskar. (Nygård, 2015).

Vingpumparna har en ganska låg viskositetshanteringsförmåga (10 000 cst) jämför med till exempel kugghjulspumparna (55 000 cst). Lik som kugghjulspumparna har vingpumpen en bra sugförmåga och kan också rotera torrt en tid. Vingarna kompenserar själv nötning eftersom kraften som skjuter ut vingarna alltid trycker på ända till kammarväggarna. (Nygård, 2015).

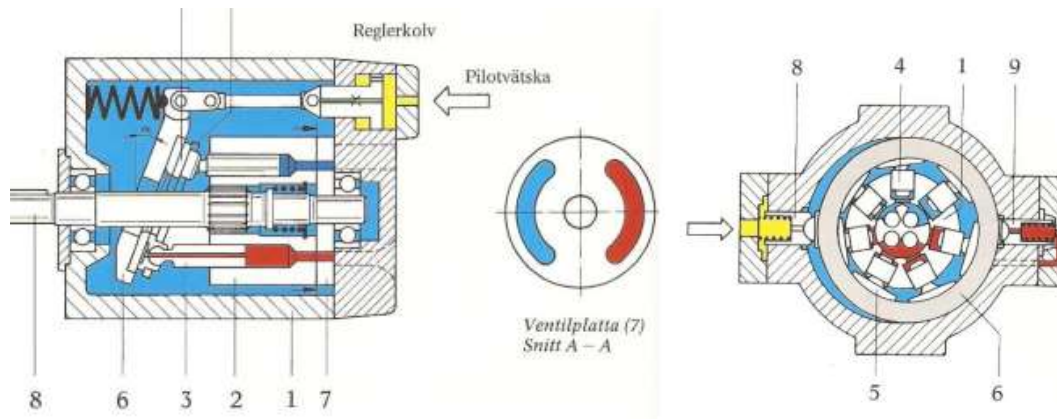


Figur 4. Vingpumpens uppbyggnad. (Nygård, 2015).

### 2.2.6 Kolvpumpar

Kolvpumpar finns i många olika uppbyggnader, men den kanske vanligaste är axiell kolvpump. Axiella kolvpumpar har variabelt displacement och den är uppbyggd med många kolvar i ett cirkulärt mönster i en rotor, vid roten av kolvarna finns en platta som kan svänga sig. När den svänger sig och rotorn roterar så betyder det att kolvarna börjar röra sig in och ut och fungerar då som en vanlig kolvpump. Ifall då platta viker sig i linje med rotorn så står kolvarna stilla och detta betyder att volymen i cylindrarna inte ändras. (Nygård, 2015).





Figur 5 Axialkolvpumpens (vänster) och radialkolvpumpens (höger) uppbyggnad (Nygård, 2015).

## 2.3 Hydrauliska komponenter och manöverdon

För att manövrera och kontrollera hydrauliska system behövs också många andra mindre komponenter. Många komponenter har uppstått bara för en säkrare användning och minimera katastrofriskerna. Det finns många varianter av kontrollodon att välja mellan luft-, elektriskt- eller mekaniskt styrda. (Skybrary, 2020).

### 2.3.1 Filtrering

Oftast behövs någon sorters filtrering av vätskan eftersom små partiklar kan vara skadliga för vissa komponenter. Det finns både hög och lågtrycksfilter men oftast så används lågtrycksfilter på retursidan av systemet.

### 2.3.2 Riktningssventiler

Riktningssventiler finns i många olika utföranden, alla har dock samma gemensamma uppgift att styra vart flödet skall gå. De finns från två-vägs upp till sex-vägs ventiler i vanliga fall, och med olika inbyggda funktioner som till exempel flödesregulatorer.

### 2.3.3 Regulatorer

Regulatorernas uppgift är att reglera tryck och flöde i hydrauliska system. Kallas också ofta för hydrauliska motstånd.

### **2.3.4 Nödfunktioner**

I dagens läge är det allt viktigare med olika sorters säkerhetssystem och nödstopp. Det finns färdigt byggda block som styrs med någon sorts logik, men även används vanliga avstängningsventiler som styrs med en vald metod, till exempel en mekanisk knapp.

Ofta idag så används ett logiksystem för att styra nödfunktionerna på maskiner, och det främst på grund av kostnader och mera möjligheter.

## **2.4 Standarder och bestämmelser angående maskinsäkerhet**

Det som det mest fokuseras på i dagens arbete är säkerheten. Inget arbete är värt att göra ifall det finns en risk att skada sig själv eller någon annan. Redan i tidigt planeringsskede är det skäl till att noga läsa vad som sägs i statsrådets förordning om maskiners säkerhet. Detta kapitel angår lagar och bestämmelser som angår maskinsäkerhet. (Statsrådets förordning om maskiners säkerhet 400/2008, 2008).

