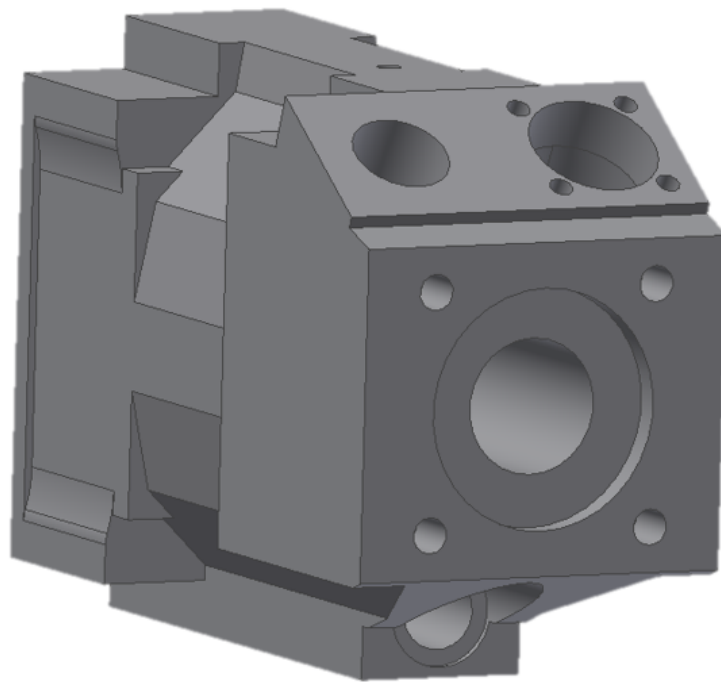


# CHALMERS



## **Genomgående axel VP1-130 Through shaft VP1-130**

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom  
Maskiningenjörsprogrammet.*

**Henrik Dahlgren  
Marie Jacobsson**

Institionen för Material- och tillverknings teknik  
*Avdelningen för Avancerad oförstörande provning*

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden, 2017

Examinator: Gert Persson

Examensarbete No. 162/2017



---

# Genomgående axel VP1-130

## Through shaft VP1-130

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom  
Maskiningenjörsprogrammet.

Henrik Dahlgren

Marie Jacobsson

Instutionen för Material- och tillverkningsteknik  
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2017

---

Genomgående axel VP1-130  
Henrik Dahlgren, Marie Jacobsson

© Henrik Dahlgren, Marie Jacobsson

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik  
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning  
Chalmers Tekniska Högskola  
SE-412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon +46 (0)31-772 1000

Omslag: Solidmodell av lösningsförslag för VP1-130 skapad i Autodesk Inventor 2014, se sid 38.

Göteborg, Sweden 2017

---

# Förord

Denna rapport är ett examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet i Maskinteknik på Chalmers tekniska högskola, Göteborg. Projektet utfördes genom samarbete mellan studenter och uppdragsgivaren Parker Hannifin under våren 2017 och omfattar 15 högskolepoäng per student.

## **Tack till**

Vår handledare Gert Persson för hans stöd och råd under projektet.

Vi vill också tacka vår mentor Per-Ola Vallebrant alla de andra på Parker Hannifin i Trollhättan som har hjälpt oss under projektet och alltid fått oss att känna oss välkomna.

---

# Sammanfattning

Projektet utfördes i samarbete med uppdragsgivaren Parker Hannifin med syftet att möjliggöra seriekoppling av befintlig hydraulpump VP1-130. Behovet för uppdraget skapades då möjlighet till detta är något som efterfrågas av Parkers kunder. Uppdraget utfördes genom att vidareutveckla befintlig hydraulpump och ändra dess konstruktion för att tillåta genomgående axel. Lösningförslag för att överföra moment vid sammankoppling av två hydraulpumpar framtogs.

Arbetet delades in i två huvuddelar; framtagning av lösningförslag och utvärdering av lösningförslag. Den första delen bestod av kreativ och systematisk konceptgenerering som utfördes med hjälp av olika metoder där framtagen kravspecifikation användes som utgångspunkt. Därefter utvärderades koncepten för pumphuset och adaptorn genom systematiska metoder och diskussion med Parker. Efter utvärdering valdes lösningförslag.

För lösningförslagen skapades CAD-modeller i Autodesk Inventor 2014, där lösningförslag för hydraulpump utvärderades ur hållfasthetsaspekt med FEM-analys i programmet Ansys 17.1. CAD-modellerna och FEM-analys skapades för att besvara om lösningförslagen uppfyllde de krav och önskemål som angivits.

FEM-analysen visade att modellen för pumphuset ej uppfyllde hållfasthetskraven, då det uppstod större spänningskoncentrationer än tillåtet för den angivna sträckgränsen. Alla krav kunde inte verifieras då lösningförslagen för hydraulpump och hylsa ej var färdiga slutkoncept. Mer utförliga analyser är nödvändiga för att ta fram ett slutkoncept. Rekommendationer ges för hur lösningförslagens konstruktion skall vidareutvecklas.

---

# Summary

This thesis was done in cooperation with Parker Hannifin with the objective of adapting their existing hydraulic pump VP1-130 with the ability to be coupled in tandem. The need for this was created by the customers of Parker, who requested a hydraulic pump with the possibility of through shaft coupling. The assignment was carried through by altering the construction of the existing pump housing to enable it to have a through shaft. Suggestions on how to transfer the torque when two hydraulic pumps are coupled together with some sort of coupling adapter was also given.

The project was split into two main parts; creation of the concepts and evaluation of the concept. The first part consisted of both creative and systematic creation of concepts, in which different methods was used and were the product specification acted as a starting point. Thereafter the different concepts for the pump housing and coupling adapter was evaluated with several systematic methods as help. After the evaluation of the concepts a selection was made.

For the selected concepts models in Autodesk Inventor 2014 was created. The model for the pump housing was evaluated with analysis of strength and deformation with the program Ansys 17.1. The models, and the strength and deformation analysis, were performed to answer if the requirement in product specification was achieved.

The strength and deformation analysis showed that the model for the pump housing did not achieve the required strength in some areas. All the requirement in the product specification could not be evaluated since the concept wasn't final. More detailed evaluations should be performed to create a final concept. Recommendations on how to further develop the concepts were given.

# Innehåll

<b>Beteckningar</b>	<b>1</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>2</b>
1.1 Bakgrund . . . . .	2
1.2 Syfte . . . . .	2
1.3 Avgränsningar . . . . .	2
1.4 Precisering av frågeställningen . . . . .	3
<b>2 Teoretisk referensram</b>	<b>4</b>
2.1 Beskrivning av befintlig produkt . . . . .	4
2.1.1 Illustration av befintlig hydraulpump VP1-130 . . . . .	5
2.1.2 Hydraulpump vid arbete . . . . .	9
<b>3 Metod</b>	<b>10</b>
3.1 Arbetets kronologi . . . . .	10
3.2 Konkurrentanalys . . . . .	13
3.3 Kravspecifikation . . . . .	13
3.4 Brainstorming . . . . .	13
3.5 Mock-up . . . . .	13
3.6 Definiera delproblem . . . . .	14
3.7 Dellösningar . . . . .	14
3.8 Morfologisk matris . . . . .	14
3.9 Elimineringsmatris . . . . .	14
3.10 Pughs matris . . . . .	15
3.11 Konceptgenerering och konceptval för hylsa . . . . .	16
3.11.1 Konceptgenerering hylsa . . . . .	16
3.11.2 Undersökning av koncept för hylsa . . . . .	17
3.12 Vidareutveckling av kvarstående koncept för pump . . . . .	17
3.12.1 Faktorer som undersöktes . . . . .	17
3.12.2 Undersökning av faktorer med solidmodellering . . . . .	18
3.13 Konceptval pump . . . . .	18
3.13.1 Utvärderingsmöte . . . . .	18
3.14 Vidareutveckling och solidmodellering av lösningsförslag . . . . .	18
3.14.1 Solidmodell pumphus . . . . .	18
3.14.2 Solidmodell hylsa . . . . .	19
3.15 Hållfatshetsanalys; Vridning och tryck . . . . .	20
3.16 Strömningsanalys; Tyckfall och själv sugningsvarvtal . . . . .	22



---

<b>4</b>	<b>Analys av insamlad information</b>	<b>24</b>
4.1	Konkurrentanalys . . . . .	24
4.1.1	Ritningar befintlig VP1-130 . . . . .	25
<b>5</b>	<b>Kravspecifikation</b>	<b>26</b>
5.1	Kravspecifikation för hydraulpump VP1-130 . . . . .	26
5.2	Kravspecifikation för hylsa . . . . .	27
<b>6</b>	<b>Konceptgenerering av pumphus</b>	<b>29</b>
6.1	Brainstorming . . . . .	29
6.2	Delproblem . . . . .	29
6.2.1	Delproblem för pumphus . . . . .	29
6.2.2	Delproblem överföra moment vid tandemmontage . . . . .	30
6.3	Dellösningar . . . . .	30
6.3.1	Dellösningar portplacering . . . . .	30
6.3.2	Dellösningar för husets utformning . . . . .	30
6.3.3	Dellösning ställfjäder . . . . .	31
6.3.4	Dellösning för överföring av moment vid tandemmontage . . . . .	31
6.4	Morfologisk matris . . . . .	31
6.5	Genererade koncept . . . . .	32
6.5.1	Koncept genererade med kreativ metod . . . . .	32
6.5.2	Koncept genererade med systematisk metod . . . . .	34
<b>7</b>	<b>Utvärdering av koncept</b>	<b>36</b>
7.1	Elimineringsmatris . . . . .	36
7.2	Pughs matris . . . . .	36
7.3	Utvärdering av kvarstående koncept . . . . .	36
<b>8</b>	<b>Framtagning av hylsa</b>	<b>38</b>
8.1	Konceptgenerering för hylsa . . . . .	38
8.2	Undersökning av koncept för hylsa . . . . .	38
8.2.1	Undersökning av frågeställningar för hylsa . . . . .	39
8.3	Konceptval hylsa . . . . .	39
<b>9</b>	<b>Vidareutveckling av kvarstående koncept för pump</b>	<b>40</b>
9.1	Koncept A . . . . .	40
9.2	Koncept B . . . . .	41
<b>10</b>	<b>Konceptval</b>	<b>43</b>
10.1	Utvärderingsmöte . . . . .	43
10.2	Slutgiltigt konceptval . . . . .	44
<b>11</b>	<b>Vidareutveckling av pumphus och hylsa</b>	<b>45</b>
11.1	Solidmodell pumphus . . . . .	45
11.2	Solidmodell hylsa . . . . .	46
<b>12</b>	<b>Analys och utvärdering av pump</b>	<b>49</b>
12.1	Hållfatshetsanalys; Vridning och tryck . . . . .	49
12.2	Strömningsanalys; Tyckfall och självsugningsvarvtal . . . . .	53

<b>13 Diskussion och Rekommendationer</b>	<b>55</b>
13.1 Utvärdering av pump . . . . .	55
13.2 Utvärdering av hylsa . . . . .	56
13.3 Utvärdering av precisering av frågeställning . . . . .	56
13.4 Utvärdering av metod . . . . .	57
13.5 Utvärdering av syfte . . . . .	57
13.6 Rekommendationer . . . . .	57
<b>14 Slutsats</b>	<b>59</b>

# Beteckningar

## Förkortningar och förklaringar

Orden: Stackning, seriekoppling, tandemmontage och through shaft coupling har samma betydelse. Dessa ord betyder sammankoppling av hydraulpumpar.

Displacement är ett annat ord för slagvolym, hur stor volym som pumpas per varv.

Sugnippel monteras mellan pumpens sugport och ingående oljeslang, detta för att sammankoppla dessa.

# 1

## Inledning

Kapitlet behandlar projektets bakgrund, syfte, dess avgränsningar samt förtydligar och preciserar frågeställningen genom att dela upp den i mer specifika uppgifter.

### 1.1 Bakgrund

Uppdraget skall utföras hos Parker Hannifin som är världsledande inom rörelse-och styrteknik, verkstadsinnovativa produkter och system. Deras produkter ökar kundernas produktivitet och lönsamhet. De är etablerade i nära 50 länder. Parker Trollhättan tillhör Pump and Motor division Europe.

Parker tillverkar variabla hydraulpumpar som används i t.ex. lastbilar, skogsmaskiner och liknande. I dagsläget tillverkas pumpen i två olika varianter, en mindre variant med displacement 45 och 75 [cm<sup>3</sup>/varv], dessa är stackningsbara. Den större varianten, som projektet syftar till att utveckla, finns med displacement 95, 110 och 130 [cm<sup>3</sup>/varv] och är ej stackningsbara. Parker önskar att modifiera hydraulpumpen av den större varianten så att den blir stackningsbara då detta är något deras kunder efterfrågar. Stackningsbar innebär att två hydraulpumpar kan tandemmonteras i syfte att utnyttja endast ett kraftuttag.

### 1.2 Syfte

Examensarbetet syftar till att på efterfrågan av Parkers kunder undersöka möjligheten för tandemmontage av deras befintliga hydraulpump VP1. Detta genom att förändra konstruktionen av dess pumphus genom att skapa genomgående axel. Vid vidareutveckling av VP1 kommer insugsport, tryckport och pumphus undersökas och omkonstrueras, vilket skall genomföras fram till sommaren 2017.

### 1.3 Avgränsningar

Ingen särskild vikt kommer läggas på ekonomiska beräkningar eller tillverknings- och monteringsmetoder.

Projektet begränsas till att endast omkonstruera hydraulpumpens pumphus.

## 1.4 Precisering av frågeställningen

Mål och frågor som skall uppnås samt undersökas är:

- Krav, ställda från Parker på hydraulpumpen, skall sammanställas i kravspecifikation
- Medge plats för utgående axel i hydraulpump
- Tryckfall i portarna skall undersökas
- Minst 4 koncept för hydraulpump skall framtas
- Konceptval av 1-2 koncept för hydraulpump skall genomföras
- Vidareutveckling av de valda koncepten för hydraulpump
- Enkel solidmodell för ett lösningsförslag skall genomföras, där utseende och konstruktion för hydraulpumpen illustreras
- Framtagning av lösningsförslag för hylsa, som krävs för att möjliggöra tandemmontage, skall utföras i samband med vidareutvecklingen av det valda koncept för hydraulpump.
- Vid tandemmontage, undersöka maxvikt som "kraftuttaget" klarar av, säkerställ att tandemmontage är möjligt med avseende på kraftuttaget.

# 2

## Teoretisk referensram

### 2.1 Beskrivning av befintlig produkt

VP1 är en hydraulpump med variabelt deplacement. Denna är framtagen som lastbilspump med lastkännande hydraulsystem, som kallas load sensing port. Denna funktion reglerar flödet efter vad som krävs vid varje specifikt tillfälle. Beroende på hur hårt belastad pumpen är ändras vinkeln på vickskivan. Denna vinkelförändring minskar eller ökar kolvarnas slaglängd och då också deplacementet. Vilket resulterar i ett större eller mindre flöde genom pumpen. Detta resulterar i att energiåtgången och värmeutvecklingen är betydligt mindre än för en pump med fast deplacement, då fasta pumpar alltid ger maximalt flöde oavsett last.

VP1 kan monteras på växellådans eller motorns kraftuttag. Vid montering på växellåda utnyttjar man växellådans koppling för att se till att olja inte pumpas runt konstant under drift. Vid montering direkt på motor finns ingen koppling vilket innebär att olja pumpas runt konstant när motorn går, vilket förbrukar energi i onödan. För att minska energiåtgång har man låtit förse pumpen med en elektroniskt styrd avlastningsventil som leder om oljan direkt från tryckporten till sugporten. Detta minskar trycket i systemet vilket i sin tur minskar pumpeffekten, se ekvation 2.1. Denna funktion kallas By-Pass function.

$$P = Q * p / 600 \quad (2.1)$$

Där P är effekt [W], Q är flöde [L/min], p är tryck [Bar] och 600 är en konverteringsfaktor.

VP1 finns i fem olika storlekar på deplacement mellan 45-130 [cm<sup>3</sup>/varv]. Deplacement betyder slagvolym, alltså hur stor volym som pumpas per varv. De mindre pumparna, med deplacement 45 och 75, går att tandemmontera med hjälp av adapter. De större pumparna, med deplacement 95, 105 och 130 saknar denna egenskap. De mindre pumparna har genomgående axel som tillåter kraftuttag i pumpens baksida, något som de större saknar.

### 2.1.1 Illustration av befintlig hydraulpump VP1-130

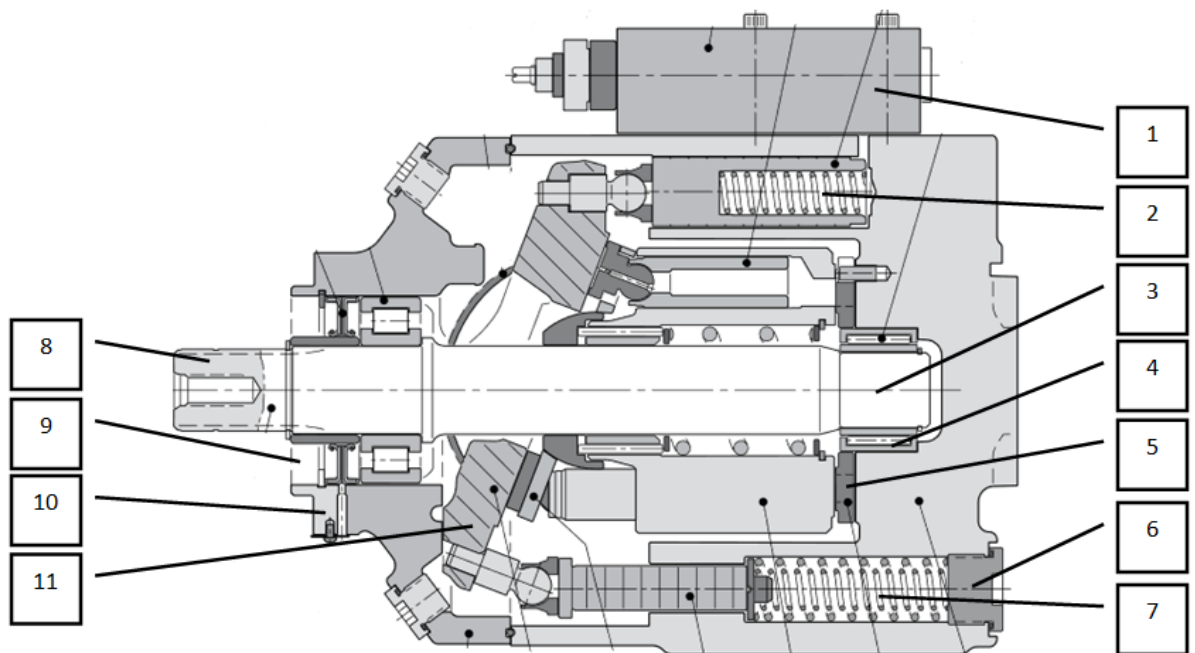
Belysande exempel av befintlig hydraulpump VP1-130 illustreras i olika figurer. Vissa av figurerna har pilar med bubblor innehållande numrering och i figurtexten kan man läsa vilken komponent som har vilket nummer. Dessa figurer infogades för att läsaren skall förstå de beteckningar som användes samt få en uppfattning om hur de är placerade och används i pumpen. I figur 2.1 illustreras pumpen i 3D. En genomskärning av pumpen illustreras i figur 2.2, där man kan se olika komponenter tydligare. I figur 2.3 kan man se huset framsida. I figur 2.4 illustreras pumpens baksida. I figur 2.5 illustreras de två delar pumphuset består av. Bilderna som användes i figurerna kommer från Parkers Hannifins webbkatalog för lastbilspumpar [1].

#### 3D-illustration



**Figur 2.1:** 3D illustration av befintlig VP1-130, illustrerad snett framifrån

## Genomskärning



**Figur 2.2:** Befintligt VP1-130 i genomskärning med pilar med bubblor

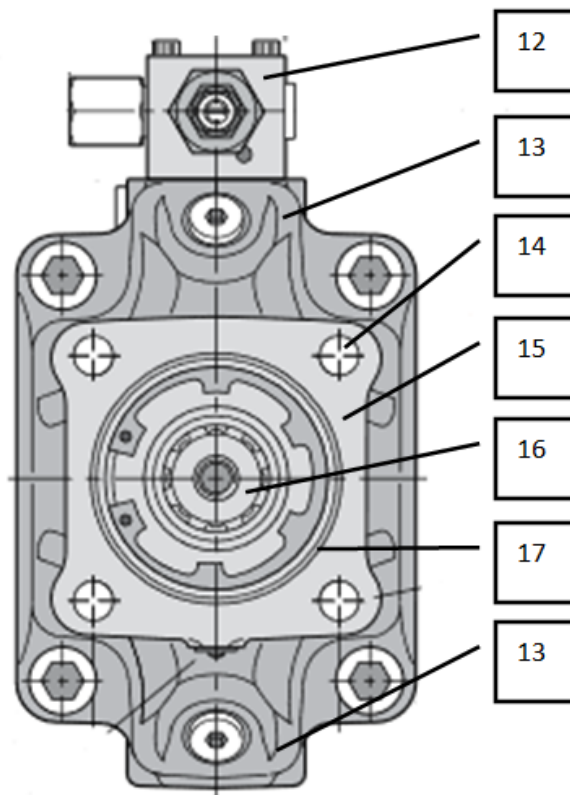
De numrerade bubblorna pekar på:

1. Regulator
2. Fjäder, övre
3. "Utgående axel", bakände av axel
4. Nållager
5. Ventilskiva
6. Plugg för ställfjäder
7. Ställfjäder
8. Ingående axel
9. Hålbild för ingående axel
10. Fästplatta med bestämd pilotdiameter (fläns)
11. Vickskiva

I figur 2.2 pekar bubbla 5 på ventilskivan, denna monteras inuti huset där hålbild är skapad för att släppa igenom olja till kanaler för in-och utporten. Dessa hålbilder kallas också för njurar på grund av dess utseende.



## Framsida

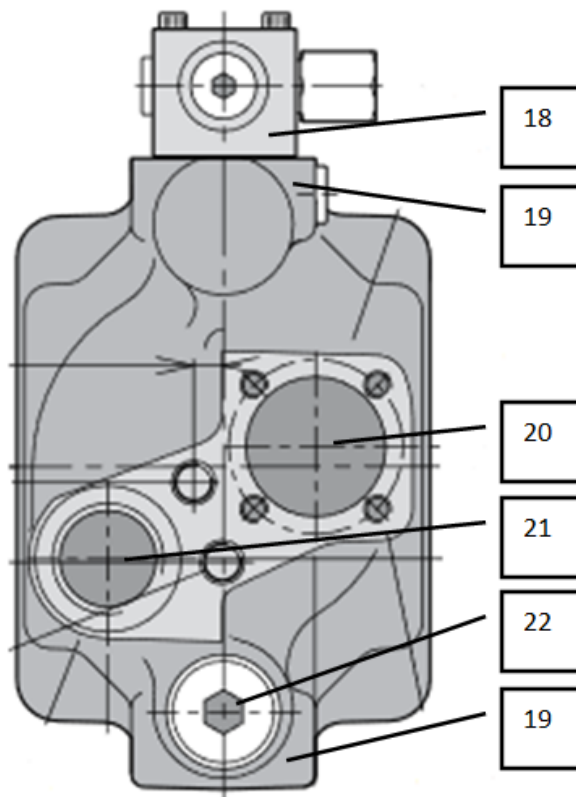


**Figur 2.3:** Framsida befintlig VP1-130 med pilar med bubblor

De numrerade bubblorna i figur 2.3 pekar på:

12. Regulator
13. Förhöjning för ställfjäder/ regulator
14. 4 st hål med bestämd pilotdiameter
15. Fästplatta/ fläns
16. Ingående axel
17. Pilotdiameter, vid hålbild för ingående axel

## Baksida

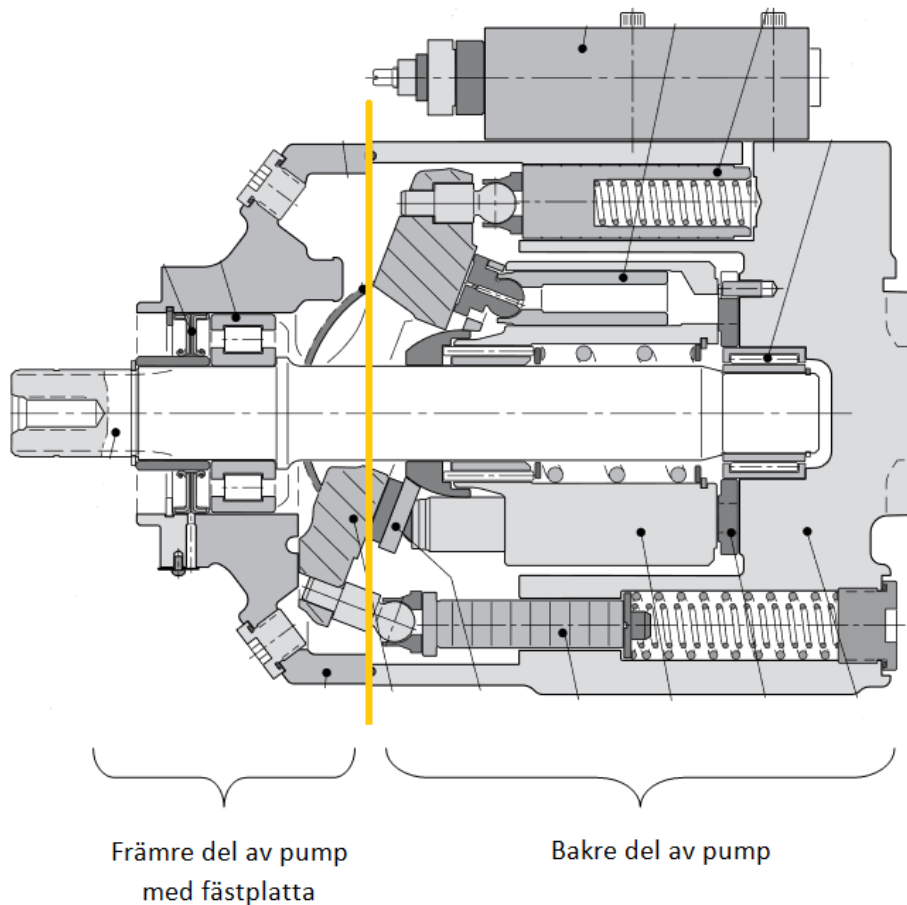


**Figur 2.4:** Baksida befintlig VP1-130 med pilar med bubblor

De numrerade bubblorna i figur 2.4 pekar på:

- 18. Regulator
- 19. Förhöjning för ställfjäder/ regulator
- 20. Insugsport
- 21. Tryckport
- 22. Plugg monterad i hål för ställfjäder

## Pumphusets två delar



**Figur 2.5:** Illustration av pumphusets två olika delar

Pumphuset är uppdelat i två olika delar, en främre del med fästplatta och en större bakre del, se figur 2.5.

### 2.1.2 Hydraulpump vid arbete

Operatören styr vad som skall utföras och då går signal iväg till den lastkännande regulatorn, vilken i sin tur gör att vickskivan ändrar vinkel som medför att oljans flöde ändras, se figur 0.2. Vid flödesändring justeras insug av olja vid insugsporten, flödet beror på hur mycket hydraulpumpen suger in. Därefter lämnar den trycksatta oljan pumpen via tryckporten och rätt kraft levereras till operatören.

Viktiga komponenter vid drift är regulator, vickskiva, insugsport och tryckport. Vid vidareutveckling av VP1 kommer insugsport, pumphus och tryckport undersökas och omkonstrueras. Regulatorn och vickskivan kommer behållas i nuvarande skick.

# 3

## Metod

I detta kapitel går att läsa om tillvägagångssättet och vilka metoder som användes under projektets gång. I projektet skulle två olika vidareutvecklings processer utföras, för pumpen och för hylsa som skall överföra moment. Konceptval av pump genomfördes först och därefter vidareutvecklades hylsa. Detta på grund av att hylsan utformning var beroende av pumpens utformning.

### 3.1 Arbetets kronologi

Projektet följer ett kronologisk flödesschema som startar med insamling av information. Insamlingen sker genom undersökning av Parkers befintliga hydraulpump VP1 med avseende på funktion och utformning. Detta genom att gå på möten med Parker, samt undersöka tekniska specifikationer och pump vid drift. Därefter samlades fakta om konkurrenters produkter in.

Nästa steg var analys av information, där man tolkade och använde den insamlade datan. Informationen om konkurrenterna sammanställdes i en **konkurrentanalys**, där man jämförde Parker med deras konkurrenter. Den insamlade datan om den befintliga pumpen dokumenterades i **beskrivning av befintlig produkt**. Beskrivning genomfördes för att skapa en större förståelse för hur variabla hydraulpumpar med in-line axel fungerar och för att beskriva fördelar och nackdelar.

Därefter framställdes **kravspecifikation**. Kravspecifikationen ligger till grund för konceptgenerering och beslutstagande under projektet. Krav innebär att produkten som tas fram måste uppfylla de angivna värdena. Önskemålen i kravspecifikationen måste ej uppfyllas men är något som bör eftersträvas. Revidering av kravspecifikationen utfördes kontinuerligt under konceptutveckling, detta då förståelse för frågeställningen ökade under projektets gång.

Sedan påbörjades konceptgenerering för pump, först genomfördes en **brainstorming**-session där kreativitet och nytänkande sattes främst. Under en viss utsatt tid lät man kreativitet flöda fritt och olika funktioner och problem diskuterades. För att ej begränsa det kreativa tänkandet var kritik ej tillåtet under brainstormingen. Därefter skapades lösningsförslag av idéerna enligt metoden **mock-up**, där CAD-modellering användes för att effektivisera processen och få god översikt av lösningsförslagen. Därefter **definierades delproblem** genom att dela upp hela frågeställningen i mindre delar, kallade delfunktioner eller delproblem [2]. Delproblemen skapades för att underlätta processen att utföra ett systematiskt arbete för att hitta lämpliga totallösningar.

Flertal dellösningar för delproblemen skapas. Med hjälp av delproblem och de framtagna dellösningarna för pumphus användes en **morfologisk matris** för att sätta samman totallösningarnas alternativ. I en morfologisk matris kombineras olika dellösningar för att på så vis skapa fler koncept. De totallösningarna som uppfyllde alla krav och ansågs vara fysikaliskt genomförbara bildade nya koncept. De som inte ansågs rimliga eller inte uppfyllde kraven sorterades bort. Denna metod användes för att systematiskt generera nya koncept och för att undvika att missa potentiella koncept. Konceptskisser för de genererade koncepten skapades enligt Mock-up metod. Dessa steg genomfördes för pumphus.

