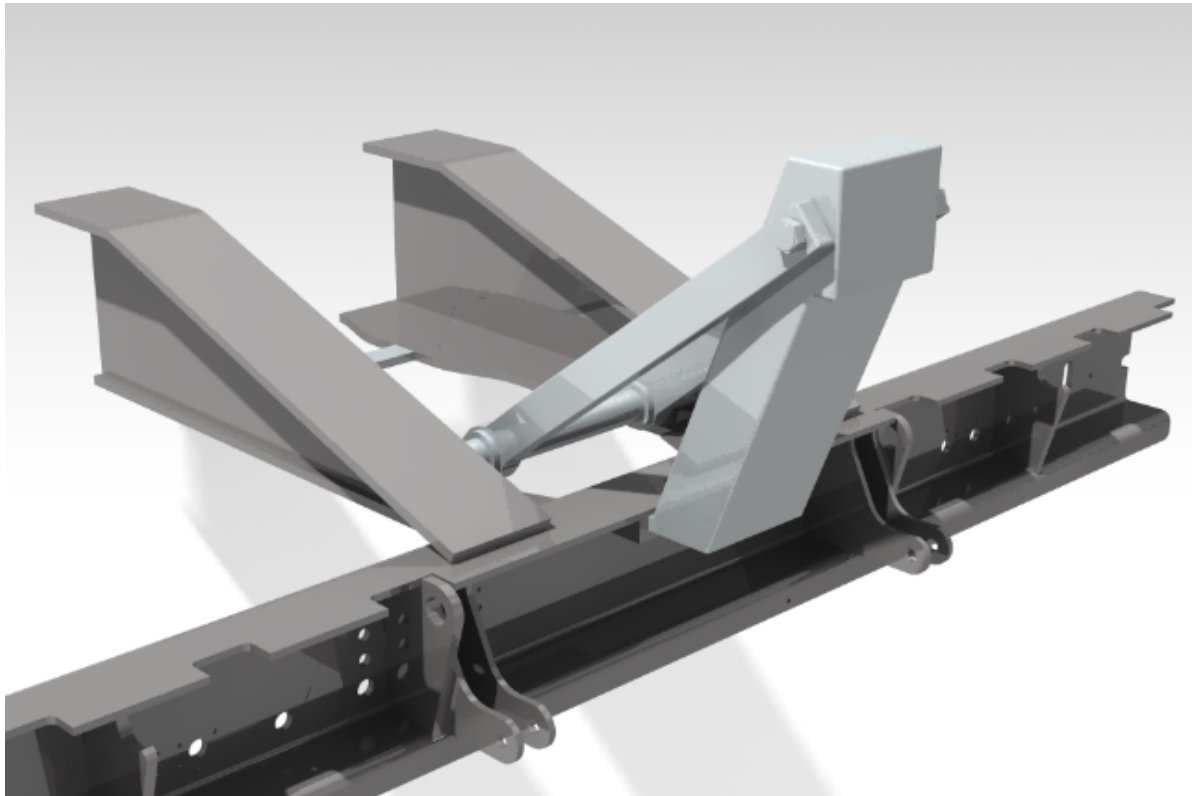




CHALMERS



Omkonstruktion av kopplingsanordning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

ROBERT HEDLUND

SORAN ALI MURAT

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2021

www.chalmers.se

Omkonstruktion av kopplingsanordning

Robert Hedlund

Soran Ali Murat



CHALMERS

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2021

Omkonstruktion av kopplingsanordning
Robert Hedlund och Soran Ali Murat

© Robert Hedlund, 2021
© Soran Ali Murat, 2021

Handledare på företaget: Peter Lindström och Olle Thalin
Handledare på Chalmers: Gert Persson och Johan Ahlström
Examinator: Johan Ahlström, Biträdande professor vid Konstruktionsmaterial/Industri
och materialvetenskap

Institutionen för industri- och materialvetenskap
Chalmers Tekniska Högskola
412 96, Göteborg, Sverige

Omslagsbild: Renderad bild av slutkonceptet.

Förord

Denna rapport beskriver det examensarbete som har utförts under våren 2021 i slutet av utbildningen till högskoleingenjör inom maskinteknik på Chalmers tekniska högskola. Examensarbetet är skrivet hos Institutionen för industri- och materialvetenskap

Vi vill rikta ett särskilt tack till Olle och Peter på VM Trailer som har givit oss chansen att skriva detta examensarbete. Vi vill även rikta stort tack till Gert Persson och Johan Ahlström som har varit handledare och hjälpt oss genom vårt arbete.

Sammanfattning

Denna rapport beskriver det teoretiska projekt som skett kring utformningen av en omkonstruktion av en kopplingsanordning. Detta projekt har gjorts åt företaget VM Trailer. VM Trailer är ett företag som tillverkar modifierade trailers för transport av tunga maskiner. Syftet med arbetet har varit att konstruera en infällbar kopplingsanordning för montering av bogserbygel. Denna bogserbygel ska vara centrerad och placeras 400 mm bakom i horisontalled samt 460 mm ovan i vertikalled utifrån trailerns centrum ämnesrör. Ytterligare förutsättningar har varit att anordningen ska klara en max kärrvikt på åtta ton med en säkerhetsfaktor på tre.

Utvecklingsprocessen inleddes med en undersökning av problemet, där lösningen delades i tre faser. Baserad på dessa tre faser och uppgifter om konstruktionen, kunde en kravspecifikation tas fram. Med hjälpresultat från informationsinsamlingen samt idégenereringsmetoder med produktens krav i åtanke kunde ett flertal koncept tas fram. Dessa koncept utvärderades sedan mot varandra genom urvalsmatriser. Vid detta stadiet valdes två koncept som potentiella lösningar till projektet. Det togs fram CAD-modeller och FEM-modeller för dessa koncept i CATIA-V5. Vidare utvärderades resultatet för dessa två koncept där det valdes ett slutgiltigt koncept.

Resultatet av uppdraget blev en visuell modell av det koncept som valdes till slutkoncept. Modellen blev densamma som den CAD-modell som gjordes tidigare. Ritningar för tillverkning gjordes för detta koncept. Delvis kunde kravuppfyllnad på slutkonceptet verifieras, men funktionen måste säkerställas med vidare beräkningar och provning.

Abstract

This thesis describes the theoretical work that has been done during a reconstruction of a towing mechanism. This work has been issued by a company named VM Trailer. VM Trailer is a company that dedicates towards modified trailers for transport of heavy machinery. The purpose of this work has been to construct a foldable towing mechanism with the aim of attaching a coupling device. This coupling device is set to be centered, with a location of 400 mm horizontal and 460 mm vertical behind the trailer's hollow bar. Further conditions have been that the construction must endure the dimension load with a safety factor of three.

The process for development was launched with a conduction regarding the problem in of itself. Here the problem was split into three phases. Based on these three phases together with conditions for the project, a specification of requirements was established. With the help of results from online searching and idea generating techniques with the requirements in mind, several concepts were drawn. These concepts were then compared absolutely to the requirements and later relatively towards each other with the help of established methods. At this stage, two concepts were elected for further development. With the help of CATIA-V5, CAD-models and FEM-models were made. These concepts were then evaluated through these models in order to choose the final concept.

The result from this project was a visual model of the concept that was selected as the final concept. The model was the same as the CAD-model made earlier. Drawings of all components in this concept were made. Some of the requirements for the final concept could not be verified, requiring further work and testing.

Innehållsförteckning

Förkortningar:	1
Beteckningar	1
1 INLEDNING	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Uppdragsbeskrivning	2
1.3 Syfte	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Precisering av frågeställningen	3
1.6 Rapportens disposition	3
2 METOD	4
2.1 Undersökning av problemet	4
2.1.1 Funktionsanalys	4
2.1.2 Kravspecifikation	4
2.2 Informationssökning	4
2.2.1 Patentsökning	4
2.2.2 Marknadsökning	5
2.3 Idégenerering	5
2.3.1 Kreativ Idégenerering	5
2.3.2 Systematisk Idégenerering	5
2.4 Analys av koncept	6
2.4.1 Hållfasthetsberäkningar	6
2.4.2 Elimineringsmatris	6
2.4.3 Pughmatris	6
2.4.4 Kesselringmatris	6
2.5 Vidareutveckling av koncept	7
2.5.1 Computer Aided Design	7
2.5.2 Finita Elementmetoden	7
2.5.3 Utmattning	7
3 RESULTAT	8
3.1 Undersökning av problemet	9
3.1.1 Funktionsanalys	9
3.1.2 Kravspecifikation	11
3.2 Informationssökning	15
3.2.1 Patentsökning	15
3.2.2 Marknadsökning	15
3.3 Idégenerering	16
3.3.1 Kreativ Idégenerering	16
3.3.2 Morfologisk matris	16
3.4 Konceptkatalog	20
3.4.1 Koncept - Gångjärn	21

3.4.2 Koncept - Hydrauliska	22
3.4.3 Koncept - Mekaniskt Lås	23
3.4.4 Koncept - Teleskop	24
3.4.5 Koncept - Konstant Höjd	25
3.5 Analys av koncept	26
3.5.1 Utvärdering av koncept	26
3.5.2 Materialval	28
3.5.3 Hållfasthetsberäkningar	28
3.6 Urvalsmatriser	30
3.6.1 Elimineringsmatris	30
3.6.2 Pughmatris	31
3.6.3 Kesselringmatris	32
4 VIDAREUTVECKLING AV VALDA KONCEPT	34
4.1 CAD-modell av koncept T1	35
4.2 Finit Elementanalys av koncept T1	38
4.3 CAD-modell av koncept K2	43
4.4 Finit Elementanalys av koncept K2	48
5 SLUTKONCEPT	54
5.1 Val av slutkoncept	54
5.2 Analys av resterande krav för slutkoncept	55
5.2.1 Korrosionsbeständighet	55
5.2.2 Livslängd	55
5.2.3 Miljövänlig	55
5.2.4 Säkerhet	57
6 DISKUSSION	58
6.1 Genomförande och metod	58
6.2 Resultat	58
7 SLUTSATS	60
7.1 Frågeställningen	60
7.2 Verifiering av kravspecifikation	60
7.2 Rekommendationer till vidareutveckling	62
Referenser	63
Bilaga 1 - Bogserbygel	
Bilaga 2 - Morfologisk Matris	
Bilaga 3 - Koncept- och idéskisser	
Bilaga 4 - Friläggning av koncept	
Bilaga 5 - Ritning på Slutkoncept	

Förkortningar:

HSLA: High Steel Low Alloy (Låglegerat stål)

CAD: Computer Aided Design

FEM: Finite Element Method (Finita Elementmetoden)

FEA: Finite Element Analysis (Finit Elementanalys)

KKR: Kallformat Konstruktionsrör

KCKR: Kallformat Cirkulärt Konstruktionsrör

Beteckningar

A	-	Area	-	$[m^2]$
E	-	Elasticitetsmodul	-	[Pa]
P	-	Dimensionerande kraft	-	[N]
F	-	Kraft	-	[N]
L	-	Längd	-	[m]
α, β	-	Vinklar	-	$[^\circ]$
a, b	-	Längder	-	[m]
σ	-	Spänning	-	[Pa]
σ_y	-	Sträckgräns	-	[Pa]
ε	-	Töjning	-	[-]
W_b	-	Böjmotstånd	-	$[m^3]$
M_b	-	Böjmoment	-	[Nm]
I	-	Yttröghetsmoment	-	$[m^4]$
R	-	Spänningsförhållande $\frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$	-	[-]

1 INLEDNING

Detta kapitel ger en inledning till rapportens studie. Detta består av en beskrivning av uppdragets bakgrund, syfte och mål. Samt beskrivs avgränsningar och precisering av uppdragets frågeställningar och avslutningsvis rapportens disposition.

1.1 Bakgrund

VM Trailer är ett företag som tillverkar trailer, släp, kärror och dragbils-påbyggnader m.m. Företaget grundades 1989 och har sedan starten ständigt utvecklat produkter anpassade för tunga transporter. I dag levererar företaget över 200 st transportfordon per år och anses som en av Europas ledande tillverkare inom området.

I dagens läge använder vissa typer av trailer en kopplingsanordning för att kunna koppla på kärror och andra ekipage efter trailern. Kopplingsanordningen består i huvuddel av en bogserbygel, ett rektangulärt konstruktionsrör och två hävarmar fästa i en axel. Bogserbygeln är fäst i konstruktionsröret med fem alternativa höjdplaceringar. När kopplingen inte används kan den fällas in inuti trailern.

1.2 Uppdragsbeskrivning

Bogserbygeln är den komponent som sammankopplar trailern och ekipage. Denna anses av kunderna vara för lågt och för nära placerad relativt trailern. Således vill VM Trailer finna en lösning till att omplacera den till en önskvärd placering. Ytterligare problem uppstår däremot om kopplingsanordningen helt enkelt förlängs för att flytta bogserbygeln, detta i form av att den inte får plats i sitt infällda läge. Därför söks nu en fullständig lösning som löser båda problemen med omplacerad bogserbygel samt utrymmet när den inte används.

1.3 Syfte

Syftet med detta projekt är att finna en komplett lösning till de båda problemen; omplacering av bogserbygel och placering när den inte används. En komplett lösning innebär även att kopplingsanordningen klarar den dimensionerande belastningen.

1.4 Avgränsningar

Projektet sker inom ramen för de krav som har specificerats av uppdragsgivaren. Viktiga aspekter kommer vara användarvänlighet, ergonomi och säkerhet. Begränsade ekonomiska beräkningar kommer användas i processen då detta inte var något krav från uppdragsgivaren.

Projektets resultat avgränsas till att endast presentera ett visuellt koncept i form av CAD-modell samt ritning av denna för tillverkning. En tillverkningsplan för konceptet utförs inte och ej heller byggs någon fysisk prototyp.

Ytterligare avgränsningar är tidsramen och sysselsättningen för projektet i sig som fortgår mellan den 18 januari 2021 till och med 21 maj 2021. Projektet utförs på 50% av ordinarie takt och beräknas till 20 timmar i veckan per student. Eftersom vi fortfarande befinner oss i den globala pandemin Covid-19 kan det eventuellt bli fler begränsande faktorer.

1.5 Precisering av frågeställningen

För att underlätta processen för ett konceptframtagande ställs tre frågor som ska besvaras. Dessa frågor gör det även enkelt att kunna verifiera om konceptet är en godkänd lösning till problemen.

- Hur kan bogserbygelns centrumtapp omplaceras till den angivna placeringen?
- Hur ska samtliga delar av kopplingen kunna stuvas undan när den har blivit omkonstruerad?
- Klarar den omkonstruerade anordningen säkerhetsfaktorn under maxbelastning?

1.6 Rapportens disposition

Rapporten följer en traditionell produktutvecklingsprocess, där en idé utvecklas till en ny produkt eller förbättrar den befintliga produkten. Det första kapitlet efter inledning är metod. Metod beskriver de tillvägagångssätt som har tillämpats för att erhålla de resultat som åstadkommit. Detta följs av resultatkapitlet. Resultatkapitlet beskriver vad de metoder som listades i kapitlet om metod gav för resultat. De första två sektionerna i resultat, handlar om analys och informationsinsamling. Därefter följer fyra sektioner som beskriver framtagning och utvärdering av koncept. De två sista kapitlen beskriver slutkoncept och verifiering av de ställda kraven. Därefter kommer diskussion om genomförandet samt slutsats.

2 METOD

I detta kapitel beskrivs de tillvägagångssätten projektet använt sig av för att ta fram det slutgiltiga konceptet.

2.1 Undersökning av problemet

För att skapa ett brett underlag inför konceptgenereringen, genomfördes diverse analyser av problemet.

2.1.1 Funktionsanalys

Problemet studerades med hjälp av en funktionsanalys. Funktionsanalysen visar vilka funktioner som en lösning ska finnas till. I funktionsanalysen tillämpas produktens funktioner genom att dessa delas upp i huvudfunktion, delfunktioner samt stödfunktioner.