### **2.4.1 Tillverkarens förpliktelser**

Innan en maskin släpps ut på marknaden eller till och med tas i bruk privat så har tillverkaren skyldighet att:

- Säkerställa att maskinen uppfyller de grundläggande hälso- och säkerhetskrav som anges i Bilaga 1
- Säkerställa att teknisk dokumentation finns tillgänglig.
- Förse maskinen med bruksanvisning som innehåller både användnings och installationsinformation.
- Se till att förfarandet för bedömning av överensstämmelse iakttas.
- Upprätta en EG-försäkran om överensstämmelse och förse maskinen med en CE-märkning.

(Statsrådets förordning om maskiners säkerhet 400/2008, 2008).

### 2.4.2 Grundläggande hälso- och säkerhetskrav

Tillverkaren skall säkerställa att en riskbedömning görs och därefter att maskinen konstrueras och tillverkas enligt bedömningen. I riskbedömningen skall inte enbart finnas bedömningar när maskin används rätt, utan även bedöma hur sannolika och allvarliga skador kan uppstå ifall maskinen används fel och hur risken för fel användning kan elimineras eller åtminstone förminsкас. Riskbedömningen kan utföras med hjälp av standarderna SFS-EN 414, SPS-EN292 del ett och två, i bedömningen skall det tas i beaktan hur sannolikt och hur allvarliga skador som kan åstadkommas. Med hjälp av allt detta planeras skyddsåtgärder för att konstruera en så säker maskin som möjligt.

Viktigt är också att ta hänsyn till säkerheten vid transport, reparation och tillverkning av maskin, inte enbart vid användning. Materialval är också en viktig punkt att tänka på, de material som används eller framställs får inte medföra hälsorisker för arbetarna eller någon annan person.

Ergonomi innehåller så mera än att vara bekväm. Obehag, trötthet, fysiskt och psykisk hälsa skall reduceras till ett minimum med ergonomiska principer som exempelvis:

- Olika kroppsbyggnader.
- Variabel arbetstakt.
- Rörelseutrymme.

(Statsrådets förordning om maskiners säkerhet 400/2008, 2008).

### 2.4.3 CE-märkning

CE är en förkortning för Conformité Européenne som betyder i överensstämmelse med EG-direktiven och infördes i början på 1990 för att lättare få tillverkare att bevisa att en produkt är tillverkad enligt standarder. En produkt som är CE-märkt kan säljas fritt inom EU.

När en maskin är CE-märkt så betyder det att tillverkaren har konstruerat maskinen enligt EU:s grundläggande miljö-, miljö- och säkerhetskrav samt att man har gjort en EG-försäkran vilket betyder att tillverkaren försäkrar att maskinen är konstruerad enligt EU:s krav. Teknisk dokumentation och EG-försäkran skall bevaras i minst tio år efter tillverkning (Svenska Institutet för Standarder : CE-märkning, u.d.).



Figur 6. CE-märkningens utseende. (Svenska Institutet för Standarder : CE-märkning, u.d.).

#### 2.4.4 Bruksanvisning

En bruksanvisning är ett dokument oftast i bokform och skall alltid finnas tillgänglig för maskinens montörer och användare på alla inhemska språk och även engelska. Bruksanvisningen skall innehålla följande:

- Teknisk information om maskinen samt tillverkaren.
- Anvisningar hur maskinen skall användas och även hur den inte får användas.
- Anvisningar om montering och demontering av maskinen.
- Vilken typ av underhåll som krävs och hur ofta.
- Vilka skyddsanordningar som skall användas.
- Felsökningsanvisningar.

(Documents, Työsuojelu, 2007).

## 2.5 Program

Som hjälpmedel för paneringen har jag använt mig av olika program, licenserna för planeringprogram är ofta dyra men så gott som alla har en testperiod i cirka 30 dagar. Jag har använt mig av en del testversioner av program och några med skolans licenser.

### **2.5.1 Siemens NX**

Siemens NX är ett CAD-program som har ägs av siemens PLM sedan år 2007 och är en av de mera avancerade 3D-programmen som är tillgänglig just nu. Siemens NX används av många olika användare i olika branscher, allt från småföretag till stora koncerner.

NX har också inbyggd dynamisk simuleringsfunktion som kan användas för en konstruktions hållfasthet. Den visar med hög noggrannhet var krafter, vridningar uppstår i konstruktionen. (Products of plm automation, u.d.).

### **3 Metod**

Metoder som användes för planeringen var att diskutera med verkstadschefen Rainer Smeds om maskinens funktioner och tekniska specifikationer. Som hjälp för 3D-modelleringen användes produktbeskrivningar med figurer av dylika maskiner samt diskussioner med både ingenjörer och metallbearbetare vid företaget. För dimensioneringen av hydrauliken användes litteratur, websidor samt diskussion med försäljare och lärare. För att få en inblick i vilka bestämmelser och standarder gäller vid planering av maskin för egna anställda kontaktade jag social- och hälsoministeriet och läste igenom statsrådets förordning om maskiners säkerhet.