Därefter skedde utvärdering av koncept. Koncepten undersöktes objektivt där för- och nackdelar för koncepten enskilt sattes upp. Därefter användes **elimineringssmatris** och **Pughs matris**. I elimineringssmatrisen jämfördes alla koncept med kravspecifikationen. De koncept som inte uppfyllde kraven eliminerades. Pughs matris är en metod som förenklar konceptval genom att applicera en systematisk och generell syn på de olika koncepten. Iteration av Pughs matris utfördes för att få de bästa möjliga vinnande koncepten. Grundat på den utförda utvärderingen valdes fyra koncept ut till vidareutveckling av koncept.

Sedan utfördes konceptgenerering och konceptval för hylsa. Dellösningförslag till delproblem skapades. Därefter genererades koncept som jämfördes mot varandra utifrån två olika uppsatta frågeställningar. Konceptval av två olika dellösningförslag genomfördes.

Vidareutveckling av de två kvarstående koncepten för pump utfördes. Vidareutvecklingen förbättrade samt undersökte koncepten mer noggrant och för- och nackdelar kartlades.

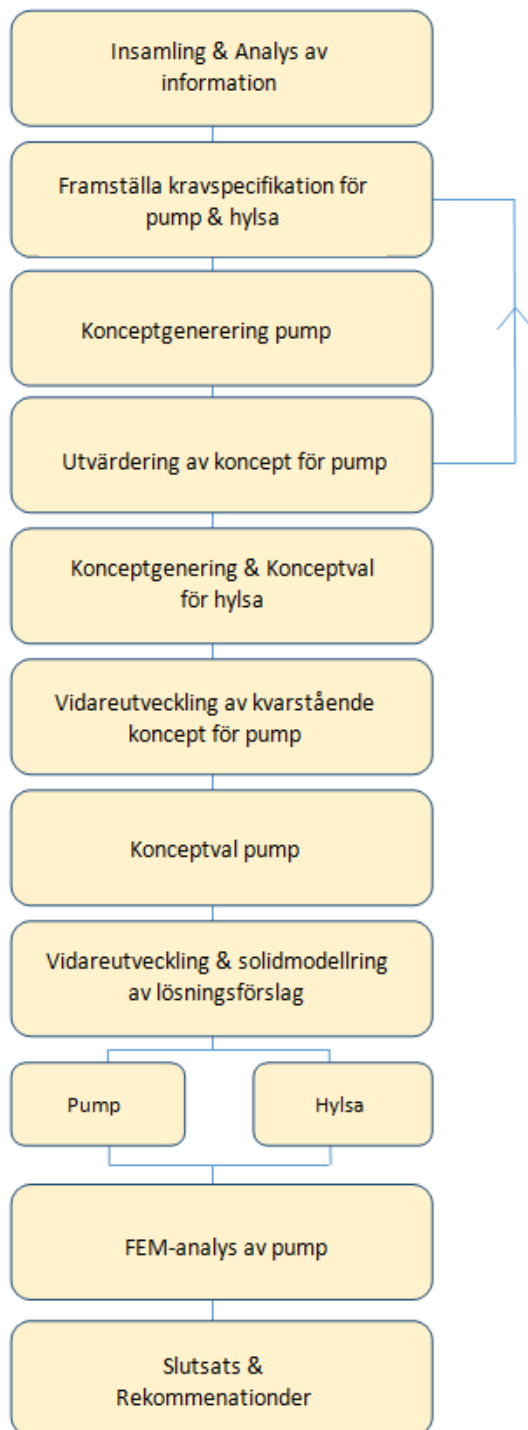
Konceptval för ett lösningsförslag för pump skedde grundat på noggrant övervägande kring de tidigare genomförda matriserna, utvärdering av koncept för pump, vidareutveckling av kvarstående koncept för pump och diskussion mellan exjobbare, företag och handledare.

Vidareutveckling av lösningsförslag för pumphus och hylsa utvecklades på detaljnivå. **Solidmodellering** av lösningsförslag skapades för pump och hylsa. Modellen för hus skapades grundat på kravspecifikation, vidareutvecklade koncept och ritningar för befintlig pump. Hydraulpumpen består till stor del av den befintliga produkten, och behåller därmed större delen av sin ursprungliga form. Modell för hylsa skapades grundat på kravspecifikation, befintlig axel och genom diskussion med företaget.

Två **FEM-analyser** av pump genomfördes. Den ena analysen syftade till att undersöka hur pumphuset påverkas av vridning och tryck ur hållfasthetssynpunkt. Den andra analysen som utfördes var för att kontrollera hur väl pumpens design uppfyllde strömningsskraven. Dessa analyser skapades för att få återkoppling på husets utformning.

I det avslutande kapitlet dokumenterades slutsatser och rekommendationer för fortsatt avslutande arbete för att färdigställa pumpens konstruktion. Slutsatserna och rekommendationerna baserades på resultat från solidmodell och FEM-analys.

I Figur 3.1 finns en illustration av tillvägagångssättet för projektet i form av ett kronologiskt flödesschema.



**Figur 3.1:** Flödesschema för metod

## 3.2 Konkurrentanalys

Analysen syftade till att undersöka vilka konkurrenter som i dagsläget erbjuder variabla hydraulpumpar skapade för tunga fordon samt som tillåter tandemmontage. De faktorer som undersöktes var portplacering, deplacement och utseende för genomgående axel. Förhoppningen var att detta skulle leda till större insyn om pumpar skapade för att möjliggöra tandemmontage, ge inspiration och eventuellt utnyttja redan existerande lösningar. Under projektet var det efterträdsvärt att överträffa konkurrenterna om möjligt.

## 3.3 Kravspecifikation

Vid vidareutveckling och konstruktion av produkter är det viktigt att veta vilka krav som ställs på den färdiga produkten innan arbetet med generering av koncept påbörjas. Det går att skapa mervärde för företaget och deras kunder genom att överträffa vissa krav, vilket resulterar i en mer konkurrenskraftig produkt. För de kraven där man önskar att överträffa kravvärdet skapades mål med optimerade värden[2].

Dessa mål och krav sammanställdes i två stycken kravspecifikationer, en för hydraulpumpen och en för hylsan. Krav och mål framtogs genom diskussion med Parker, jämförelse med konkurrenter och genom att undersöka kravspecifikation som utformades då man skapade VP1-95. Kravspecifikationen för VP1-95 omfattar alla faktorer för hela pumpen, vid skapandet av kravspecifikationen för VP1-130 ställs krav upp som är relaterade till pumphus. Detta då det är önskvärt att utföra så få förändringar innanför huset som möjligt.

## 3.4 Brainstorming

Brainstorming tillåter att kreativiteten får utrymme, detta kan resultera i helt nya och tidigare ej påtänkta ideér[2]. En brainstorming utfördes i cirka 45 min. I samband med brainstorming framställdes illustrativa skisser på totallösningar för pumphus.

Därefter lät man utgå ifrån dessa tre delfunktioner, när man skapade lösningskoncept. Enkla solidmodeller för koncept med fokus på att illustrera portplacering och husets utseende/form skapades. Dessa byggde på metoden mock-up och skapades för att få snabb feedback av de skapade lösningarna.

## 3.5 Mock-up

Vid användandet av mock-ups skapar man enkla modeller för att illustrera funktion och utseende där man får en snabb första feedback vid designande av nya idéer [3]. Metoden syftar till att illustrera idéer på ett övergripande plan.

## 3.6 Definiera delproblem

Här undersöktes de delproblem, också kallade delfunktioner, som framtofs under brainstormingen mer noggrant. Man lät undersöka dem enskilt men med en förståelse att delproblemen måste fungera tillsammans för att lösa frågeställningen fullständigt. Dessa delproblem används sedan för att ta fram dellösningförslag.

## 3.7 Dellösningar

För att hitta rimliga dellösningar användes brainstorming, undersökning av hur problemen är lösta i dagsläget på VP1-130, diskussion med Parker och jämförelse med; konkurrenter och VP1-75. De genererade dellösningarna användes genom att skapa olika kombinationer av dessa vid konceptgenerering, detta förenklar konceptgenereringen och bidrar till ett mer systematisk arbetssätt. Därefter skapades skisser på dellösningar till de uppmärksammade delproblemen.

## 3.8 Morfologisk matris

Med en Morfologisk matris ställs delproblemen upp med de olika dellösningarna i en tabell. Sedan kombineras olika dellösningar med varandra för att på så vis skapa nya koncept[2]. Syftet med metoden är att hitta ej existerande kombinationer som annars hade kunnat missas. Endast koncept som uppfyller kraven tas vidare, därför är inte alla slags kombinationer möjliga.

Därefter skapades enkla solidmodeller, enligt mock-up metod, för koncepten med fokus på att illustrera portplacering samt husets utseende och utformning.

## 3.9 Elimineringssmatris

De framtagna koncepten utvärderades utifrån den gällande kravspecifikationen, uppställda i Kapitel 5, där de lösningar som inte uppfyller kraven eliminerades[2]. Vissa krav kunde ej bekräftas i det aktuella skedet, detta på grund av att koncepten ej var fullständigt utvecklade. Koncepten var i detta stadiet framtagna med fokus på mer överskådlig funktionsduglighet, snarare än specifika krav gällande hållfasthet, självsugningsvarvtal, maxtryck och dylikt. Motiveringen för detta var att det var önskvärt att hitta många olika fungerande lösningar, inom rimliga gränser, som efter konceptval vidareutvecklades till mer kompletta koncept.



Kraven som användes för att utvärdera koncepten i elimineringsmatrisen var:

- Tillåta montering av ställfjäder
- Ingen breddökning
- Tillåta fästplatta baksida
- Maximal vikt
- Tillverkningsmetod; gjutning

### 3.10 Pughs matris

I Pughs matris ställs kriterium upp som baserades på krav och mål. Ett koncept sätts som referens för att sedan jämföra resterande koncept med detta referenskoncept. Då ett koncept jämförs med referensen som uppfyller kriteriet bättre än referensen skrivs “+” i denna cell, “0” om konceptet uppfyller kriteriet lika väl och “-” om det uppfyller kriteriet sämre. Sedan räknas alla “+ - 0” och summeras för att rangordna koncepten. Därefter ställdes frågan om ett koncept skall vidareutvecklas eller ej[2].

Pughs matrisen skapades med kriterium baserade på krav och mål som var viktiga för funktionen samt var mätbara i det aktuella skedet.

De gällande kriterier var:

- Montering av ställfjäder
- Sugnippelvinkel
- Kanallöde
- Viktökning
- Längdökning
- Höjdökning

För ställfjädersystemet var målet att utföra så få förändringar som möjligt, detta betyder att koncept som bevarar befintlig lösning för montering av ställfjädersystemet prioriteras. Vinkel för sugnippel, som används för att koppla ihop slang och hydraulpump, bör vara så liten som möjligt. Detta enligt kravspecifikationens önskemål i Kapitel 5. Vinkeln skall enligt krav vara  $\leq 90$  grader. Portplacering påverkar kanallödet och kanallödet påverkar självsugningsvarvtalet. För att uppnå ett gott flöde skall snäva krökningar undvikas och tvärsnittsarean skall vara konstant om möjligt. Tillräckligt stor tvärsnittsarea måste gälla för att undvika kavitationer och tryckfall.

Att minimera viktökning är önskvärt och krav på maximal vikt på 30 kilo gäller enligt kravspecifikation. Därför anses det positivt med så låg vikt som möjligt. Viss längdökning kommer ske på grund av genomgående axel. Detta gäller alla koncept. Man prioriterar att minimera längdökning. Det är fördelaktigt att hålla höjdökningen nere i den mån det är möjligt.

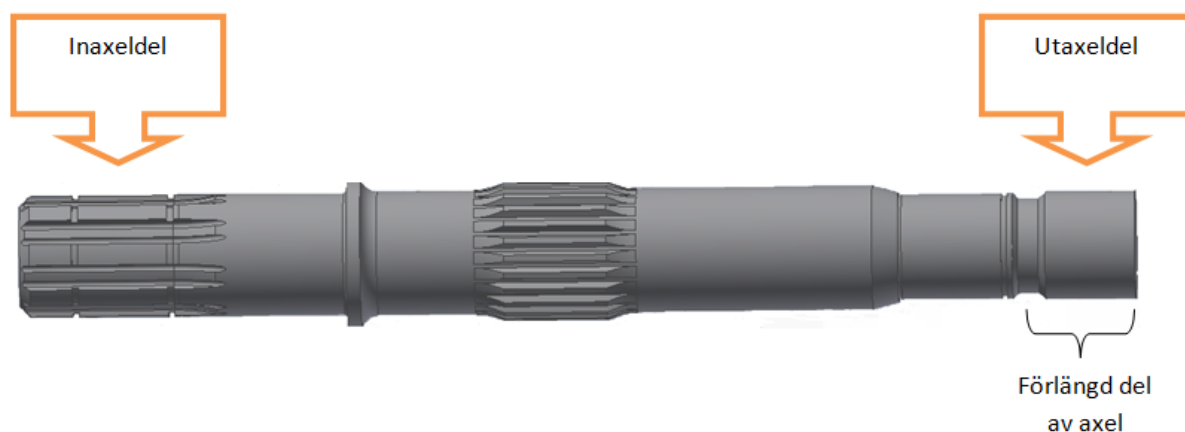
Faktorn gjuttekniskt enkel övervägdes som kriterium i Pughs matrisen. Vid diskussion med Parker rekommenderades det att fokusera på dimensionering och funktion i detta skede. Och att det är lämpligare att undersöka gjutbarheten i ett senare skede. Detta medförde att *Gjuttekniskt enkel* ej användes som kriterium.

Efter utförandet av Pughs matris utfördes iteration av metoden.

## 3.11 Konceptgenerering och konceptval för hylsa

Hylsan har en betydande roll för hur sammankoppling av pumparna kommer se ut och fungera, detta då hylsan skall överföra moment från den ena pumpens axel till den andra. Dess längd kan komma att ha inverkan på hur stor förlängning av pumphuset som krävs, på grund av det angivna kravet att hylsan skall få plats inuti huset. Hylsan kan komma att bli den längdavgörande faktorn vid lösningsförslag.

**Förklaring av Axel som hylsa skall monteras på:** I hydraulpumpen monteras en axel, denna har i befintlig pump endast inaxeldel. För VP1-130 anpassad för tandemmontage måste axeln vidareutvecklas, för att skapa en utaxeldel. Detta sker genom förlängning av axel där man adderar en utaxeldel med splines. I detta projekt ingår ej utformning av axel, istället gavs dimensioner för utaxel av Parker med uppskattade värden. En uppskattning av utaxeldelen var nödvändig för att kunna ta fram hylsan. För illustration av axel med förlängning och skapad utaxeldel, se figur 3.2 nedan.



**Figur 3.2:** Skiss av axel skapad med inaxeldel och utaxeldel

### 3.11.1 Konceptgenerering hylsa

Vid konceptgenereringen användes krav och önskemål för hylsan från Kapitel 5 som utgångspunkt. Ett önskemål från Parker var att utforma hylsan på liknande sätt som konkurrenterna, vilket innebär att hylsan skall få plats inuti huset på den förlängda pumpen. Detta medför att hylsans längd kommer vara en viktig faktor i utformning av huset, då hylsans längd kan komma att avgöra hur lång förlängningen av huset minst måste vara.

Hylsans längd beror på axlarna den skall sammankoppla. Mått på ingående axel finns att tillgå i ritningar, där axelns utformning illustreras. Mått finns ej att tillgå för utgående axel. Uppskattade mått angivna av Parker användes för axel vid skapandet av både hylsa och hus.

Ingående axel har splines och en längd på cirka 50mm, för utgående axel sattes samma längd till cirka 30mm. Detta ger en indikation av ungefärlig längd hylsan kommer ha.

Från kravspecifikation framgår att maximal längd är 90mm men med önskemål att längden skall vara så liten som möjligt.

Ingående axel har i dagsläget splines med ungefärlig diameter på 55mm. Diameter för utgående axel sattes till 31mm med splines, detta är ett uppskattat värde, som medvetet sattes lite större än förväntat. Anledningen till att diametern för utgående axel sattes med högt värde var att det ansågs lättare att överdimensionera och minska värdet sedan.

### 3.11.2 Undersökning av koncept för hylsa

För att säkerställa att lämpligt konceptval genomfördes kontrollerades först att koncepten uppfyllde alla krav, detta genom att undersöka kravspecifikation uppställd för hylsa, se Kapitel 5. Vissa av kraven var i detta skede ej möjliga att kontrollera, så som maxbelastning och max moment. Detta på grund av att koncepten ej har blivit fullt dimensionerade ännu.

Då hylsan skall få plats inuti pumphuset var hylsans dimensioner viktiga. Hylsans längd var en avgörande faktor då den kan komma att avgöra pumphusets förlängning.

Därefter jämfördes frågeställningarna:

- Mellanvägg eller ej?
- Konformad eller övergångar med radie?

Sedan utfördes val av två lösningsförslag som vidareutvecklades i samband med vidareutveckling av vinnande koncept för pumphus.

## 3.12 Vidareutveckling av kvarstående koncept för pump

De kvarstående koncepten 3, 4, 5 och 9 som i kapitel 7 uppdelades i konceptparen A och B, där koncept A bestod av koncept 3 och 5 och koncept B av koncept 4 och 9. Vidareutveckling av koncepten A och B utfördes för att slutgiltigt konceptval skulle kunna ske. Viktiga faktorer sattes upp och undersöktes, därefter utvärderades koncepten och för-och nackdelar med dem dokumenterades.

### 3.12.1 Faktorer som undersöktes

Innan vidareutvecklingen kan påbörjas skall restriktioner och mål sättas upp. Detta då vidareutveckling av koncept lätt blir väldigt tidskrävande och djupgående utan ramar att hålla sig inom.

Faktorer som undersöktes var:

- Översiktlig planering för placering av kanaler
- Montering av ställfjäder och plugg
- Utrymme för slangar vid tandemmontage
- Montering av sugnippel (vinkel, krökningar, dylikt)
- Tillverkningsbarhet

### 3.12.2 Undersökning av faktorer med solidmodellering

Dimensioner och mått för befintligt hus för hydraulpump undersöktes genom att observera VP1-130s ritningar i dagsläget. Som tidigare nämnt är det önskvärt att behålla så stor del av den befintliga designen som möjligt samt att vissa mått måste behållas enligt kravspecifikationen, se Kapitel 5. De skapade solidmodellerna för koncept A och B har noggranna mått för delarna av huset som berörs av de ovan nämnda faktorerna samt för bredd och höjd på huset. Vid skapandet av koncepten gällde översiktlig design då det skulle vara för tidskrävande att modellera båda koncepten i detaljnivå.

Hål för ställfjäder och plugg skapades på baksidan huset genom att anpassa utseendet i den nedre kanten. En fästplatta med mått från befintlig fästplatta på framsida skapades på baksidan av huset där utgång för genomgående axel skapades. 4 hål skapades på den bakre fästplattan för att fästa pump vid tandemmontage.

## 3.13 Konceptval pump

Slutgiltigt konceptval för fortsatt vidareutveckling genomfördes. Koncept A och B var de koncept som gick vidare i utvärderingsprocessen efter flertal systematiska metoder. Valet av lösningsförslag baserades på analys av utvärdering för koncept A och B i kapitel 9, samt genom ett utvärderingsmöte med Parker. På mötet diskuterades och analyserades resultat av utvärderingen.

### 3.13.1 Utvärderingsmöte

Möte med Parker genomfördes i syfte att få synpunkter på de vidareutvecklade koncepten A och B, där en presentation hölls som följdes av en längre diskussion.

## 3.14 Vidareutveckling och solidmodellering av lösningsförslag

De vinnande koncepten för pumphus och hylsa vidareutvecklades för att skapa slutgiltigt lösningsförslag. Vid denna vidareutveckling lades fokus främst på detaljutformning.

### 3.14.1 Solidmodell pumphus

Solidmodell för pumphus skapades för att illustrera pumpens konstruktion samt för att användas vid simulering. Solidmodellen skapades i Autodesk Inventor 2014. Omkonstruktion av befintlig pump genomfördes där flertal specifika mått behölls. De nya måtten som skapades vid omkonstruktionen framtoogs noggrant. Rekommenderad vägg tjocklek sattes till minst 8mm efter önskemål från Parker, detta med hänsyn till tillverkningsmetoden som skulle vara gjutning.

Först skapades husets yttre geometri och de hålbilder som skall behållas enligt befintlig pump. Bland dem var; hål för nedre och övre ställfjäder, utgång för utaxel med plats för nållager som i befintlig pump. Fästanordning på husets bakre ända skapades enligt

fästplatta på främre ända, denna skapades med 4 hål med pilotdiamter på 80mm. En cirkelformad nedsänkning skapades som en invers av utstickande cylinder på främre fästplatta, detta för att tillåta direktmontering vid tandemmontage.

För insug- och tryckport skapades en förhöjning ovanpå husets lutande förlängning, denna förhöjning skapades för att förbättra vinkeln på portarna och addera mer material. Det adderade materialet skapades för att motverka stora spänningskoncentrationer. Spänningarna kan fördelas över det adderade materialet och på så vis minska den maximala spänningen. Där förhöjningen skapades med en lutning på cirka 14 grader.

Därefter skapades hålbild på insidan av huset, där ventilskivan monteras. Dessa med olika stora areor för tryck och insugssida. Hålbildens yta och de anslutande kanalerna skapades så rymliga som möjligt utan att riskera pumphusets hållfasthet. Hålbilden är speciellt viktigt för insugssidan, detta för att oljan lätt skall flöda in i pumpen. På trycksidan är kanalerna och dimensionerna ej lika viktiga då oljan är högt trycksatt och kommer flöda ut ur pumpen. Detta förutsatt att kanalerna är utformade för att medge god strömning.

Därefter skapades kanaler från portarna till hålbilden för ventilskivan. Genom att använda loft (ett verktyg som ger möjlighet att skapa en volym som utgår från en profil som jämnt övergår till en annan profil) från porten på ovansidan uset till öppningen mot ventilskivan. Kanalen skapades med en så jämn areaövergång som möjligt. Vid användandet av loft leddes kanalen längs en centrumkurva vars syfte var att låta kanalen skapas nära den närliggande axelutgången. Både insugskanalen och tryckkanalen skapades enligt samma metod med små anpassningar specifika för insugsport och tryckport.

Kanalerna skapades med målen att:

- Att undvika snäva svängar eller vassa hörn
- Inga plötsliga areaändringar
- Så liten krökningsradie som möjligt
- Hålla längden på kanalerna korta

Förhöjningen för portarna förbättrar även lutningen i kanalerna, vilket gör det lättare att undvika snäva svängar.

Subtrahering av visst överflödigt material genomfördes genom att göra använda extrude för att ta bort material som ej behövs. Detta för att minska vikten och på så vis även tillverkningskostnaden. Detta gör också att konceptets utseende kommer vara mer likt den färdiga produkten. Inga små estetiska avrundningar gjordes då det ej är lämpligt vid tidiga FEM-analyser.

### 3.14.2 Solidmodell hylsa

För de två valda lösningsförslagen för hylsa skapades solidmodeller med Autodesk Inventor 2014. Dessa skapades med mått angivna från Parker.

### 3.15 Hållfasthetsanalys; Vridning och tryck

Den nya konstruktionen undersöktes ur hållfasthetssynpunkt för att kontrollera att lösningsförslaget var dugligt. Då konstruktionsförändringar främst genomfördes i bakre änden av pumphuset utfördes simuleringar på den bakre delen av pumphus, för illustration av pumphuset två delar se figur 2.5.

Vid undersökningen applicerades det vridmoment som uppstår vid tandemmontage samt tryck i tryckporten och kanal. Dessa är de två faktorerna som har störst inverkan på pumphuset. På utvärderingsmötet, dokumenterat i kaptiel 9, diskuterades risk för alltför stora deformationer vid portar placerade bredvid varandra och därför undersöktes portarna.

Solidmodellen framtagen i Inventor skapades som en part, vilket innebär att pumphuset ej innehåller resterande parts som senare kommer vara monterade. Vid tidiga simuleringar upptäcktes deformationer med maxvärde i utgångshål för axel där nållager skall placeras, vilket kan leda till att axeln blir klämd på grund av deformationen. Beslut om att deformationen bör undersökas med lager monterat fattades, då deformationerna kan minska då lagret tar upp en del spänningar. För detta skapades en förenklar solidmodell.

Den förenklade solidmodellen skapades med ett förminskat lagersäte, detta genom att förminska hålet där lager skall placeras till samma diameter som inre diameter för lager. Befintligt lager undersöktes med hjälp av katalog för att hitta inre diameter samt vilket spel detta lager tillåter. Det angivna spelet var 20-45  $\mu\text{m}$ . Spelet medför att viss deformation tilläts utan att lagret hämmar axeln.

Den förenklade solidmodellen som skapades i Inventor sparades som STEP-fil för att kunna användas vid simulering i Ansys 17.1.

Modellen som simuleringen utfördes på angavs E-modul 170 GPa. Detta för att efterlikna segjärns egenskaper då befintlig produkt består av detta material. Modellen delades in i tetraeder genom att använda Ansys mesh-verktyg. Storleken på den globala meshen valdes av programmet. Lokal mesh med mindre storlek på 0,001m appliceras på intressanta områden. Dessa var; kanal, inre mantelyta för tryckport, njurar, hål för utaxel och lagersätet. En mindre mesh skapar mer noggranna resultat men förlänger också beräkningstiden. Därför applicerades lokal mesh endast på extra intressanta områden av modellen.

#### Randvillkor

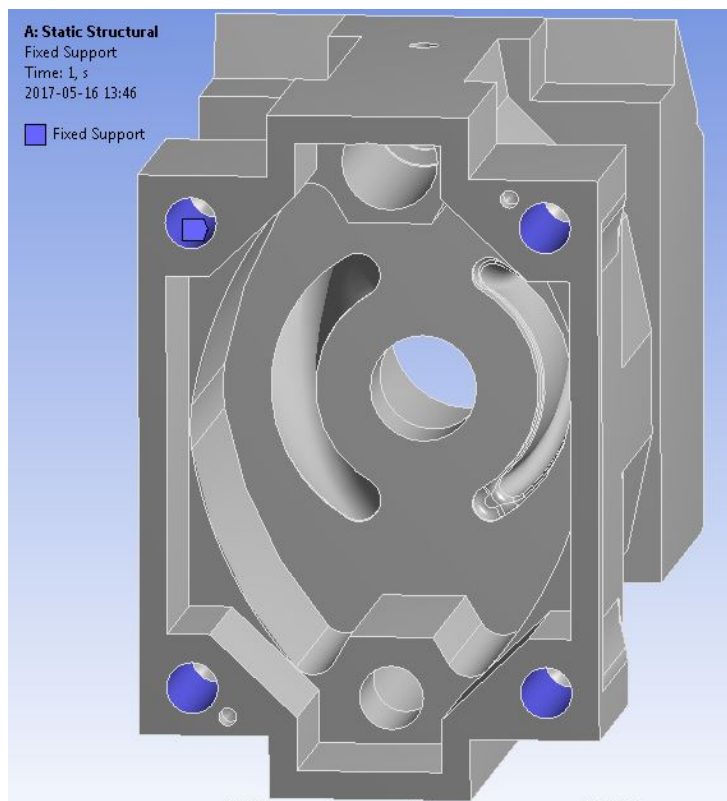
Modellen angavs randvillkor för att simulera de krafter som inverkar på pump under drift vid tandemmontage. Pumphuset är uppdelat i två delar, en främre del med fästplatta och en bakre del, för illustration se figur 2.5 i avsnitt för Beteckningar. Fixed applicerades i de 4 hålen skapade för montering av främre del av pumphuset. För illustration se se figur 3.3, där hålen för randvillkoret var markerade med blå färg. Moment appliceras i de fyra hålen för bakre fästplatta och sattes till sammanlagt 900Nm, se figur 3.4 där momentet var markerat med röd färg. Tryck applicerades i tryckportens inre mantelyta och i tryckkanal. Vilka omfattade hela kanalen och dess anslutning till hålbilden kallade njurar. Trycket sattes till 420 bar. En motriktad kraft ansattes i centrum för tryckport för att simulera hur trycket ut verkade på slangen. Denna baseras på tvärsnittsarea för

hål för sugport och trycket och beräknas till 35923 N, genom att använda ekvation 3.1 nedan.

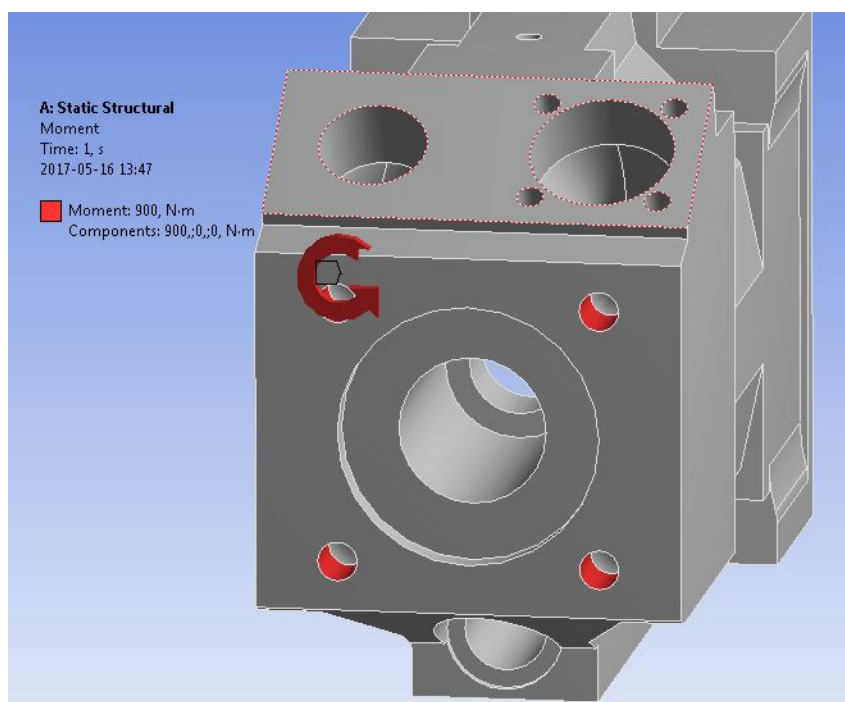
$$F = Ap \quad (3.1)$$

Där  $F$  är kraft [N],  $A$  är tvärsnittsarea [ $m^2$ ],  $p$  är tryck [kPa].