Huvudfunktionen beskriver produktens syfte. Att uppfylla produktens huvudfunktion kan innebära att den behöver bestå av ett antal delfunktioner. Dessa delfunktioner samspelar för att uppfylla huvudfunktionen. Till hjälp av delfunktioner finns även stödfunktioner. Alla dessa funktioner måste sedermera erhålla en lösning i det slutliga konceptet (Österlin, 2016).

2.1.2 Kravspecifikation

För att förstå, säkerställa och förtydliga de mål som projektet har, gjordes en kravspecifikation. Kravspecifikationen anger de krav som måste uppfyllas för att en lösning ska anses vara godkänd. Dessa krav baserar sig på den frågeställning som ställdes upp i kapitel 1.4, samt de numeriska värdena som angivits i uppdragsbeskrivning. Vidare i kravspecifikationen finns även önskemål. Det införs en viktning av hur viktigt ett önskemål är i förhållande till andra önskemål med en skala mellan [1 - 5]. I detta fall är önskemål med 5:a högst viktade och önskemål med en 1:a lägst viktade. Kraven och önskemålen kommer användas senare under utvärdering av de framtagna koncept för att eliminera alternativ som jämförelsevis presterar sämre (Johannesson, et al. 2013).

2.2 Informationssökning

Informationssökning ska ge en bredare bas av förståelse, hämta inspiration och utforska liknande lösningar till problemet. Denna inhämtning av information är en del av att förbereda konceptutvecklandet.

2.2.1 Patentsökning

För att underlätta idégenereringsprocessen för en möjlig lösning, genomförs en patentsökning. Denna patentsökning fungerade som ett stöd i processen. Detta i form av hur liknande problem tidigare har lösts. Dessa patent som söks kan bidra till en helhetslösning på problemet eller ge idéer om hur delar av vissa frågor och problem kan lösas.

2.2.2 Marknadsökning

Ett liknande problem kan existera för andra företag och intressenter, således ska det identifieras hur dessa problem har hanterats. I denna marknadsökning menas det att få en inblick till marknaden och hur eventuella lösningar har tillämpats. Sökningen görs uteslutande via internet och riktar sig mot stora internationella företag som tillverkar transportvagnar. Vidare kan det även vara av intresse att söka efter andra företag som har inriktat sig på just denna typ av användning för trailrar.

Resultatet av detta skulle ge en förståelse av hur företag använder sig av kopplingsanordningar för att nyttja ekipage och släpkärror. Vidare kommer det även sökas efter produkter som inspirerar idéer till lösningar av problem och effekter.

2.3 Idégenerering

Med hjälp av diverse idégenereringstekniker och samarbetande metoder, ska egna idéer genereras. Dessa idéer ger ett brett spann av möjliga lösningar till problemet. Dessa strukturerade metoder beskrivs nedan. Idégenereringen genomförs efter informationssökningen eftersom inspiration anses vara väsentligt.

2.3.1 Kreativ Idégenerering

Tyst **Brainstorming** är en idégenereringsmetod där varje individ i gruppen har cirka fem minuter på sig att skriva ner olika lösningar utan samarbeta med någon annan. Sedan redovisas de framtagna lösningar, där samtliga deltagare förklara vad de ritat och hur de har tänkt. Där får de andra gruppmedlemmarna komma med input gällande förbättringar eller andra förslag på den redovisade lösningen (Johannesson, et al., 2013).

Brainwriting är en metod där deltagarna skriver ner så många idéer som möjligt. Kort formulerade meningar föredras. I denna metod får varje deltagare en problemförklaring på ett A4 papper där lösningar skrivs ned. Efter fem minuter får alla skicka vidare pappret till personen bredvid. En ny omgång börjar och alla får ytterligare fem minuter på sig att skriva ner sina idéer. Denna gång alla kan använda de idéerna från tidigare omgången som inspiration. I den sista omgången väljer alla de mest inspirerande idéerna (Österlin, 2016).

SCAMPER, även kallad för Osborns idésporrar, är ett verktyg som används för att skapa idéer för nya produkter. Där används stödord för att ifrågasätta, utmana och till sist förbättra en befintlig produkt med nya perspektiv. SCAMPER står för dessa stödord: Substitute (ersätta), Combine (kombinera), Adapt (anpassa), Modify (modifiera), Put to other use (ändra användningsområde), Eliminate (eliminera), Rearrange (omplacera) (Osborn, 1953).

2.3.2 Systematisk Idégenerering

En morfologisk matris är ett verktyg för att generera idéer på ett analytiskt och systematiskt sätt, baserat på potentiella variationer i problemets egenskaper. Vanligtvis tas produktens

funktioner och delfunktioner fram som utgångspunkt. Genom att hitta olika lösningar på dessa delfunktioner kan en morfologisk matris skapas. Den morfologiska matrisen ger således en matris av delfunktioner och dellösningar (Johannesson, et al., 2013).

2.4 Analys av koncept

När ett antal olika koncept har tagits fram behöver dessa utvärderas för att kunna komma fram till det bästa möjliga lösningen. Med hjälp av olika utvärderingstekniker kan de framtagna koncepten sällas.

2.4.1 Hållfasthetsberäkningar

Baserat på de koncept som tagits fram, genomfördes enkla hållfasthetsberäkningar. Detta för att kunna eliminera koncept som har en struktur som ger upphov till kritiska spänningar. Beräkningarna för respektive koncept behandlas från fall till fall. Mest kritiskt studerades balkböjning och knäckning där Euler-bernoullis balkteori tillämpades.

2.4.2 Elimineringsmatris

Elimineringsmatris är en utvärderingsmetod där ett koncept utvärderas mot ett antal kriterier som koncepten ska uppfylla. Om ett kriterium inte är uppfyllt, elimineras konceptet som ett möjligt slutkoncept. Detta är ett enkelt och snabbt sätt att eliminera de koncept som har liten eller ingen potential i ett tidigt skede av utvärderingen (Johannesson, et al., 2013).

2.4.3 Pughmatris

Pughmatris är en relativ beslutsmatris där alla koncept viktas mot ett valt referenskoncept för att se hur bra de uppfyller önskemål från kravspecifikationen. Denna referens har "0" mot alla kriterier och blir därmed referensvärdet. De andra koncept jämförs sedan parvis för vart och ett av kriterierna. Ett koncept tilldelas "-" om det uppfyller kriteriet sämre än referenskonceptet, "0" om det uppfyller kriteriet lika bra och "+" om det uppfyller kriteriet bättre. Den övergripande utvärderingen görs genom att summera totalpoängen för varje koncept. På det sättet kan man få en uppfattning på vilka koncept som är bättre eller sämre. Detta steg kan upprepas med olika referenskoncept för att säkerhetsställa att de sämst presterande koncepten sällas bort (Johannesson, et al., 2013).

2.4.4 Kesselringmatris

I den avslutade utvärderingen av koncepten används kriterieviktmetoden. Denna utvärdering har en större precision då lösningarna jämförs med varandra och kan viktas efter hur väl de uppfyller kriterierna. Kesselringsmatrisen har en poängskala från [1-5], där 1 poäng värderas som till en väldigt dålig lösning och 5 poäng värderas till en lösning som uppfyller kriteriet utmärkt. Detta multipliceras sedan med hur önskemålet är viktat i kravspecifikationen och summeras ihop. Poängen som koncepten erhåller jämförs och det konceptet med högst poäng anses vara det som löser uppgiften bäst (Johannesson, et al., 2013).

2.5 Vidareutveckling av koncept

De två sista resultatgivande delarna av rapporten undersöker först de lämpligaste lösningarna som tagits fram ur urvalsmatriserna. Slutligen valdes ett av dessa koncept till slutkoncept där ritningar och detaljutveckling presenteras.

2.5.1 Computer Aided Design

För att få en överblick hur de två koncepten som vidareutvecklas kommer se ut, skapades två fullständiga modeller. I modellerna visas alla komponenter och deras placering i förhållande till varandra, samt deras mått. Denna modell skapades med hjälp av CAD, för att få en tydlig och mer detaljerad bild av hur olika delfunktioner på slutkonceptet kommer se ut. Genom att ta fram en CAD-modell på det tilltänkta slutkonceptet kan den studeras tredimensionellt. Den tredimensionella studien tar reda på om konceptet som helhet är en möjlig lösning.

2.5.2 Finita Elementmetoden

FEA-beräkningar utfördes iterativt på de detaljerade koncepten. Detta för att kunna visuellt se hur konstruktionen och det valda materialet beter sig under belastning och var de högsta spänningarna samt translationer uppstår. På detta sätt kan svaga punkter i strukturen optimeras samt spänningskoncentrationer upptäckas och minimeras.

2.5.3 Utmattning

För att kunna få en uppskattning på materialets livslängd görs en utmattningsanalys. Ett materials utmattningslivslängd är det totala antalet cykler som ett material kan utsättas för under ett belastningsschema (Ashby, et al., 2018).

3 RESULTAT

I detta kapitel redovisas de resultat som har tillkommit under processen för att bygga upp möjliga lösningar till problemet. De två första sektionerna handlar om undersökning, informationsinsamling och inspirationshämtning för att bredda förståelsen av problemet samt bilda en bred bas inför konceptbildandet.

De två kommande sektionerna baserar sig på konceptkonstruktion. Den första sektionen av de två, handlar om att strukturera upp möjliga dellösningar. Dessa dellösningar kommer från de kapitlen om undersökningen men även fri uppfinningsfrihet och kreativa metoder. Det andra av de två kapitlen listar ett selektivt urval av koncepten som tagits fram.

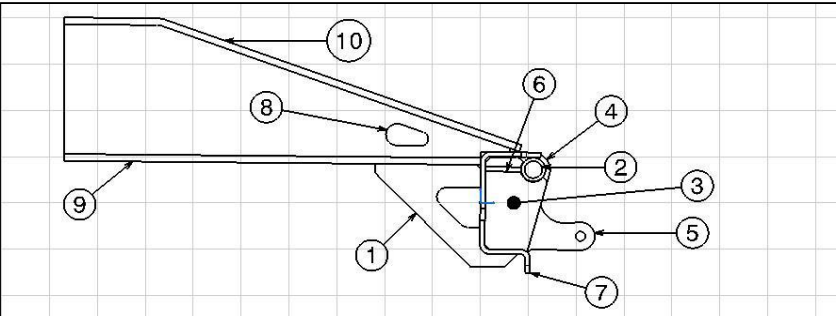
I de två sista sektionerna utvärderas de koncepten som listats i kapitlet konceptkatalog. Dessa elimineras successivt tills återstående koncept blir valda för vidareutveckling. Denna successiva process är till en början analytisk av för- och nackdelar samt vad vidareutveckling skulle kräva med respektive koncept. Dessa utvärderas med hjälp av matriser.

3.1 Undersökning av problemet

Inledningsvis studeras problemet noggrannare för att förstå och bryta ner problemet. Detta ska ge en bra grund inför idégenereringsstadiet.

3.1.1 Funktionsanalys

För att få en bättre uppfattning om strukturen och benämningar kring problemet, beskrivs komponenternas namn. I figur 3.1 visas och beskrivs de komponenter som bygger upp aktern på trailern med dess respektive material och dimensioner.



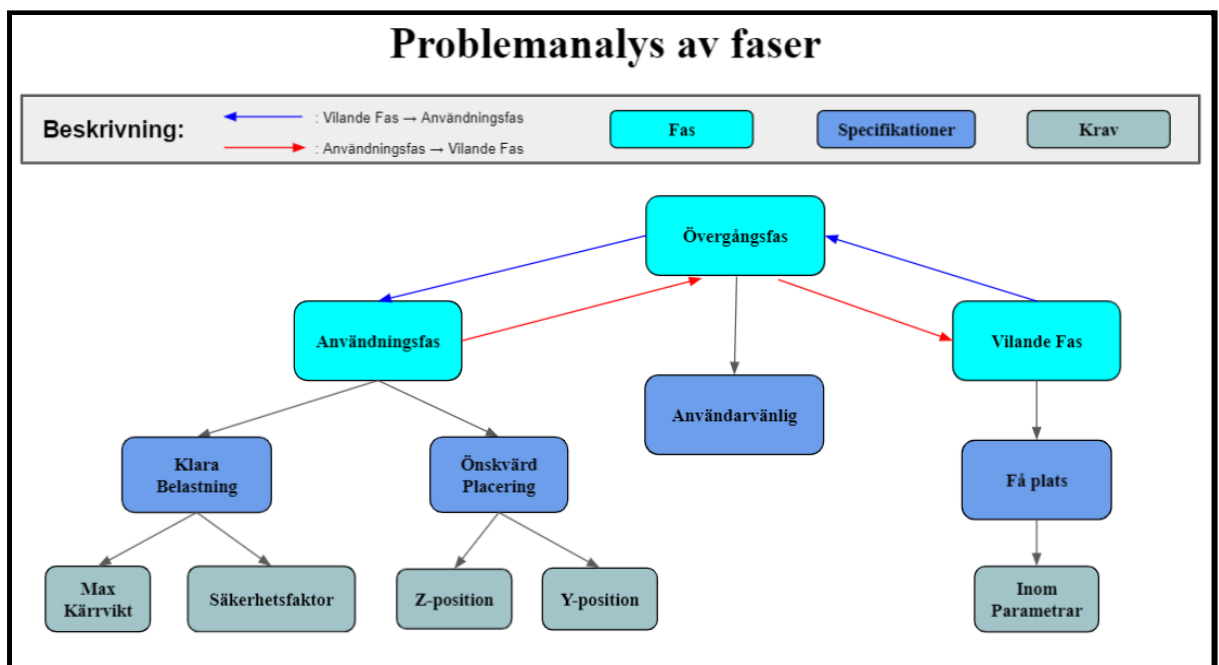
Nr	Beskrivning	Material	Dimensioner
1	Kil skogsjumbo ljusramp	Domex 355 MC	300x220x10
2	Ämnesrör	S355J2G3	51/36,8, L=174
3	Rampfäste mellan	S355J2G3	T=15
4	Rampfäste inre	S355J2G3	T=15
5	Öra Infä. cyl. skojum	Domex 355 MC	L=240, B=208, T=10
6	PLS 150x10	S355J2G3	L=74,5
7	Ljusbalk bockad Skogsjumbo	Domex 355 MC	2556x433x10
8	Lågbord Liv inre	Weldox 700	T=8
9	Undersula CB axel 2-3	Weldox 700	3578x230x15
10	Översula LB (SJ Tromb)	SB 600	200x15

Figur 3.1. Materialförteckning över komponenter i trailerns akter

Vid analys av problemet valdes det att dela in lösningen till problemet i två primära faser: *Användningsfas* och *Vilande Fas*. Användningsfasen syftar på det fall då kopplingen är utfälld och belastas med en kärrvikt. Den vilande fasen innebär att kopplingen är infälld inuti trailern.

Ytterligare en fas kommer tas i akt, den fasen som skiljer de två primära åt, *Övergångsfasen*. Övergångsfasen är det stadie där användningsfasen går till vilande fas och omvänt. Att finna en lösning till denna fas är lika viktig som de två andra och bristande lösning till den kommer eliminera ett koncept.

För att enklare förstå problemet bättre och vilka kriterier som måste granskas, genomfördes en problemanalys. Problemanalysen, se figur 3.2., baserar sig på de tre sammanlänkade faser som problemet delats in i. Vidare delades dessa faser in i specifikationer som är baserade på krav från uppdragsgivaren.



Figur 3.2. Problemanalys för lösningen med de tre olika huvudfaserna och dess respektive parametrar.

Under *Användningsfas* anges krav som är numeriskt specificerade enligt arbetsbeskrivningen. Under *Vilande Fas* listas den specifikation som tillhör uppdraget med kravet att den ska få plats inuti tomrummet i trailerns akter. Dessa numeriska värden listas under kapitlet för kravspecifikation.

3.1.2 Kravspecifikation

För att konkret veta inom vilka ramar lösningen rör sig och för att kunna verifiera att ett slutkoncept är godkänt utformas en kravspecifikation. Vissa av kraven är direkt hämtade från angivna värden från uppdragsgivaren, medan andra krav är analyserade utifrån de basala krav den kan förväntas uppnå.