## 4 Resultat

I detta kapitel framförs hur maskinen är planerad och hur komponenterna dimensionerades till diverse delar av projektet. En prototyp ritades upp i Siemens NX 10 för att enklare kunna planera säkerhetsdetaljer för den slutliga produkten.

### 4.1 Tekniska specifikationer

Arbetet inleddes med att leta upp dylika maskiner som finns på marknaden och studera vad de hade för tekniska specifikationer som till exempel

- Cylinderkapacitet.
- Max åtdragningsmoment.
- Systemtryck.

Med hjälp av olika maskiners tekniska specifikationer erhöles en uppfattning med vad planeringen skulle börja med. Eftersom maskinen som Tallqvist behövde inte krävde de största cylindrarna som många av de andra var planerade efter så togs det reda på vilka för tillfället Tallqvist största cylindrar var, och räknade med en säkerhet på 1.2 för framtida storleksförändringar. Med den informationen bestämdes specifikationerna.

Max cylindervikt = 1000 kg

Max cylinderlängd = 3200mm (öga till öga när cylindern är i minusläge)

Max cylinderdiameter = 400mm (diameter på cylindertuben)

Max åtdragningsmoment = 40 000 Nm

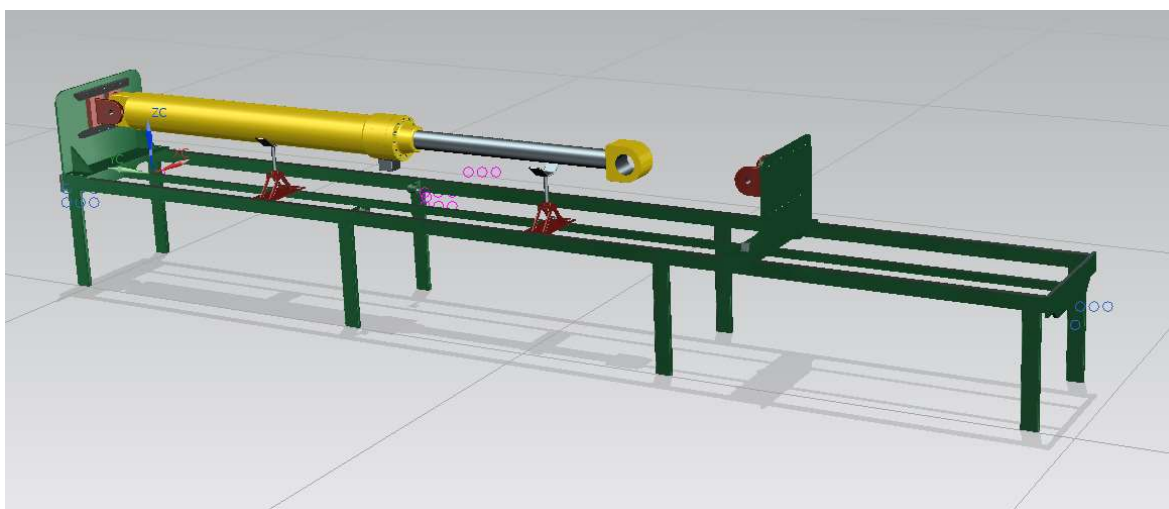
### 4.2 Modellen

I detta slutarbete ingår inte den slutliga versionen av maskinen, endast en uppskissad ungefärlig 3D-modell så att dimensioneringen av komponenter kan utföras och för att bättre få en inblick var de största krafterna kommer att uppstå och så man kan räkna ut dynamiska påfrestningar i konstruktionen.

3D-modelleringen började med att som tidigare undersöka tillsammans med handledaren Rainer Smeds de maskiner som fanns redan på marknaden, samt att det diskuterades om möjliga ändringar och funktioner som inte kanske maskinen behöver eller funktioner som skulle tilläggas. Det konstaterades då att maskinen inte behöver några extra bekvämlighetsfunktioner eftersom det är ganska sällan maskinen skulle användas. Så en simpel och underhållsfri men främst lätt konstruerad maskin är det som beslutades.

#### 4.2.1 Bordet

Bordet börjades med att modellera upp bordsstommen som allting skall fästas i, försökte på samma gång att modellera stommen så att man kan enkelt byta storlek på balkarna efter att man har planerat färdigt och vet om alla krafter som uppstår.