Analysinställning large deflection aktiveras för att Ansys skall räkna med förändring i styvhet på grund av formförändring, för att ge ett mer korrekt resultat [4].



**Figur 3.3:** Randvillkor Fixed i de fyra hålen för montering av främre fästplatta markerade med blå färg



**Figur 3.4:** Randvillkor Moment applicerad i de fyra hålen för bakre fästplatta markerad med röd färg

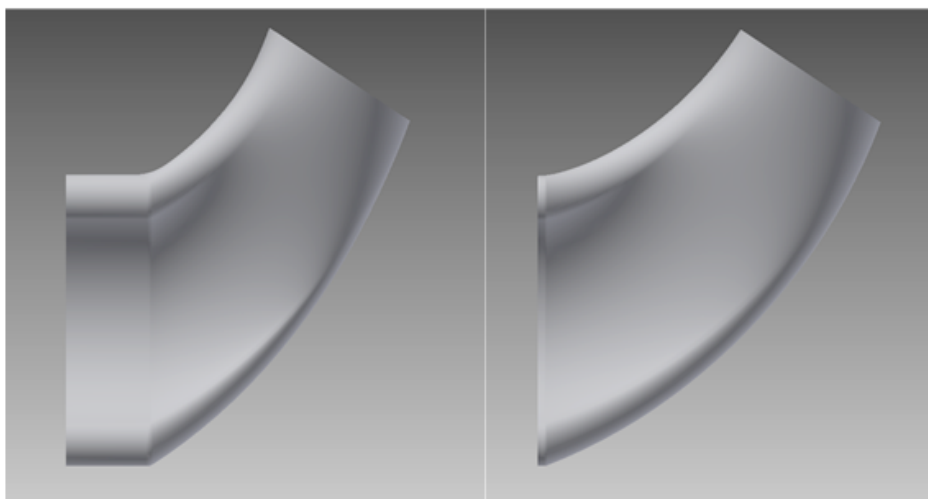
### 3.16 Strömningsanalys; Tryckfall och själv sugningsvarvtal

Enligt precisering av frågeställning skulle pumpens kanaler strömningssimuleras utförligt för att testa själv sugningsförmågan och tryckfall. Detta visade sig var mer komplext än förväntat, bland annat på grund av att förkunskaperna i strömningsanalys var bristfälliga. Istället utfördes två enklare analyser med programmet Ansys CFX, vilka jämförde två olika geometrier på kanalerna. Jämförelsen bidrog till intressanta resultat som visade hur insugskanalen bör utformas vid vidareutveckling. Analysen genomfördes för insugskanalen, detta då flödet på trycksidan är mindre känsligt för kanalens utseende. De två geometrierna framtogs genom att kanalerna i solidmodellen inverterades, så att kanalerna i sig blev solida kroppar, något som krävdes för att kunna köra dem i programmet.

**Geometri 1** var det första försöket att skapa en kanal skulle medföra ett gott flöde ur strömningssynpunkt. Inspiration för utformningen av kanalen togs från nuvarande VP1-130. Vid hålbild för njurar skapades en rak förlängning på 22mm, från denna användes loft-verktyget i Inventor till insugsport för att skapa kanalen. Detta bidrog till skarpa kanter mellan övergången för förlängningen och kanalen. Avrundningar för övergången skapades för att motverka de skarpa kanterna som uppstod. För illustration av geometri 1 se figur 3.5.

**Geometri 2** skapades på liknande sett, med skillnaden att förlängningen vid hålbild skapades betydligt kortare med ett värde på 2 mm. Detta resulterade i mindre skarpa kanter vid övergången från förlängning till kanal. För illustration av geometri 2 se figur 3.5.





**Figur 3.5:** Insugskanalen i sidovy, geometri 1 till vänster och 2 till höger

Därefter simulerades ett flöde genom att applicera randvillkor. Vid inloppet för insugsporten applicerades ett tryck på 1 atm (101,3 kPa). Nolltryck ansattes vid ventilskivan. Dessa värden motsvarar ej det verkliga fallet, men fungerar väl för att simulera ett godtyckligt flöde. Mediet som användes var vatten istället för olja, detta på grund av att olja ej fanns att välja. Vattnet var det alternativ som efterliknande oljans flödesegenskaper bäst av de tillgängliga medierna, bland annat att vara inkompressibel.

# 4

## Analys av insamlad information

Detta kapitel fungerar som ett förberedande moment som skall klargöra bilden av det aktuella problemet, underlätta vidare arbete och utveckling samt redovisa ursprunget av de underlag som används för att lösa frågeställningen. Nedan finns att läsa om information som blivit insamlad, analyserad och dokumenterad.

### 4.1 Konkurrentanalys

Parker har fyra betydande konkurrenter, Sunfab/Hawe, LeDuc och Bosch Rexroth. Dessa företag är de som Parker själva ser som sina konkurrenter. Information om deras utbud hittades på nätet, i officiella dokument riktat till kunden. För detaljer, se bilaga A.

**Sunfab/Hawe:** Dessa två företag samarbetar och erbjuder samma slags modeller. De erbjuder fyra storlekar på pumparna, från 60 till 130 kubikcentimeter per varv. Alla finns att tillgå med en genomgående axel. Portarna sitter på över- och undersidan av pumpen på alla modeller, riktade uppåt/nedåt, men utförandet skiljer lite åt mellan storlekarna. Värt att notera är att den bakre fästplattan är modulär, vilket innebär att flera olika hålbilder för montering stöds[5][6].

**LeDuc:** Företaget har sex olika storlekar att erbjuda på sina pumpar, men bara en storlek finns med genomgående axel, 130 kubikcentimeter per varv. Portarna sitter på över/undersidan[7].

**Bosch Rexroth:** Erbjuder tre olika storlekar, dock ingen med en genomgående axel. Detta på grund av att pumptypen med vinklad axel inte tillåter en sådan[8].

### **Slutsats av konkurrentanalys**

Det är framförallt Sunfab/Hawe som är en intressant konkurrent då de har ett brett utbud av lastbils-pumpar med variabelt displacement, där de olika storlekarna tillåter tandemmontage. Portarnas placering varierar vid de olika storlekarna för pumparna. Dessa olika portplaceringarna kan användas för inspiration. LeDuc erbjuder färre modeller som tillåter tandemmontage än Sunfab/Hawe gör, men kvarstår ändå som en god inspirationskälla. Bosch Rexroth utbud av pumpar blir för detta projekt relativt ointressant då de inte erbjuder pump med genomgående axel.

#### **4.1.1 Ritningar befintlig VP1-130**

Ritningar för befintlig VP1-130 tillhandahålls av Parker, dessa med detaljerade mått för de olika olika komponenterna pumpen består av. Ritningarna är sekretessbelagda och finns därför ej i bilaga.

# 5

## Kravspecifikation

Nedan presenteras kravspecifikation för pumphus och hylsa, dessa framtogs enligt metod för kravspecifikation, se kapitel 3.

### 5.1 Kravspecifikation för hydraulpump VP1-130

Krav på utgående axel är ett av de viktigaste då detta är essentiellt för att tandemmontage skall kunna ske.

Krav på att VP1-130 skall möjliggöra tandemmontage av Parkers olika modeller av pumpar ställs. För att möjliggöra detta måste en fästordning på husets baksida skapas. Krav på att en fästplatta skall skapas på husets baksida sätts upp. Fästplattan skall efterlikna fästplatta på framsida, och ha samma hålbild som fästplattan på framsidan av pumpen. Även krav på att behålla befintlig pilotdiameter sattes upp, då detta är en standard.

För att möjliggöra direktmontering på kraftuttag på tungt fordon skall inaxeln ha splines som är anpassade för kraftuttag. Vid pump med vikt högre än 18 kg krävs stötning för att kraftuttaget skall klara av viktbelastning. Befintlig VP1-130 har vikt på 27 kg och den omkonstruerade pumpen förväntas öka i vikt. Vid tandemmontage måste stötning ske för att kraftuttaget skall klara av viktbelastningen av de båda pumparna. Krav på att erbjuda stötning ställdes upp.

Maxbredd sattes till 130mm, detta krav är mycket viktigt då hydraulpumpen kommer sitta i ett mycket trångt utrymme nära eller på lastbilens motor. Bredden måste hållas i åtanke vid placering av portar, då slangar ska dras till portarna. Dessa slangar får ej placeras så att montering försvåras.

Längdökning kommer ske, detta då portarna omplacerades samt att hylsan för tandemmontage skall rymmas i huset. Krav på maximal längd med en VP1-130 anpassad för genomgående axel vid tandemmontage med en befintlig VP1-130 sattes till 593,5mm, där inaxel är exkluderad. Detta krav baserades på konkurrenters produkter. Detta bidrar till att skapa en konkurrenskraftig produkt. Mål för längd sätts till att minimera längdökningen.

För övriga dimensioner finns inga krav angivna. Mål för höjd sätts till 263mm, som befintlig höjd. Målet blev uppsatt på grund av att utrymmet är begränsat vid montering. Viss viktökning tillåts. Krav på maximal vikt sattes till 30 kg, vilket innebär en maximal viktökning på 3 kg. Mål för vikt sattes till oförändrad vikt.

Det maximala tryckfallet måste hållas nere för att undvika kavitationer. För att motverka tryckfall kan man behöva sänka varvtalet. Krav för självsugningsvarvtalet sattes upp, det maximala värdet skall uppnå 2050 varv/min, och det rekommenderade självsugningsvarvtalet vid användning sattes till 1900 varv/min.

VP1-130 skall klara av att arbeta i ett utomhusklimat där temperaturen kan variera mellan -40 till 80 grader Celsius. Krav på att fungera vid regnväder sattes upp.

Pumpen skall klara av samma tryckbelastning som i dagsläget. Krav på maximal belastning sattes till 400 bar vid arbetstryck. Krav på värdet för maximalt periodisk arbetstryck, max 6 sekunder för godtycklig minut, sattes till 420 bar.

I Tabell 5.1 visas de krav som är uppställda på hus för VP1-130.

**Tabell 5.1:** Kravspecifikation för hus till VP1-130

Hus till VP1-130 anpassad för utgående axel			
Krav	Värde	Mål	Värde
Maxbredd, tot.	130 mm	Oförändrad vikt	Ja (27 kg)
Max tot längd vid tandemmontage	593,5mm (327,5+266)	Minimal förändring av design innanför hus	Ja
Maximal vikt	30kg	Max längd (Utan att addera axelns längd)	Minimera längdökning
Utgående axel	Ja	Max höjd (inkl. regulator)	Ingen höjdökning (243,5 mm)
Maxtryck, int.	420 bar	Kostnadsökning, tot.	10%
Maxtryck, kont.	400 bar	Max tot längd vid tandemmontage	550mm
Maxbelastning, främre fläns	900 Nm	Gjutbarhet	Gjuttekniskt god
Maxbelastning, bakre fläns	720 Nm	Vinkel på sugnippel	Så liten som möjligt
Belastning max moment, på hus; portar	900 Nm	Ställfjäder, montering	Som befintlig
Belastning max böjspänning, på fläns	300 N		
Fuktighet	Tåla regn		
Temperaturområde	-40 till 80°C		
Portplacering	Får ej medföra större bredd		
Tillverkningsmetod	Gjutning		
Displacement [cm3/varv]	130		
Höger och vänster-drift	Ja		
Självsugsvarvtal, max	2050 varv/min		
Självsugsvarvtal, angivet	1900 varv/min		
Tillåta direktmontering av pump i bakkant	Ja (mha hylsa)		
Tillåta tandemmontage av Parkers olika pumpar	Ja		
Axelns främre diameter	Oförändrad		
Pilotdiameter	80mm		
Portstorlek, insug	Befintlig		
Portstorlek, tryckport	Befintlig (BSP 1")		
Fästplatta, baksida	Ja enligt standard framsida		
Tillåta montering av ställfjäder	Ja		
Erbjuda stötning vid tandemmontage	Ja		
Vinkel på sugnippel	vinkel ≤ 90 grader		
Ställfjäder, placering	Som befintlig		

För att se fullständig kravspecifikation se Bilaga B.

## 5.2 Kravspecifikation för hylsa

VP1-75 är konstruerad med genomgående axel, där adapter för hylsa används för att överföra moment. Förhoppningen är att genom att endast använda hylsa för tandemmontage för VP1-130 att skapa en mer platseffektivt lösning.

Fokus kommer främst ligga på kravet att klara av att sammankoppla två pumpar samt kravet att hylsan skall klara av det momentet som uppkommer vid tandemmontage. Belastning som tillåts uppstå vid tandemmontage är maximalt 720 Nm, vilket medför krav

på att hylsan skall klara av 720 Nm.

Vid tandemmontage uppkommer ett böjmoment på grund av pumparnas vikt, vid krafttaget och mellan de två sammankopplade pumparna. Vid tandemmontage sker sammanställningen av pumpar med fästplattor i pumparnas ändar, pumparna antas ha stöttning. Fästplattorna utsätts då för de största påfrestningarna. Hylsan konstrueras ej för att stå emot det böjmoment som uppstår mellan pumparna, utan huvudsakligen för att överföra moment.

Dimensionbegränsningar sattes upp för att säkerställa att hylsan får plats i pumphuset. Hylsan dimensioner bör hållas nere, krav på maximal yttre diameter sattes till 80mm. Krav på maximal längd sattes till 90mm med mål att hålla minimal längd. Krav på maximal vikt sattes till 0,5kg.

Krav på att hylsan skall fungera på alla olika varianter av pumpar från Parker sattes upp, då tandemmontage skall tillåtas för olika varianter av pumpar från Parker. Detta kommer skapa mervärde för både kund och Parker.

Hylsan skall klara av samma klimat som hydraulpumpen, krav sattes att hylsan skall klara av att arbeta i utomhusklimat med temperaturvariation på -40 till 80 grader Celsius samt klara av regnväder.

I Tabell 5.2 går det att läsa om krav och önskemål ställda på hylsan.

**Tabell 5.2:** Kravspecifikation för hylsa för VP1-130

<b>Hylsa för tandemmontage</b>	
<b>Krav</b>	<b>Värde</b>
Splines	Ja
Rymmas inom hus	Ja
Maximal yttre diameter	Mindre än 80 mm
Vikt	0,5 kg
Temperaturområde	-40 till 80°C
Klara av max moment	720 Nm
Samankoppla olika sorters pumpar	Ja
Maximal längd	90 mm
<b>Mål</b>	<b>Värde</b>
Hålla längden nere	Ja
Ytterdiameter	Inte större än "tillräckligt"

För att se fullständiga uppsatta krav se Bilaga B.

# 6

## Konceptgenerering av pumphus

I detta kapitel finns resultat av de metoder som användes för att generera koncept.

### 6.1 Brainstorming

Vid den utförda brainstormingen hittades tre delproblem/ delfunktioner, dessa var:

- Portarnas placering
- Husets utseende/form med avseende på genomgående axel, fästplatta och portar
- Ställfjäders placering och montering

För illustration av konceptskisser skapade enligt mock-up metod, se bilaga E.

### 6.2 Delproblem

#### 6.2.1 Delproblem för pumphus

Det första delproblemet var portplacering, vilket var det mest påtagliga hindret för en genomgående axel på VP1-130. I dagsläget är de placerade framför axeln, vilket gör det omöjligt att behålla deras nuvarande läge. Förändrad portplacering kan medföra mer restriktiva kanaler ur strömningssynpunkt. Kanalerna är de som leder hydrauloljan från porten till ventilskivan. Är dessa för restriktiva blir de oförmögna att släppa igenom tillräckligt mycket olja till sugsidan på ventilskivan så leder detta till tryckfall som i sin tur kan medföra kavitationer i oljan. Dessa kavitationer är något som skall undvikas, då de resulterar i en kraftigt ökad förslitning av pumpen och minskar livslängden avsevärt.

Förändrad portplacering leder till nästa delproblem, risk för utrymmesbrist. Utrymmet på pumpens baksida är begränsat och många funktioner skall få plats på ett litet utrymme. Krav på dimensioner och fästplatta med hålbilden enligt framsidas fästplatta ger ytterligare restriktioner. Husets utformning behövde förändras för att tillåta förändring av bland annat portplacering, utrymme för fästplatta samt att möjliggöra genomgående axel. Som nämnt i kravspecifikationen i Kapitel 5 får ej husets bredd öka, däremot tillåts viss ökning i längd- och höjddled.

Utrymmet på pumpens baksida är begränsat, vilket ledde till nästa delproblem, den nedre ställfjäders placering och montering. I befintlig pump monteras en plugg i pumpens nederkant, se figur 0.4. Innanför denna plugg skall en ställfjäder monterats utifrån, vilket fortfarande skall ske under tillverkningsprocessen. Denna ställfjäder skall hålla vickskivan

i rätt läge.

### 6.2.2 Delproblem överföra moment vid tandemmontage

Vid tandemmontage krävs någon slags åtgärd för att överföra moment från utgångsaxeln till ingångsaxeln. Utrymmesbrist kan uppstå. Dellösning kommer tas fram i samband med vidareutveckling av koncept för hylsa.

## 6.3 Dellösningar

Dellösningar för de tidigare nämnda delproblemen presenteras och förklaras i detta kapitlet.

### 6.3.1 Dellösningar portplacering

Dellösningar för portplacering skapades. Sex olika dellösningar framtogs, med portar placerade i radiellt/ axiellt riktning. Placeringen var portarna på huset var ovanpå, under, eller på husets baksida. Dellösningar skapades ej på sidan av pumpen då breddökningen ej tilläts. För illustration av dellösningar se bilaga C

### 6.3.2 Dellösningar för husets utformning

Baksidan av huset skall ha plats för portar och utgående axel med fästplatta. Även hylsan skall enligt krav få plats i huset. Befintlig pump har ej nog stort utrymme för detta. Målet för husets dimensioner var att ändra/ öka så lite som möjligt enligt kravspecifikationen. Pumpen får enligt krav ej öka i bredd och mål för oförändrad höjd gäller, se kapitel 5. Tre dellösningar för längdökning av huset framtogs, dessa medförde större yta på pumphuset bakre ände. Dellösningarna var inspirerade av Parkers och konkurrenternas lösningar. Dessa medförde ett nytt utseende för huset. Förlängningens dimensioner är ej fastställda i detta skede av projektet. För illustration av dellösningar se figur 6.1

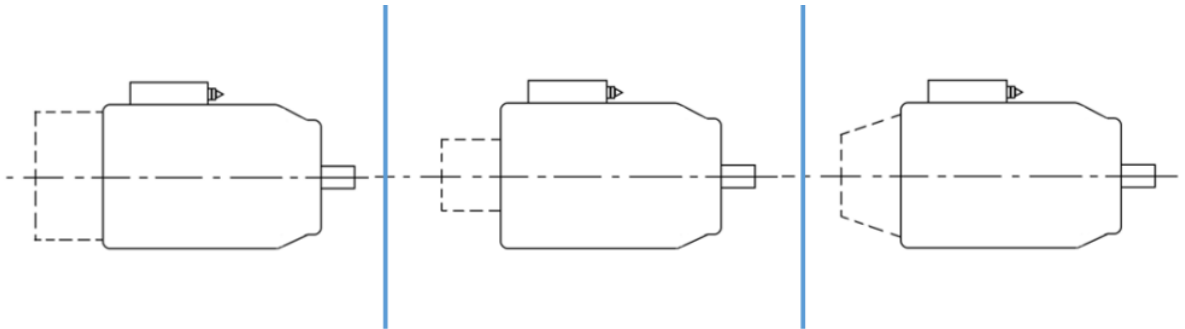
**Dellösning 1:** En rak förlängning av huset, där baksidan förlängs med ett box-liknande utseende med bredden 130 mm. Höjden är också densamma som husets, borträknat den höjden som förhöjning för regulator/ställfjäder med ställfjädrarna i tillför, vilket var cirka 200 mm.

**Dellösning 2:** En rak förlängning där baksidan förlängs med ett box-likande utseende, likt dellösning 1. Bredden är densamma som huset, 130 mm, men höjden på förlängningen är mindre. Inget exakt värde för höjden fastställdes, men denna skall vara tillräckligt hög för fästplatta med hålbild i bakkant.

**Dellösning 3:** En kilformad förlängning som utgick från husets höjd exkluderat förhöjning för regulator och ställfjäder. Förlängningen smalnar av mot bakändan, vilket skapar ett lutande plan. Bredden längs med hela förlängningen är densamma som huset, 130 mm.



Avsmalningen skapades så att det i bakkant finns yta nog för fästplattan med hålbild.



**Figur 6.1:** Tre dellösningar för husets utseende/form; till vänster dellösning 1, i mitten dellösning 2, till höger dellösning 3

### 6.3.3 Dellösning ställfjäder

Vid generering av dellösningar med avseende på delproblemet med ställfjäder så framgick det efter diskussion med Parker att ställfjäders alternativt kunde monteras inifrån tryckporten. Detta medför att kraven sett till portplacering i pumpens nedre kant, som tidigare hade komplicerat fjäderns montering blev mindre stränga. Två dellösningar framtoogs; behålla ställfjäders och pluggens befintliga lösning, eller montering inifrån tryckporten.

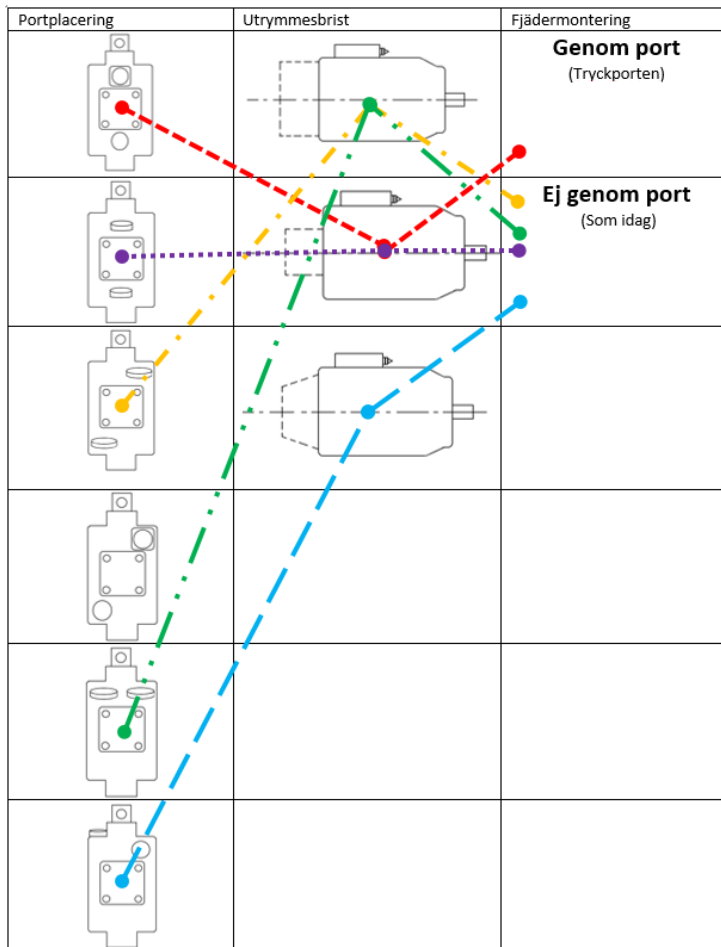
### 6.3.4 Dellösning för överföring av moment vid tandemmontage

Detta delproblem löstes genom sammankoppling av axlar med hjälp av en slags hylsa, vilket har angetts av Parker. Hylsan får ej medföra breddökning eller en alltför stor längdökning.

## 6.4 Morfologisk matris

Med fokus på delproblemen; portplacering, utrymmesbrist och fjädermontering skapades fem nya koncept illustrerade i matrisen med hjälp av färgade streck. Se figur 6.2, där de olika färgerna illustrerar de genererade koncepten.

Röd: Koncept 7  
 Grön: Koncept 8  
 Blå: Koncept 9  
 Gul: Koncept 10  
 Lila: Koncept 11



**Figur 6.2:** Morfologisk maris

Se bilaga D för förstora figur.

## 6.5 Genererade koncept

De genererade koncepten undersöktes och diskuterades tillsammans med Parker. Fokus låg på att undersöka koncepten objektivt utan att lägga vikt i att jämföra koncepten mot varandra. Illustrationer för koncepten skapades enligt mock-up metod, de finns för att illustrera en ungefärlig design. Dessa finns att hitta i Bilaga E.

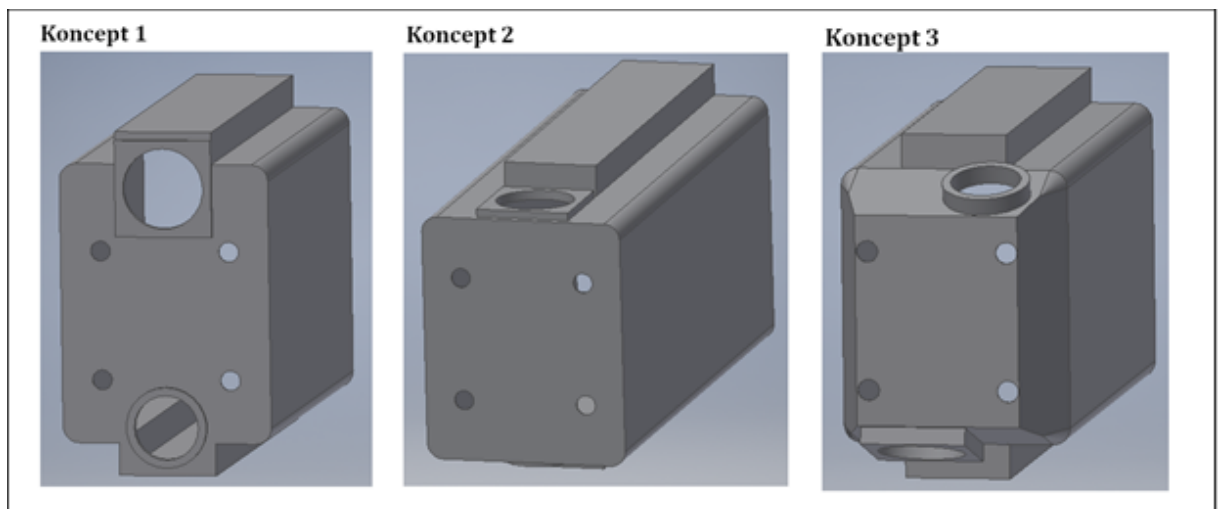
### 6.5.1 Koncept genererade med kreativ metod

De koncept som framtoqs i samband med brainstorming finns att läsa om nedan i form av förklarande text samt illustrativa figurer för varje koncept.

**Koncept 1:** Hela huset förlängdes enligt dellösning 1. Insugsport placerades på centrumlinjen i avseende på breddled, så högt upp som möjligt ovanför utrymmet för fästplatta. Tryckport placerades i linje med insugsport. Tryckport placerades så långt ned som möjligt i avseende på utrymme för fästplatta. För att möjliggöra denna portplacering måste höjden av huset öka jämfört med befintlig pump. Detta då portarna annars kolliderar med fästplatta. Ställfjäders monterings sätt inifrån tryckporten. Detta koncept medför snäva vinklar för slang och sugnippel, detta bör undersökas mer noggrant. Se figur 6.3 för illustration av koncept 1

**Koncept 2:** Husets förlängning skedde enligt dellösning 1. Insugsport och tryckport placerades på centrumlinjen i avseende på breddled. Insugsport placerades ovanpå husets förlängning, tryckport placerades på undersidan av husets förlängning. Portplaceringen medför att huset måste förlängas nog mycket för att portar skall få plats, upp emot 70mm (detta baserat på portarnas storlek). Montering av ställfjäders går ej att lösa med hjälp av de olika dellösningarna. Se figur 6.3 för illustration av koncept 2.

**Koncept 3:** Huset förlängdes enligt dellösning 3. Portarna placerades på den lutande förlängningen, där portarna har ett diagonalt förhållande till varandra. Insugsporten placerades på den övre lutande förlängningen till höger och tryckporten placerades på den under lutande förlängningen till vänster. Genom att placera portarna på lutande förlängning minskar den totala förlängningen av huset. Ställfjäders monterings sätt enligt dellösning där man behåller dagens monterings sätt. Se figur 6.3 för illustration av koncept 3.

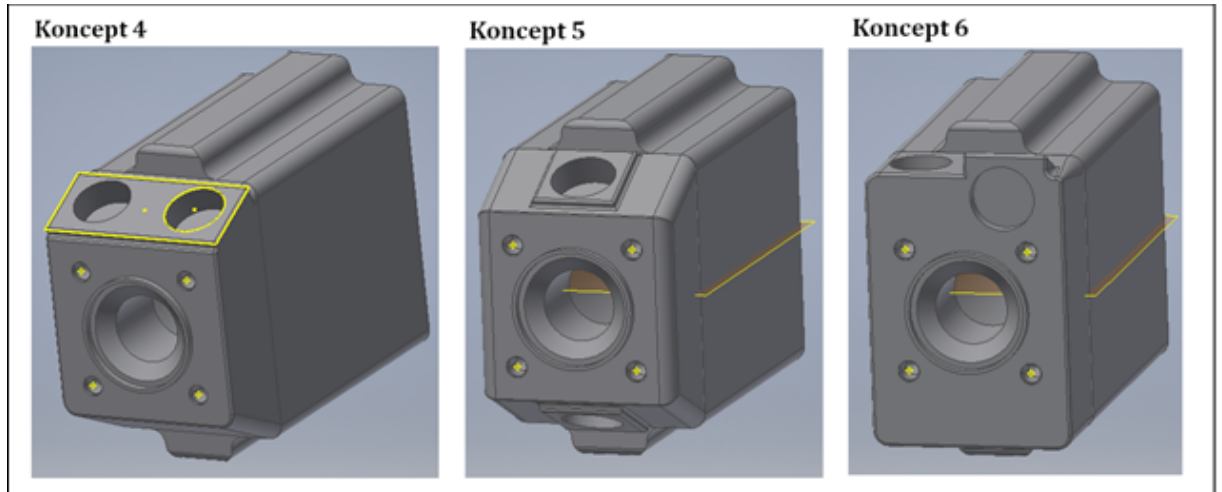


**Figur 6.3:** Koncept 1,2 och 3

**Koncept 4:** Förlängning av hus skedde enligt dellösning 3. Båda portarna placerades på ovsidan av den lutande förlängningen. Portplaceringen på övre lutande förlängning medför att längdökningen kan hållas nere. Ställfjäders monterings sätt enligt dagens monterings sätt. Se figur 6.4 för illustration av koncept 4.

**Koncept 5:** Förlängning av hus skedde enligt dellösning 3. Båda portarna placerades i centrumlinje med avseende på bredd, en på övre lutande förlängning och en på nedre. Portplaceringen på lutande förlängning medför att längdökningen kan hållas nere. Ställfjäders monterings sätt enligt dagens monterings sätt. Se figur 6.4 för illustration av koncept 5.