Kravspecifikationen är indelad i fyra kategorier: *material*, *konstruktion*, *centrumtappens placering från axel* och *Ekonomi*. Detta för att underlätta framtagning av produkten då fokus lättare kan läggas på de enskilda kraven inom kriterierna, samt att kunna ändra krav vid behov efter vad uppdragsgivaren kravsätter. Nedan beskrivs och motiveras de **krav** som projektet har.

Korrosionsbeständighet anses på grund av anordningens placering vara en viktig parameter. Eftersom den vid tillfällen är utsatt för diverse sorters väder och fuktiga miljöer är det viktigt att den inte rostar. Detta krav ska dock tolkas som att det är kopplingsanordningen som inte får korrodera, och lösningar till det är inte nödvändigtvis kopplat till materialval. Exempelvis kan detta lösas med någon form av ytbeläggning.

Livslängd för konstruktionen ska betraktas eftersom den utsätts för en cyklisk last. Livslängden blir därmed en fråga om utmattning där spänningarna varierar från positiv maxspänning till negativ maxspänning.

Miljövänlighet är alltid en viktig aspekt i produktvecklingssammanhang. Det konstruktionsmaterialet som väljs, får inte ha en för stor negativ påverkan på miljön och måste till största del vara återvinningsbar.

Klara belastningar är ifrån ett hållfasthetsperspektiv det viktigaste kravet på konstruktionen. Den specificerade max-belastningen som kopplingen ska klara är en kärrvikt på 8000 kg.

Säkerhetsfaktor mot plasticering för belastning i horisontal riktning ska enligt uppdragsgivaren vara 3. För vertikal samt åt sidorna ska säkerhetsfaktorn vara 1.5. Se tabell 3.1 för dimensionerande vikt beroende på belastningsfall.

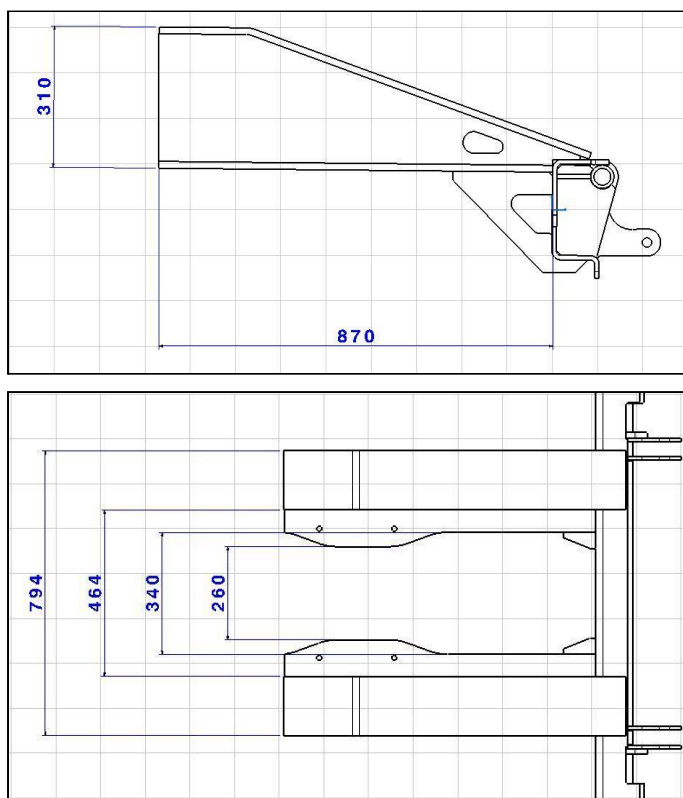
Tabell 3.1. Dimensionerande maxvikter för respektive belastningsriktning

Belastning	Säkerhetsfaktor	Maxvikt [kg]
Horisontal (Z-led)	3	24 000
Vertikal (Y-led)	1.5	12 000
Sidor (X-led)	1.5	12 000

Passa dimensioner för bogserbygel är ett standardmässigt krav. Lösningen till konstruktionen måste inneha de parametrar som är för den bogserbygel uppdragsgivaren använder sig av. Ytan som kopplingsanordningen och bogserbygeln fästs mellan är 200 x 140 [mm]. (Se Bilaga 1).

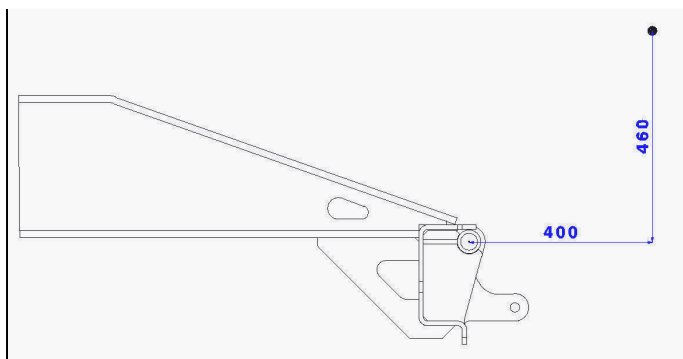
Säkerheten är av ytterst vikt eftersom kopplingen enligt specifikation kommer vara manuellt manövrerad. Säkerhetsaspekter kommer främst ta hänsyn till klämrisker och vassa kanter. Verifiering av detta krav sker genom analys av modellen för slutkoncept.

Få plats under infällt läge är det tillstånd som hör till den vilande fasen. Instruktioner från uppdragsgivaren är att strukturen och ramarna för tomrummet inte får omkonstrueras eller ändras. Nedan i figur 3.3, visas de dimensioner som innefattar utrymmet där kopplingen ska vila i infällt läge. Att hitta en lösning till detta problem innebär att modifiera storleken och positionering av kopplingsanordningen till att få plats inuti.



Figur 3.3. Dimensioner [mm] i ovan- och sidovy för tomrummet i aktern av trailern

Placering av centrumtapp syftar på numeriska krav med angivna värden från uppdragsgivaren. Alla mått är angivna utifrån ämnesröret som sitter längst ut på trailerns akter, se figur 3.4. Centrum av ämnesröret betraktas därmed som origo för alla längdberäkningar. Bogserbygelns centrumtapp ska i lösningen vara vertikalt placerad 460 mm ovan och horisontellt 400 mm bakom ämnesröret. Det är denna placering som är en av de två huvudsakliga uppgifterna. Bogserbygelns sammanfogningsyta med kopplingsanordningen är 107 mm bakom centrumtappen. Detta innebär att sammanfogningsytan ska placeras 293 mm bakom ämnesröret. (Se Bilaga 1 - Bogserbygel).



Figur 3.4. Måtten för den centrerade placering av centrumtappen, mätt från ämnesröret på trailers akter

Utöver de specificerade kraven ovan, finns även önskemål på lösningen. Dessa önskemål viktas från 1-5, där 1 innebär ett önskemål med låg relevans relativ de andra önskemålen och 5 innebär hög relevans. Till skillnad från kraven där varje krav måste vara uppfyllda för en lösning anses vara godkänd, är önskemålen bara ett verktyg för att välja det bästa alternativet.

Ett önskemål är att **minimera materialkostnaden**. Detta är förstås alltid relevant ur ett konstruktionsperspektiv. Däremot på grund av naturen av projektet där en komplicerad konstruktion är central, blir priset inte lika viktigt. Därför får detta önskemål en 2:a som vikt. Den totala materialkostnaden bestäms som summan av alla komponenter och deras respektive vikt och pris per kilo. Slutligen inom materialvals-kategorin klassas **återvinningsbarhet**, som är viktigt inom ett hållbarhetsperspektiv. I detta fall syftar önskemålet på det/de material som kopplingsanordningen är gjord av, ska i högsta grad vara återvinningsbar.

Vidare studerar vi önskemålen satta på konstruktionen som helhet. **Lätt att montera/demontera, vikt** och **ergonomisk** är tre önskemål som är sammanlänkade. Vikt önskemålet bestäms med summan av alla komponenter och deras respektive densitet och volym och angivs en 3:a som vikning. Lätt att montera/demontera syftar till att lösningen ska vara enkel att manuellt manövrera. Den ska således inte vara påfrestande på personen som ändrar mellan de användnings- och vilande fas, se figur 3.1. Lätt att montera/demontera och ergonomiskt ansätts båda en vikt på 4:a då det varit ett tydligt önskemål från uppdragsgivaren att lösningen ska vara enkel och lätthanterlig. Det sista och mest beskrivande av uppdraget i sin helhet är att det ska vara en **enkel lösning**. Detta var en understruket önskemål från uppdragsgivaren och således valdes den till att ha en 5:a som vikt.

Samtliga nämnda krav och önskemål kan ses i Tabell 3.2.

Tabell 3.2. Kravspecifikationen med tillhörande krav och önskemål

Kravspecifikation						
#	Kriterier	K/Ö	Vikt (1-5)	Målvärde	Verifieringsmetod	Referenser
1. Material						
1.1	Korrosionbeständigt	K		Ja	Materialegenskaper	Granta Edupack
1.2	Vikt	Ö	3	Minimera	$\Sigma \text{ Volym} \cdot \text{Densitet}$	Catia-modell
1.3	Livslängd	K		Maximera	Utmattnings beräkning	Utmattnings beräkning
1.4	Återvinningsbar	Ö	3	Maximera	Materialegenskaper	Granta Edupack
1.5	Miljövänlig	K			Eco-Audit	Granta Edupack
1.6	Materialkostnad	Ö	2	Minimera	$\Sigma \text{ Massa} \cdot \text{pris/kg}$	Granta Edupack
2. Konstruktion						
2.1	Klara belastning	K		8 ton	Hållfashetsberäkning	FEM
2.2	Säkerhetsfaktor	K		3	Hållfashetsberäkning	FEM
2.3	Passa dimensioner för Bogserbygel	K		Angivna mått	Dimensionera	Catia-modell
2.4	Enkel Lösning	Ö	5	Minimera antal delar	Undersöka	Catia-modell
2.5	Lätt att montera/demontera	Ö	4	Användarvänlig	Undersöka	Catia-modell
2.6	Säkerhet	K		Eliminera risker	Undersöka	Catia-modell
2.7	Ergonomiskt	Ö	4	Användarvänlig	Undersöka	Catia-modell
2.8	Få plats under infällt läge	K		87x(34-26)x(31-7,5)	Mätning	Catia-modell
3. Placering av centrumtapp från ämnesrör						
3.1	Y-led (Förflyttning uppåt)	K		460 ± 5 [mm]	Mäta	Catia-modell
3.2	Z-led (Förflyttning utåt)	K		400 ± 5 [mm]	Mäta	Catia-modell
3.3	Centrerad	K		0 ± 5 [mm]	Mäta	Catia-modell
4. Ekonomi						
4.1	Konstruktionskostnad	Ö	3	Minimera	$\Sigma \text{ Massa} \cdot \text{pris/kg}$	Granta Edupack

3.2 Informationssökning

Informationssökningen omfattar genomsökning av diverse olika källor som kan ge bidrag till idéer och allmän inspiration till lösningar. I detta kapitel redovisas de resultat som tillvägagångssätten har genererat. De två informationssökningar som varit i fokus är patent- och marknadssökning. Gemensamt är att de båda försöker hitta befintliga lösningar på mekanismer och helhetslösningar som inspiration kan hämtas från.

3.2.1 Patentsökning

Patentsökningen genomfördes i den svenska Patent- och registreringsverkets databas samt Espacenet. Espacenet är en internationell patentdatabas. Här användes söktermer som *coupling device*, *towbar*, *infällningsmeknismen* och *retraction* m.m. Dessvärre genererade sökningarna inget resultat som ansågs vara värt att använda sig av för arbetet. Detta gällde både för lösningar kring kopplingar i helhet, men även små detaljlösningar.

3.2.2 Marknadsökning

En bred sökning av de största internationella företagen inom liknande marknader genomfördes. Detta i form av sökning på google där företag som *Doepker Industries*, *East Manufacturing Companies* och *Fruehauf* granskades. Dessa företag kunde i sig inte ge någon tydlig bild av hur ett liknande problem har behandlats. Första intrycket är att standarder, tillvägagångssätt och behov inom olika internationella industrier skiljer sig åt.

Emellertid gav sökningar på olika mekanismer för att dels alternera höjden på saker men även låsmekanismer resultat. Det svenska företaget Bahco har tillverkat en pallbock som använder sig av ett mekaniskt lås. Denna låsmekanism ansågs vara en intressant metod för att alternera höjden på konstruktionen. Den studerade pallbocken kan ta en last på 16 000 kg och längden kan förlängas 240 mm, från 475 mm till 715 mm. En omkonstruktion av mekanismen kombinerat med den angivna längdökningen, kan ge ett bra tillskott till lösningen för övergång av faser (Bahco, u.å)

Teleskoprör är ett sätt att hylsa eller expandera olika delar inuti varandra. McMaster-Carr är ett amerikanskt företag som tillverkar teleskoprör av stål. De har ett urval av teleskoprör som ansågs intressant att utforska och eventuellt använda som en dellösning för att alternera höjden (McMaster, u.å). Däremot skulle denna lösning kräva en låsmekanism under användning.

3.3 Idégenerering

Idégenereringen möjliggör att många idéer tas fram ur en stor lösningsrymd. För att göra detta används Brainstorming för att söka lösningar till delfunktionerna i problemanalysen. En förstudie gjordes inför den kreativa metoden brainstorming för att generera inspiration till idéskapandet. Målet med denna metod var att upptäcka så många koncept som möjligt.

3.3.1 Kreativ Idégenerering

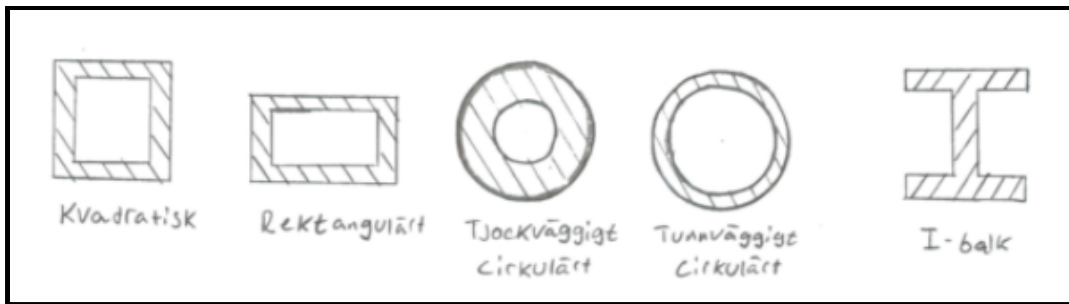
För att generera så många lösningar som möjligt är kvantiteten viktigare än idéernas kvalitet. Det var av yttersta vikt att ingen kritik fick framföras när idégenereringen gjordes, detta för att släppa fram alla idéer och behålla ett divergent tänkande. Den kreativa idégenereringen inleddes med en tyst individuell brainstorming. Detta stadie av idégenereringen resulterade få nya idéer. Därmed gjordes ett nytt försök där Brainwriting tillämpades. Alla framtagna lösningar listades och det visade sig att många av idéerna var väldigt lika eller hade flera gemensamma faktorer. I den avslutande delen av de kreativa metoderna användes SCAMPER. Med denna metod kunde flera dellösningar till delfunktionerna hittas. Senare valdes att arbeta med idégenereringen på ett mer systematiskt sätt.

3.3.2 Morfologisk matris

För att skapa olika koncept av alla idéer valdes att arbeta med idégenereringen på ett mer systematiskt sätt genom att göra en morfologisk matris. Denna matris fungerar väl för att strukturera upp delproblem och kunna kombinera dellösningar för bildande av koncept. Det ansågs vara relevant att svara till problemen om *belastning, placering av fästpunkt, placering av konstruktion i vila, alternera höjder* samt *övergångsfas*.

Belastningen kan beskrivas horisontellt, vertikalt och sidoriiktad. I den Morfologiska matrisen har endast belastning i horisontal- och vertikalled behandlats. Sidobelastning anses vara ett problem som kan balanseras enkelt med breddning av den vertikalt belastade komponenten.