**Figur 7. Bordet färdigt.**

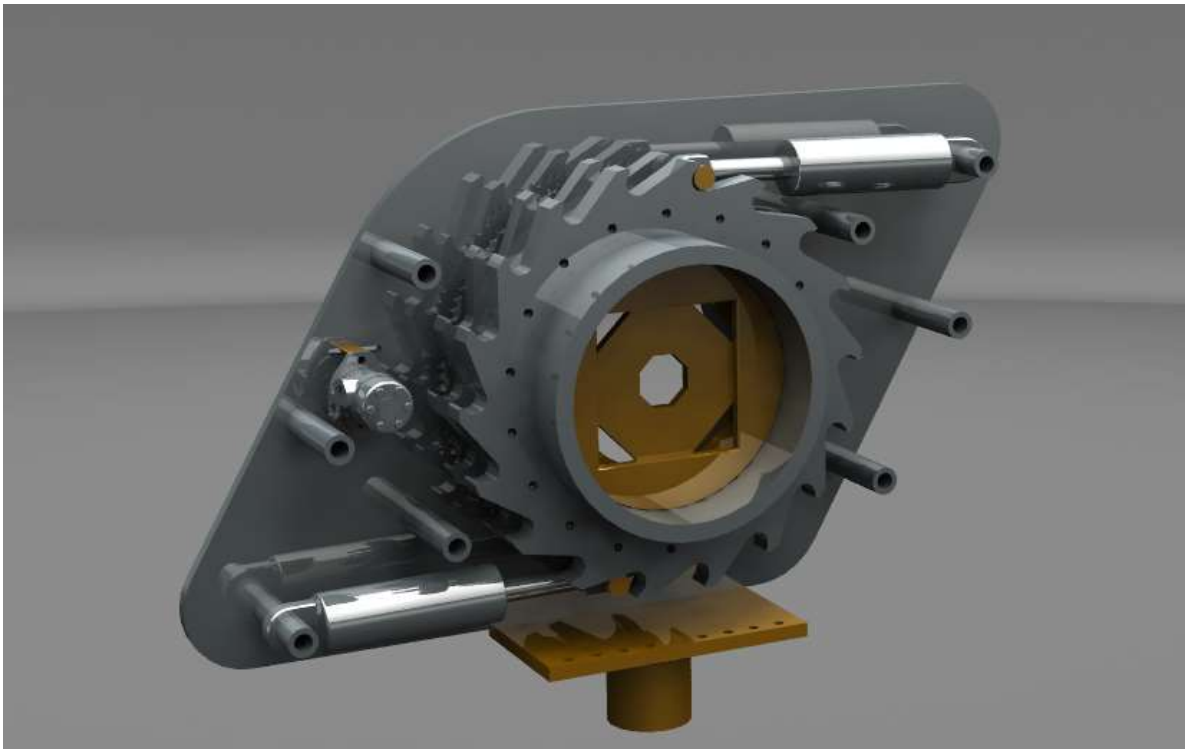
Bordet består av två våningar som de olika flyttbara komponenterna kan röra sig på. På den övre våningen fästes cylinderfästen och vridstycket, på den nedre stödbenen för cylindrarna. Till vänster i Figur 7 så finns det stationära cylinderfästet som fäster cylindertubens öra, den andra som ser lika ut som finns till höger i figur 7 så är då den flyttbara som skall ha en linjär drivning för att dra ut cylinderskaftet från tuben.

De små stöden som håller cylinder uppe är ställbara så det finns möjlighet att få cylindern i en vågrät linje, detta är speciellt viktigt sedan när kolvmuttern skall öppnas.



#### 4.2.2 Vridstycket

Vridstycket, alltså konstruktionen där själva rörelsen för att vrida upp muttern sker är uppbyggd så att för att först få skruvat upp muttern som kan sitta fast med 40 000 Nm så använder maskinen två dylikt dimensionerade cylindrar som i en linjär plusrörelse tvingar mittdelen att röra sig i en cirkulär rörelse. Maskinen konstruerades för att ha två cylindrar för att få kraften så jämn som möjligt på bussningen som lagrar mittdelen mot de två plattorna som håller ihop konstruktionen. När muttern lossas eller spänns fast så svängs hela konstruktionen som är rörlig på den nedersta tappen i figur 8. Cylindrarna kommer vara fjäderbelastade så de har en konstant kraft mot kransen hela tiden.



**Figur 8. Vridstycket med den ena plattan borttagen.**

När muttern har lossats så pass mycket att muttern skall gå att öppna med mindre än 5000 Nm så finns det möjlighet att byta drivmetod till hydraulmotor som har kedjedrivning till mittdelen.

Detta för att det skall gå snabbare att lossa och spänna muttern, cylindrarna används enbart för att spänna det sista eller lossa de första, Se figur 9. För att cylindrar finns med olika stora muttrar och fastsättningar så är hylsorna bytbara, med hylsa menas den fyrkantiga del i mitten som har en sexkant utskuren i mitten i figur 8 och 9.

Vridstycket kommer vara flyttbar med travers som Tallqvist har i sin verkstad. När den väl behövs lyfts den på stommen och spänns fast.



Figur 9. Kedjedrivningen.

### 4.3 Säkerheten

Målet med modellen var att få gjort en prototyp så att en riskkartläggning kan utföras och efter det börja tillägga säkerhetsfunktioner och ändra på konstruktionen för att åstadkomma en säker användning.

### 4.4 Hydrauliken

Eftersom maskinen kommer att fungera med hydraulik och en mindre mängd logik så kommer mesta av säkerheten att fungera via dessa. Hydrauliken för maskinen har planerats och dimensionerats med hjälp av Mathcad och de formler som nämnts i teoridelen.