**Koncept 6:** Förlängning av hus skedde enligt dellösning 1. Portplaceringen var inspirerad av VP1-95, insugsport placerades överst till vänster på den plana ytan på husets baksida. Tryckport placerades ovanpå lutande förlängning till höger. Längdökningen hålls nere genom att placera den mindre tryckporten ovanpå den plana förlängningen. Vilket medförde en förlängning på cirka 60mm. Ställfjäders monteringsmetod. Se figur 6.4 för illustration av koncept 6.



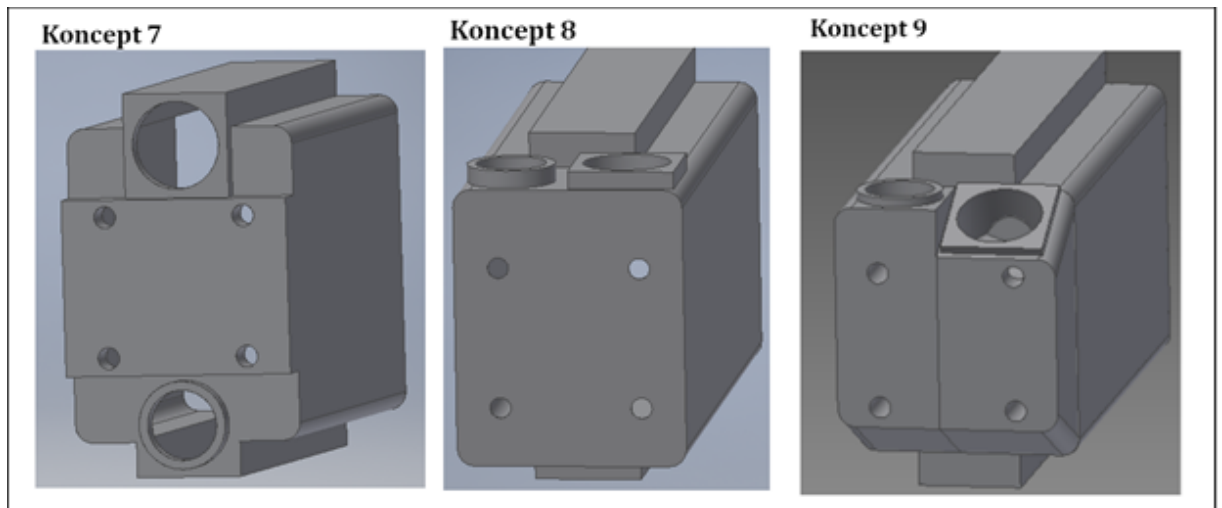
Figur 6.4: Koncept 4,5 och 6

### 6.5.2 Koncept genererade med systematisk metod

**Koncept 7:** Förlängning av hus skedde enligt dellösning 2. Portarna placerades på centrumlinjen i avseende på breddled. Insugsporten placerades så högt upp som möjligt på husets baksida på den delen av huset som ej har blivit förlängt i längdriktning. Tryckporten placerades så långt ner som möjligt på husets baksida på den delen som ej har blivit förlängt. För att möjliggöra denna portplacering krävdes höjddökning av hus. Ställfjäders monteringsmetod. Se figur 6.5 för illustration av koncept 7.

**Koncept 8:** Förlängning av huset skedde enligt dellösning 1. Portarna placerades ovanpå husets plana förlängning, där förlängningen som krävdes är cirka 70mm. Insugsport placerades till höger och tryckport till vänster. Ställfjäders monteringsmetod. Se figur 6.5 för illustration av koncept 8.

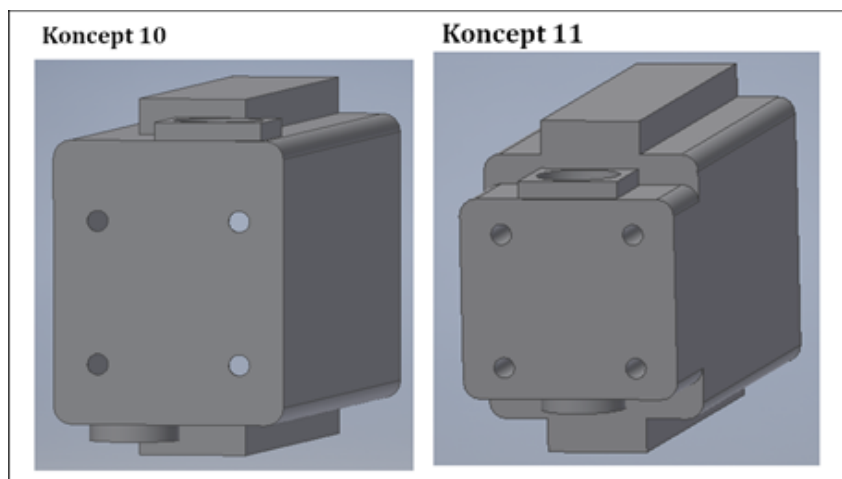
**Koncept 9:** Huset förlängdes mestadels enligt dellösning 3, förutom vid tryckporten där huset förlängdes enligt samma geometrier som befintlig hus har. Detta medför att halva förlängningen var plan och halva var lutande. tryckport placerades ovanpå den plana förlängningen till vänster. Insugsport placerades ovanpå den lutande förlängningens yta till höger. Portarnas placering är inspirerad av Parkers VP1-95. För att möjliggöra denna portplacering krävdes en längdökning på cirka 50mm och viss höjddökning krävdes. Ställfjäders monteringsmetod. Se figur 6.5 för illustration av koncept 9.



**Figur 6.5:** Koncept 7,8 och 9

**Koncept 10:** Huset förlängdes enligt dellösning 1. Insugsport placerades ovanpå förlängningen till höger och tryckport placerades på undersidan till vänster, där portarna har ett diagonalt förhållande till varandra. Längdökning av huset krävdes på cirka 70mm. Ställfjädrarna monteras enligt dellösning där man behåller dagens monteringsätt. Se figur 6.6 för illustration av koncept 10.

**Koncept 11:** Huset förlängdes enligt dellösning 2. Portarna placerades på centrumlinjen i avseende på breddled. Insugsport placerades ovanpå förlängningen och tryckport på undersidan av förlängningen. Ställfjädrarna monteras enligt dagens monteringsmetod. Denna portplacering kan komma att komplicera kanalernas utformning och en risk för att kanalerna blir alltför restriktiva uppstår, detta bör undersökas. Se figur 6.6 för illustration av koncept 11.



**Figur 6.6:** Koncept 10 och 11

# 7

## Utvärdering av koncept

För att avgöra vilka koncept som lämpar sig bäst för att lösa frågeställningen används systematiska metoder. Syftet är att ta bort de koncept som ej uppfyller kraven och därefter avgöra vilka av de kvarstående koncepten som bäst uppfyller syftet och kravspecifikationen och bör vidareutvecklas.

### 7.1 Elimineringssmatris

Koncept 2 elimineras på grund av att det inte uppfyller kravet för montering av ställfjädrar, då det ej går att lösa med någon av dellösningarna för ställfjädrar.

### 7.2 Pughs matris

I matris 1 sattes koncept 1 som referens. De flesta koncepten var bättre än referenskonceptet eller lika bra. Referenskonceptet gick inte vidare i utvecklingsprocessen och inte heller de koncept som rangordnades under referensen. Koncepten som utesluts var: 1, 6, 7 och 11. Se bilaga F.

Resterande koncept sattes in i en ny matris med ett nytt referenskoncept, koncept 3. Härifrån ansågs fyra koncept vara bättre än resterande, dessa var koncept; 3,4,5 och 9. Se bilaga F för Pughs matris 2.

### 7.3 Utvärdering av kvarstående koncept

För att kunna gå vidare och utföra ett slutgiltigt konceptval, så undersöktes de kvarstående koncepten mer noggrant och vidareutvecklades. Att utföra vidareutvecklingen och undersökning av fyra koncept till en så pass hög grad att man avgöra vilken koncept som är överlägset de andra skulle vara mycket tidskrävande och det fanns en risk att det medför att viktiga aspekter ej hinner undersökas senare i projektet.

Problematiken med tidsbrist löstes genom att slå ihop de fyra kvarvarande koncepten till två koncept. Detta med motiveringen att det gick att dela in koncepten i två par, där det inom varje par fanns stora likheter mellan koncepten.

Det ena paret bestod av koncept 3 och 5. Båda har en kilformad förlängning med en port på ovansidan och en port på undersidan. Skillnaden var att koncept 3 har sina portar skjutna åt sidan, diagonalt motsatta, medan koncept 5 har portarna mitt ovan och mitt under axelutgången.

Det andra paret, koncept 4 och 9, var lika på så sätt att de har båda portarna placerade ovanför axelutgången bredvid varandra. Skillnaden var att koncept 4 har samma lutning på båda portarna, det har inte koncept 9.

Konceptparen tilldelas de nya namnen koncept A och B, där koncept A består av koncept 3 och 5 och koncept B består av koncept 4 och 9. Dessa undersöktes och vidareutvecklades sedan i kapitel 8.

# 8

## Framtagning av hylsa

Kapitlet redovisar de koncept av hylsan som framtoogs samt utvärdering av dessa.

### 8.1 Konceptgenerering för hylsa

Fyra koncept för hylsa genererades. Dessa var:

**Koncept H1:** Denna hylsa har ett konformat utseende med mjuka övergångar. Hylsan har olika radie anpassade för utgång och ingång av axel. Hylsan har en rörliknande utformning med splines på ytan inuti hylsan för att kunna överföra moment. Hylsan har en mellanvägg för de olika diametrarna. Mellanvägen kan medföra viss längdökning.

**Koncept H2:** Konceptet för denna hylsa är konformad och har mjuka övergångar. Hylsan har en rörliknande utformning med splines på ytan inuti hylsan. Hylsan har ingen mellanvägg.

**Koncept H3:** Hylsan har rörliknande utformning med splines på ytan inuti huset för att kunna överföra moment. Hylsan har övergångar med radie vid de olika diametrarna. Radierna är anpassade för utaxel och inaxel. Vid radieövergången har en mellanvägg skapats. Mellanvägen kan medföra viss längdökning.

**Koncept H4:** Konceptet för hylsan har en rör liknande utformning med splines skapade på ytan inuti huset, detta för att överför moment. Övergångar med radie är skapade vid diameter förändring. Radierna är anpassade för inaxel och utaxel. Detta koncept har ingen mellanvägg.

### 8.2 Undersökning av koncept för hylsa

De fyra genererade koncepten var snarlika varandra. De skapades med samma längd och samma radier för ingående- och utgående axel. Det konstaterades att alla fyra koncept uppfyllde de kontrollerbara kraven.

Konceptens radier var identiska och deras största diameter på 43mm var mycket mindre än kravet på maximalt radie på 80mm. Godstjockleken sattes till 4mm för alla fyra koncept.



### 8.2.1 Undersökning av frågeställningar för hylsa

#### Mellanvägg eller ej

Förlängningen för hylsa med mellanvägg kan komma att bli något längre än för hylsa utan mellanvägg.

Vid undersökning av tillverkning av hylsor framkom det att en hylsa med mellanvägg är svårare att bearbeta, vilket leder till högre tillverkningskostnad och längre tillverkningstid.

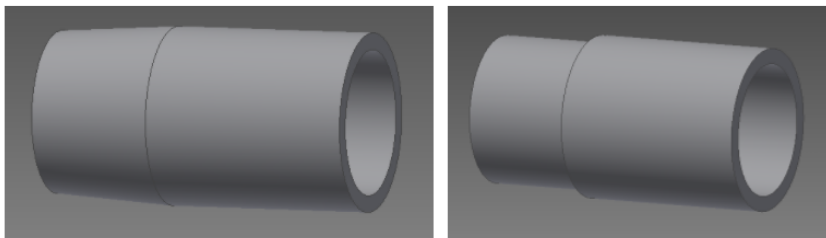
#### Konformad eller vinkelräta övergångar

Hylsan form kan ha betydande roll om utrymmesbrist uppstår, detta gör att konformad eller vinkelräta övergångar kan vara fördelaktigt vid beroende på utrymmet i huset.

## 8.3 Konceptval hylsa

Koncept H1 och H3 tas ej med i vidareutveckling av hylsa, detta på grund av deras mellanvägg medför längdökning samt medför svårigheter vid tillverkning.

Koncept H2 och H4 går valdes som lösningsförslag. För illustration se figur 8.1



**Figur 8.1:** Valda koncept för hylsa; till vänster koncept H2, till höger koncept H4

# 9

## Vidareutveckling av kvarstående koncept för pump

I detta kapitel beskrivs resultat från vidareutveckling av de kvarstående koncepten för pump, koncept A och B. För- och nackdelar med de två olika koncepten dokumenterades.

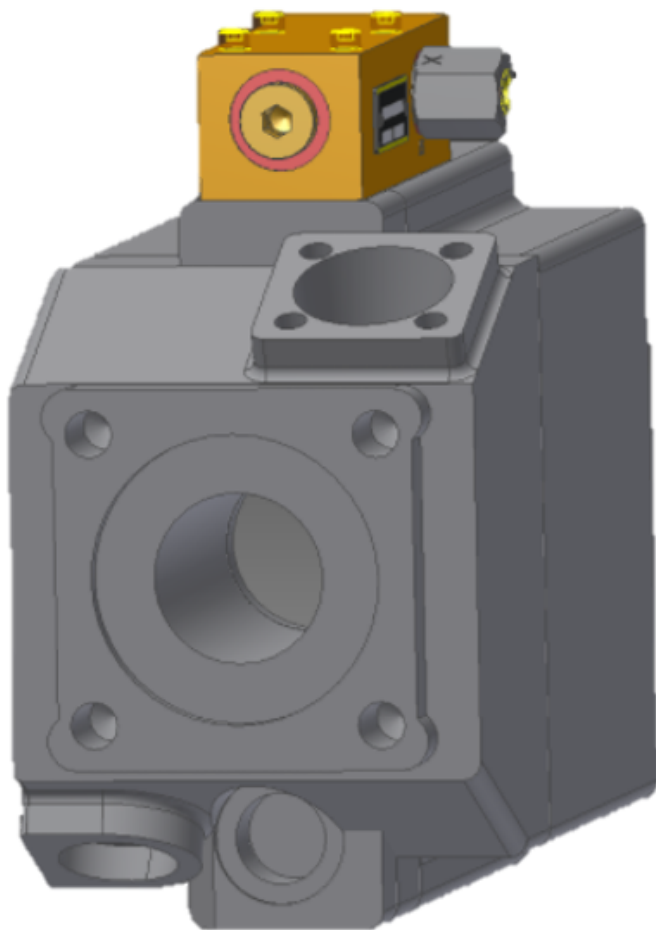
### 9.1 Koncept A

Det gick att konstatera att koncept 5 medförde en höjdhöjning på minst 43 mm när montering av ställfjäder skall ske enligt befintlig metod. Koncept 5 skapades med portplacering på centrumlinjen i avseende på breddled. Med insugsport placerad på den övre lutande förlängningen och tryckporten placerad på den nedre. Höjdhöjningen beror av att man måste förflytta startpunkten för den nedre förlängningen uppåt för att hål för ställfjäder skall rymmas under denna. Denna höjdhöjning bidrar till mycket stor förändring av husets utformning och riskerar även att medföra förändring av insidan pumpen. Kanalernas längd ökar jämfört med diagonal placering av portar. Förlängning av den totala längden är samma som vid diagonal portplacering.

Vid konceptval skapades koncept A med diagonal portplacering, enligt koncept 3. Detta på grund av den påtagliga höjdhöjningen som portplacering i centrumlinjen, enligt koncept 5, medförde. Höjdhöjningen innebär alltför stora förändringar för både hus och insida pump för att användas som alternativ vid slutgiltigt konceptval. Se figur 9.1 för illustration av koncept A.

Solidmodell skapades för koncept A, nu bestående av koncept 3 med portarna placerade i diagonal led med insugsport på den övre förlängningen till höger och tryckport på den nedre till vänster. Vid denna modeller krävdes en förlängning av huset på 60 mm för att rymma portarna. Den totala längden ökade med ytterligare 12 mm på grund av fästplattan. Detta medför troligen ingen ytterligare förlängning av huset då huset måste förlängas med 60-90mm på grund av hylsa.

Vid denna portplacering medgavs montering av ställfjäder utan höjdförändring, vilket var önskvärt. Kravet på att behålla bredden uppfylldes. Kanalerna skapades med få krökar och med relativt kort längd. Slangarna kommer ha gott om utrymme vid tandemmontage då de ej är i vägen för varandra. Tillverkningsbarheten verkar vara god, då koncept A ej innehåller alltför komplexa geometrier och kanalerna är enkla med få krökningar.



**Figur 9.1:** Koncept A illustrerat med baksidan av huset i fokus

## 9.2 Koncept B

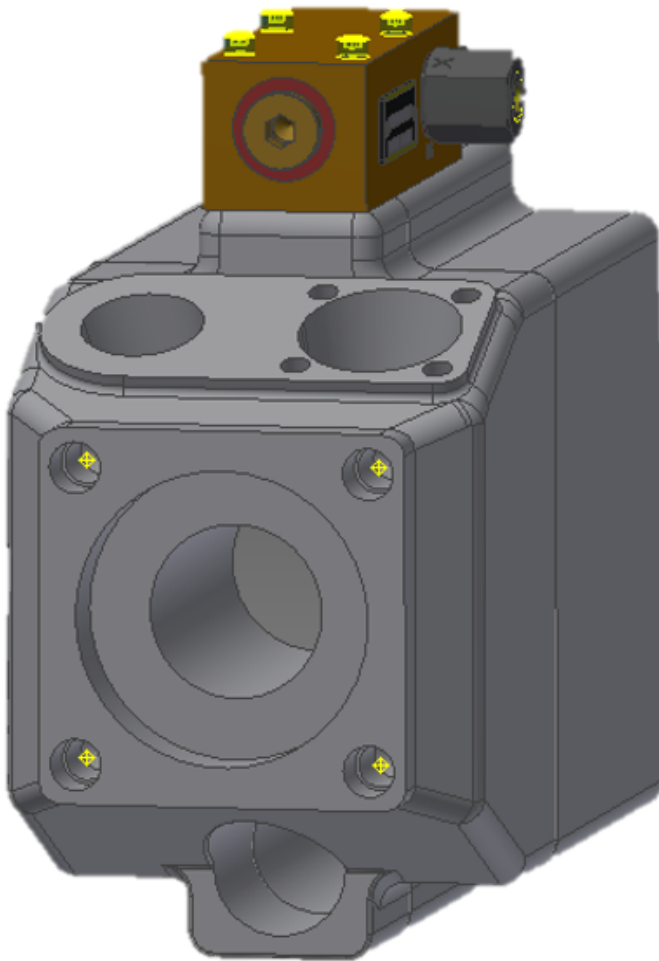
Vid en jämförelse av koncept 4 och 9 gick det att konstatera att inga uppenbara fördelar fanns med koncept 9 och dess olika lutningarna på portarna. Koncept 9 är mer komplicerad att tillverka då två plan måste bearbetas, i stället för ett som i koncept 4. Den ovinklade tryckporten i koncept 9 medför en längre kanal inne i huset, vilket är oönskat. Koncept 9 medför att tryckslangen sticker rakt ut ifrån den plana förlängningen av huset, vilket kan försvåra slangdragning. Slangarna i Koncept 4 har bättre vinkel och risken för att de är i vägen vid montering är mindre.

På grund av dessa nackdelar i koncept 9 jämfört med koncept 4 skedde vidareutvecklingen enligt koncept 4. Koncept B skapades med båda portarna i samma plan bredvid varandra. Se figur 9.2 för illustration av koncept B.

Utrymmet vid portarna undersöktes för att säkerställa att sugnippel och slangar fick plats med portarna så nära varandra. Vid undersökning av pumphotor av bent-axis-typ tillverkade av Parker, framkom att liknande portplacering har används tidigare. Pumpen som använder sig av denna portplacering heter F1-81. Den har liknande portar och bredden för dessa pumpar är 12 mm mindre än befintlig VP1-130[1]. Detta styrker att

portplacering med insugsport och tryckport bredvid varandra bör fungera för VP1-130. Portarna flyttades bakåt tillsammans med resten av baksidan. Detta för att ge utrymme för den på huset ovanliggande regulatort som annars hade varit i vägen för portarna. Total förlängning av huset är 62 mm.

I detta koncept placerades ingen port i nederkant av pumpen, vilket gör att man kan behålla hålet för ställfjäder på befintlig position. Den enda åtgärden som utfördes var ett förlängt hål för att möjliggöra montering av ställfjäder. Det förlängda hålet skapades i det nedre vinklade planet.



**Figur 9.2:** Koncept B illustrerat med baksidan av huset i fokus

# 10

## Konceptval

Kapitlet presenterar vilket koncept som valdes av A och B för närmare detaljutformning, tillsammans med motivering varför.

### 10.1 Utvärderingsmöte

Under utvärderingsmötet angav Parker att de föredrog koncept B, detta på grund av bland annat dessa faktorer:

Utrymmesmässigt kan det vara en fördel att ha portarna på samma sida, med avseende på sugnipplar med utstickande slangar. Genom att placera portarna på samma sida hölls tre sidor fria vilket var önskvärt om möjligt. Parker föredrog koncept B estetiskt, det var även lämpligare vid olika stötningsalternativ. Det finns gott om utrymme för att skapa hål för stöttning vid tandemmontage, då det finns tre fria sidor. Ur strömningsaspekt ansågs de båda koncepten ha goda förutsättningar. Sugporten placering hos de två koncepten var likvärdiga. Tryckportens läge hade i båda fallen ingen större inverkan på strömningen.

Parker angav att de hade en önskan att vidareutveckling skulle ske med koncept B, förutsatt att konceptet klarar av de krafter som uppstår ur deformation- och hållfasthets-synpunkt.

#### **Övriga kommentarer och slutsatser från mötet:**

Oro uttrycktes över hur koncept B påverkas av maxlast, detta ur deformation- och hållfasthets-synpunkt. Portarna och dess kanaler har en relativt liten mängd material jämfört med sidan med ställfjäders, vilket kan medföra deformationer. Vid för stor deformation eller för stor spänningskoncentration vid portarna för koncept B ansågs koncept A fungera väl i avseende på att uppnå frågeställningen, att möjliggöra tandemmontage. Både koncept A och B ansågs vara goda lösningsförslag, men koncept B ansågs ha fler fördelar jämfört med koncept A.

## 10.2 Slutgiltigt konceptval

Med hänsyn till de kommentarer som Parker gav under utvärderingmötet samt vidareutveckling av koncept A och B, så valdes koncept B som slutgiltigt koncept. I detta skede gick ej att avgöra huruvida koncept B var tillräckligt vridstyvt. För att säkerställa att koncept B håller ur hållfasthetsaspekt krävdes en mer genomgående undersökning. Med detta i åtanke vidareutvecklades koncept B i syfte att skapa ett slutgiltigt lösningsförslag. Vid fallet att koncept B inte fungerar ur hållfasthetsaspekt så kommer koncept A att övervägas igen.

# 11

## Vidareutveckling av pumphus och hylsa

I detta kapitel dokumenterades resultat för dimensioner vid vidareutveckling av soldimodeller för pumphus och de två hylsorna. Vid denna vidareutveckling lades fokus främst på detaljutformning.

### 11.1 Solidmodell pumphus

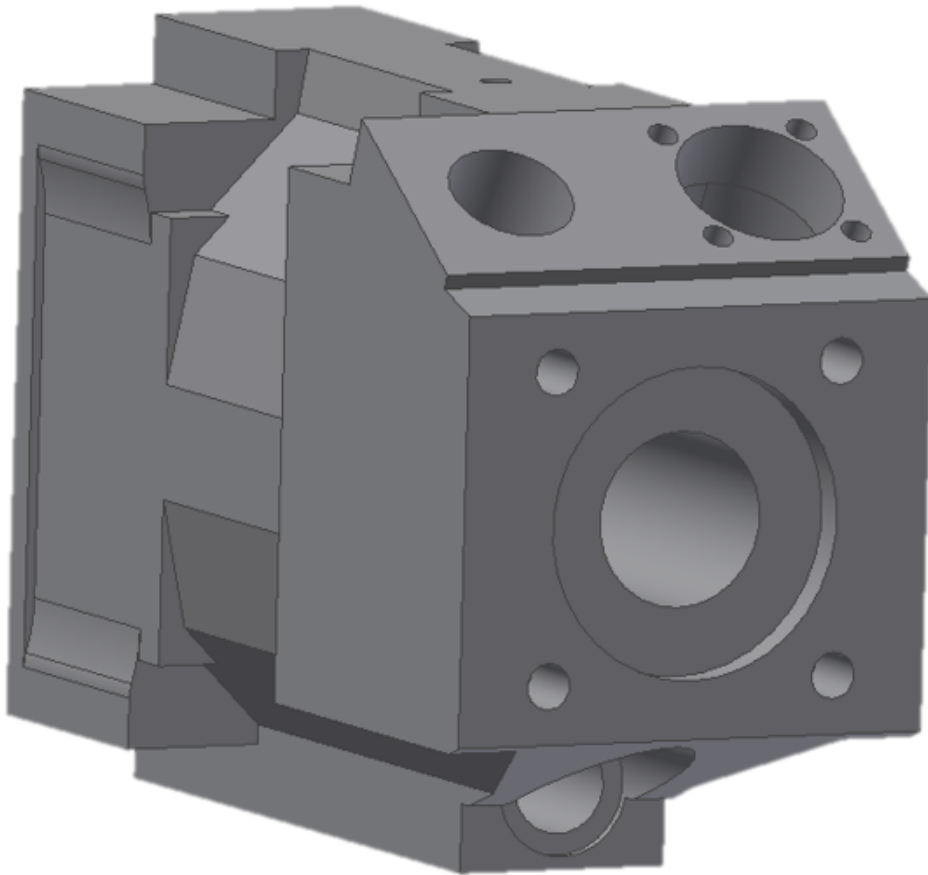
Den totala förlängningen av pumphuset är 58,5 mm, vilket resulterar i en total längd på 336 mm, med inaxel exkluderad. Vad som avgjorde förlängningen av huset var portarna och dess kanaler samt hylsan som skulle få plats i huset. Den total längden vid tandemontage med en VP1-130 som befintlig pump, vid inaxel exkluderad, var 613,5 mm.

Bredd för pump var 130mm vilket uppfyllde kravet. Höjd med regulator inkluderad var 239 mm, vilket överträffar målet att inte medföra höjdoökning. Där den skapade solidmodellen hade en höjd som var 4,5mm kortare än målet. Detta är ett positivt resultat då detta kan medföra mindre total vikt samt det ansågs positivt att ha så små yttre dimensioner som möjligt

Vikten för sammansatt pump beräknades ej, då vikt för de inre komponenterna i pumpen var okända då ingen noggrann viktberäkning genomfördes för dessa. Pumpen förväntas öka i vikt på grund av förlängningen av pumphuset.

Den framtagna pumpen antas klara av samma temperaturområde och fuktighet som befintlig pump då modellen är skapad av samma material och vägg tjocklek.

Hål för nedre ställfjäder anpassades för att tillåta montering som i dagsläget. Se figur 11.1 för översiktligt illustration av solidmodell. Utförligare figurer finnes i Bilaga G.



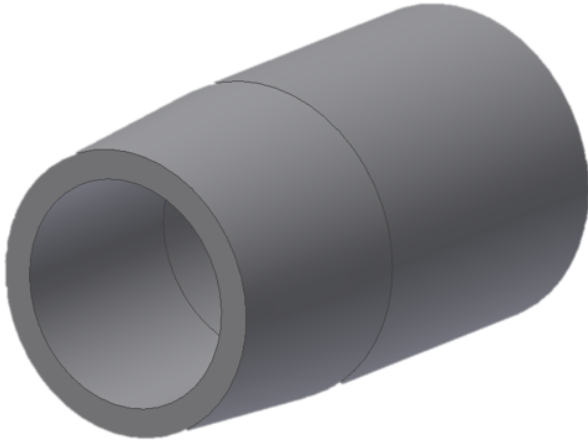
**Figur 11.1:** Solidmodell sedd bakifrån. Utgång för genomgående axel i mitten, sug- och tryckporten i ovankant och hål för ställfjäder i underkant.

## 11.2 Solidmodell hylsa

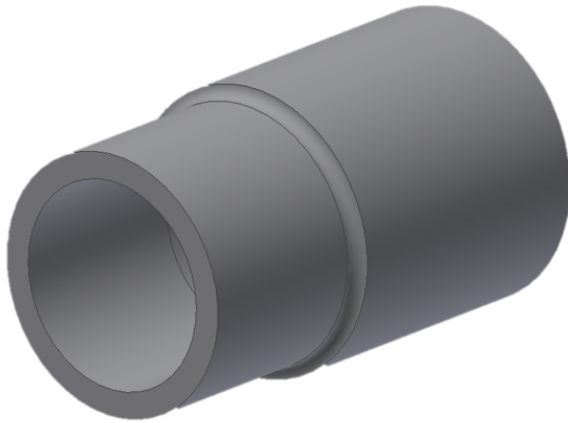
Två solidmodeller framtoqs utan mellanväggar. Dessa baserades på dimensioner från befintlig axel samt mått för omkonstuerad axel, detta angivet av Parker. Förlängning av axel för utaxeldel förväntas addera 34 mm i längd och ha diameter på 31 mm innan splines skapas. Vid utaxel kommer splines att skapas utåt, vilket innebär att diameter för axel med splines kommer vara större än 31mm.

De två lösningskoncepten för hylsa har samma mått och dimensioner för längd, vägg-tjocklek och diameter. Det som skiljer de åt är att den ena lösningsförslaget är konformat och det andra har radieövergångar. För illustration av lösningsförslagen se figur 11.2 för konformad hylsa och figur 11.3 för hylsa med radieövergångar.