Belastning vertikalt: Detta delproblem ska ge svar åt den komponent som ska ta den vertikala belastningen från kärrvikten. Dellösningar till detta problem omfattade Kallformat Konstruktionsrör (KKR) av två olika tvärsnitt, fackverk, stödpinnar och profilvarierande-balk. Fackverk behandlas då konstruktionen är känd för att kunna absorbera stora pålagda krafter för relativt lite materialåtgång. Stödpinnarna är tänkt att kunna ge ytterligare stöd till en konstruktion som redan kan ta en större andel av den vertikala lasten i den andra komponenten (se **belastning horisontellt**). Mest anmärkningsvärda av alternativet är den profilvarierande balken. Här var tanken att lämna utrymme för att tvärsnittet kan ändras men ändå uttrycka att det är en större komponent som tar den vertikala lasten. Se figur 3.5 över exempel på tvärsnittsvariationer.



Figur 3.5. Exempel på profilvarierande balktvärsnitt

Belastning horisontellt: Denna belastning hanterades på samma sätt som delproblemet om den vertikala belastningen. Den enda skillnaden är att här ansågs inte stödpinnar kunna fylla någon funktion och används inte som dellösning. Även här används den profilvarierande balken under samma beskrivning. Se figur 3.5.

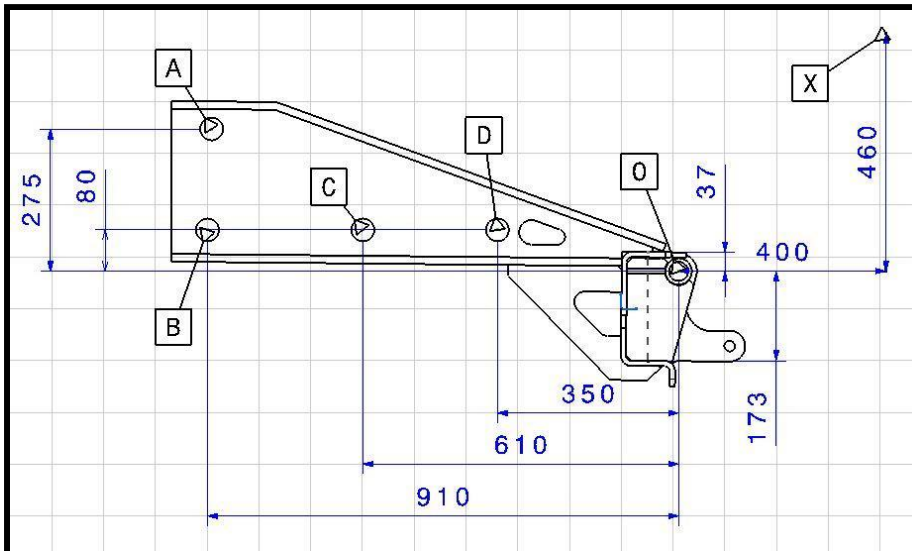
Stödpunkt: Detta delproblem gäller placeringen av stöd-/fästpunkten för den huvudsakligen vertikala lastbärande komponent. Dellösningarna för detta problem angavs som placering; under trailer balk, ovan trailer balk, på översula och ingen stödplacering alls. Exempelvis är KKR:et i företagets nuvarande lösning fäst i den undre sidan av trailerns balk.

Axel placering: Delproblemet anses vara placeringen av den axel som konstruktionens huvudsakliga horisontala lastbärande komponent kan rotera kring. Samtliga lösningar förväntas använda minst en av angivna placeringar. Nedan i tabell 3.3. kan koordinater relativt ämnesröret (origo) för dessa placeringar ses. Dessa har blivit givna beteckningar [A-D] för enkel referens. Anmärkningsvärt är att dessa placeringar ses som preliminära positioneringar. De är i största mån placerad i en rand för utrymmet där flyttning i vissa riktningar kan medföra ej godkänd placering.

Tabell 3.3. Koordinater för axlar och placering av bogserbygel samt deras längd från bogserbygeln, beteckningar enligt figur 3.6.

Benämning	Beteckning	X-koordinat [mm]	Y-koordinat [mm]	Längd från Bogserbygel [mm]
Längst in över	A	910	275	1323
Längst in ner	B	910	80	1364
Mitten	C	610	80	1080
Längst ut	D	350	80	840
Bogserbygel	X	-400	460	0
Origo	O	0	0	610

I figur 3.6. nedan kan utmärkta positioner för axelplaceringarna [A-D] ses. Ytterligare i figuren är intressanta koordinater utmärkta, där [X] markerar bogserbygelns placering och [O] markerar origo. Dessa markeringar visar dels förhållandet i avstånd jämfört varandra, men även i förhållande till aktern av trailern.



Figur 3.6. Utmärkade avstånd för respektive axel samt placering av bogserbygel och origo

Positionering infällt läge: Delproblemet går ut på att avgöra hur kopplingen ska förvaras när den inte är under användning. Eftersom kravet är att den ska förvaras undangömd, utforskas endast alternativ om placeringar inuti det angivna utrymmet. Resonemang kring problemet ledde till två olika dellösningar för förvaring; *Rakt placerad* respektive *snett placerad*. Rakt placerad innebär att kopplingen placeras centrerad i Z-led (mitten av trailern). Snett placerad söker att utnyttja det maximala rymdmåttet inuti utrymmet, men medför även att kopplingen i sin övergångsfas kommer behöva vrida sig.

Alternerande höjder: Tankegången vid konceptskapandet har varit att kunna ändra höjden på något sätt. Delproblemet här betecknar den förmåga att kunna vara kortare vid vila och längre vid användning. Således har fem dellösningar hanterats; gångjärn, hydraulisk, mekanisk låsmekanism, teleskoprör och konstant höjd. Den sistnämnda dellösningen baserar sig på att med andra metoder än att påverka höjden kunna lösa delproblemet. Gångjärn innebär att, med hjälp av någon sammanfogning, tillåta de lastbärande komponenterna att rotera upp till 180° vinkel mellan varandra. Hydraulik syftar på att ge en rak förlängning parallellt med centrumaxeln för balken med hjälp av hydraulisk kraft. Mekanisk låsmekanism avser att med hjälp av en säkerhetssprint eller liknande, kunna förhindra rörelse mellan två balkar under användning. Vidare gällande låsmekanismen är att den kräver en balk som kan röra sig centriskt kring ett nav. Teleskoprör använder sig av teleskopröreffekten, där en balk kan röra sig centriskt inuti en större balk.

Dellösningarna från den fria idégenereringen grupperades med bokstäverna [A - E] och delproblemen organiserades med nummer från [1 - 6]. Dessa kunde sedan kombineras till ett

brett underlag av olika koncept. Enkla skisser på lösningar till delfunktionerna gjorde det enklare att kunna visualisera olika kombinationer (se bilaga 2 - Morfologisk matris). Eftersom det blev många olika kombinationer att ta hänsyn till valdes redan här att eliminera lösningar som inte kändes realiserbara eller var svåra att kombinera med andra dellösningar.

Tabell 3.4. Beskrivning av samtliga dellösningar i den Morfologiska matrisen i text

Morfologisk Matris		Dellösningar				
#	Delform	A	B	C	D	E
1	Belasta upp/ned	Fackverk	KKR	KKCR	Stödpinnar	Profilvarierande balk
2	Belasta höger/vän	Länkarmar	Fackverk	KKR	Profilvarierande balk	
3	Stödpoint	Under trailer balk	Ovan trailer balk	På översula	Ingen stödpoint	
4	Placering av Axel	Nere längst in (Placering B)	Ovan längst in (Placering A)	Mitten (Placering C)	Längst ut (Placering D)	
5	I vila	Sned	Rak			
6	Alternera höjder	Gångjärn	Hydraulik	Mekaniskt låssystem	Teleskoprör	Konstant Höjd

3.4 Konceptkatalog

Framtagningen av koncept består av att kombinera de genererade idéerna som sedan resulterar i en konceptkatalog. I detta kapitel används konceptkatalogen som en utgångspunkt i urvalsprocessen för att komma fram till mest optimala slutkonceptet.

Baserat på de tidigare delarna av detta kapitel, i synnerhet från fri idégenerering, har koncept till lösningar tagits fram. Dessa koncept är skapade med hjälp av den morfologiska matrisen. Se Bilaga 2 - Morfologisk matris. Här har en lösning till varje problem kombinerats ihop för att bilda en helhetslösning till problemet. Enligt den morfologiska matrisen, se tabell 3.4, finns det sex problem och mellan två till fem lösningar till varje problem. Totalt blir detta 3200 olika permutationer till helhetslösningar. Däremot som det nämndes i sektionen om Morfologisk matris går inte alla dellösningar att kombinera. Därav har koncepten som listats i detta kapitel blivit selektivt valda.

Dessa lösningar är explicit genererade med vilande- och övergångsfasen i åtanke. Här betraktas bara tillvägagångssättet för vilande fas, mer beräkningar på tvärsnitt kommer krävas för att avgöra om den får plats. Huruvida användningsfasen blir lämplig betraktas i vidareutveckling av koncept.

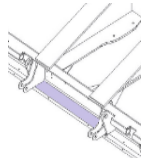
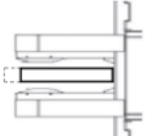
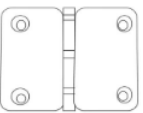
Dessa lösningar ges namn med sex bokstäver, där varje bokstav ges av respektive dellösning till delproblemet den löser. Konceptkatalogen delas in beroende på lösningen till *alternering av höjd*. Detta anges ett bindestreck (-) mellan den femte och sjätte bokstaven, där den sista bokstaven anger huvudkategorin. Således finns det fem konceptkategorier; *Gångjärn*, *Hydrauliska*, *Mekaniskt Lås*, *Teleskop* och *Konstant Höjd*.

3.4.1 Koncept - Gångjärn

De koncepten som kategoriseras i detta delkapitel, använder sig av en gångjärns-liknande metod för att minska och öka längden på den lastbärande armen. Detta skulle lösa problemet för den vilande fasen då den blir mindre och den använder sig av en vecklande effekt som övergångsfas.

Koncept G1:

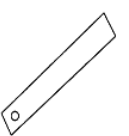
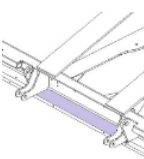
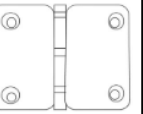
Konceptet består av två lastbärande fackverk. Tanken är att sammanfogningen av dessa två fackverk till viss del består av ett gångjärn som gör det enklare att veckla samman konstruktionen. Axeln som fackverket med belastning horisontellt tar stöd i och roterar kring, är placerad i nedre inre hörnet. Det fackverk som tar den huvudsakliga vertikala lasten är fäst i den undre delen av balken. (Se figur 3.7)

Koncept	Belastning vertikalt	Belastning horisontell	Placering stödpunkt	Placering axel	Placering infällt läge	Alternera höjder
ABAAB-A	Fackverk 	Fackverk 	Under trailer balk 	Nere längst in 	Rak 	Gångjärn 

Figur 3.7. Den morfologiska kombinationen för koncept G1

Koncept G2:

Konceptet består av två KKR som tar belastningen i samtliga riktningar. Den använder sig av ett gångjärn för att enklare veckla samman konstruktionen. Axeln som den horisontellt belastande KKR:et roterar kring, är placerad längst upp i den inre delen av utrymmet. Den vertikala lastbärande KKR:et finner stöd i nedre delen av trailers balk. (Se figur 3.8)

Koncept	Belastning vertikalt	Belastning horisontell	Placering stödpunkt	Placering axel	Placering infällt läge	Alternera höjder
BCABB-A	KKR 	KKR 	Under trailer balk 	Uppe längst in 	Rak 	Gångjärn 

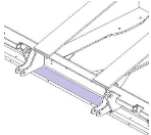
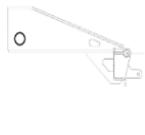
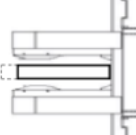
Figur 3.8. Den morfologiska kombinationen för koncept G1

3.4.2 Koncept - Hydrauliska

De koncepten som listas nedan baserar sig på en hydraulisk mekanism för höjdändring. Denna höjdändring gör att den belastande armen kan göras kortare inför vila och förlängas inför användning. Specifikt vad som reglerar hydrauliken och vilken vätska som används utforskas senare.

Koncept H1:

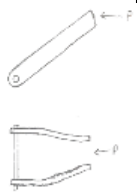
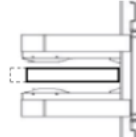
Konceptet omfattar två balkar utan förutbestämda profiler, där båda komponenterna kan förlängas. Den hydrauliska mekanismen möjliggör att hela konstruktionen får plats vid infällt läge. Axeln som den horisontellt belastade balken roterar kring är placerad i den inre nedersta positionen. Balken som tar den vertikalt riktade lasten tar stöd i den nedre delen av trailerns balk. (Se figur 3.9)

Koncept	Belastning vertikalt	Belastning horisontell	Placering stödpunkt	Placering axel	Placering infällt läge	Alternera höjder
EDAAB-B	Variabel balk 	Variabel balk 	Under trailer balk 	Nere längst in 	Rak 	Hydraulik 

Figur 3.9. Den morfologiska kombinationen för koncept H1

Koncept H2:

Konceptet består av en balk utan förutbestämd profil i vertikal belastning och länkarmar för horisontell belastning. Den hydrauliska lösningen finns endast i balken. Axeln som länkarmarna roterar kring är placerad längst ut på trailern. Dessa länkarmar fungerar dessutom som stödpunkt för hela konstruktionen vid användning. Därmed används ingen placering av stödpunkt för detta koncept. (Se figur 3.10)

Koncept	Belastning vertikalt	Belastning horisontell	Placering stödpunkt	Placering axel	Placering infällt läge	Alternera höjder
EADAB-B	Variabel balk 	Länkarmar 	Ingen stödpunkt 	Nere längst in 	Rak 	Hydraulik 

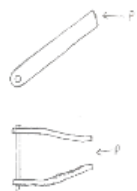
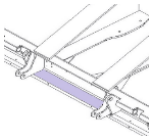
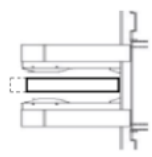
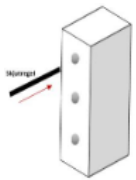
Figur 3.10. Den morfologiska kombinationen för koncept H2

3.4.3 Koncept - Mekaniskt Lås

Denna typ av lösning baserar sig på mekaniska låsningar med hjälp av kil eller annat mekaniskt stopp. Dessa låsningar ser till att höjden kan ändras manuellt och ge en säker låsning för belastningar. Hur konstruktionen kring hur låssystemet låser fast, utforskas senare.