#### 4.4.1 Hydrauliska pumpen

För att slippa enkelt undan valdes det att dimensionera allting efter en hydraulisk enhet som innehåller då en hydraulisk pump, filter, behållare och tryckregulator. Det finns många olika

storlekar av dessa enheter. Eftersom Tallqvist Infra har samarbete med Salhydro så valdes deras egentillverkade enheter.

Tuotekoodi	Sähkömoottorin teho (kW)	Pumpun kierrostilavuus (cm <sup>3</sup> /r)	Öljysäiliön tilavuus (l)	Suurin paine (bar)	Tuotto (l/min)
KON-055-082-055T	5,5	8,2	55	250	12,0
KON-055-100-055T	5,5	10,0	55	220	15,0
KON-055-113-055T	5,5	11,3	55	200	16,5
KON-055-120-055T	5,5	12,0	55	180	18,0
KON-055-140-055T	5,5	14,0	55	150	21,0
KON-055-160-055T	5,5	16,0	55	130	24,0

Figur 10. Tabell på 5,5kW hydraulikenheter (Salhydro).

Produktnummer KON-055-1123-055T valdes som hittas i figur 10. Den kan pumpa upp till 200 bar, men allting kommer ändå dimensioneras med 180 bar. Eftersom beräkningarna är gjorda med 20 bar mera än vad som kommer användas till så behövs det inte ännu i dimensionerings skedet räknas med verkningsgrader, de används först vid beräkning av exakta jämförelser mellan tryck och moment för att dra åt muttern med rätt åtdragningsmoment.

#### 4.4.2 Hydraulcylindrarna

För att få ut krav på kraften av cylindrarna skall det beaktas att det är en hävarm som ökar vridmomentet i mittdelen på vridstycket ut till kransen var cylindrarna verkar. För att få ut vridmomentet till en kraft används formel (7).

$$\tau = (F \cdot 2) \cdot l \quad (7)$$

Där

$\tau$  är Vridmoment (Nm)

F är Kraft (N) och 2 eftersom vi har två cylindrar

$l$  är hävarmslängden

formeln ändras eftersom vridmomentet finns tillgängligt, och vill i stället ha beräknat kraften.

$$F = \frac{\tau}{2 \cdot l} \quad (8)$$

$$F = \frac{40000 \text{ Nm}}{2 \cdot 0.347 \text{ m}}$$

$$F = 57636 \text{ N}$$

Med hjälp av beräkningarna får fram att maskinen skall ha två cylindrar som ger en kraft på minst 58kN per cylinder. Med hjälp av formel (2) så räknas arean på cylinderns kolv.

$$A = \frac{F}{P \cdot 10}$$

$$A = \frac{57636 \text{ N}}{180 \text{ bar} \cdot 10}$$

$$A = 32,02 \text{ cm}^3$$

När arean är beräknad så används denna formel för att få ut radien för kolven

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{32.02 \text{ cm}^3}{\pi}}$$

$$r = 3.19 \text{ cm}$$

I olika tabeller så anges kolvstorlek i diameter och i millimeter och det fås på följande sätt

$$d = r \cdot 2$$

$$d = 3.19 \text{ cm} \cdot 2 \cdot 10^1$$

$$d = 63.8 \text{ mm}$$

Detta betyder alltså att en cylinder som har en kolvdiameter större än 63,8 mm skall användas. Detta är alltså då på cylinderns pluskammarsida, på minussidan måste man beakta att skaftet kommer att ta bort en del av arean och därför minska kraften. I detta fall kommer det inte behövas någon extra minuskraft förutom att kolven skall returnera. Det är inte heller nödvändigt att dimensionera diametern på skaftet eftersom böj kraften på den kommer vara väldigt liten.

En annan parameter som bör tänkas på när cylindrar beställs är slaglängden. I detta fall är det inget som egentligen säger en exakt slaglängd som måste uppfyllas ha, men det finns ett minimum för det med hjälp av att mäta avståndet mellan kransens tänder i figur 11.

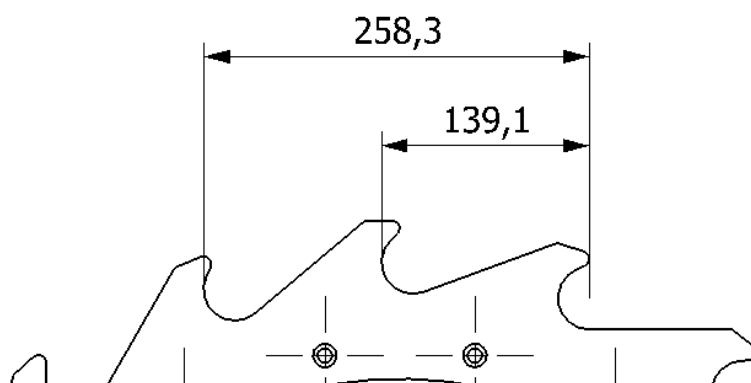
Med dessa kriterier skall en cylinder med minst 65 mm kolvdiameter med minst 150 mm som slaglängd användas

I Salhydros tabell på standardiserade cylindrar så kan det konstateras att cylindern med kod HS-70x40x0300 skulle passa oss.