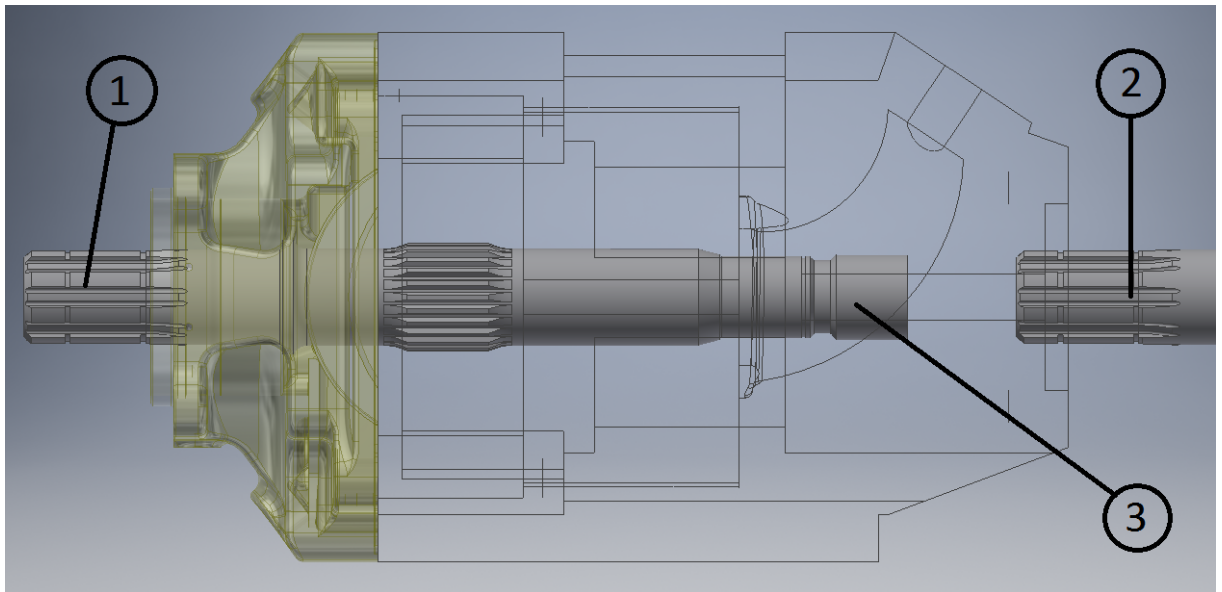


**Figur 11.2:** Lösningförslag för hylsa som är konformad



**Figur 11.3:** Lösningförslag för hylsa med radieövergångar

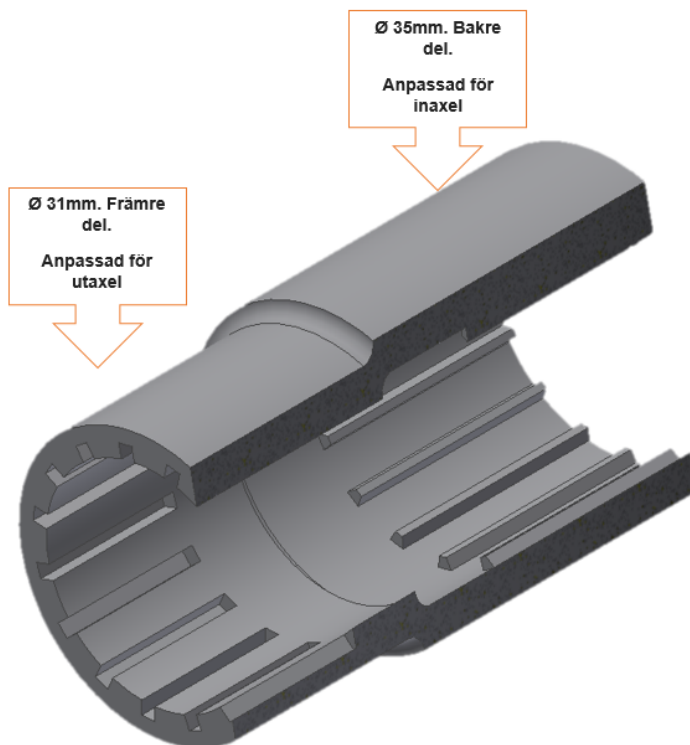
Godstjocklek på hylsa sattes till 4mm. Den främre ändan av hylsan kommer monteras på utaxeln på pump 1 kommer ha längden 30 mm och innerdiameter på 31 mm. Efter denna längd kommer den bakre delen av hylsan, denna är anpassad för inaxel för pump 2. Denna har längden 44 mm och innerdiameter på 35 mm. Den totala längden för hylsan är 74 mm, där krav för maximal längd var 90 mm. Krav på yttre diameter mindre är 80 mm uppfylldes med råge, där den största yttre diametern för lösningförslaget var 39mm. Hylsan skall rymmas inuti huset för VP1-130 anpassad för genomgående axel. Hylsan skall vara förmonterad på utaxel och det skall gå att byta ut den. Hylsorna är anpassade för montering av olika pumpar från Parker. För förklarade illustration se figur 11.4.



**Figur 11.4:** Illustration av in- och utaxel vid tandemmontage. 1: Inaxel till pump A, kopplas till kraftuttaget. 2: Inaxel till pump B, kopplas till pump A. 3: Utaxel från pump A, kopplas till pump B. Mellan 2 och 3 sätts hylsan, kopplar då ihop pump A och B.

### Splines:

På ytan inuti hylsan lades splines enligt befintlig axel. Vid hylsans främre del, som är anpassad för utaxel, kommer material tas bort för att skapa splines. På hylsans bakre del, anpassad för inaxel, kommer man addera material för att skapa splines. Hylsans splines skapas som invers till axelns splines. Se figur 11.5 som är en illustration för vilket sätt splines skapas i hylsa, observera att denna figur endast är till som förklarande illustration.



**Figur 11.5:** Illustration av främre och bakre del av hylsa samt splines i hylsa

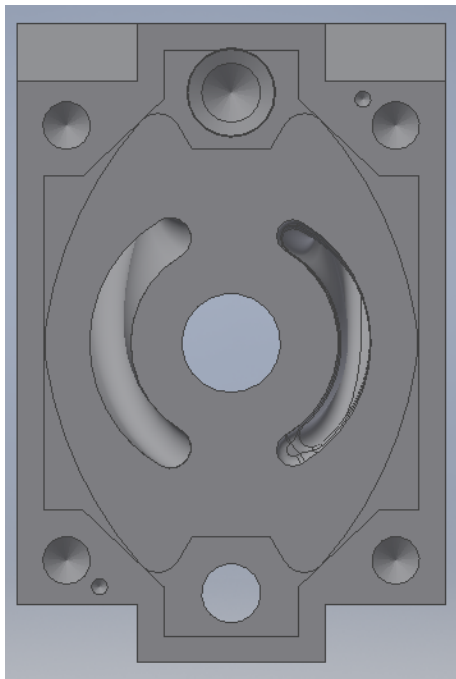
# 12

## Analys och utvärdering av pump

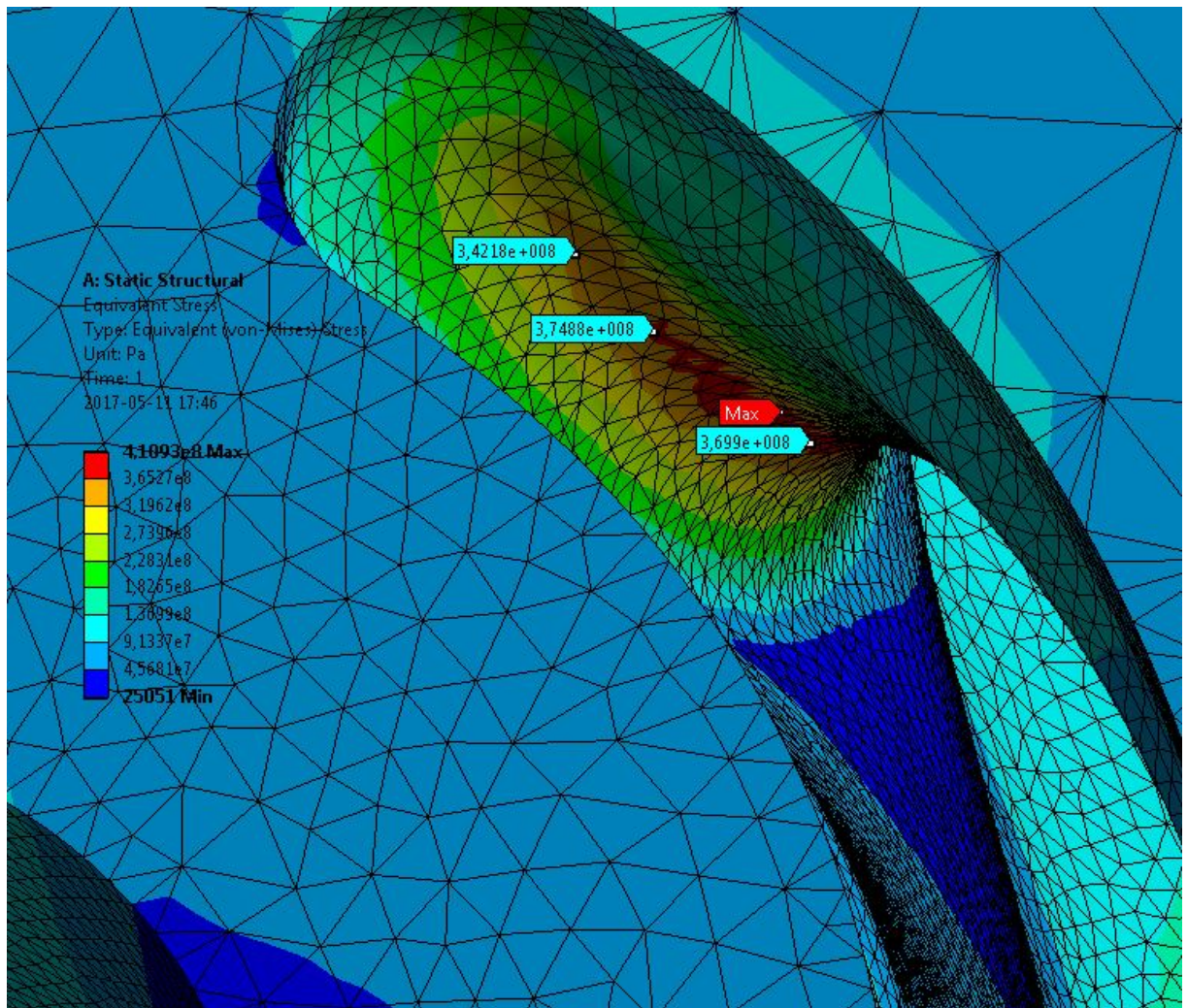
Analys av pump genomfördes för att säkerställa att pumpen var tillräckligt väldimensionerad för att klara av de krafter pumpen utsätts för vid drift, detta ur hållfasthetsaspekt. I detta kapitel dokumenteras de beräknade resultaten. Även kanalernas strömningsförmåga analyserades här.

### 12.1 Hållfasthetsanalys; Vridning och tryck

De största effektivspänningarna, enligt Von Mises ekvation, uppstod i kanalen nära hålbild vid ventilskiva. Hålbild för ventilskiva illustreras i figur 12.1. Ett maxvärde på 411 MPa uppmättes i kanalen i så kallade tak. Runt omkring punkten för maxvärde verkar stora spänningar med värden varierande mellan 340-375 MPa. Det maximala värdet är oroväckande högt och medför troligen plasticering då segjärnets sträckgräns uppskattas till 320 MPa. För illustration se figur 12.2. Effektivspänningarna för övriga delar av pumphuset hade goda värden mellan 45-150 MPa, med de högre värdena på utsidan huset vid tryckkanal, och i hål för utaxel.

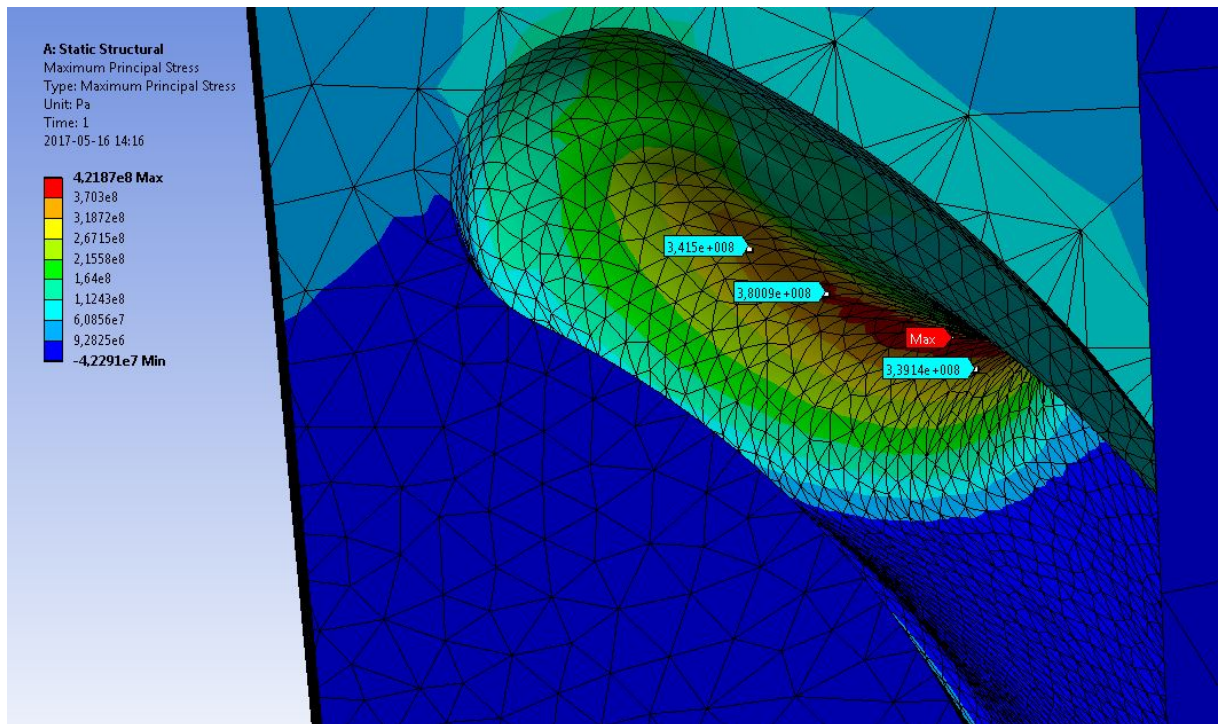


**Figur 12.1:** Hålbild för ventilskiva i pumpen illustreras. Till vänster; hålbild som möter insugskanal. Till höger; hålbild som möter tryckkanal.



**Figur 12.2:** Vy inifrån pump där maximalt värde för effektivspänning uppstår och värden i området runt omkring illustreras

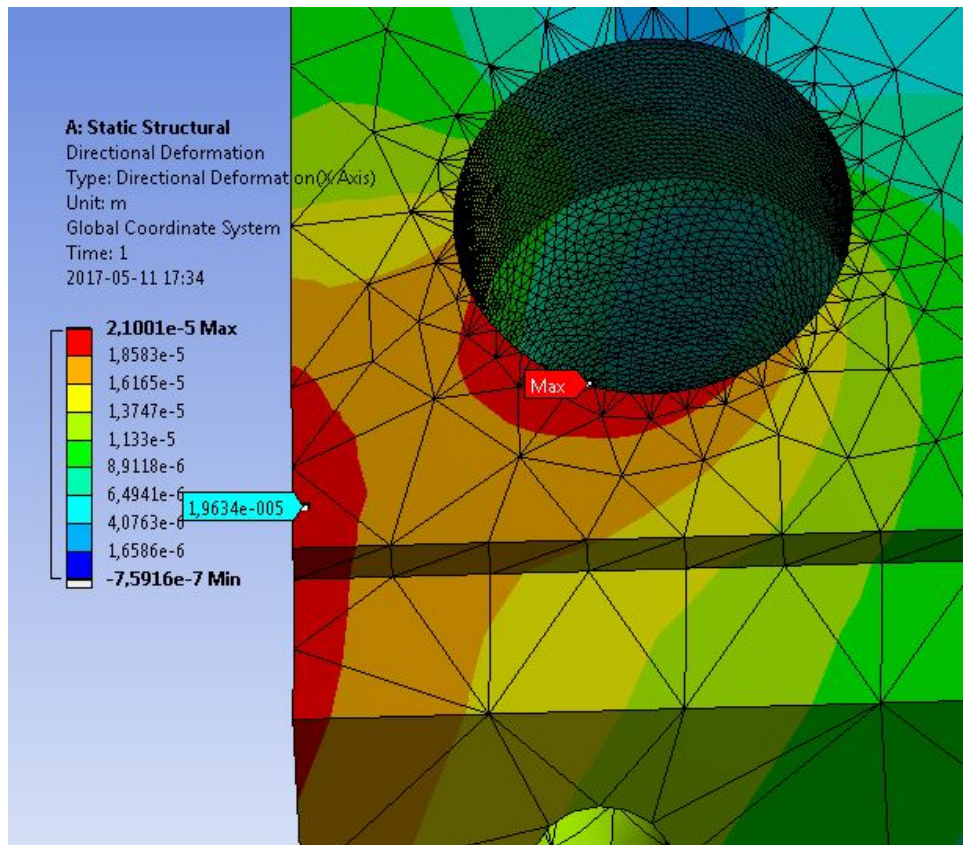
Huvudspänningarna (Maximum principal stress) hade ett maxvärde på 422 MPa (dragspänning) som uppstod på samma ställe som effektivspänningarna, i kanalen nära hålbild för ventilskiva i det så kallade taket av kanalen. Även här uppstod stora spänningar runt omkring maxvärdet med värden varierande mellan 334-380MPa. För illustration av detta område se figur 12.3. Detta medför troligen plasticering då segjärnets sträckgräns uppskattas till 320 MPa. Maximala dragspänningen låg på 42 MPa och uppkom i kanalen för tryckport vid ytan för utaxel, vilket var ett lågt värde. För övriga delar av pumphuset beräknades huvudspänningen (drag) till värden mellan 4-121 MPa, vilka är goda värden.



**Figur 12.3:** Vy inifrån pump där maximalt värde för huvudspänning uppstår och värden i området runt omkring illustreras

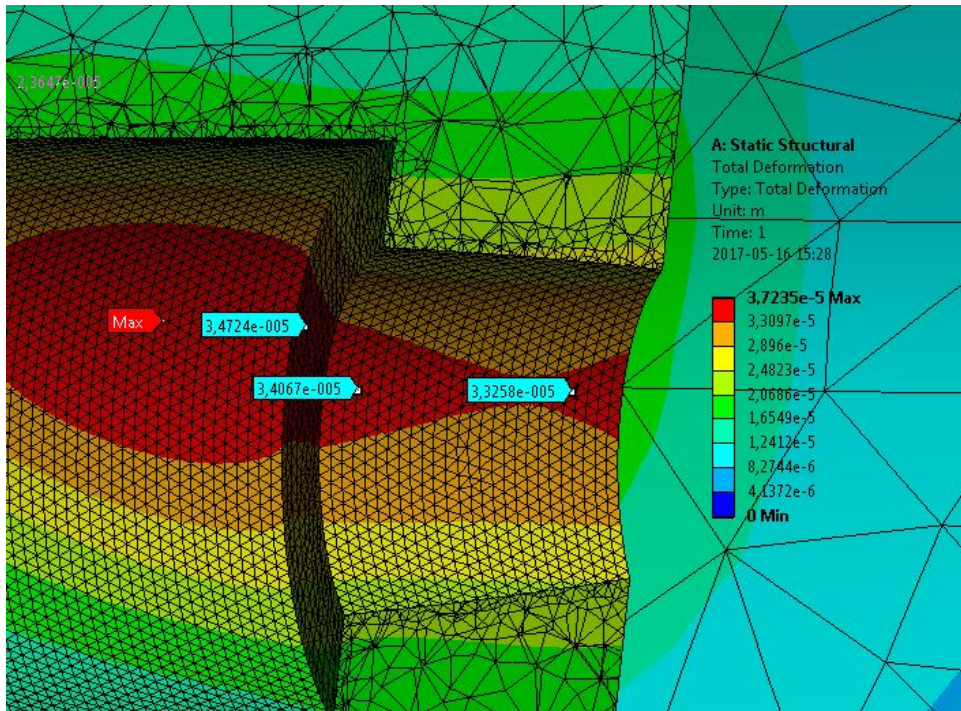
Vid ytan mellan portarna uppkom huvudspänningar på cirka 25-68 MPa och effektivspänning på cirka 20 MPa. Detta är små spänningar som inte ger någon indikation att de skulle vara olämpligt att ha portarna placerade på detta vis, se bilaga H för illustration.

Vid undersökning av deformation användes total deformation och directional deformation. Vid directional deformation uppstod det maximala värdet precis på kanten av tryckporten och hade värdet  $21 \mu\text{m}$ . En deformation med likande värde uppstod vid kanten nedanför porten och har värdet  $20 \mu\text{m}$ , se figur 12.4 för illustration. Deformation vid lagersäte uppmättes till cirka  $7,9$ -  $9,6 \mu\text{m}$ , vilket ligger under värdet för lagerspelet och innebär att det inte riskerar att klämma axeln.



**Figur 12.4:** Maximal directional deformation och deformation på kant nedanför tryckport illustreras

Vid total deformation uppstod ungefär samma maximala värde på kanten för tryckporten,  $22 \mu\text{m}$  uppmättes. Liknande deformation uppstod i kanten på utsidan hus vid tryckport, som beräknades till  $18 \mu\text{m}$ , som vid directional deformation. Maximal deformation uppstod vid utaxel bakom lager och uppmättes till  $37 \mu\text{m}$  och vid lager var värdet cirka  $32\text{--}34 \mu\text{m}$ . Detta ligger inom spelet som är angett till  $20\text{--}45 \mu\text{m}$ , vilket tyder på att utaxel ej borde bli hämmad. Se figur 12.5 för illustration.



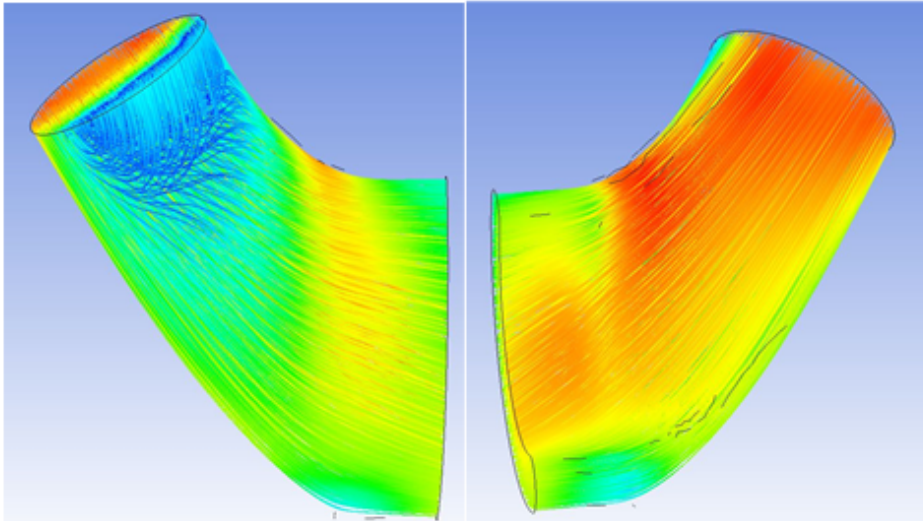
**Figur 12.5:** Maximal total deformation och deformation vid lagersäte illustreras

Se bilaga H för fler figurer med resultat från FEM-analys med avseende på hållfasthetsanalys; vridning och tryck.

## 12.2 Strömningsanalys; Tyckfall och självsugningsvarvtal

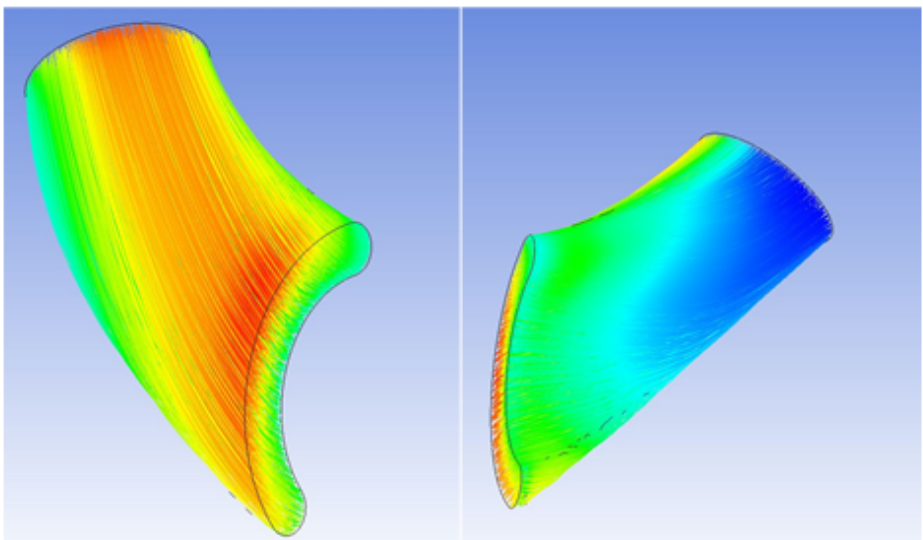
De olika färgerna i figurerna motsvarar olika flödes hastighet, där rött innebär en högre hastighet och blått en lägre. Värdena för de olika färgerna utelämnas då dessa ej motsvarar test av verklig pump. Jämna övergångar mellan färgerna var att föredra, då detta tyder på få förändringar av födes hastighet i kanalen. Vilket var önskvärt.

Kanalgeometri 1 medförde störningar i flödet. Dessa störningar förekom främst i den övre och undre delen vid området för övergången mellan förlängning och kanal. Detta berodde troligtvis på de tvära övergångarna i detta område. Se figur 12.6.



**Figur 12.6:** Flöde i kanalgeometri 1, illustrerade i olika vyer

För geometri 2 uppkom ej stora förändringar av flödet och färgövergångarna var jämna. Se figur 12.7 för illustration av geometri 2.



**Figur 12.7:** Flöde i kanalgeometri 2, illustrerade i olika vyer

Analysen visade att kanalgeometri 1 var sämre än geometri 2 ur flödessynpunkt. Geometri 1 och dess skarpa övergång bidrog till störningar av flödet som kan medföra tryckfall. Geometri 2 innehöll inga skarpa övergångar och inga större störningar av flödet uppkom. Då detta var en förenklad simulering av flöde i insugskanalen bidrog det till osäkerhet om hur nära verkligheten denna analysen var. Simuleringen påvisade vikten av att utforma kanaler utan skarpa övergångar och kanter.

Vid utformning av kanaler i solidmodell användes geometri 2.



# 13

## Diskussion och Rekommendationer

Kapitel diskuterar och utvärderar resultaten av projektet och rekommendationer ges för vidareutveckling av hydraulpump och hylsa. Utvärdering av projektet genomfördes genom att kravspecifikationen jämfördes med resultaten från lösningsförslagen. Lösningsförslagen för pump och hylsa är ej fullständiga. I detta projekt kan ej undersökas huruvida alla krav blivit uppfyllda eller ej. Pump och hylsa kommer att vidareutvecklas av Parker till fullständiga lösningskoncept, vilket gör att de i senare skede finns data och resultat för att kontrollera resterande krav. Analys av hur väl syftet och frågeställningarna i projektet uppnåddes genomfördes. Detta utfördes genom att undersöka utifrån frågeställningen, i kapitel 1, om man uppnått målen samt svarat på frågorna.

### 13.1 Utvärdering av pump

Den totala längden vid tandemmontage med en VP1-130 enligt befintlig pump, med inaxel exkluderad, är 613,5 mm. Vilket överskrider det uppsatta kravet med maxiamal längd på 593,5 mm vid tandemkoppling. Värdet för kravet baserades på konkurrenters längd vid tandemkoppling, med önskemålet att matcha den och helst underskrida den. Övriga dimensionkrav på husets yttre dimensioner uppnåddes för pumphuset.

Vid simulering med Ansys påvisades höga spänningar för konstruktionen i området kring tryckkanalen, med värden uppmätta till 422 MPa i form av drag för huvudspänning. Där segjärnets sträckgräns uppskattas till 320 MPa och brottgräns till 510 MPa. Huset verkade vara väl dimensionerat för att klara av det pålagda vridmomentet. Kanalernas utformning verkade ej vara optimala för det pålagda trycket.

Deformationen som uppstod vid lagersätet vid simulering av förenklad modell var mellan 7,9-9,6  $\mu\text{m}$  vid total deformation och mellan 32-34  $\mu\text{m}$  vid total directional deformation. Dessa deformationer ligger inom de angiva spelet, som är angett till 20-45  $\mu\text{m}$ , för det lager som skall monteras. Detta bör ej medföra risk för hämmande av utaxel.

Vid FEM-analys undersöktes hur portarnas placering bredvid varandra påverkades av de applicerade krafterna. Detta för att undersöka om denna portplacering var möjlig. Vid kontroll av huvudspänningar uppmättes värden mellan 25-62 MPa och vid effektivspänning cirka 20 MPa. Viss deformation uppstod på kanten för tryckporten, med värden på cirka 21  $\mu\text{m}$  för direcional deformation. Dessa deformationer uppstår troligen på grund av kombinationen av det höga trycket i tryckporten och det pålagda vridmomentet i fästplattorna. Värdena för spänningskoncentration och deformation anses låga och tyder ej på att portplaceringen skulle vara olämplig.

De förenklade flödesanalyserna utfördes på insugskanalen för två geometrier, där en geometri valdes att användas vid solidmodellering av pump. Flödet i insugskanalen verkade vid analysen vara god, även om en fullständig analys är nödvändig för att kunna säkerställa att självsugningsförmågan når kraven.

Vid vidareutveckling av koncept A och B i kapitel 8 framkom det att husets förlängning berodde av antingen portplacering eller hylsa. Innan denna insikt antogs husets förlängning bero av portarnas placering på pumphuset. Detta medförde att de genererade koncepten utgick från portplacering som längdbestämmande faktor. Undersökning av förlängningen på grund av portplacering och hylsa genomfördes för att bestämma den längdbestämmande faktorn. Det framkom att hylsa och portar uppskattningsvis kräver lika lång förlängning. Slutsatsen att lösningsförslaget förlängning av pumphus är väl skapat drogs.

## 13.2 Utvärdering av hylsa

Hylsan uppfyller dimensionskraven samt krav att den skall få plats i huset. Lösningsförslagets längd uppnådde 74mm, där längden har blivit något överdimensionerad för att skapa säkerhetsmarginal.

## 13.3 Utvärdering av precisering av frågeställning

Vid projektet start definierades vad som skulle genomföras under projektet i form av precisering av frågeställning. Dessa punkter anses ha blivit uppfyllda under projektet:

- Kravspecifikation sammanställdes för hydraulpump och hylsa.
- Lösningsförslag för hydraulpump medger plats för utgående axel.
- 11 koncept för hydraulpump framtoogs.
- Konceptval av 2 koncept genomfördes för hydraulpump
- Vidareutveckling av de 2 valda koncepten för hydraulpump genomfördes.
- Solidmodell för ett lösningsförslag skapades, där utseende och konstruktion illustrerades.
- Två lösningsförslag för hylsa skapades.