Koncept M1:

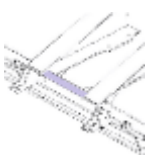
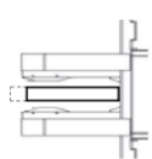
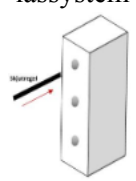
Detta koncept består av en solid och en ihålig balk, där den solida balken placeras inuti den ihåliga balken vid infällt läge. Den solida balken kan förlängas och låsas vid önskat läge med hjälp av ett mekaniskt låssystem. Länkarmarna är fästa och kan rotera runt en axel som är placerad längst ut på trailern. Balken som tar den vertikalt riktade lasten tar stöd i undersidan balk. Eftersom höjden kan alterneras kan den vilande förvaringen ske rak. (Se figur 3.11)

Koncept	Belastning vertikalt	Belastning horisontell	Placering stödpunkt	Placering axel	Placering infällt läge	Alternera höjder
EAACB-C	Variabel Balk 	Länkarmar 	Under trailer balk 	Nere längst ut 	Rak 	Mekaniskt låssystem 

Figur 3.11. Den morfologiska kombinationen för koncept M1

Koncept M2:

Konceptet består av två balkar utan förutbestämd profil, varpå en tar last i horisontell riktning och den andra i vertikal riktning. Båda balkarna kan göras kortare och längre med hjälp av låssystemet. Axeln som den horisontellt lastbärande balken kan rotera kring är placerad i mitten längst ner. Balken som tar den vertikalt riktade lasten tar stöd på ovansidan av trailerns balk. Eftersom höjden kan alterneras kan den vilande förvaringen ske rak. (Se figur 3.12)

Koncept	Belastning vertikalt	Belastning horisontell	Placering stödpunkt	Placering axel	Placering infällt läge	Alternera höjder
EDBDB-C	Variabel Balk 	Variabel Balk 	Ovan trailer balk 	Mitten längst ner 	Rak 	Mekaniskt låssystem 

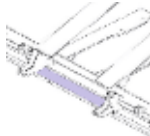
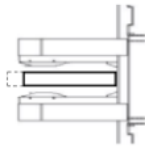
Figur 3.12. Den morfologiska kombinationen för koncept M2

3.4.4 Koncept - Teleskop

Dessa koncept baserar sig på två ihåliga balkar med likformig profil. Balkarna är antingen av rektangulärt (kvadratisk) eller cirkulärt tvärsnitt. En balk har lite större diameter än den andra och rymmer således det mindre inuti sig. Denna typ av koncept ger en sparsam volymanvändning då balkarna kan förvaras inom samma rymdmått när de är i vila.

Koncept T1:

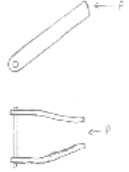
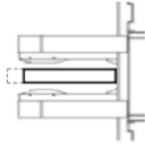
Detta koncept har två likformiga men olika stora balkar utan förutbestämd profil samt stödpinnar för delvis vertikal belastning. Den mindre balken får precis plats inuti den större och kan därmed ge teleskoprörseffekten. Den större balken kan rotera kring en axel som är placerad nere längst in i utrymmet. Stödpinnarna tar stöd i undersidan av balken på trailern. Eftersom höjden kan alterneras kan den vilande förvaringen ske rakt. (Se figur 3.13).

Koncept	Belastning vertikalt	Belastning horisontell	Placering stödpunkt	Placering axel	Placering infällt läge	Alternera höjder
DAAAB-D	Stödpinnar 	Variabel Balk 	Under trailer balk 	Nere längst in 	Rak 	Teleskoprör 

Figur 3.13. Den morfologiska kombinationen för koncept T1

Koncept T2:

Detta koncept har på samma sätt som i koncept T1, två likformiga men olika stora balkar utan förutbestämd profil. Däremot använder den sig också ut av länkar som kan rotera kring en axel som är placerad längst ut i utrymmet. Den större balken kan rotera kring en axel som är placerad nere längst in i utrymmet. Eftersom höjden kan alterneras kan den vilande förvaringen ske rakt. (Se figur 3.14)

Koncept	Belastning vertikalt	Belastning horisontell	Placering stödpunkt	Placering axel	Placering infällt läge	Alternera höjder
EDDAB-D	Variabel Balk 	Länkar 	Ingen stödpunkt 	Nere längst in 	Rak 	Teleskoprör 

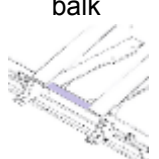
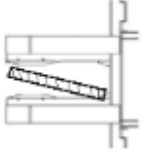
Figur 3.14. Den morfologiska kombinationen för koncept T2

3.4.5 Koncept - Konstant Höjd

Dessa koncept tar inte hänsyn till någon mekanism för att ändra höjder. Här ligger fokuset på att förvara kopplingen på ett smidigt sätt. Det inom rimligheten enda sättet att förvara en balk med konstant höjd, är att förvara den i det rymdmått inom utrymmet som är längst. Därmed anses att delproblem 5 ur den morfologiska matrisen måste lösas genom att förvara den snett (5A).

Koncept K1:

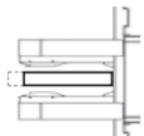
Tanken med detta koncept är att använda en balk utan förutbestämd profil som huvudsaklig vertikalt belastad komponent. Balken tar stöd i ovansidan av trailerns balk. Balken är sammanfogad med två länkarmar som till exempel har olika längder. Länkarmarna ska i detta stadiet av konceptet rotera kring samma axel fäst nere längst in i utrymmet. Hur problemet med att få balken vertikal vid användning, men diagonal vid förvaring är ytterligare ett problem som måste få en specificerad detaljlösning. (Se figur 3.15).

Koncept	Belastning vertikalt	Belastning horisontell	Placering stödpunkt	Placering axel	Placering infällt läge	Alternera höjder
EABAA-E	Variabel Balk 	Länkarmar 	Ovan trailer balk 	Nere längst in 	Sned 	Konstant Höjd 

Figur 3.15. Den morfologiska kombinationen för koncept K1

Koncept K2:

Detta koncept använder sig likt det förra konceptet inom kategorin, av en balk utan förutbestämd profil. Balken tar stöd i undersidan av trailerns balk. Balken är sammanfogad med två länkarmar som kan rotera kring en axel som är placerad längst ut i utrymmet. Som i det föregående konceptet är denna tanke preliminär då detaljlösningen får bestämmas vid vidareutveckling av konceptet. (Se figur 3.16).

Koncept	Belastning vertikalt	Belastning horisontell	Placering stödpunkt	Placering axel	Placering infällt läge	Alternera höjder
EAACB-E	Variabel Balk 	Länkarmar 	Ovan trailer balk 	Nere längst ut 	Rak 	Konstant Höjd 

Figur 3.16. Den morfologiska kombinationen för koncept K2

3.5 Analys av koncept

Konceptkatalogen innehåller tio strukturmässigt fulla koncept. Dessa koncept saknar alla däremot fulla detaljlösningar som till exempel sammanfogning av en balk till en annan, eller sammanfogning för länkar till axel. Detta kommer tas upp senare i vidareutveckling av slutkoncept. Vidare behandlas material som kan användas för konstruktionen. Samt genomförs enkla hållfasthetsberäkningar på respektive koncept i konceptkatalogen.

3.5.1 Utvärdering av koncept

Detta delkapitel syftar till att visa analysen av hur väl anpassat respektive konceptkategori är som en lösning. Här betonas för- och nackdelar med att använda ett koncept samt baserat på det, vad vidareutveckling av ett koncept skulle kräva.

Gemensamt för samtliga koncept är avsaknad av specificerat tvärsnitt, sammanlänkningar av lastbärande komponenter och material. Dessa aspekter tas upp i senare delar av kapitlet för vidareutveckling av valda koncept.

Gångjärn:

Fördelarna med att använda gångjärn är att de kan skapa en vecklande effekt. Denna effekt gör att en balk till exempel kan halveras om gångjärnet sammanfogar två halvor av balken. Detta hade medfört att den vilande fasen enkelt hade kunnat lösas med vikning av balkarna relativt varandra under förvaring. Ytterligare fördel är att sammanfogningen mellan de bärande balkarna gör konceptet användarvänligt.

Nackdelar med att använda gångjärn är att de osannolikt kan klara av de spänningar som uppstår vid last på grund av dess geometri. Om en lösning skulle involvera gångjärn måste dessa behållas närmast belastningsfria, detta relativt den 24 000 kg kärrvikt som konstruktionen dimensioneras för.

För vidareutveckling av koncept involverande gångjärn krävs beslut om hur profilen för samtliga gångjärn ser ut. Relaterat till gångjärnet krävs ett mekaniskt lås för att hindra rörelse vid användning. Samt krävs specifikation om hur den sammanvecklade konstruktionen får plats inuti utrymmet.

Hydraulik:

Det finns en fördel som sticker ut extra vid användning av ett hydraulsystem: Det är väldigt ergonomisk att använda en hydraulisk lösning. Det krävs ingen fysisk ansträngning för användaren, till skillnad från de mekaniska lösningarna som kräver manuell montering/demontering.

Nackdelar kan vara kostnaderna som förekommer med att integrera ett hydraulsystem i trailern. Samt svårigheter att beräkna hållfasthetskraven som ställs på konstruktionen. Dessutom går detta inte ihop med företagets önskemål att ha en enkel konstruktion.

För vidareutveckling av koncept involverande hydraulik krävs en djupare förståelse av hydraulik då gruppens kunskaper om tekniken vid konceptstadiet är begränsade. Denna investering kan vara kostsam om slutsatsen för projektet är att hydraulik inte kan eller bör tillämpas i lösningen. Det som redan nu kan avgöras gällande koncept med hydraulik är att min- och maximal längd måste bestämmas. Detta eftersom den måste vara lång nog att nå bogserbygel och tillräckligt liten för att få plats inuti utrymmet.

Låsmekanism:

Fördelarna att använda låsmekanism är att det finns många olika varianter av mekaniska låssystem. Dessa låssystem har hög tillförlitlighet i hur stor last de klarar av. Den pallbock som inspirerade denna kategori (se sektion 4.3.2), klarar av en maxbelastning på 16 000 kg. Omdimensionering av konstruktionen och säkerhetssprinten kan ge en högre maxbelastning.

Vidare tanke kring konceptkategorin om låsmekanism är att den kanske inte bör vara en fristående kategori. Den passar rimligtvis bättre som kombination till någon av de andra koncepten. Exempelvis som lösning till problemet om låsande effekt för teleskopröret.

För vidareutveckling av koncept involverande låsmekanism krävs en bestämning av låstyp samt specificering av dimensioner utifrån maxlast.

Teleskoprör:

Effekten av att kunna förlänga en balk med hjälp av teleskopröreffekten, hade varit till stor förmån i frågan om att utnyttja volymer för att ändra längden. Med enkel hantering, med hjälp av t.ex handtag fäst till det inre röret, kan längdändringen ske på ett användarvänligt sätt.

Nackdelar med konceptet att använda en balk inuti en annan är att den kan göra hållfasthetsberäkningar mer komplicerade. Detta speciellt då lasten inte är parallell med centrumaxeln för balken. Vidare krävs ett lås för att försäkra sig om att den inre balken inte rör sig relativt den yttre balken vid användning.

För att vidareutveckla koncept involverande teleskoprör effekter krävs, utöver låsmekanism, specificerade längder på respektive rör. Den yttre balken får, i fallet av huvudsaklig horisontell lastbärande komponent, inte vara längre än avståndet från axel till ämnesröret. Den får heller inte vara så kort att den inte kan förlänga den inre balken till angiven placering för bogserbygel.

Konstant höjd:

En fördel med att använda sig av konstant höjd är att ingen höjdändring med komplicerad geometri behöver tas hänsyn till. Däremot uppstår problemet med att se till att samtliga längder är inom godkända mått. Begränsade flexibilitet och svårigheter kring framtida justeringar då det krävs att hela konstruktionen byggs på nytt. Begränsade valmöjligheter kring placering av den roterande axeln.

3.5.2 Materialval

För att avgöra hur konstruktionen ter sig under belastning, krävs att det avgörs vilket material komponenter består av. Hittills i projektet har endast enkel geometri med angivna längder kunnat specificeras. Således återstår två huvudsakliga faktorer att avgöra: Tvärsnitt och materialkonstanter. I materialval kommer det fullständiga tvärsnittet hos komponenter i lösningen inte kunna avgöras.

Materialvalet ger viktiga konstanter i beräkningar om hållfasthet. Uppdragsgivaren har föreslagit två stål-material. Dessa två stålsorter är Domex 355MC och Weldox 700. Både Domex och Weldox är registrerade varumärken av SSAB.

Domex 355MC är ett varmvalsat, HSLA stål som har goda bearbetningsegenskaper. Den kan tillverkas med en tjocklek mellan 1.8 mm och 16 mm. Stålet har en sträckgräns på 355 MPa. (SSAB, u.å).

Weldox 700 är klassat som extra höghållfast stål. Stålet har en sträckgräns på 650 - 700 MPa och kan tillverkas i en tjocklek på 4 mm till 160 mm (SSAB, 2013).

Vi antar att densiteten och E-modulen för båda materialen är $7\,850\text{ kg/m}^3$ respektive 210 GPa

Vidareutveckling av slutkoncept kommer behandla dessa två material som möjliga beroende på vad den finita element analysen (FEA) genererar för resultat. I det fallet då spänningen överstiger 355 MPa övervägs tvärsnitt- eller materialändring.

3.5.3 Hållfasthetsberäkningar

För att kunna verifiera att konstruktionerna i koncepten skulle klara de hållfasthetskrav i kravspecifikationen valdes att göra enkla modeller av var och ett av koncepten. Genom att frilägga dessa modeller kunde, med hjälp av elementarfall för balkböjning, stödkrafter och spänningar som uppstår i konstruktionen beräknas. Se bilaga 4 - Friläggning av koncept.

Friläggningarna som gjordes för respektive koncept utgick ifrån de strukturer som angivits i konceptkatalogen, kombinerat med de angivna måtten respektive komponent har. Alla längder är kända i förhållande till varandra och därmed även alla vinklar.

En kraft **P** som representerar den pålagda max-kärrvikten med säkerhetsfaktor specificerad i kapitlet om kravspecifikationen.

$$\begin{aligned}m &= 8\,000 \\k &= 3 \\P &= m * g * k = 235680\text{ N}\end{aligned}$$

Kraften **P** anbringades vinkelrätt mot den komponent som håller i bogserbygeln. Därefter infördes stödkrafter i friläggning av systemet. Med hjälp av jämviktsberäkningar kunde stödkrafterna tas fram.

Vid friläggning ansågs det endast vara kritiskt att beräkna spänningar hos komponenter i koncepten H2 och T2. Dessa skiljer sig från de andra koncepten som sammanfogas i fästet för bogserbygeln. De andra koncepten har inte i närheten lika höga spänningar som H2 och T2.

Vidare för att bestämma vilka komponenter i H2 och T2 som innehöll den mest kritiska belastningen, gjordes analys av vilket fall som uppstår först. Fallen som betraktades var antingen max böjmoment eller knäckning.

Enligt Dahlberg (2018) kan den maximala spänningen fås ur kvoten mellan största momentet och böjmotståndet, som definieras enligt:

$$|\sigma|_{max} = \frac{|M|}{W_b} \quad \dots (1)$$

Vi kan med friläggningarna ta reda på det maximala momentet som uppstår i balken. Vidare är även den maximala spänningen känd som sträckgränsen för materialet som används. Som tidigare nämnt i kapitlet om materialval beaktas två material: Domex 355MC och Weldom 700. Dessa sträckgränser är angivna som:

$$\begin{aligned} \sigma_{y, Domex} &= 355 \text{ MPa} \\ \sigma_{y, Weldom} &= 700 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Med denna information kan ekvation (1) skrivas om till:

$$W_b = \frac{|M|}{|\sigma_{max}|} \quad \dots (2)$$

Värden för rekommenderat tvärsnitt baserat på böjmotståndet har hämtats ur Konstruktionstabeller (Tibnor, 2018). Resultaten av beräkningarna för böjmomenten i koncept H2 och T2 kan ses i tabell 3.5. nedan.

Tabell 3.5. Rekommenderade tvärsnitt beroende på

↓ Tvärsnittstyp Material →	Domex 355 MC	Weldom 700
Kvadratisk	200 x 200 [mm] t = 12.5 [mm]	160 x 160 [mm] t = 10 [mm]
Rektangulärt	250 x 150 [mm] t = 12.5 [mm]	200 x 100 [mm] t = 10 [mm]
Cirkulärt	D = 275 [mm] t = 10 [mm]	D = 194 [mm] t = 8 [mm]

3.6 Urvalsmatriser

Efter konceptframtagning och analys av dessa koncept, börjar den konvergenta fasen. Här utvärderas lämpligheten av koncepten, dels i sin helhet, dels i jämförelse med varandra. I detta kapitel finns de urvalsmatriser som används för att eliminera koncept som inte uppfyller kraven.

3.6.1 Elimineringssmatris

Första steget i elimineringsprocessen är att göra en elimineringsmatris där koncepten som listats i konceptkatalogen utvärderas. Syftet är att eliminera de koncept som inte uppfyller grundläggande krav på en lösning. Dessa grundläggande krav är dels kraven från kravspecifikationen, dels även huruvida konceptet som helhet passar företaget. De koncept som inte kan uppfylla dessa krav, anses inte vara realiserbara eller ej passande för företaget, elimineras i detta stadiet.