Där

- 70 står för kolvdiameter (mm)
- 40 för cylinderns skafets diameter (mm)
- 0300 för slaglängden för cylindern (mm)

Slaglängden 300mm valdes för att få hoppa över två tänder per gång.



Figur 11. Minsta möjliga slaglängd.

### 4.4.3 Hydraulmotorn

Det är svårt att veta exakt hur mycket moment det krävs för att lossa muttern efter att den har lossats, detta kan bero på gängornas skick och renhet. Men när man tittade på liknande maskiner och deras drivning så användes cirka 10% av den totala vridförmågan.

Tar man samma procent av vår maskins totala vridförmåga fås

$$\tau_{vrid} = 40000 \text{ Nm} \cdot 0,10$$

$$\tau_{vrid} = 4000 \text{ Nm}$$

Med detta är motorn dimensionerad. Kuggarna som valts har tänderna 10 och 114 och då fås utväxlingen:

$$I = \frac{n_1}{n_2}$$

$$I = \frac{114}{10}$$

$$I = 11,4$$

Detta betyder då att momentet som skall ha vi motorn är

$$\tau_{motor} = \frac{4000 \text{ Nm}}{11,4}$$

$$\tau_{motor} = 350 \text{ Nm}$$

Efter att en pump är vald och har ett flöde och ett tryck räknas det ut vilket displacement motorn behöver ha för att uppfylla vårt krav. Enligt figur 10 så har pumpen ett flöde på 16,5 //min och ett displacement på 11,3 cm<sup>3</sup>/varv. Med hjälp av formeln (5) fås displacementet.

$$M = \frac{V \cdot p \cdot 10}{628} \quad (5)$$

$$V = \frac{628 \cdot M}{5 \cdot p}$$

$$V = \frac{628 \cdot 350 \text{ Nm}}{5 \cdot 180 \text{ bar}}$$

$$V = 122 \text{ cm}^3$$

När displacementet är uträknat så kan en motor väljas. Saker som också skall beaktas är uppräknade i teoridelen av hydraulmotorer som exempelvis vilket konstanttryck motorn klarar av. Med alla dessa kriterier och med Salhydros utbud så har M+S hydraulics MS-serie valts, detta eftersom den är en kompakt och slitstark motor som passar bra för vårt ändamål.

Koodi	Kierrotilavuus (cm <sup>3</sup> /r)	Suurin käyttökierrosluku (r/min) jatkuva/hetk.	Suurin jatkuva vääntömomentti (daNm) jatk/hetk/isku	Suurin jatkuva teho (kW) jatkuva/hetk.	Suurin jatkuva käyttöpaine = paine-ero (bar) jatk/hetk/isku
EPMSU-080	80,5	810/1000	24/31	15,5/19,5	210/275/295
EPMSU-100	100	750/900	30,5/39	18/22,8	210/275/295
EPMSU-125	125,7	600/720	37,5/49	18/22,5	210/275/295
EPMSU-160	159,7	470/560	49/60	16,5/23	210/275/295
EPMSU-200	200	375/450	61/72	16,5/22	210/275/295
EPMSU-315	314,9	240/290	82,5/100	15/17	200/240/260