Punkterna att undersöka tryckfall i portarna och att undersöka kraftuttaget maxvikt löstes ej fullständigt.

För punkten maxvikt på kraftuttag undersöktes istället krav på stöttning vid olika hydraulpumpar. För en pump som överskrider 18 kg krävs stöttning. Befintlig VP1-130 väger 27kg och lösningsförslaget förväntades väga något mer än detta. Vid användandet av lösningsförslaget krävs stöttning av pumparna och då antogs att kraftuttaget skulle klara av vikten för pumparna. Detta bör undersökas ytterligare vid vidareutveckling.

Undersökningen av tryckfall i portarna skulle genomföras, men detta visade sig vara svårt och tidskrävande då förkunskaperna inom området var begränsade. Flödesanalys genom-

fördes men motsvarar ej en mer omfattande och djupgående analys som illustrerar det verkliga fallet.

## 13.4 Utvärdering av metod

Metoden för projektet ansågs ge utrymme för kreativitet samtidigt som systematiska metoder användes för att säkerställa att hänsyn togs till alla nödvändiga aspekter. Under projektet hölls ett flertal presentationer och diskussionstillfällen med uppdragsgivaren Parker för att verifiera att vidareutvecklingen genomfördes på ett korrekt sätt. Kontakt och diskussion med handledare hölls kontinuerligt under projektets gång för att bekräfta att projektet genomfördes väl.

En brist i metoden upptäcktes vid konceptgenerering och konceptval för hylsa. Man antog under konceptgenerering för hydraulpump att den längdavgörande faktorn för förlängning av pumphus berodde av portplacering. I samband för utvecklandet av lösningsförslag för hylsa och vidareutveckling av valda koncept upptäcktes att hylsans längd kan komma att påverka förlängningen. Detta pekar på att konceptgenerering för hylsa borde ha tidigare lagts för att förbättra metoden för projektet.

## 13.5 Utvärdering av syfte

Syftet för projektet anses blivit uppfyllt. Hydraulpumpens konstruktion vidareutvecklades och lösningsförslaget anpassades för genomgående axel. Lösningsförslaget möjliggör tandemmontage. Tryckport, insugsport och pumphus omkonstruerades.

## 13.6 Rekommendationer

Lösningsförslagen måste vidareutvecklas för att skapa slutgiltiga lösningar. Följande rekommendationer ges för vidareutveckling av de framtagna lösningsförslagen:

- Utförlig strömmningsanalys bör genomföras för att undersöka eventuella tryckfall som kan uppstå. Själsugningsvarvtalet bör undersökas. Därefter bör optimering av kanalernas utformning genomföras.

- Den höga spänningskoncentrationen i tryckkanalen bör åtgärdas. Ett förslag är att omforma övergång mellan förlängningen av hålbild vid ventilskiva och kanal. Fokus bör främst ligga på att omkonstruera taket i kanalen för tryckport, då den högsta spänningskoncentrationen uppstod där.

- Ställningstagande för hydraulpumpens totala längd bör genomföras. Detta genom att antingen acceptera att kravet för maximal längd ej uppnåtts eller genom att omkonstruera hydraulpumpen för att försöka minska den maximala längden. Vi tror att pumphuset utformning kan optimeras och på så vis minska förlängningen för närma sig kravvärdet.

- Hål för att möjliggöra stöttning av hydraulpump bör undersökas. Pumpen anses ha gott

om utrymme för dessa hålbilder. Det rekommenderas att skapa flera olika stötningsalternativ för att kunden själv skall kunna välja vilket stötningsalternativ som passar dem bäst.

-För att säkerställa att de deformationer som uppkommer vid lagersätet inte hämmar utaxel bör en FEM-analys utföras på modell som ej blivit förenklad. Man bör skapa en assembly i Inventor där lager är monterat i lagersäte och undersöka deformationerna.

Efter vidareutveckling bör lösningskoncepten utvärderas för att säkerställa att de uppnår resterande krav. Som nämnt ovan är vissa krav svåra att ta ställning till i detta skede. Kravspecifikationerna framställdes för mer fullständiga lösningsförslag. Kravspecifikationerna utformades på detta vis för att underlätta vidareutveckling av projektets lösningsförslag.

De krav för *hydraulpump* som bör utvärderas efter vidareutveckling är: Själv sugningsvarvtal, hållfasthetsanalys vid maximal böjspänning, erbjuda stöttningsalternativ vid tandemmontage och maximal vikt. Samt mål för gjutbarhet och kostnadsökning.

De krav för hylsa som bör utvärderas efter vidareutveckling är: vikt och temperaturområde.

# 14

## Slutsats

Utifrån diskussion och utvärdering av lösningskonceptet för hydraulpump framgick det att kravet för maximal längd ej uppfylls. Vid utvärdering av simulering konstaterades det att för höga spänningskoncentrationer uppkommer vid tryckkanal. Vidareutveckling av detta lösningsförslag måste genomföras för att skapa ett slutkoncept som uppfyller kraven och som klarar av de krafter som uppkommer vid drift. Vidare så är det nödvändigt med utförligare flödesanalyser som bättre visar modellens självsugningsförmåga, för att på så vis kunna säkerställa modellens funktion.

Det framtagna lösningskonceptet anses uppfylla resterande krav och mål väl och därför rekommenderas att vidareutveckling genomförs av uppdragsgivaren Parker Hannifin. Huruvida kravet på maximal längd är absolut värde som behöver uppnås eller ej, är något som Parker får ta beslut om.

Val av lösningsförslag för hylsa lämnas också till Parker, då båda lösningsförslagen anses vara giltiga förslag.

# Litteraturförteckning

- [1] P. M. D. E. H. Parker, "Katalog hy30-8200/s," April 2017.
- [2] P. Johannesson, Persson, "Produktutveckling- effektiva metoder för konstruktion och design," Stockholm: Liber AB, 2004.
- [3] I. D. Foundation, "Mock-ups," Maj 2017.
- [4] P. Barret, "Understanding geometric nonlinearities," 2016.
- [5] S. H. AB, "Svh 062, 092, 112, 130," April 2017.
- [6] H. H. SE, "Variable displacement axial piston pump type v60n," April 2017.
- [7] LeDuc, "Txv series pumps with load sensing control variable displacement piston pumps," April 2017.
- [8] B. R. AG, "Axial piston variable pump a7vo series 63," April 2017.

# Bilagor

## Bilaga A

### Konkurrentanalys

Tabellen visar Parkers nuvarande utbud av lastbilspumpar samt modeller från konkurrerande företag, i syfte att få ett bättre överblick av marknaden.

Företag	Parker	Bosch	LeDuc	Hawe	Sunfab
Typ	Inline	Bent axis	Inline	Inline	Inline
Displacement			TXV-40		
	VP1-045*				
		A18VO55	TXV-60	V60N-60*	SVH-62*
	VP1-075*				
		A18VO80			
	VP1-095		TXV-92	V60N-90*	SVH-92*
		A18VO107			
	VP1-110			V60N-110*	SVH-112*
			TXV-120		
	VP1-130		TXV-130*	V60N-130*	SVH-130*
		TXV-150			
*genomgående axel					
Alla med genomgående axel använder sig av radialportar , en på ovansidan och en på undersidan, förutom Parker som använder en axiel sugport på framsidan					

Bilaga B

# Kravspekifikation

I denna bilaga finns kravspekifikation för hydraulpump och hylsa för tandemmontage. Kravspekifikation för VP1-95 som omnämns i kapitel 4 är sekretessbelagd och finns därför ej att tillgå i bilaga.

## Kravspekifikation för hus VP1-130 anpassad för ingående axel

Hus till VP1-130 anpassad för utgående axel	Värde	Mål	Värde
Krav			
Maxbredd, tot.	130 mm	Oförändrad vikt	Ja (27 kg)
Max tot längd vid tandemmontage	593,5mm (327,5+266)	Minimal förändring av design innanför hus	Ja
Maximal vikt	30kg	Max längd (Utan att addera axelns längd)	Minimera längdökning
Utgående axel	Ja	Max höjd (inkl. regulator)	Ingen höjddökning (243,5 mm)
Maxtryck, int.	420 bar	Kostnadsökning, tot.	10%
Maxtryck, kont.	400 bar	Max tot längd vid tandemmontage	550mm
Maxbelastning, främre fläns	900 Nm	Gjutbarhet	Gjuttekniskt god
Maxbelastning, bakre fläns	720 Nm	Vinkel på sugnippel	Så liten som möjligt
Belastning max moment, på hus; portar	900 Nm	Ställfåder, montering	Som befintlig
Belastning max böjspänning, på fläns	300 N		
Fuktighet	Tåla regn		
Temperaturområde	-40 till 80°C		
Portplacering	Får ej medföra större bredd		
Tillverkningsmetod	Gjutning		
Displacement [cm <sup>3</sup> /varv]	130		
Höger och vänster-drift	Ja		
Självsugsvental, max	2050 varv/min		
Självsugsvental, angivet	1900 varv/min		
Tillåta direktmontering av pump i bakkant	Ja (mha hylsa)		
Tillåta tandemmontage av Parkers olika pumpar	Ja		
Axels främre diameter	Oförändrad		
Pilotdiameter	80mm		
Portstorlek, insug	Befintlig		
Portstorlek, tryckport	Befintlig (BSP 1")		
Fästplatta, baksida	Ja enligt standard framsida		
Tillåta montering av ställfåder	Ja		
Erbjuda stötning vid tandemmontage	Ja		
Vinkel på sugnippel	vinkel ≤ 90 grader		
Ställfåder, placering	Som befintlig		



## Kravspecifikation för hylsa

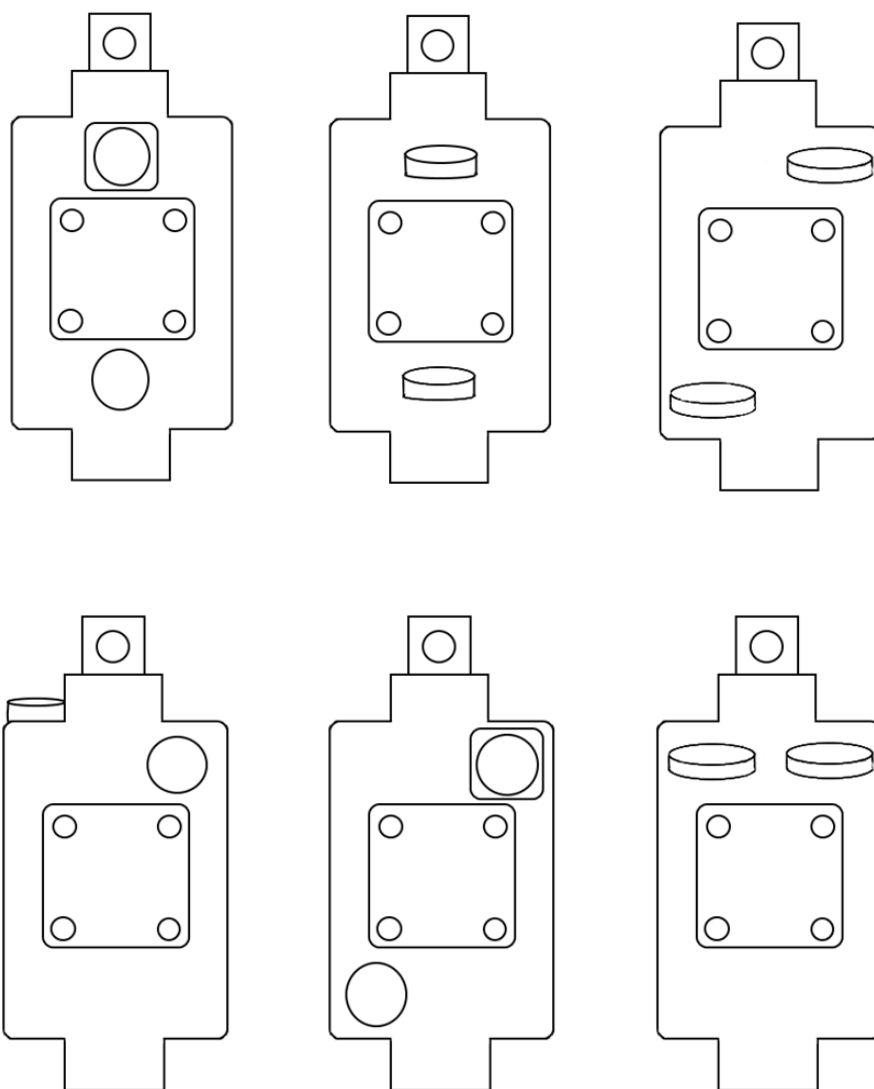
<b>Hylsa för tandemmontage</b>	
<b>Krav</b>	<b>Värde</b>
Splines	Ja
Rymmas inom hus	Ja
Maximal yttre diameter	Mindre än 80 mm
Vikt	0,5 kg
Temperaturområde	-40 till 80°C
Klara av max moment	720 Nm
Samankoppla olika sorters pumpar	Ja
Maximal längd	90 mm
<b>Mål</b>	<b>Värde</b>
Hålla längden nere	Ja
Ytterdiameter	Inte större än "tillräckligt"

## Bilaga C

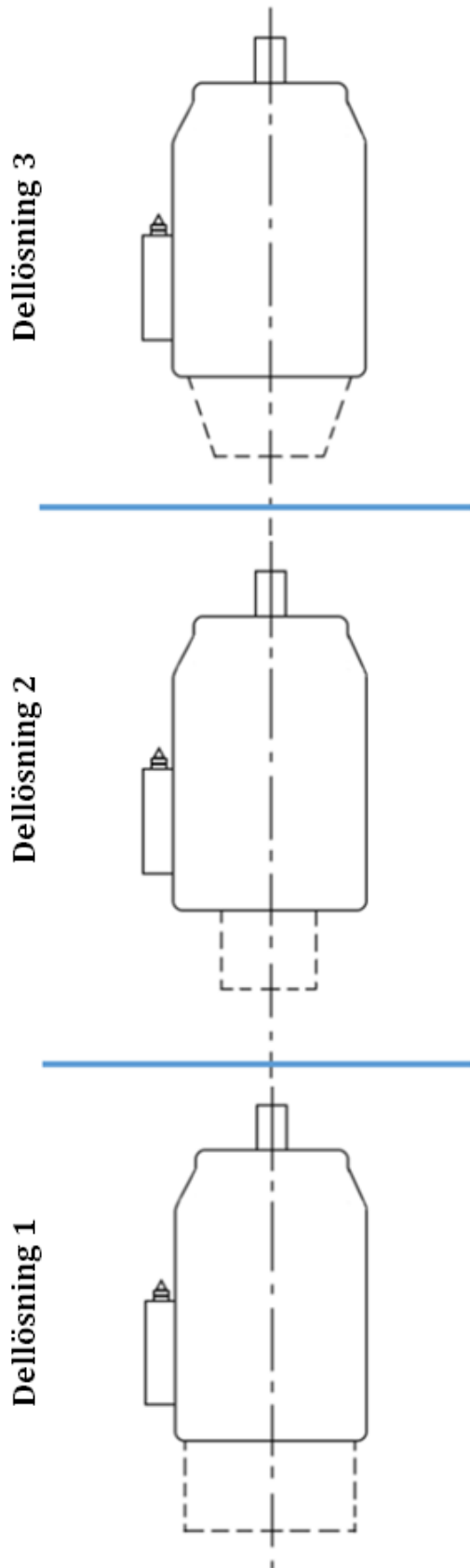
## Dellösningar

I denna bilaga finns de olika genererade dellösningarna skapade i kapitel 5.

## Dellösningar portplacering



Dellösningar för husets utformning



## Bilaga D

## Morfologisk matris

I denna bilaga finns morfologisk matris med färgade streck uppritade för totallösningförslag.

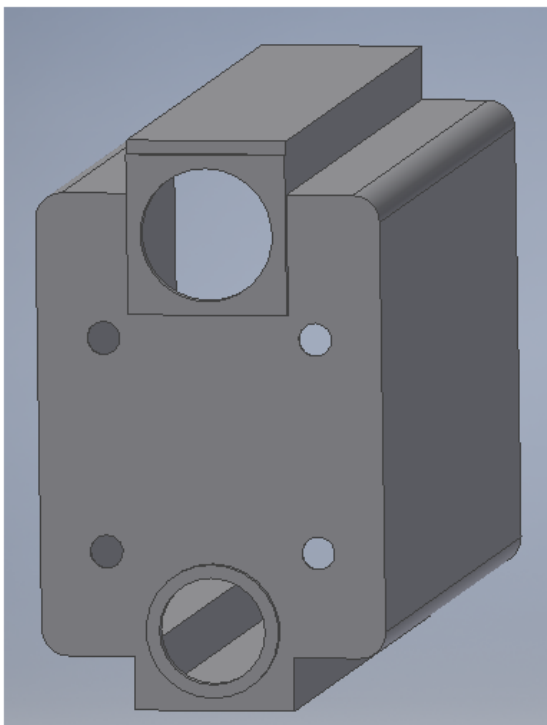
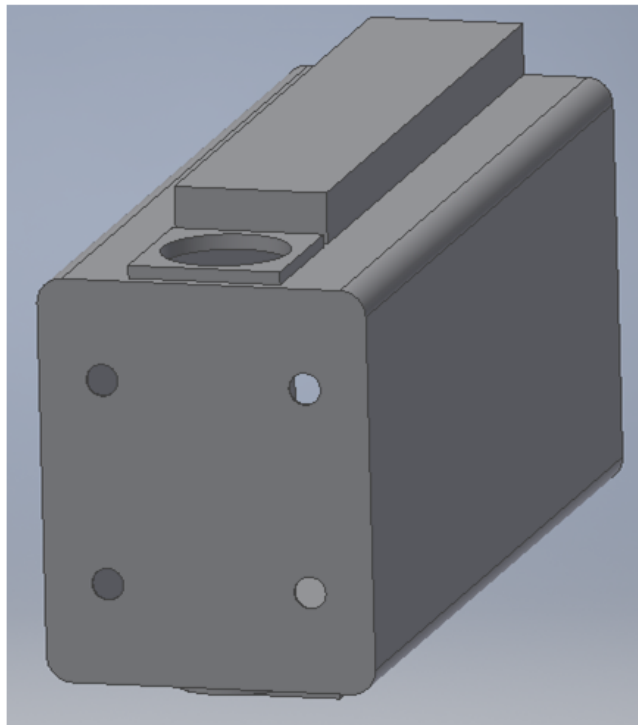
Portplacering	Utrymmesbrist	Fjädermontering
		<b>Genom port</b> (Tryckporten)
		<b>Ej genom port</b> (Som idag)

Röd: Koncept 7  
 Grön: Koncept 8  
 Blå: Koncept 9  
 Gul: Koncept 10  
 Lila: Koncept 11

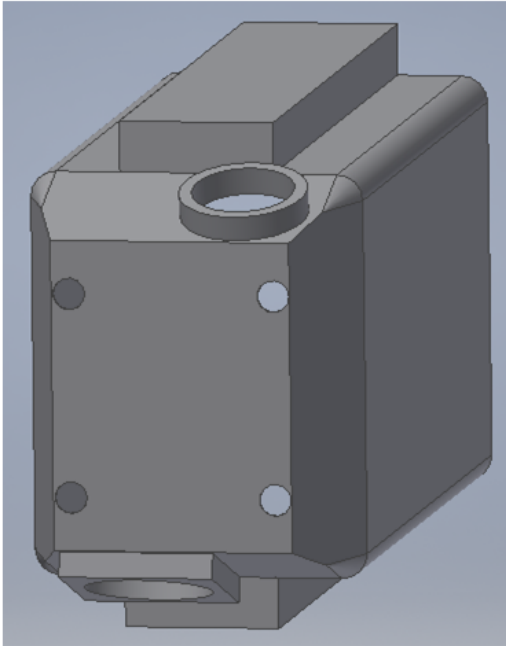
## Bilaga E

## Illustration av generade koncept

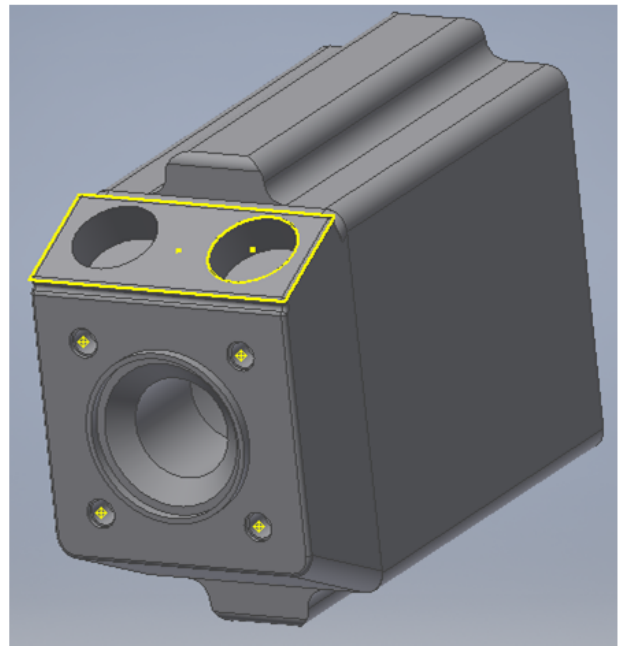
I denna bilaga finns alla koncept genererade i kapitel 5 som sedan utvärderades.

**Koncept 1****Koncept 2**

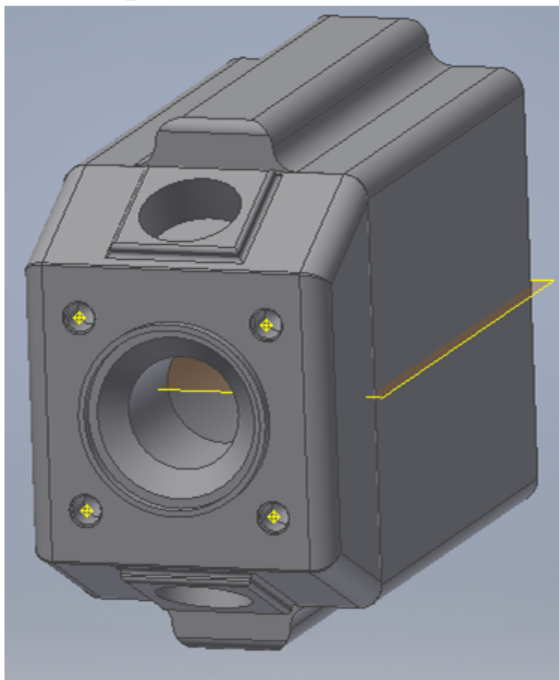
**Koncept 3**



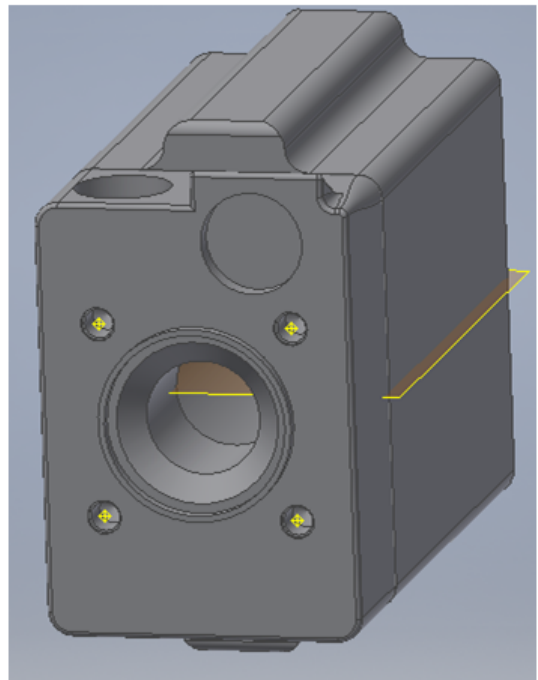
**Koncept 4**



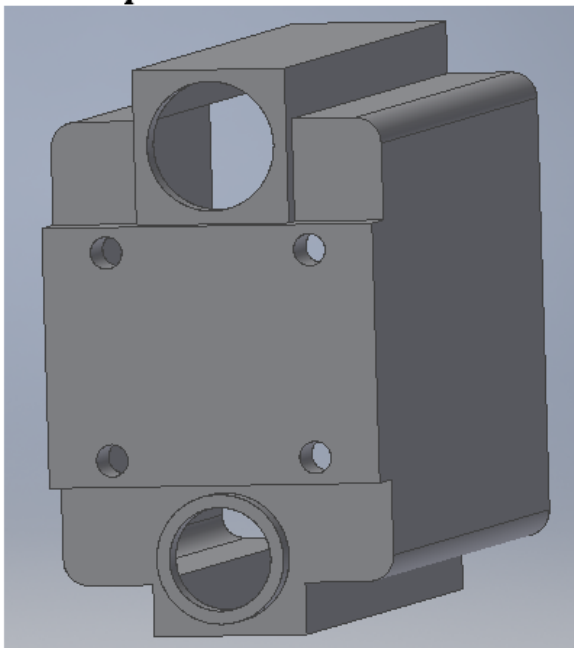
**Koncept 5**



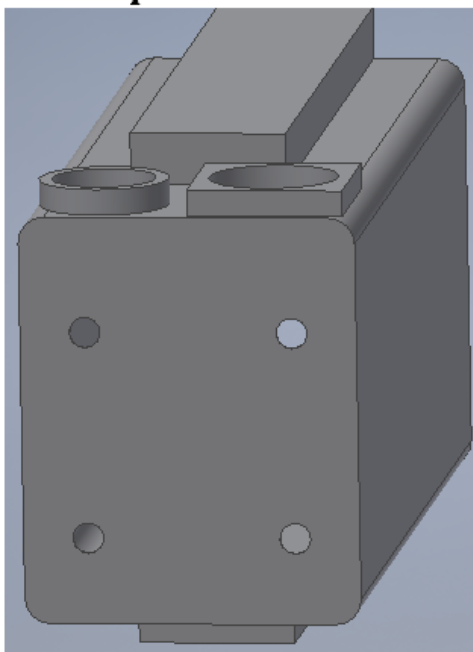
**Koncept 6**



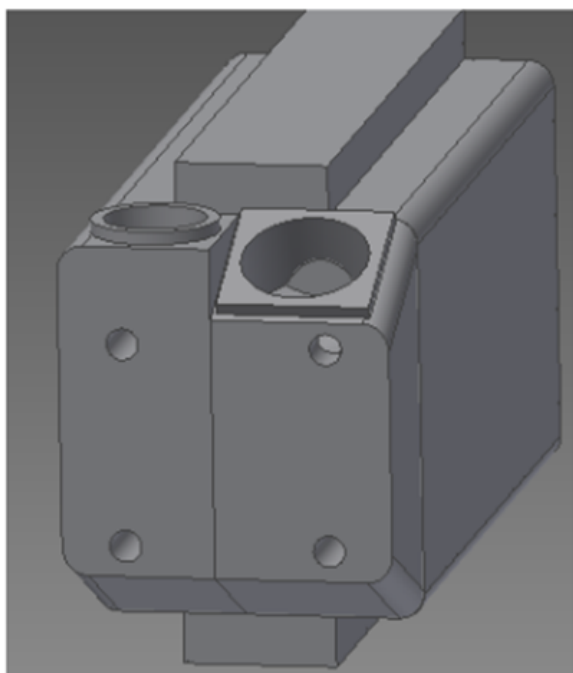
**Koncept 7**



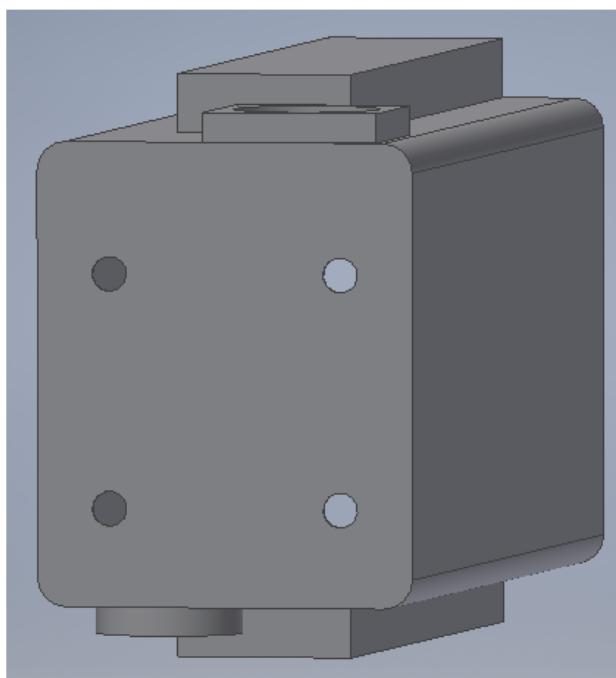
**Koncept 8**



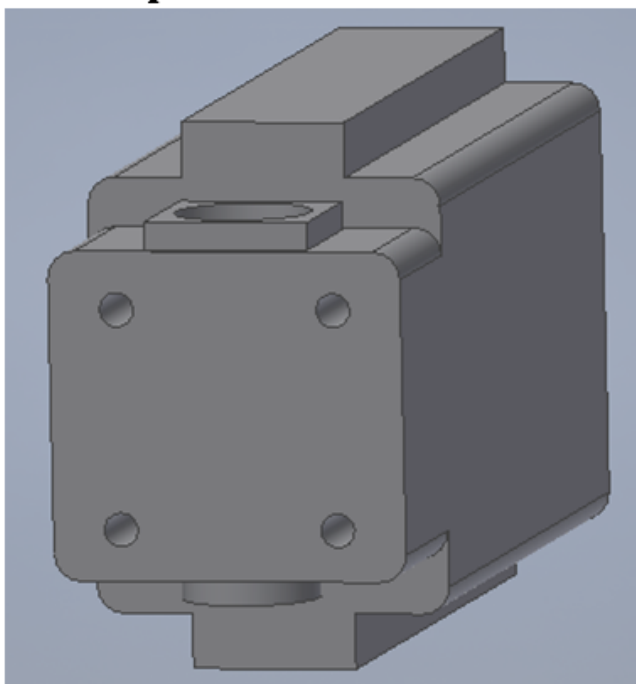
**Koncept 9**



**Koncept 10**



## Koncept 11





## Bilaga F

## Pughs matriser

I denna bilaga finns de två Pugs matriser som användes för val av koncept som skulle vidareutvecklas ytterligare.