Tabell 3.6. Elimineringssmatris för koncepten ur konceptkatalogen

Elimineringssmatris						
(+) Ja		(-) Nej		? Sök (mer) information		
Koncept	Löser huvudproblemet	Uppfyller alla krav	Realiserbar	Passar företaget	Tillräcklig information finns	Behåll eller eliminera lösning
ABAAB-A (G1)	+	+	+	-		Eliminera
BCABB-A (G2)	+	+	+	+	+	Behåll
EDAAB-B (H1)	+	+	+	-		Eliminera
EADAB-B (H2)	+	+	+	-		Eliminera
EAACB-C (M1)	+	+	+	+	-	Eliminera
EDBDB-C (M2)	+	+	+	+	-	Eliminera
DAAAB-D (T1)	+	+	+	+	+	Behåll
EDDAB-D (T2)	+	+	+	+	+	Behåll
EABAA-E (K1)	+	+	-			Eliminera
EAACB-E (K2)	+	+	+	+	+	Behåll

Totalt sex koncept eliminerades i denna fas då dessa inte ansågs uppfylla ett eller flera utav de nämnda kriterierna. Koncept G1, H1 och H2 anses att inte passa företaget då dessa koncept inte uppfyllde företagets önskemål om enkel lösning. Koncept G1 eliminerades specifikt på grund av dess användning av fackverk. Fackverk anses i detta stadiet vara svårt att tillämpa då

den utnyttjar större volymer än andra koncept och medför en svår sammanfogning. Vidare eliminerades koncept M1 och M2 på grund av att det inte fanns tillräckligt med information om dessa koncept. Slutligen valdes att utesluta koncept K1 då denna lösning inte anses vara realiserbar.

3.6.2 Pughmatris

För att utvärdera de koncept som återstår efter elimineringsmatrisen, gjordes en Pughmatris. I den Pughmatris som används nedan valdes koncept G1 till referenskoncept. Här togs det sedan hänsyn till hur de andra koncepten ansågs uppfylla varje individuellt önskemål. Se tabell 3.7. för resultat av viktningen.

Tabell 3.7. Pughmatris för jämförelse av återstående koncept

Pughmatris				
Kriterier	BCABB-A (G2)	DAAAB-D (T1)	EDDAB-D (T2)	EAACB-E (K2)
Vikt	R	0	-	+
Återvinningsbar	E	0	0	0
Materialkostnad	F	0	0	0
Enkel lösning	E	-	-	+
Lätt att montera/demontera	R	-	-	+
Ergonomiskt	E	+	+	+
Konstruktionskostnad	N	-	-	+
Σ+	0	1	1	5
Σ 0	0	3	2	2
Σ -	0	3	4	0
Nettovärde	0	-1	-3	5
Rangordning	2	3	4	1
Beslut	Behåll	Behåll	Eliminera	Behåll

De önskemål som är relaterade till materialet i konstruktionen blir, då materialen och tvärsnitt som används är samma för alla koncept, en fråga om längd. Se bilaga 4 - Friläggning av koncept för värden på längd detta baseras på. Vidare gällande önskemålen ergonomi och montering baserar sig detta på hur avancerat ett koncept anses vara och vilka fördelar det medger. Till exempel gör höjdalterneringen i T2 en klar moment-minskande fördel jämfört de konstanta lösningarna. Däremot för samma koncept bidrar detta till en svårare montering av lösningen.

I tabell 3.7 ser vi att koncept K2 klart klarar önskemålen bättre relativt de andra. Detta är specifikt för att den använder mindre material och innehåller färre komponenter

3.6.3 Kesselringmatris

Vid detta stadiet återstod tre koncept G2, T1 och K2. Dessa utvärderades med hjälp av en Kesselringmatris där respektive koncept viktades hur bra de uppfyllde önskemålen listade i kravspecifikationen. I kravspecifikationen är en vikt **W** angiven mellan [1-5] för varje önskemål. Dessa multipliceras med ytterligare en viktning **V** mellan [1-5], på hur väl ett konceptet möter önskemålet. Denna multiplikation mellan vikter gav en totalvikt **t**. Varje totalvikt för respektive önskemål summerades slutligen till ett totalt viktat värde **T**.

$$t_{i,j} = W_i \cdot V_i \quad \dots (1)$$

$$T_i = \sum t_{i,j} \quad \dots (2)$$

$$i = 1, 2, 3 \quad , \quad j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$$

På samma sätt som för Pughmatrisen jämfördes de geometri- och materialberoende kriterierna baserat på längderna framtagna i hållfasthetsberäkningar. Se bilaga 4 - Friläggning av koncept. Resterande kriterier har baserat på uppskattning där avstånd, antal delar och längder betraktats, givits en vikt. Se tabell 3.8. för resultat av viktningen.

Tabell 3.8. Kesselringmatris för slutgiltig utvärdering av återstående koncept

Kesselringmatris							
Kriterier		Alternativ					
		BCABB-A (G2)		DAAAB-D (T1)		EAACB-E (K2)	
Namn	w	v	t	v	t	v	t
Vikt	3	3	9	3	9	4	12
Återvinningsbar	3	5	15	5	15	5	15
Materialkostnad	2	3	6	3	6	5	10
Enkel lösning	5	3	15	4	20	5	25
Lätt att montera/demontera	4	3	12	5	20	3	12
Ergonomiskt	4	1	4	5	20	2	8
Konstruktionskostnad	3	3	9	2	6	4	12
T (Totalt viktat värde)		70		96		94	
Medel		10,00		13,71		13,43	
Standardavvikelse		1,15	4,24	1,21	6,60	1,15	5,53
Median		3,00	9,00	4,00	15,00	4,00	12,00
Antal svaga punkter		1		1		1	
Rangordning		3		1		2	
Beslut		T1 och K2 ger likvärdiga resultat = utforska båda mer					

I tabell 3.8 ovan ser vi att koncepten T1 och K2 har en liten differens i totalt viktat värde jämfört med koncept G2. Beslutet från denna matris är att vidareutveckla både koncept T1 och K2.

4 VIDAREUTVECKLING AV VALDA KONCEPT

Detta kapitel beskriver vidareutvecklingen av koncepten K2 och T1. Med hjälp av CATIA-V5 har CAD-modeller och Finite Element Analysis (FEA) för dessa koncept tagits fram.

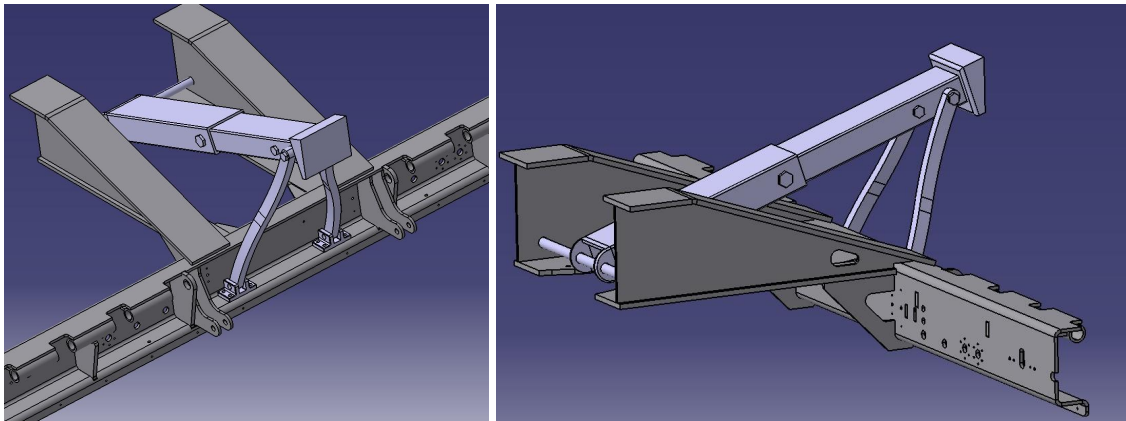
CAD-modellerna visar placeringar och dimensioner för lösningen och hur de förhåller sig till aktern på trailern.

Den FEA som redovisas i detta kapitel är genomförd i CATIA-V5s arbetsbänk *Generative Structural Analysis* (GSA). Analysen studerar förskjutningen och spänningar som uppstår i de angivna belastningarna. I de två FEM-modeller som studerats har endast lösningen för kopplingsanordningen betraktats, detta utan hänsyn till infästning till trailer. Vidare togs inte heller spänningar och förskjutningar på grund av konstruktionens vikt i akt. Detta beslut togs eftersom deras respektive vikt var mycket låga i förhållande till den pålagda kraften.

De båda FEM-modellerna studerades enligt den dimensionerande kärrvikten med den angivna säkerhetsfaktorn mot plasticering. Denna kraft togs fram i sektion 3.5.3 som $P = 235\,680\text{ N}$. FEM-modellerna studerades endast i Z-leds riktning, dvs dragvikt.

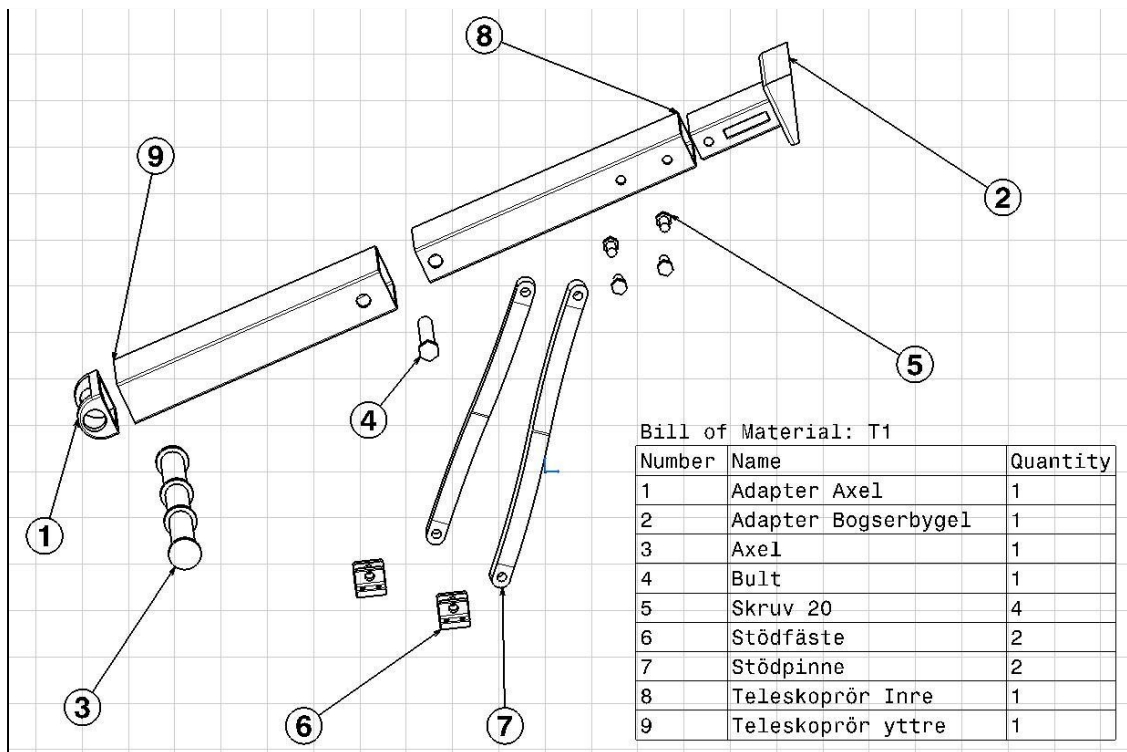
4.1 CAD-modell av koncept T1

Koncept T1 skissades upp med hjälp av CATIA-V5. Detta för att kunna studera lösning till konceptet och finna en sammansättning av delar som klarar de satta kraven. Figur 4.1 nedan illustrerar koncept T1 under användningsfas. Konceptet består av tre teleskoprör, där det yttre röret har ett tvärsnitt på 160x100 [mm], det inre röret har ett tvärsnitt på 144x84 [mm] och adapterrörets tvärsnitt är 128x68 [mm]. Godstjockleken för samtliga rör är 8 mm. Det yttre röret är kopplad med hjälp av en adapter till axeln med diametern 50 mm. Denna axel är monterad på baksida trailer. För att kunna lyfta upp konstruktionen till önskad höjd har två stödpinnar använts. Dessa två stödpinnarna har ett tvärsnitt på 40x30 mm. Stödpinnarna är kopplade till det inre röret i ena änden och i den andra änden på baksida trailer med hjälp av två stödfästen. Dessa komponenter, axeln och stödpinnarna, låser alla frihetsgrader samt håller konstruktionen vid önskat läge för montering av bogserbygel. Hela konstruktionen har en massa på 77 kg. Dock roterar hela konstruktionen runt den fixa axeln och hela massan behöver inte hanteras direkt av användaren (se figur 4.1).



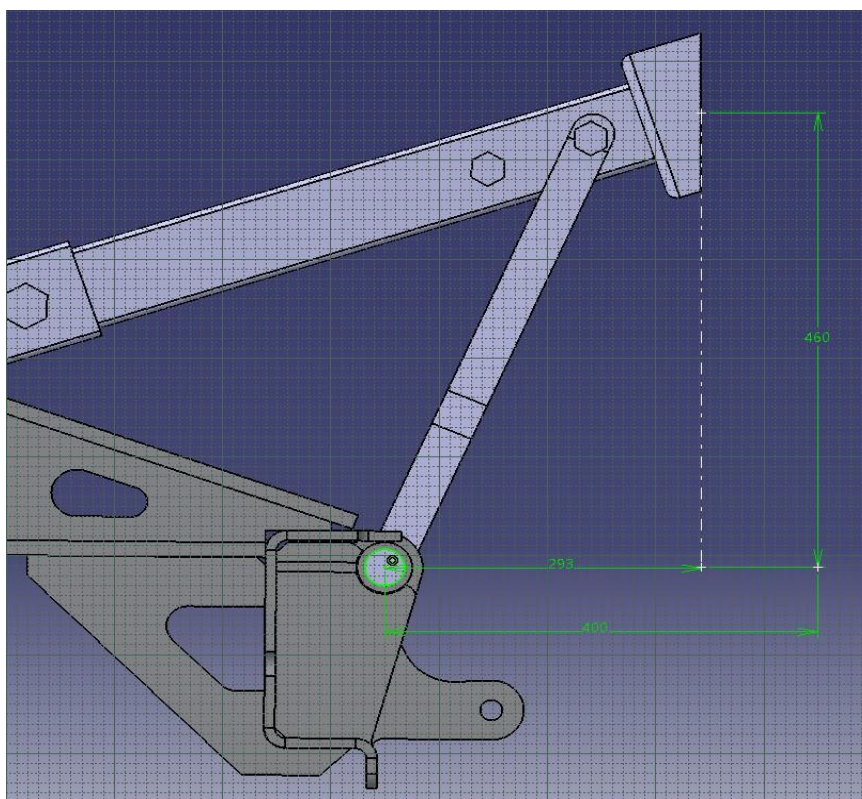
Figur 4.1. Isometriska vyer över koncept T1 vid användningsfas

Figur 4.2. visar en sprängvy av alla komponenter med tillhörande stycklista för koncept T1. Konceptet består av 9 komponenter och totalt 14 delar.