**Figur 12. M+S Hydraulics MS-series storlekar.**

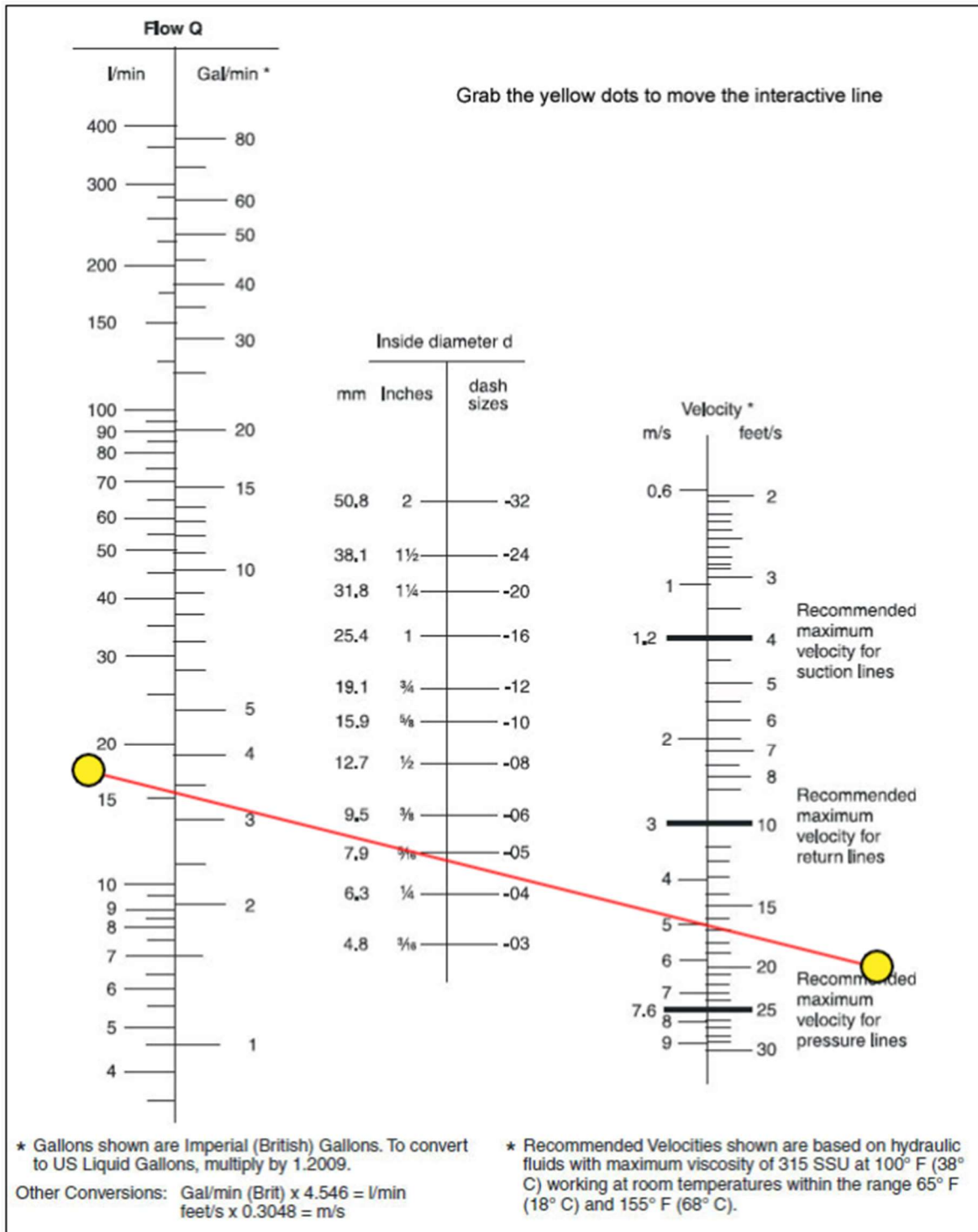
I figur 12 finns de olika storlekarna på MS-seriens motorer, och med tanke på ett displacement på minst 122 cm<sup>3</sup> skall åstadkommas och ett konstant vridmoment på 350 Nm så skulle nog EPMSU-125 räcka men eftersom det är bättre att inte gå på gränsen hela tiden och det inte skadar med lite mera displacement så väljs EPMSU-160.

#### 4.4.4 Slangdimensionering

Nu när manöverdonen är dimensionerade är det då övriga ventiler och slangar som skall dimensioneras främst så de klarar av tryck och flöde som systemet har. Nödstopp funktioner kommer att fungera med ett logiskt system som öppnar en ventil som släpper ut trycket från hela systemet. Det kommer också troligen att behövas några sensorer som känner av att alla säkerhetsanordningar är i bruk och de kopplas också in till samma ventil.

För att dimensionera slangarna och rören så valdes en enkel metod och det användes ett nomogram som funkar så att det dras en rak linje mellan önskad hastighet och flöde och då fås ett rekommenderat innerdiameter på slangen, se figur 13.

Enligt Nomogrammet konstateras att 5/16 slang passar utmärkt för vår applikation.



Figur 13. Monogram för dimensionering av hydraulikslangar. (Insane Hydraulics Hosesizing, u.d.).

#### 4.4.5 Dimensionering av ventiler

När ventiler dimensioneras för vårt system behöver endast trycket tas i beaktan, systemet har ett så pass litet flöde att de flesta ventiler klarar nog av det.



## 5 Resultatdiskussion

Målet med detta arbete uppnåddes och arbetet kan fortsättas med att göra en riskanalys och räkna hållfastheten för diverse komponenter för att sedan ändra på 3D-modellen och få en slutlig produkt. Arbetet gjordes på detta sätt eftersom det är svårt att planera säkerhet och hållfasthet för en maskin som saknar en modell eller skiss. Efter att jag nu har varit i kontakt med social- och hälsovårdsministeriet och fått hänvisning till vad som gäller när man konstruerar en maskin för eget bruk så vet jag hur vi skall gå till väga och vilka krav som ställs på oss som tillverkare. Detta arbete fokuserade mest på själva delen som har blivit kallad vridstycket eftersom det är i den som de mest rörliga komponenterna befinner sig.

Jag har även dimensionerat de flesta hydrauliska komponenterna för att nu själva rita ett hydraulikschema eller så kontakta någon som kan rita schema och på samma gång ge en offert på alla komponenter som behövs.