## Pugs matris 1

Kriterium	Pughs matris 1										
	Koncept 1 (ref)	Koncept 3	Koncept 4	Koncept 5	Koncept 6	Koncept 7	Koncept 8	Koncept 9	Koncept 10	Koncept 11	
Montering av ställfjäder	0	+	+	-	+	0	+	+	+	+	
Sugrippelsvinkel	0	+	+	+	0	+	+	+	+	+	
Kanalfrifråde	0	+	+	+	+	0	+	+	+	-	
Viktökning	0	+	+	+	0	-	0	+	0	0	
Längdökning	0	0	0	0	0	0	-	0	-	-	
Höjdnöjning	0	+	+	+	0	0	+	+	+	+	
Summa +	-	5	5	4	2	1	4	5	4	3	
Summa 0	-	1	1	1	4	4	1	1	1	1	
Summa -	-	0	0	1	0	1	1	0	1	2	
Nettovärde	0	5	5	3	2	0	3	5	3	1	
Rangordning	5	1	1	2	3	5	2	1	2	4	
Vidareutveckling	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej	

## Pughs matris 2

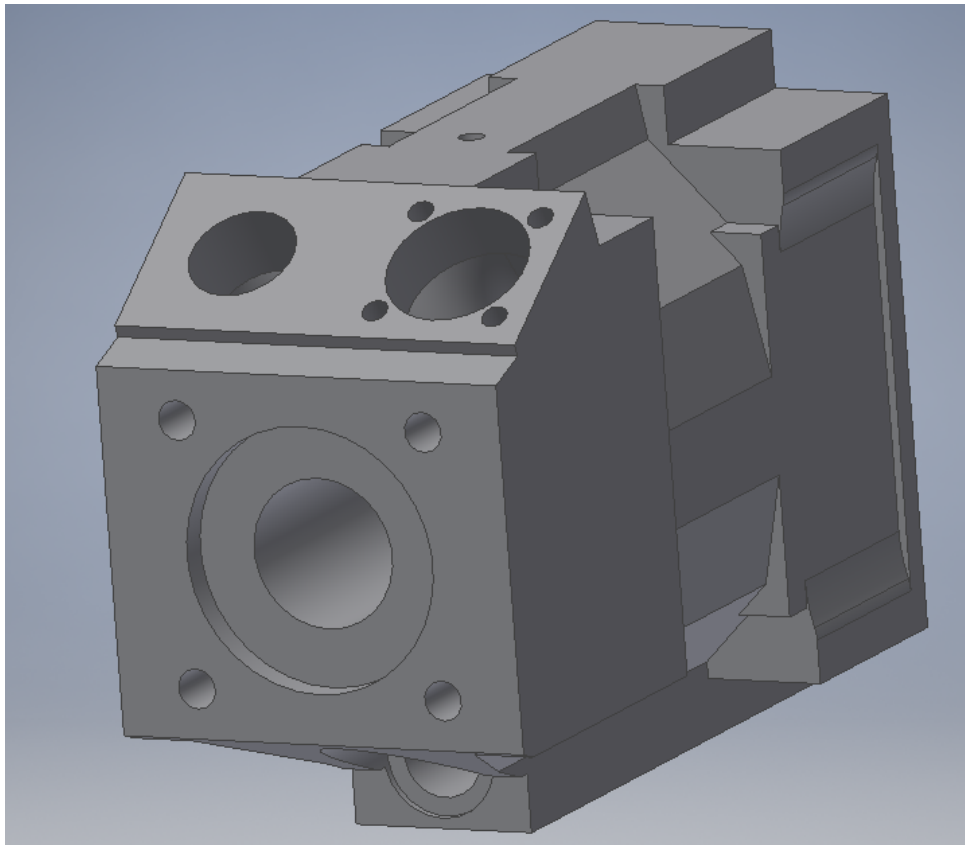
Pughs matris 2						
Kriterium	Koncept 3 (ref)	Koncept 4	Koncept 5	Koncept 8	Koncept 9	Koncept 10
Montering av ställfjäder	0	+	-	+	+	-
Sugnippelsvinkel	0	0	0	0	0	0
Kanalfrilöde	0	0	0	-	-	-
Viktökning	0	0	0	-	0	-
Längdökning	0	0	0	-	0	-
Höjdökning	0	0	0	0	0	0
Summa +	-	1	0	1	1	0
Summa 0	-	5	5	2	4	2
Summa -	-	0	1	3	1	4
Nettovärde	0	1	-1	-2	0	-4
Rangordning	2	1	3	4	2	5
Vidareutveckling	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja	Nej

Bilaga G

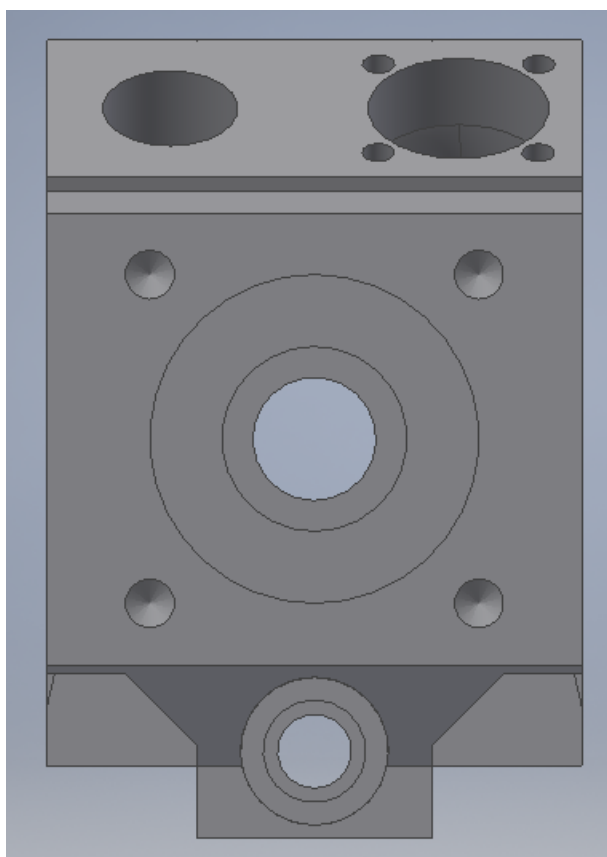
## Solidmodell hus

I denna bilaga finns bilder på den skapade solidmodellen för hus.

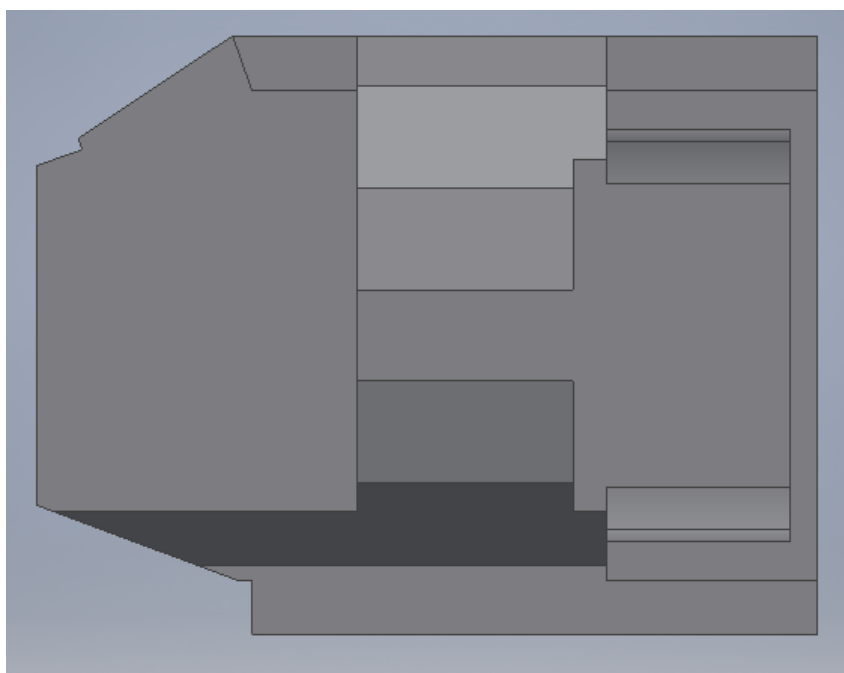
Solidmodell vy snett bakifrån



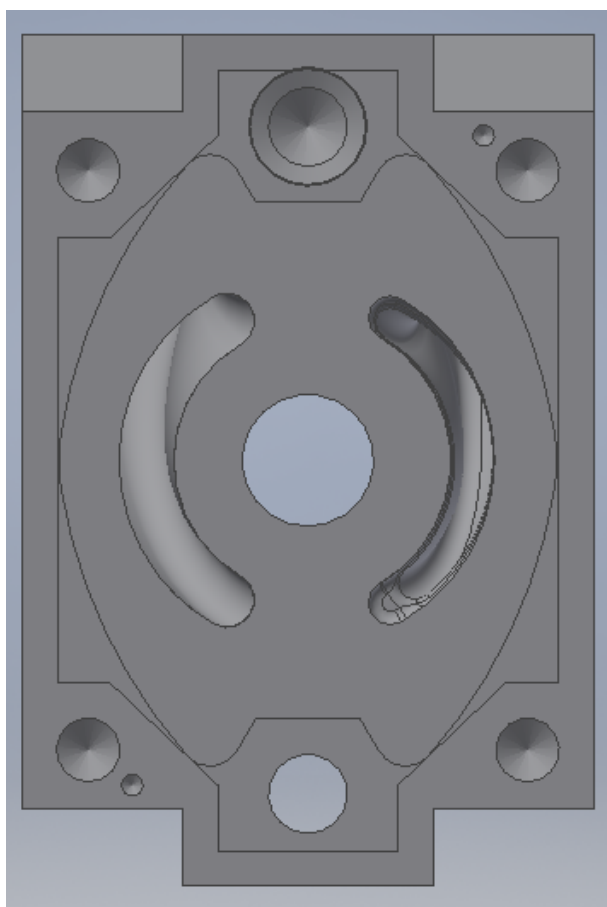
Solidmodell vy baksida



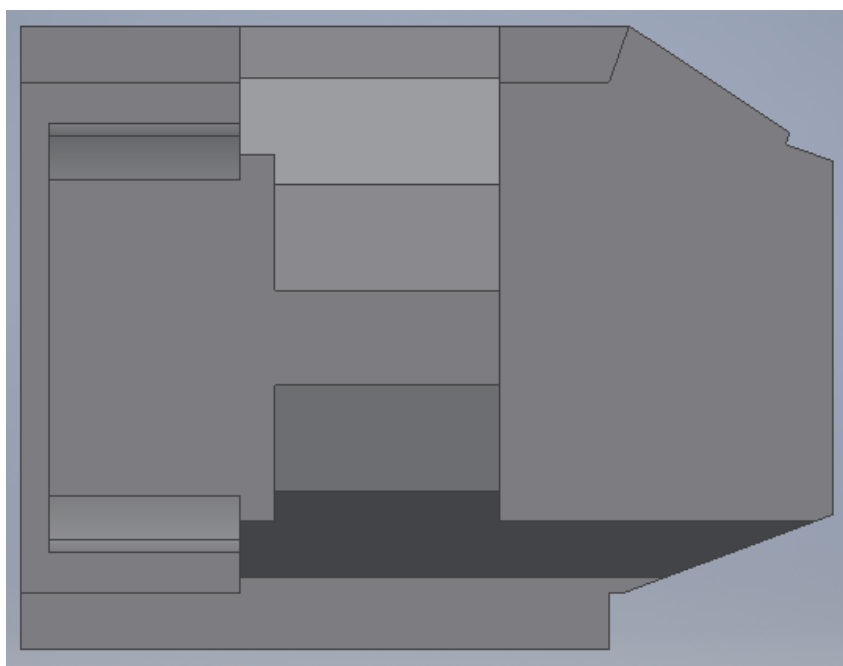
Solidmodell sidovy vänster



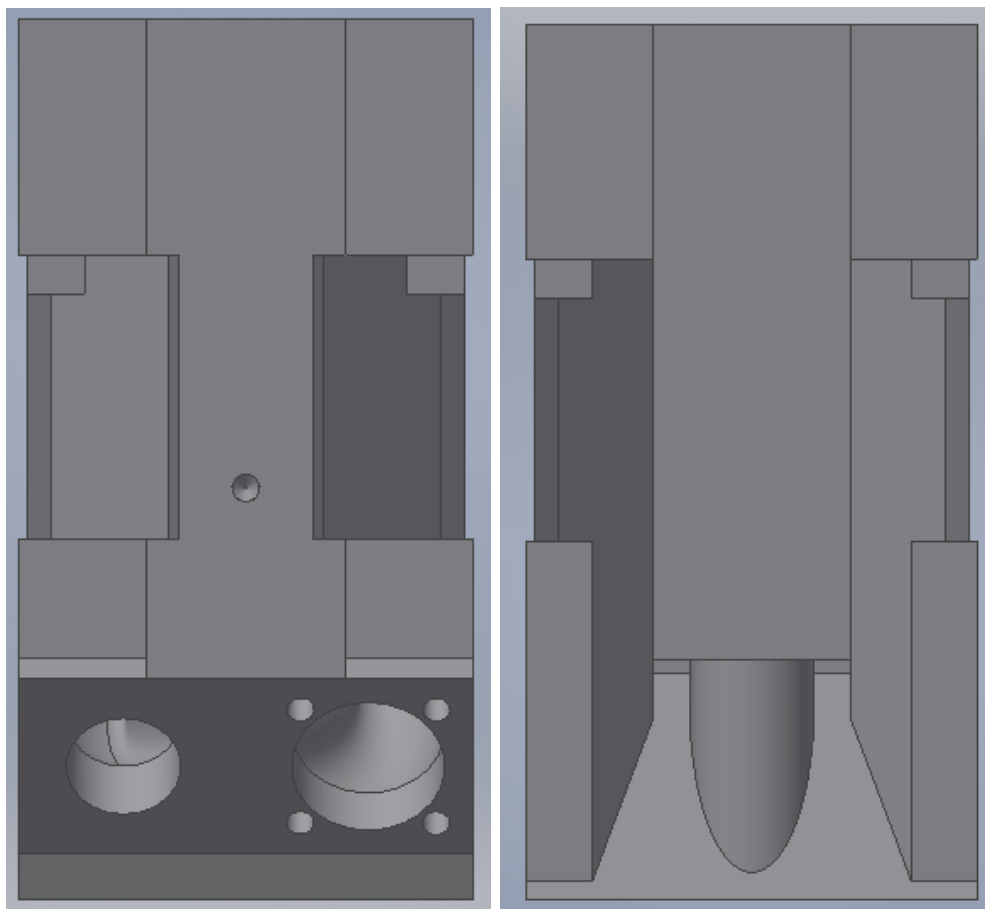
Solidmodell vy framifrån



Solidmodell sidovy höger



Solidmodell; Figur till vänster har vy ovanifrån, Figur till höger har vy underifrån



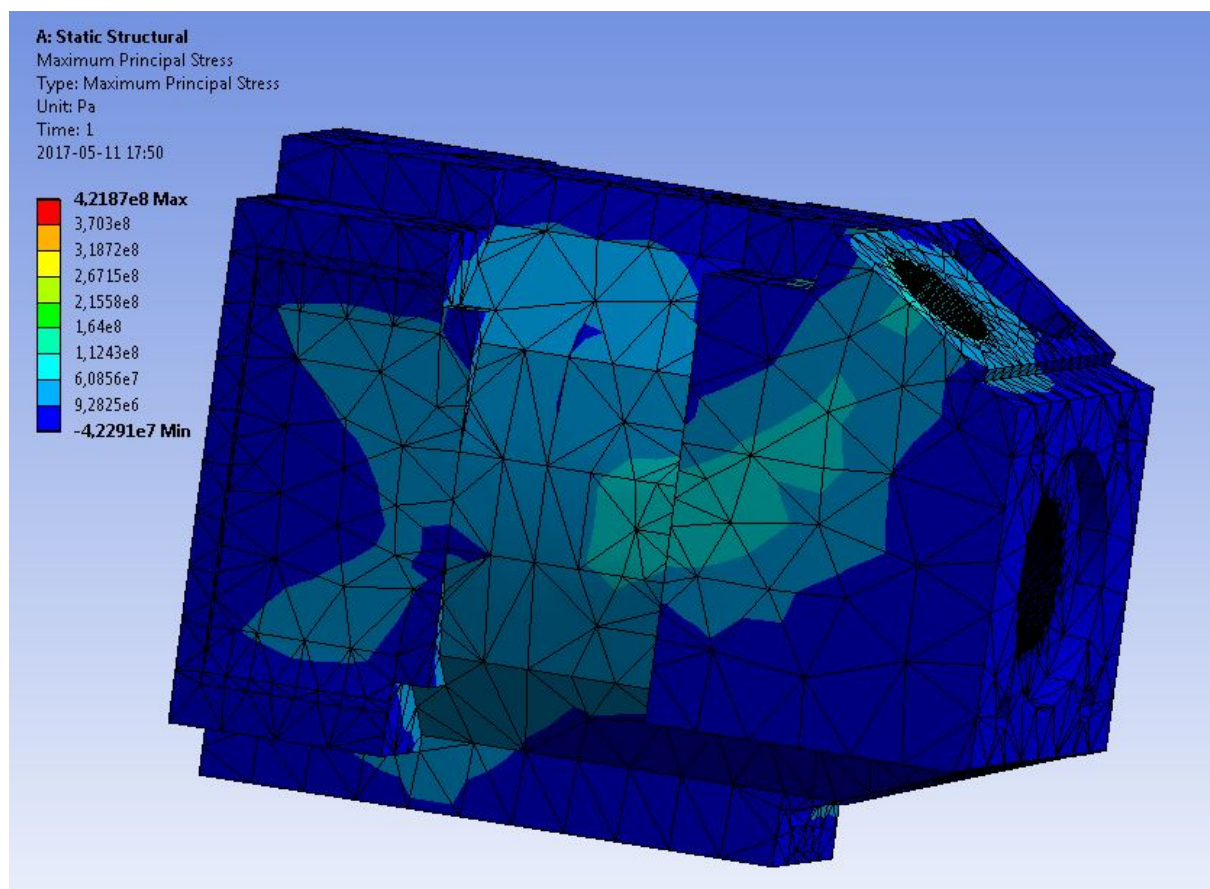
## Bilaga H

# FEM-analys vid vridning och tryck

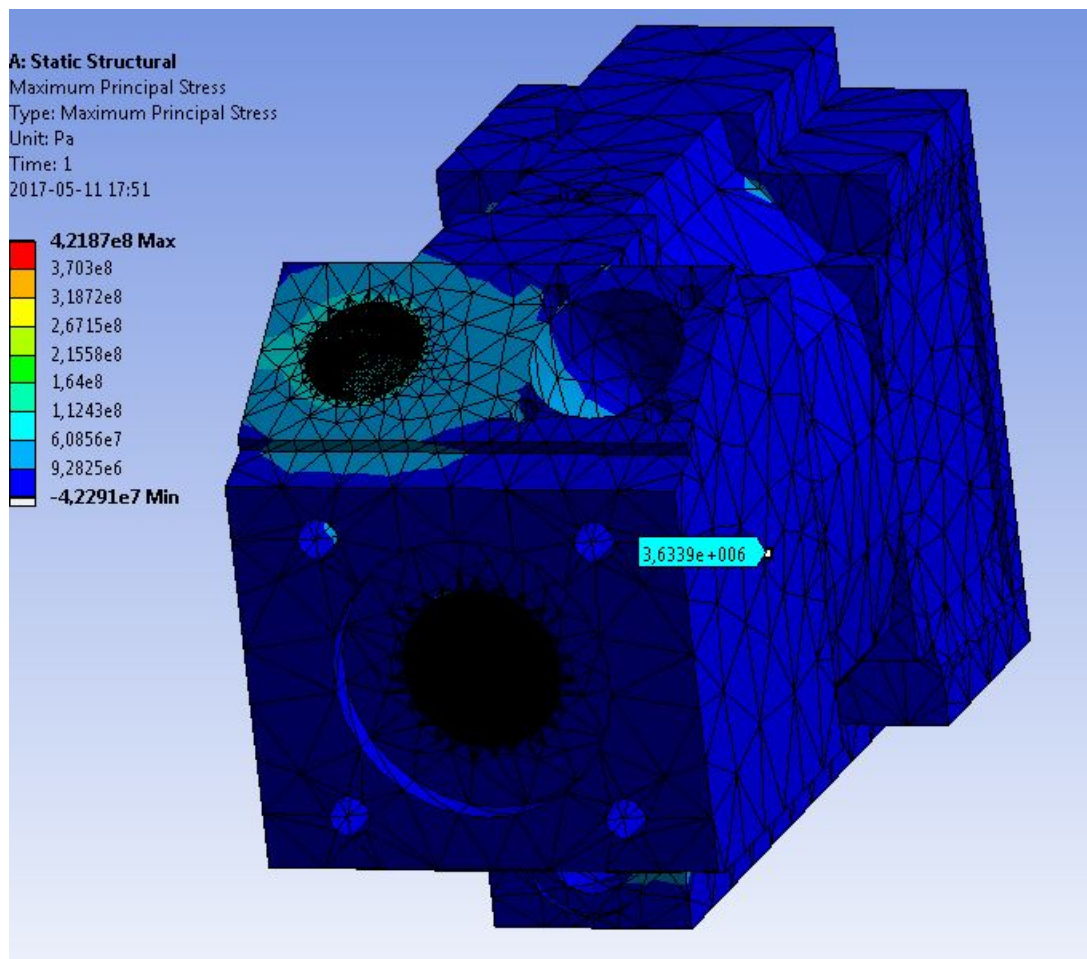
I denna bilaga finns resultat av FEM-analys vid vridning och tryck illustrerade. Notera del av färgerna på modellen och färgskalan med värden för de olika figurerna.

## Huvudspänningar

Illustrering av beräknade huvudspänningar. I denna figur visas pumpens högra sida och spänningar som uppstår på husets yta vid tryckkanalen.

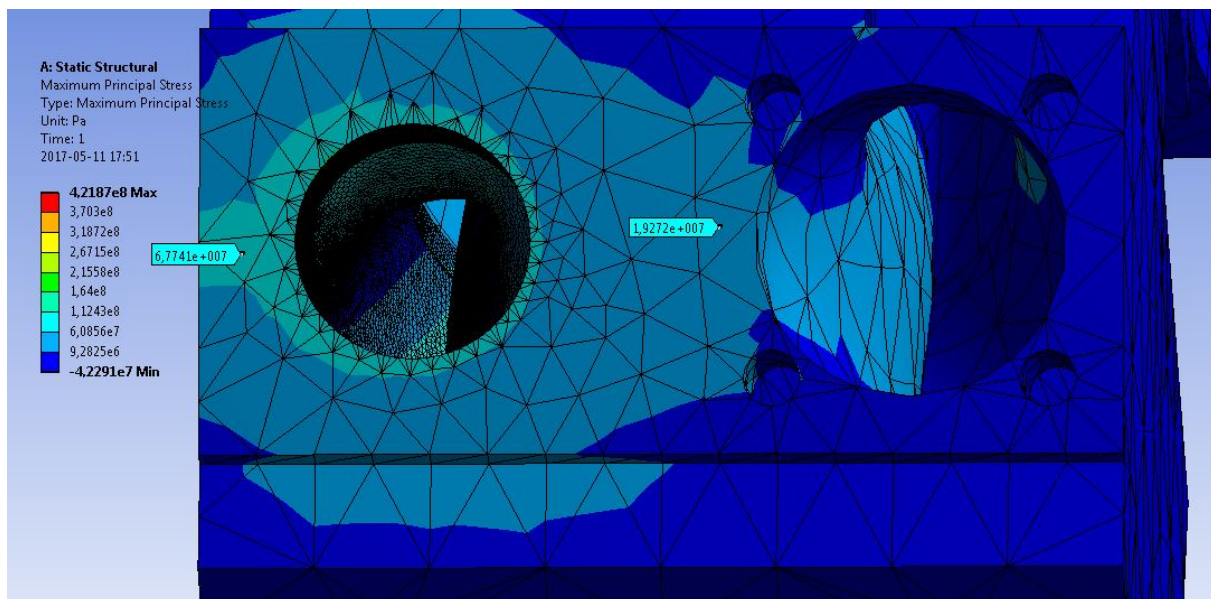


Illustrering av beräknade huvudspänningar. I denna figur illustreras modellen snett bakifrån och man kan se hål för utgående axel och portarna. Man kan även se modellens vänstra sida och ovasida. De huvudspänningar som beräknades hade värden på cirka 4 MPa.

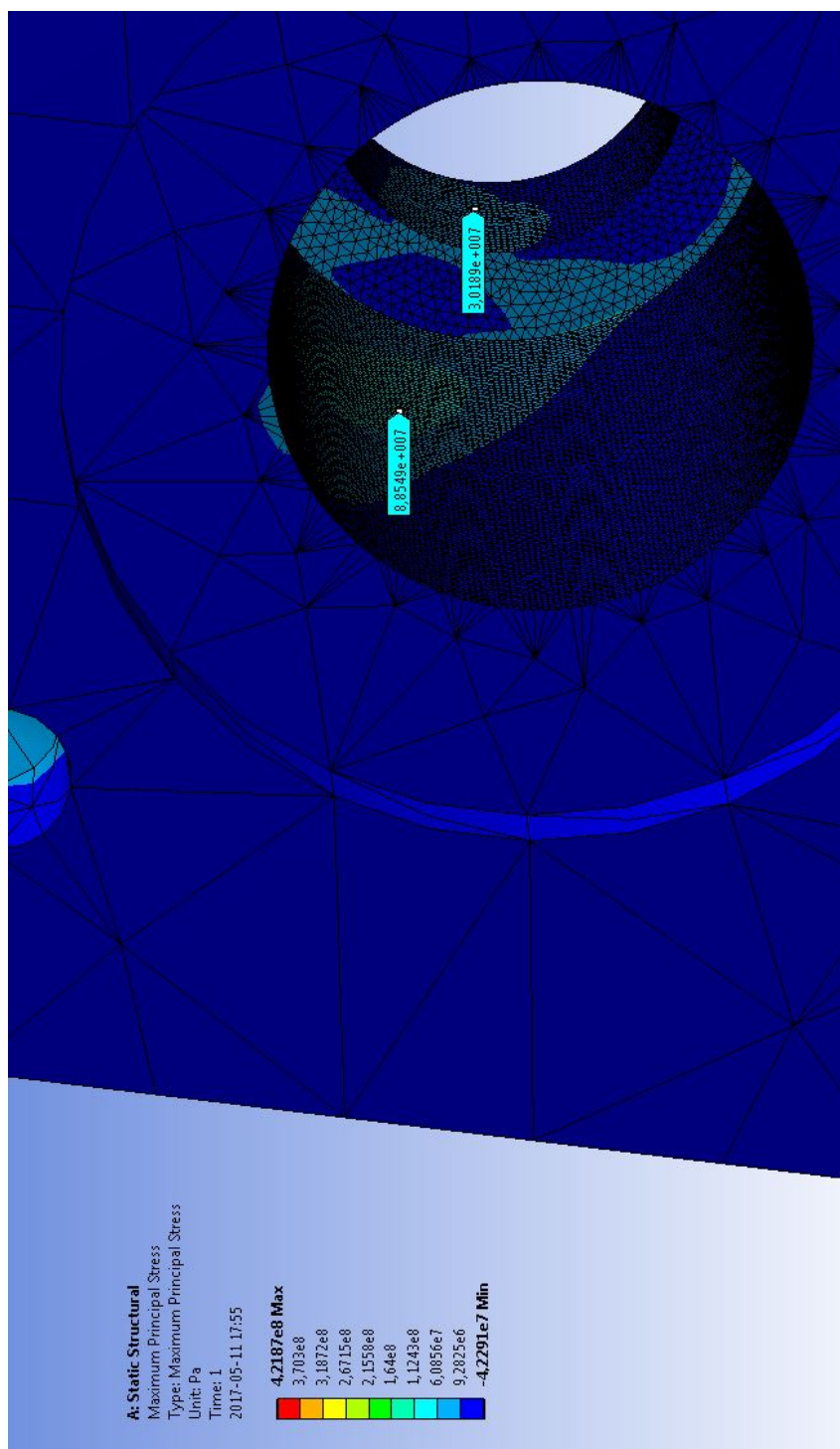




Illustrering av beräknade huvudspänningar. I denna figur illustreras spänningskoncentration vid tryckport och insugsport. Värdena beräknades ligga mellan cirka 25-68 MPa.

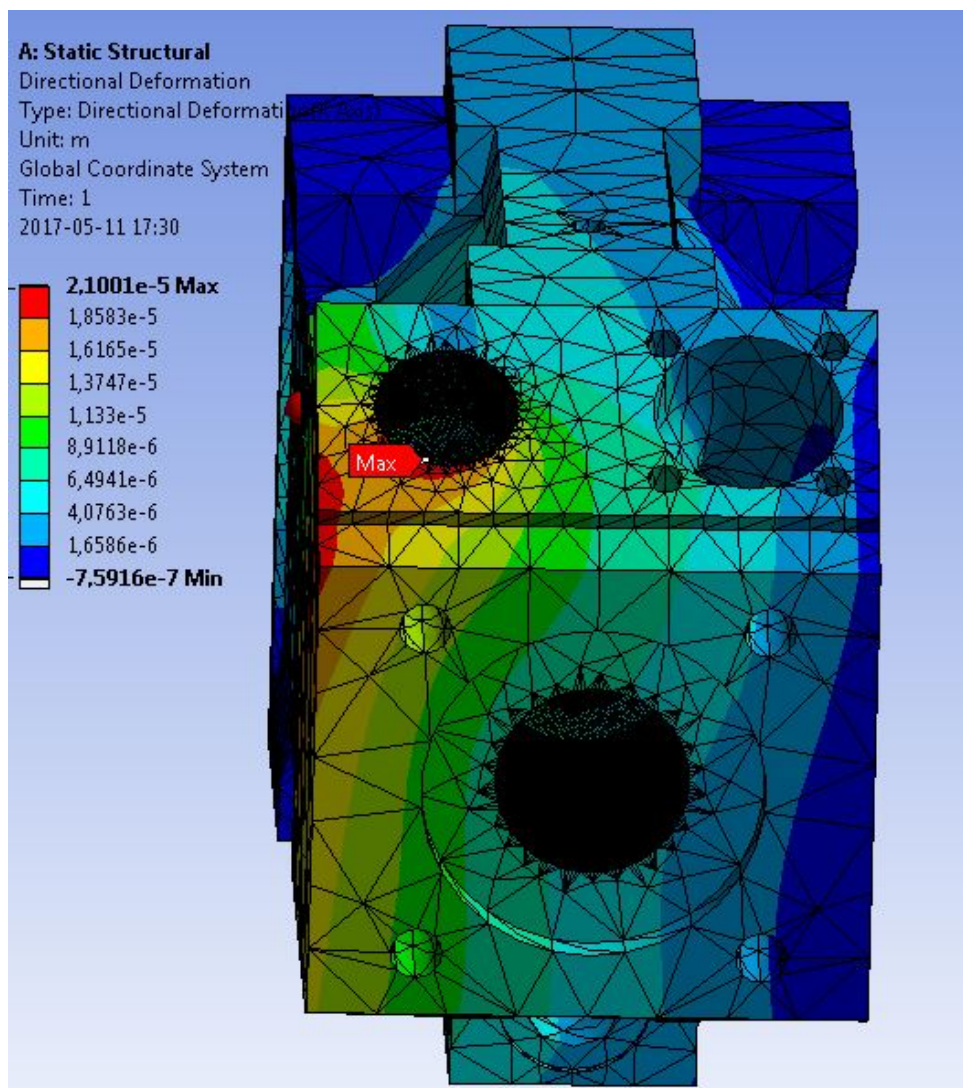


Illustrering av beräknade huvudspänningar. I denna figur illustreras modellen sedd bakifrån med hålbild för utgående axel inzoomad. Denna figur finns med för att illustrera huvudspänningar i närheten av lagersäte, dessa beräknades till cirka 30-90 MPa.