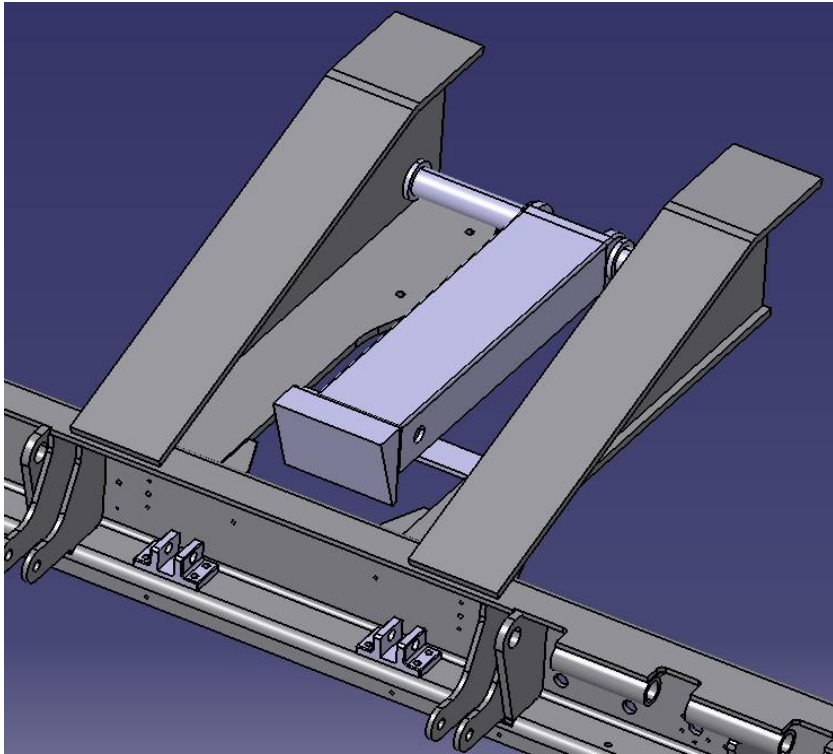
Figur 4.2. Samtliga komponenter i koncept T1

I figuren nedan visas placering av konceptet i förhållande till bogserbygeln och centrumtapp. Dessa mått stämmer överens med centrum för intervallet specificerat i kravspecifikationen. (se figur 4.3)



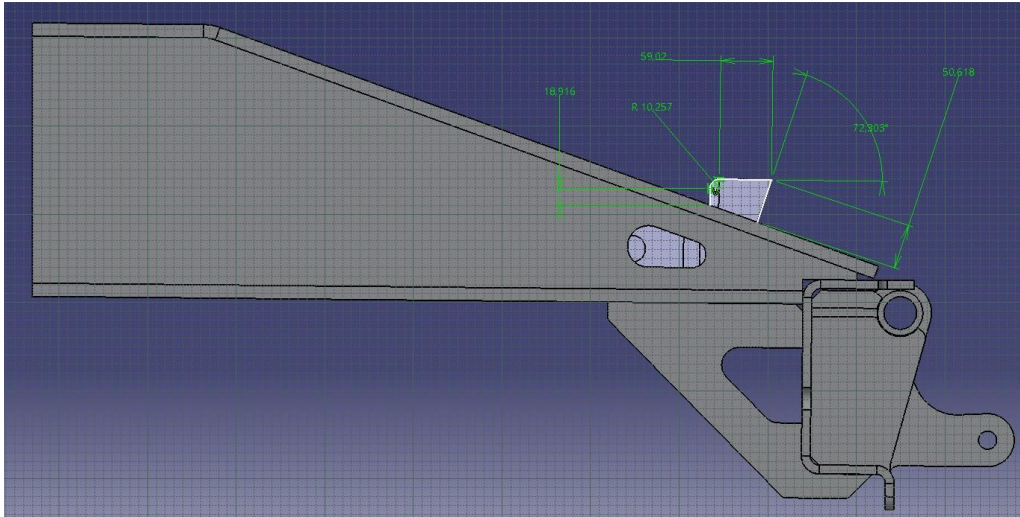
Figur 4.3. Placering av bogserbygel för koncept T1

Figur 4.4 visar hur konceptet ser ut vid infällt läge. För att kunna skjuta in samtliga teleskoprör i varandra krävs att stödpinnarna kopplas bort helt ifrån röret. Detta leder till att monteringen av konceptet från vilandefas till användningsfas och vice versa blir mer tidskrävande.



Figur 4.4. Isometrisk vy av koncept T1 i vilande fas

Figur 4.5 visar en sidovy av konceptet vid infällt läge. Enligt kravspecifikationen ska samtliga delar av konceptet vara undangömda vid vilande fas. Här syns att konceptet inte klarar detta krav med endast avlägsning av stödpinnarna. Eftersom adaptorn i konceptet är avtagbar, kan problemet lösas om den förvaras någon annanstans under vila. Dimensionerna för den avvikande delen av konceptet är utsatta i figur 4.5.



Figur 4.5. Positionering i vilande fas för koncept T1

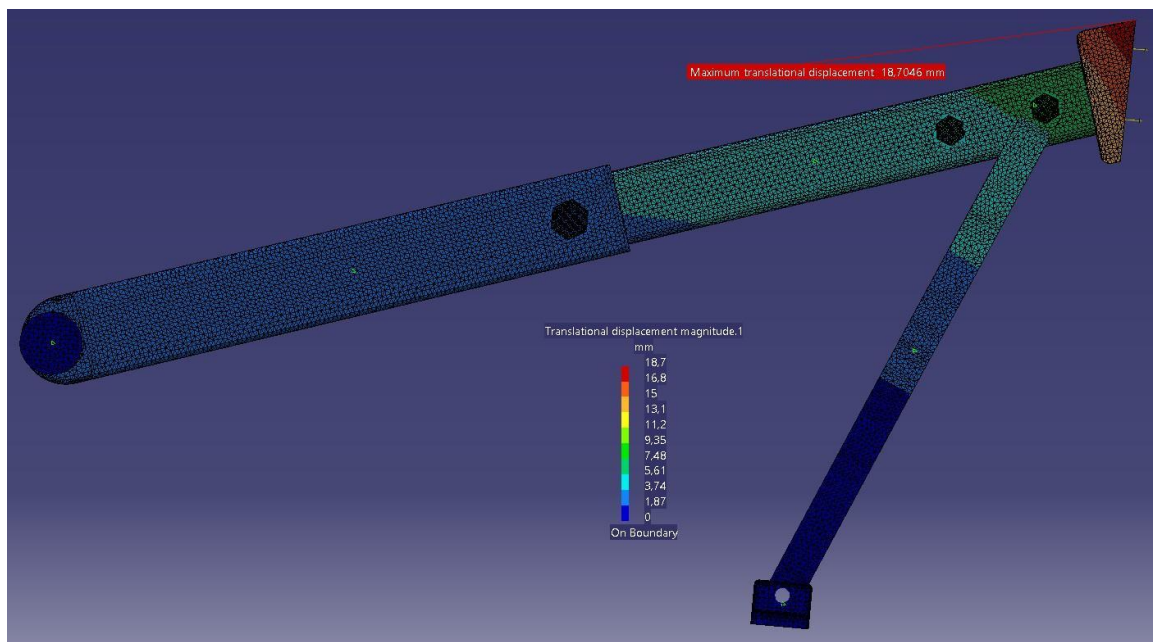
4.2 Finit Elementanalys av koncept T1

För att kunna bestämma spänningarna och de translationella förskjutningarna som uppstår i konstruktionen under den angivna belastningen gjordes en finit elementanalys. De finita elementen skapades i form av 3D. Den paraboliska tetraedron elementen möjliggör mer exakta analyser och resultat. För att öka noggrannheten i resultaten valdes att minska elementets size och sag. Nedan i tabell 4.1 listat samtliga komponenter med dess elementstorlek. Nedan presenteras resultaten för dragkraft. Vid detta belastningsfall uppstod de största spänningarna samt deformationen.

Tabell 4.1. Elementstorlekar för FE-modellen av koncept T1

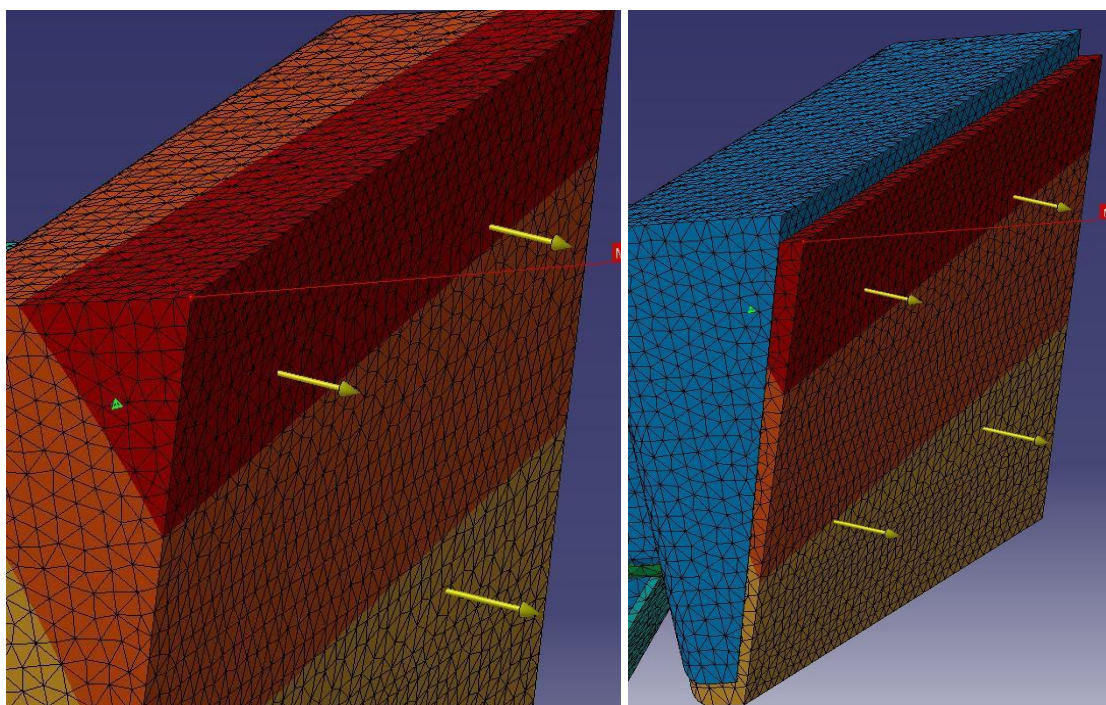
Komponent	Antal	Mesh Size [mm]	Mesh Sag [mm]
Teleskoprör yttre	1	5	0.5
Teleskoprör inre	1	5	0.5
Adapter bogserbygel	1	5	0.5
Axel	1	5	0.5
Adapter axel	1	5	0.5
Stödpinnar	2	5	0.5
Stödfäste	2	5	0.5
Bult	1	2	0.2
Skruv 20	4	2	0.2

Nedan i figur 4.6 visas en helhets vy för den translationella förskjutningen som uppstår i hela konstruktionen. Färgkartan representerar magnituden av translationen där de rödfärgade områdena har de högsta värdena. Som syns i figuren är translationen symmetrisk och den maximala förskjutningen uppstår på den översta delen av adaptern där kraften är applicerad.



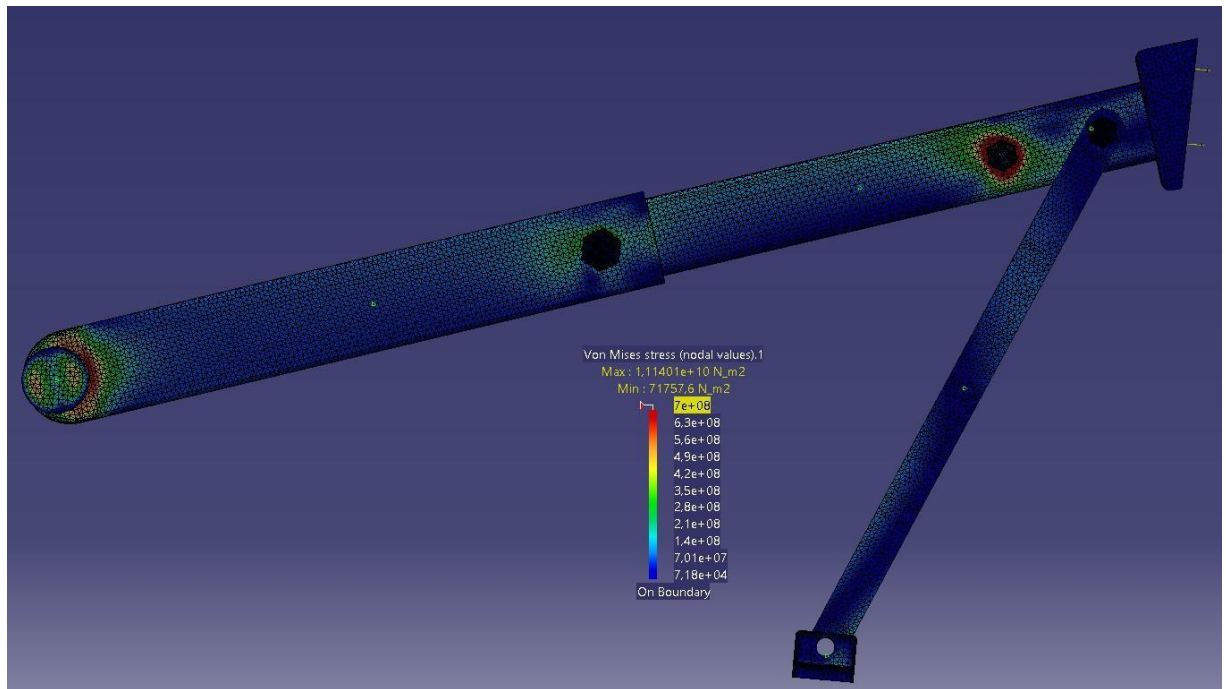
Figur 4.6 Sidovy över förskjutning för koncept T1

I figuren 4.7 visas en närbild av den maximala translationella förskjutningen på 18.7 [mm]. I en annan vy visas detta i förhållande till konstruktionen före den utsätts för belastning. Här syns att förskjutningen är störst i y- och z-led.



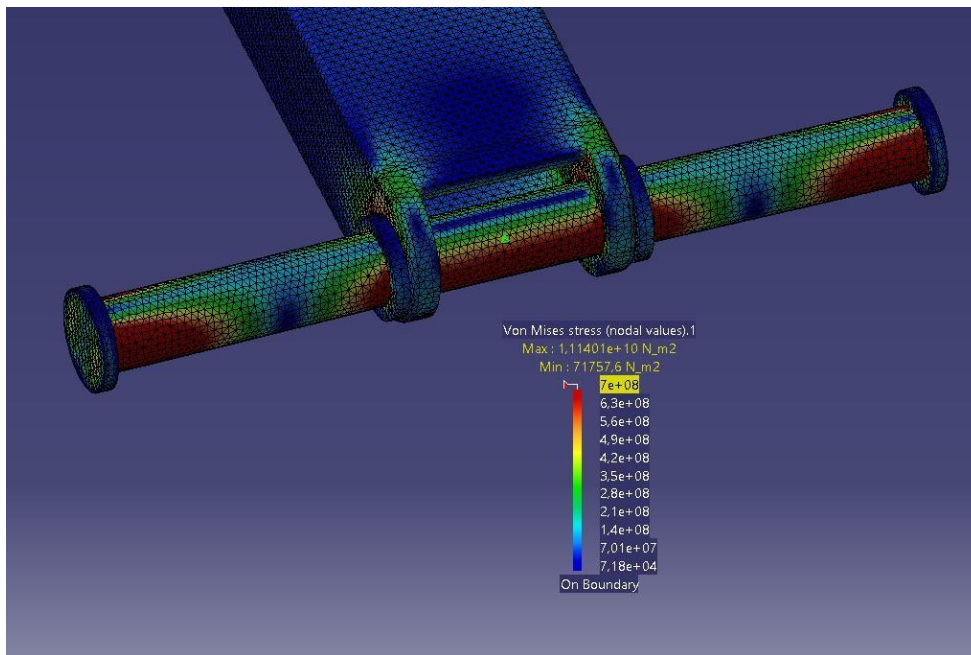
Figur 4.7. Två vyer på den maximala förflyttningen

För att studera spänningar skapades en bild av von Mises stress. Som syns i figur 4.8 uppträder spänningskoncentrationer vid infästningarna i trailer, runt fästpunkterna mellan håll och skruv samt kontaktytan mellan axeln och adaptern. Det största värdet som fås är 11.14 [GPa] vilket är 16 gånger högre än materialets sträckgräns något som indikerar att lösningen inte tar hänsyn till plasticitet. Detta innebär att samtliga rödmarkerade områden i figuren utsätts för plastisk deformation. Dessa värden var väldigt höga gentemot resterande delarna av konstruktionen. Med den anledningen valdes att sätta ett takvärde, lika stor som materialets sträckgräns, för att kunna studera konstruktionen i helhet bättre.