Det som kunde ha blivit bättre är själva prototypen, den saknar små detaljer som även kan inverka på säkerheten för maskinen. Men det tog helt enkelt mycket mera tid än vad jag först hade räknat med för 3D-modelleringen.

### 5.1 Kritisk granskning

I början av arbetet beskrivs det tydligt vad som är problemet och hur själva processen för reparation på hydrauliska cylindrar utförs. Upplägget är väl gjort och bidrar till en lättläst rapport. Grammatiken kräver förbättring för framtida rapporter, så det är en sak jag kan rekommendera att arbeta på, styckesindelningen tycker jag dock att är bra.

Resultatet kunde ha innehållit mera angående säkerheten och vilka faktorer som just påverkar maskinen som blivit planerad, hur krävande kommer den att vara och kommer logik användas eller bara säkerhetsventiler. Ett hydraulikschema skulle också ha förtydligat dimensioneringarna.

## 5.2 Förslag till fortsatt forskning

Förslag som jag kan ge som fortsatt forskning är följande:

- Göra en riskkartläggning baserat på prototypen och sedan färdigställa en prototyp men innehållande säkerhetsanordningar.
- Göra en kostnads kalkyl på allting, från tillverkning till komponenter och driftskostnader. En återbetalningsplan kunde också göras.
- Göra handbok för användning och installation, samt se till så att maskinen uppfyller alla krav för en EG-försäkran.

## 6 Diskussion

När vi väl valde vad jag skulle göra som examensarbete så blev jag väldigt intresserad av just detta arbete, eftersom det skulle vara en maskin som faktiskt skulle behövas. Senare efter jag började på med att rita maskinen så konstaterade jag att jag möjligen hade tagit mig åt ett lite för stort projekt, men har alltid haft den inställningen att jag kommer klara det. Inte visste jag hur mycket jag skulle få gjort men åtminstone en bra början för senare utveckling.

Det som var bra med detta arbete var att jag själv har gjort liknande service på mindre cylindrar och hade då en klar bild på hur processen ser ut. Detta hjälpte mig att komma i gång med skrivandet och planeringen. Det tycker jag att är en viktig punkt för ett examensarbete, att man har ens en del som man kan direkt börja på med och känna av att man har fått en början.

Vi visste inte från början var att tillverkning av maskin för egna anställda har samma krav som för försäljning. Detta gjorde att vi får nog pausa och tänka ifall det är lönsamt att planera och bygga själva, en möjlighet är nog ett fortsatt examensarbete för en konstruktör för att sänka kostnaderna för planeringen.

Vi kommer troligen nu att pausa projektet och göra en kostnadskalkyl angående detta och sedan besluta ifall det är lönsamt att fortsätta.

## 7 Referenser

- Festo Group Fluidsim.* (u.d.). Hämtat från Festo-didactic: <https://www.festo-didactic.com/>
- Gear Pumps.* (u.d.). Hämtat från Michael Smith Engineers Ltd: <https://www.michael-smith-engineers.co.uk/resources/useful-info/gear-pumps>
- hssptyltd.* (den 12 December 2019). Hämtat från Hydraulic Solutions And Sales: <https://www.hssptyltd.com.au/blog/what-are-the-different-types-of-hydraulic-cylinders/>
- Huttunen, T. (u.d.). *Hydroline.* Hämtat från <https://hydroline.fi/blog/what-is-a-hydraulic-cylinder/>
- Insane Hydraulics Hosesizing.* (u.d.). Hämtat från Insane Hydraulic.com: <http://www.insanehydraulics.com/library/hosesizing.html>
- Nygård, D. (den 4 4 2015). *DOCPLAYER.* Hämtat från <https://docplayer.se/17913091-Hydraulik-en-sammanfattning-av-teori-och-ett-exempel-pa-uppbyggnad-av-ett-enkelt-hydrauliskt-kranfordon-danny-nygard-mi-3.html>
- Products of plm automation.* (u.d.). Hämtat från [plm.automation.siemens.com](http://plm.automation.siemens.com): <https://www.plm.automation.siemens.com/>
- Salhydro. (u.d.). *Salhydro Koneikkoesite.* Hämtat från [www.salhydro.fi](http://www.salhydro.fi): <https://www.salhydro.fi/files/PDF/Koneikkoesite.pdf>
- Schwarz, T. (den 19 December 2019). *Hydraulic Seals.* Hämtat från Hydraulicspneumatics: <https://www.hydraulicspneumatics.com/technologies/seals/article/21118898/seals-for-hydraulic-cylinders>
- Skybrary.* (2020). Hämtat från [https://www.skybrary.aero/index.php/Hydraulic\\_Systems](https://www.skybrary.aero/index.php/Hydraulic_Systems)
- Statsrådet. (2008). *Statsrådets förordning om maskiners säkerhet.* Hämtat från Finlex.
- Tallqvist.* (u.d.). Hämtat från Tallqvist: <https://www.tallqvist.fi>