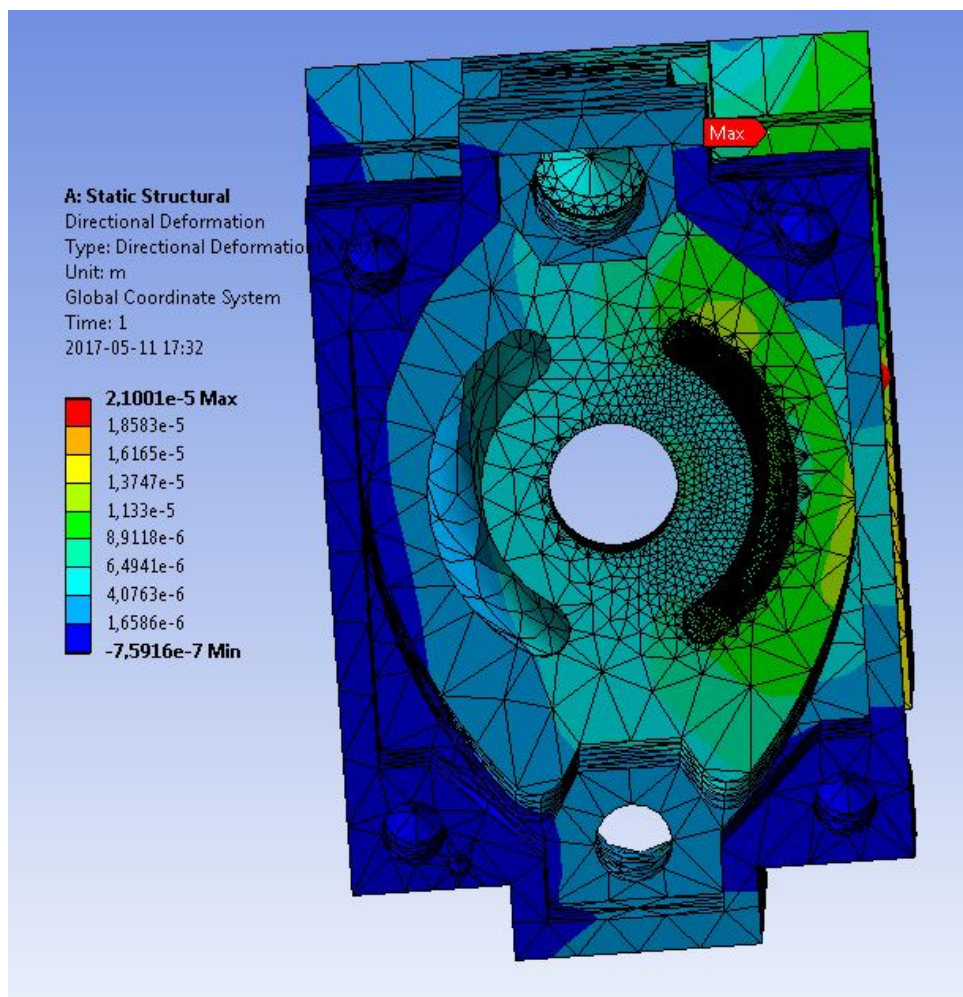


## Total directional deformation

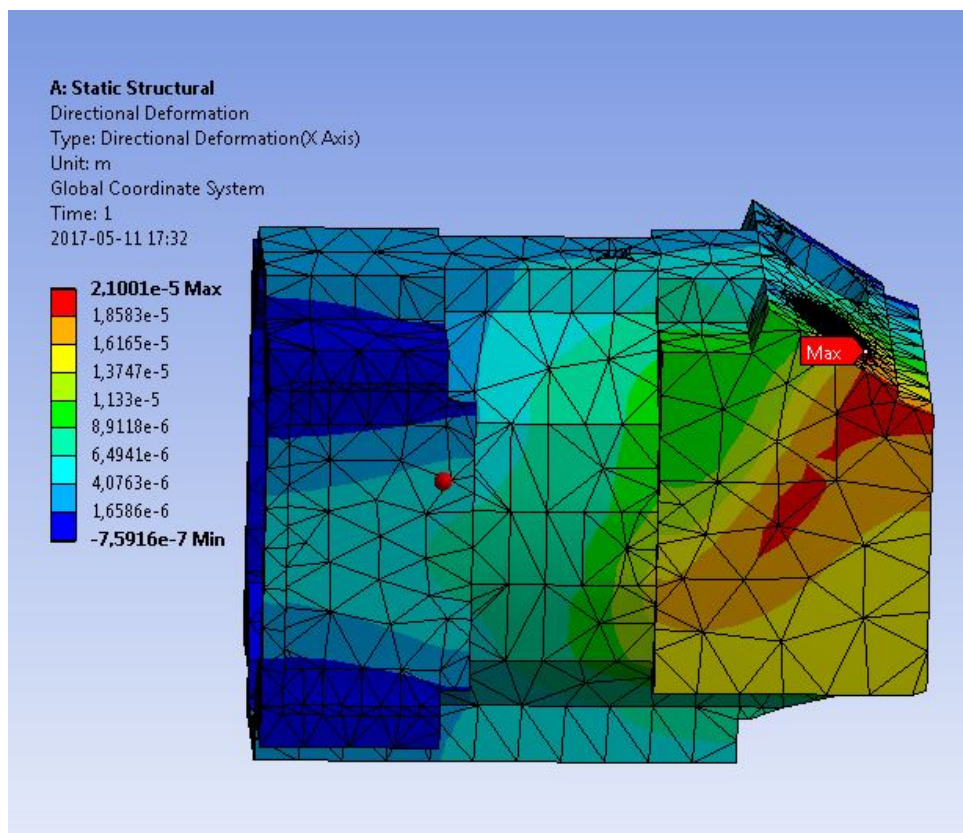
Illustrering av beräknad total directional deformation. I denna figur illustreras modellens bakre ände och även den övre delen av modellen. Maximal deformation uppstod vid kant för tryckport och beräknades till  $21 \mu\text{m}$ . Kant för modellen vid tryckport utsätts deformation med liknande värde.



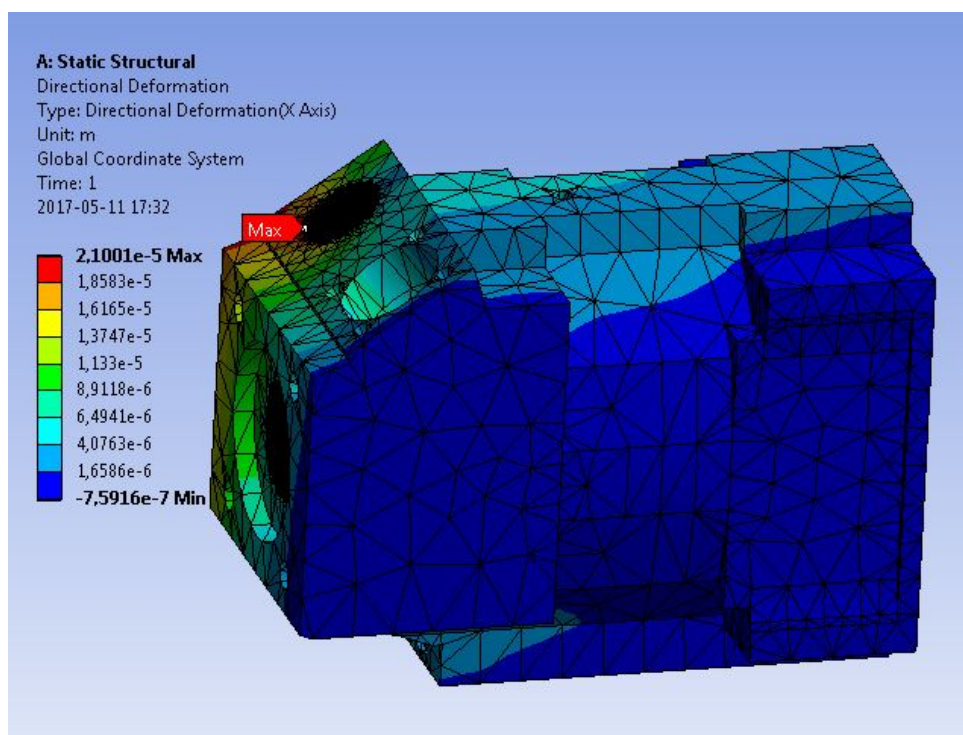
Illustrering av beräknad total directional deformation. I denna figur illustreras modellen framifrån där man kan se hålbild där ventilskiva monterats. Deformationerna som beräknades har värden mellan cirka 2-13  $\mu\text{m}$ .



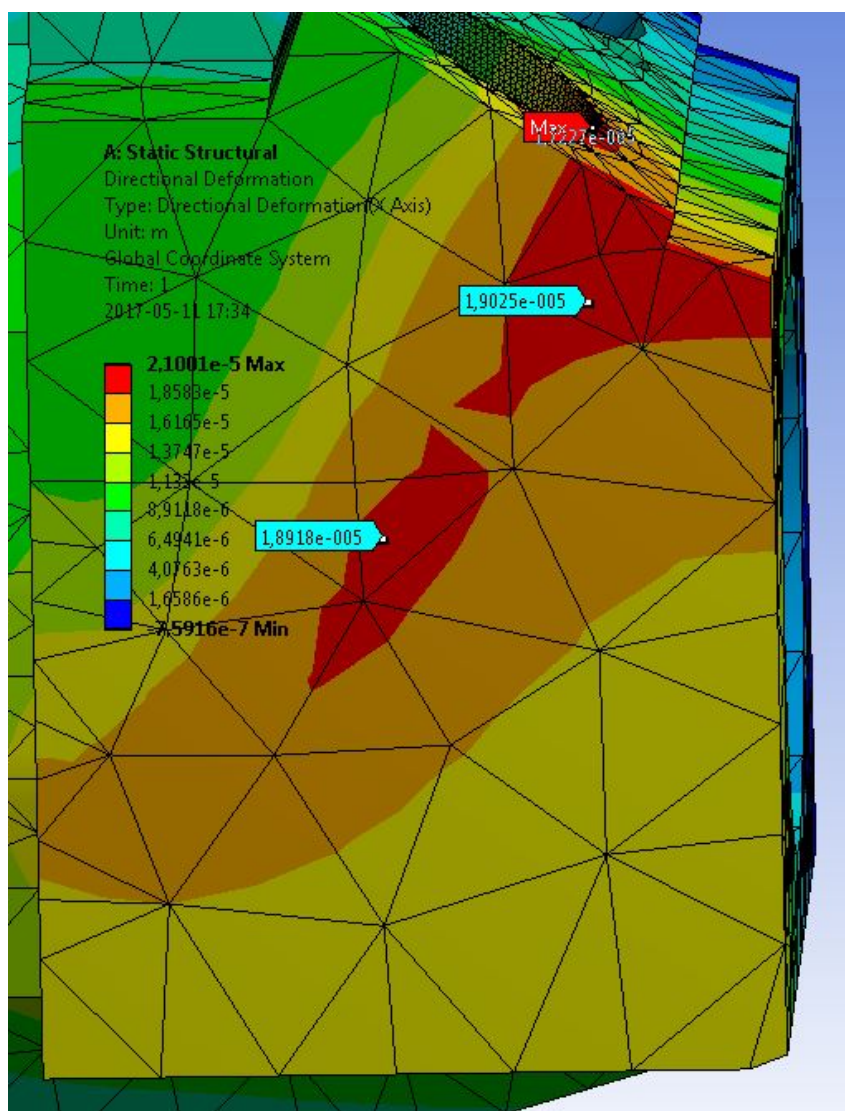
Illustrering av beräknad total directional deformation. I denna figur illustreras modellen från sidan vid tryckkanal. Vid tryckkanal beräknas deformationer till cirka  $21 \mu\text{m}$ , därefter minskar deformationen ju längre avståndet från tryckkanalen ökar.



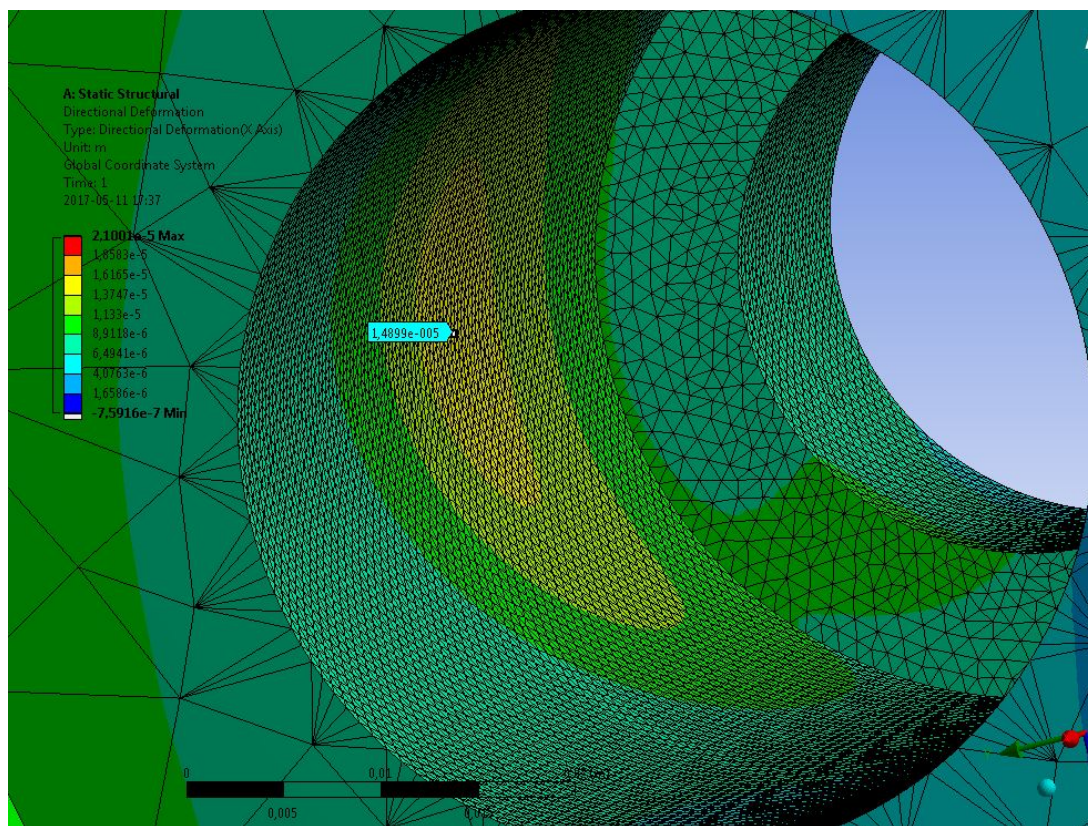
Illustrering av beräknad total directional deformation. I denna figur illustreras modellen från sidan vid insugskanalen. Mycket små deformationer uppstår med värden på cirka  $0,8 \mu\text{m}$ , dessa riktade i annan riktning än deformationer beskrivna tidigare.



Illustrering av beräknad total directional deformation. I denna figur illustreras modellen från sidan vid tryckkanal inzoomad. Deformationerna vid tryckkanal beräknades ligga mellan 19-21  $\mu\text{m}$ .

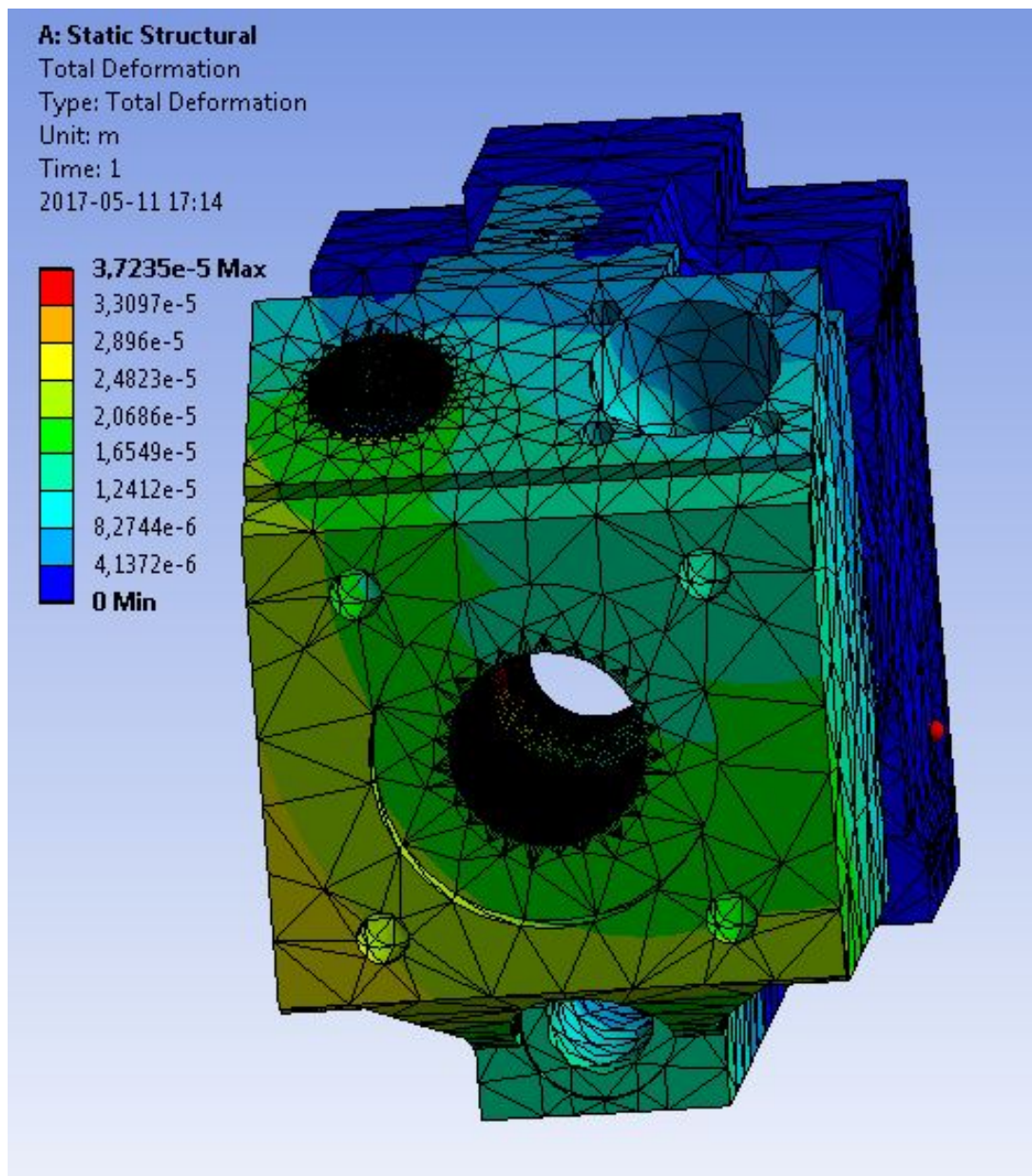


Illustrering av beräknad total directional deformation. I denna figur illustreras hålbild för utgående axel och lagersäte inzoomat. Vid hål för utaxel beräknades deformationen till cirka  $15 \mu\text{m}$ .

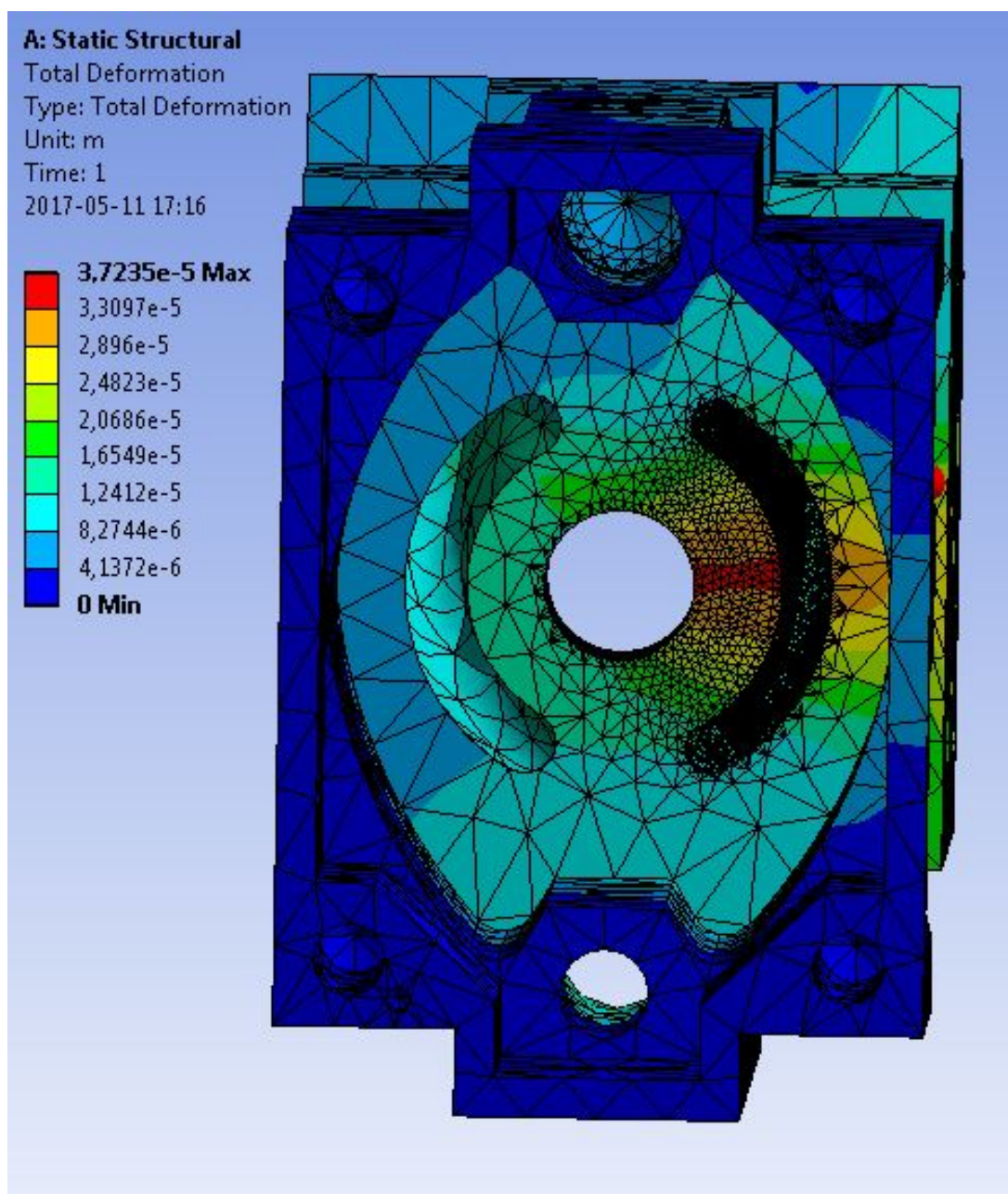




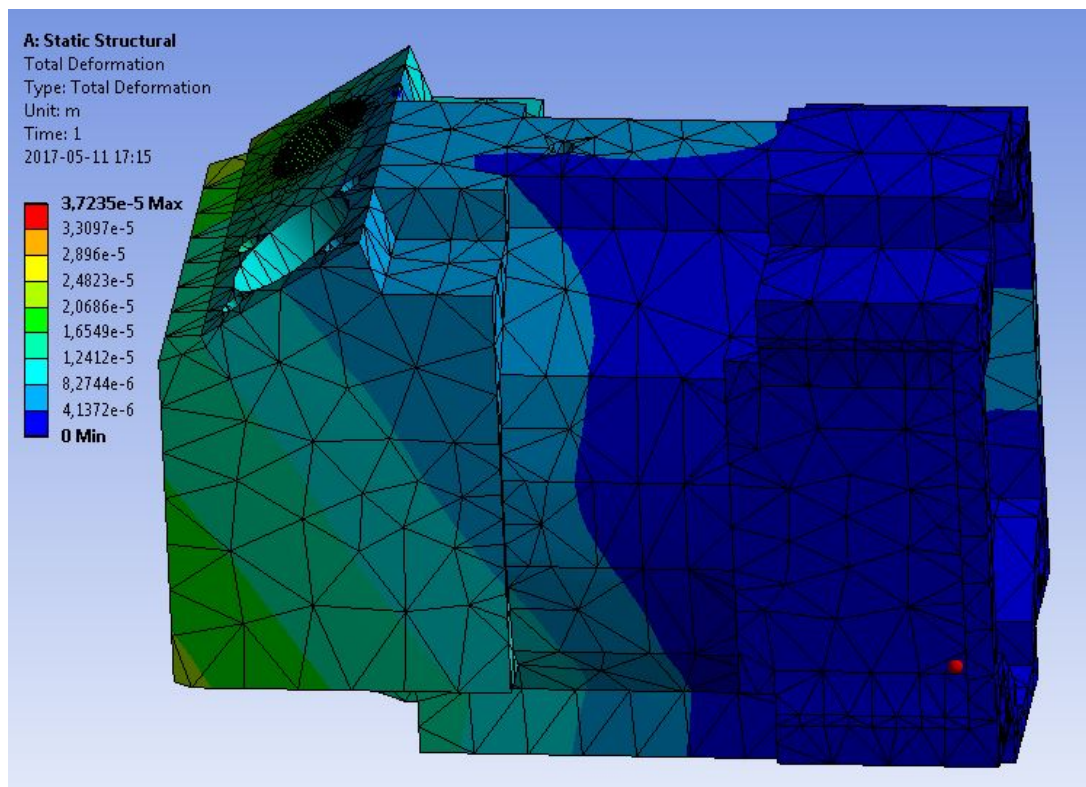
Total deformation Illustrering av beräknad total deformation. I denna figur illustreras modellens bakre ände och även den övre delen av modellen. Deformation uppstod vid kant för tryckport och beräknades till cirka  $20 \mu\text{m}$ . Kant för modellen vid tryckport utsätts deformation med liknande värde.



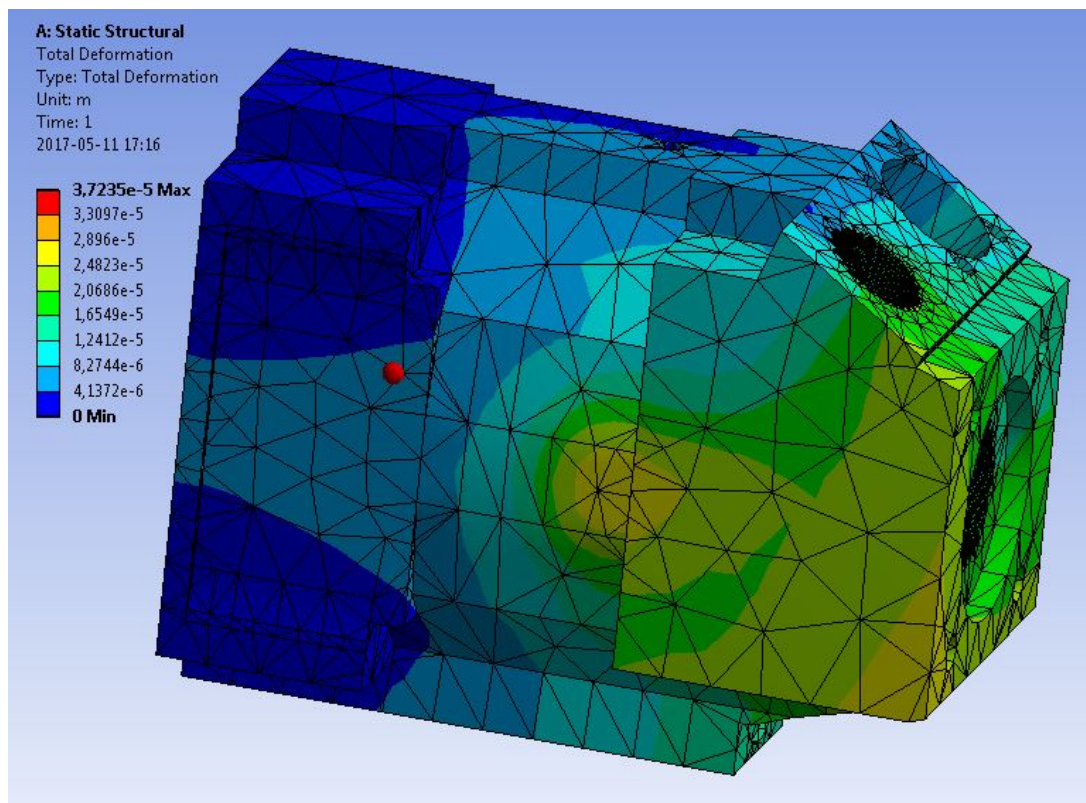
Illustrering av beräknad total deformation. I denna figur illustreras modellen framifrån där man kan se hålbild där ventilskiva monteras. Deformationerna som beräknades har värden mellan cirka 4-37  $\mu\text{m}$ .



Illustrering av beräknad total deformation. I denna figur illustreras modellen från sidan vid insugskanalen.



Illustrering av beräknad total deformation. I denna figur illustreras modellen från sidan vid tryckkanal.



Illustrering av beräknad total deformation. I denna figur illustreras lagersäte och tryckkanalens anslutning till hålbild för ventilsikiva. Deformationen beräknades till cirka  $37 \mu\text{m}$  vid de rödmarkerade områdena.