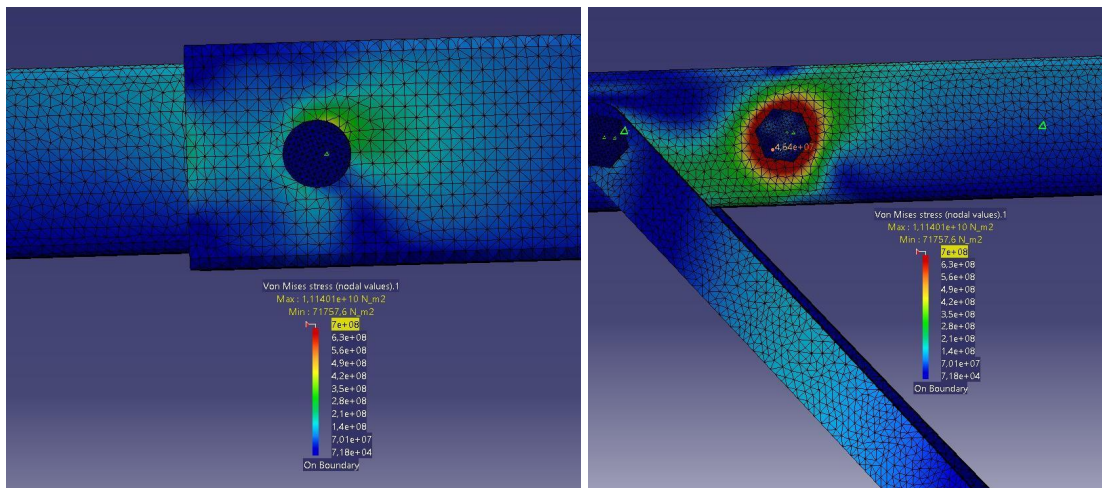
Figur 4.8. Helhetsvy av von Mises spänningar med färgkodade värden för koncept T1

Följande figur 4.9 illustrerar en närbild på hur spänningarna vid den fixa axeln ser ut. Som syns utsätts en stor del av axelns area för plastisk deformation. Särskild runt om infästningarna med baksida trailer samt kontaktytorna med adaptern.



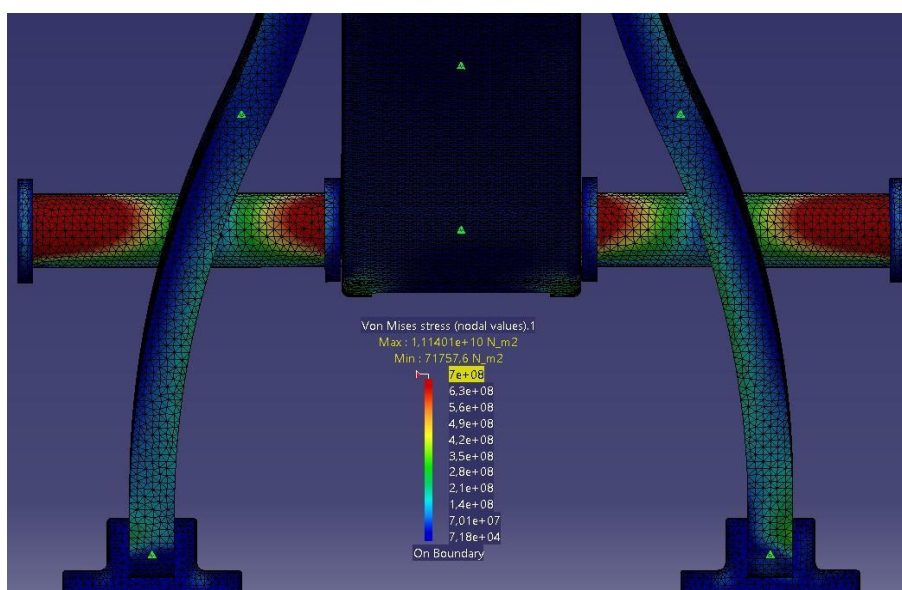
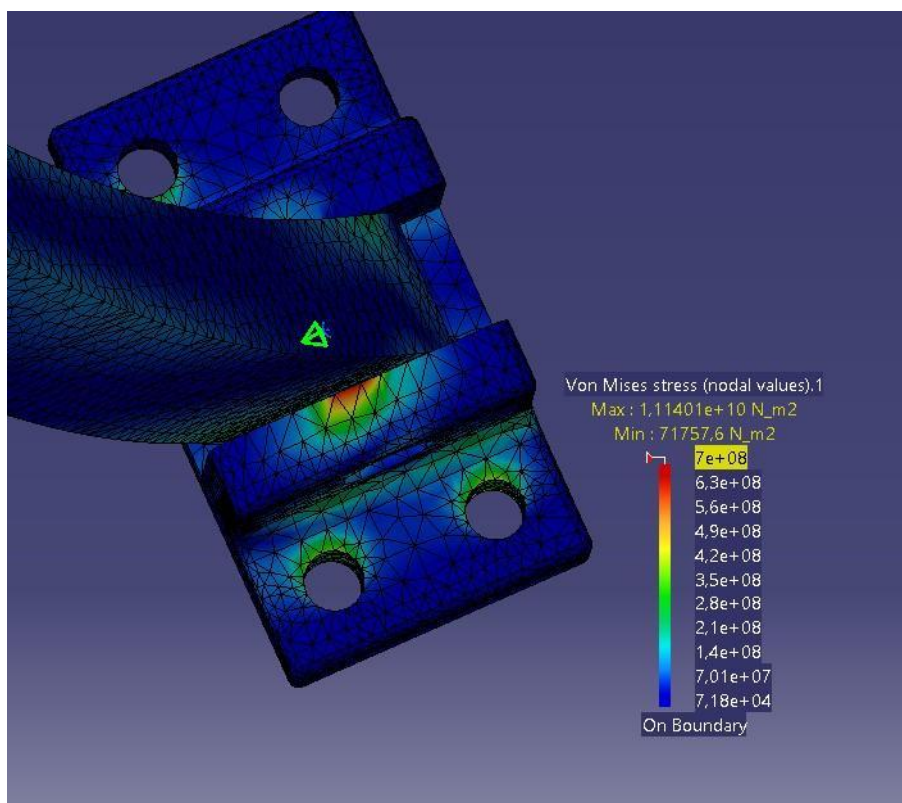
Figur 4.9. Närbild av von Mises spänningar som uppstår på axeln

Dessa två vyer visar hur spänningen är fördelad runt infästningspunkter mellan det yttre och det inre teleskopröret samt mellan det inre teleskopröret och adapter bogserbygeln. Det uppstår väldigt höga värden kring dessa områden där materialet genomgår plastisk deformation. (Se figur 4.10)



Figur 4.10. Två vyer av von Mises spänningar som uppträder kring infästningsområden

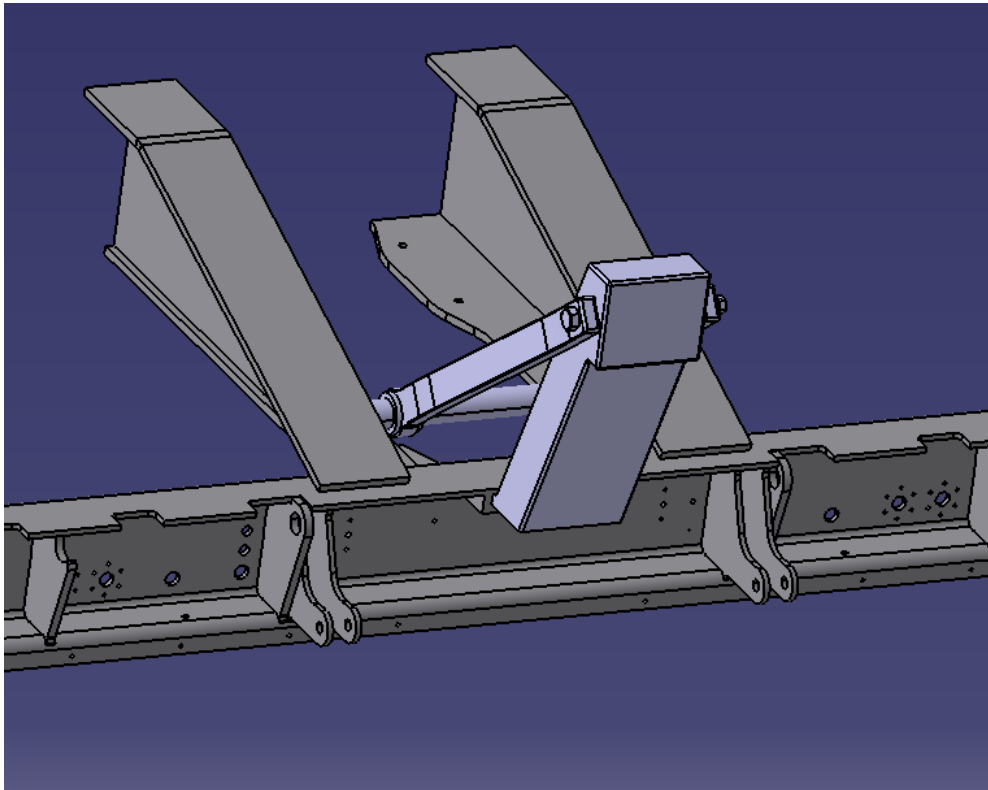
Figuren 4.11 tydliggör de spänningar som uppträder på stödpinnarna och stödfästen. Det syns i bilden att det förekommer spänningskoncentrationer kring hålen samt på insidan av kontaktytan mellan stödpinnar och stödfästen. Den rödfärgade delen av stödfästen utsätts för plastisk deformation.



Figur 4.11. Två vyer av von Mises spänningar på stödpinnarna samt stödfästen

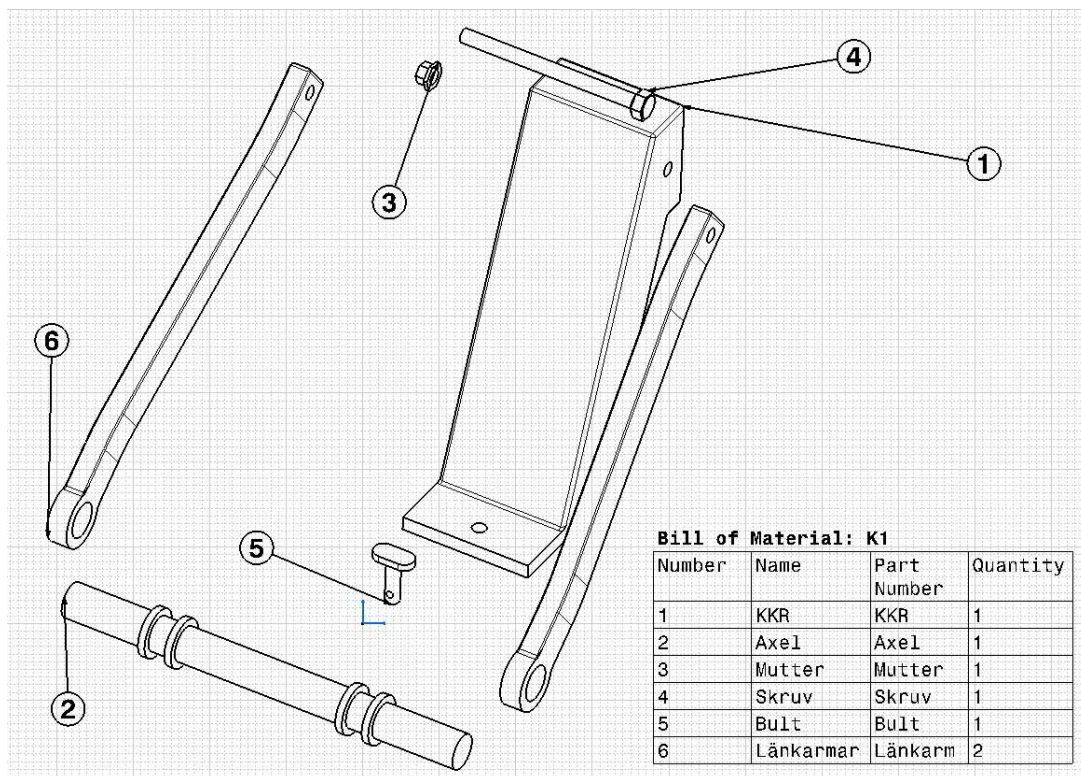
4.3 CAD-modell av koncept K2

Koncept K2 skissades upp med hjälp av CATIA-V5 baserat på lösningsgången beskriven i konceptkatalogen. Här testades olika geometrier på samtliga delar för att hitta en geometri som klarar av den pålagda kraften. I figur 4.12. illustreras koncept K2 under användningsfas utan belastning ur ett överblickande perspektiv.



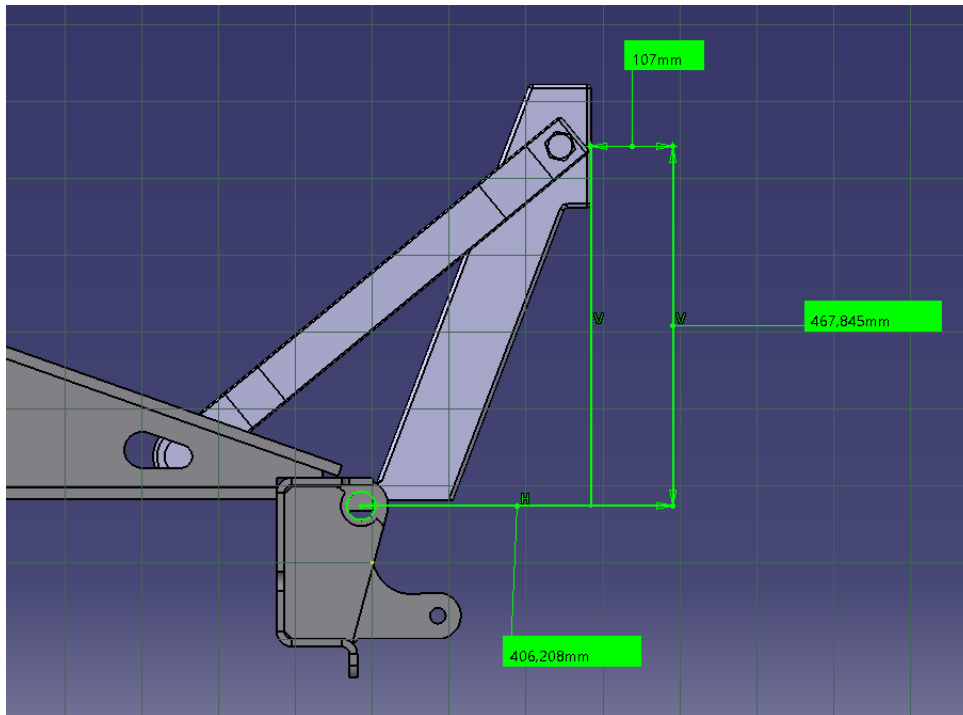
Figur 4.12. Isometrisk-vy över koncept K2 i användningsfas

Det uppskissade konceptet består av fem komponenter. Ett KKR, en axel och två länkarmar som förbinder axeln med KKR:et. KKR:et är vinklad och har längst ovan sett i figur 4.12. en plattform för montering av bogserbygeln. Utöver dessa fem komponenter används även en platta för att hindra rörelse när konstruktionen är infälld. Se figur 4.13 för lista över komponenter.



Figur 4.13. Samtliga komponenter som utgör koncept K2 sett i sprängd vy

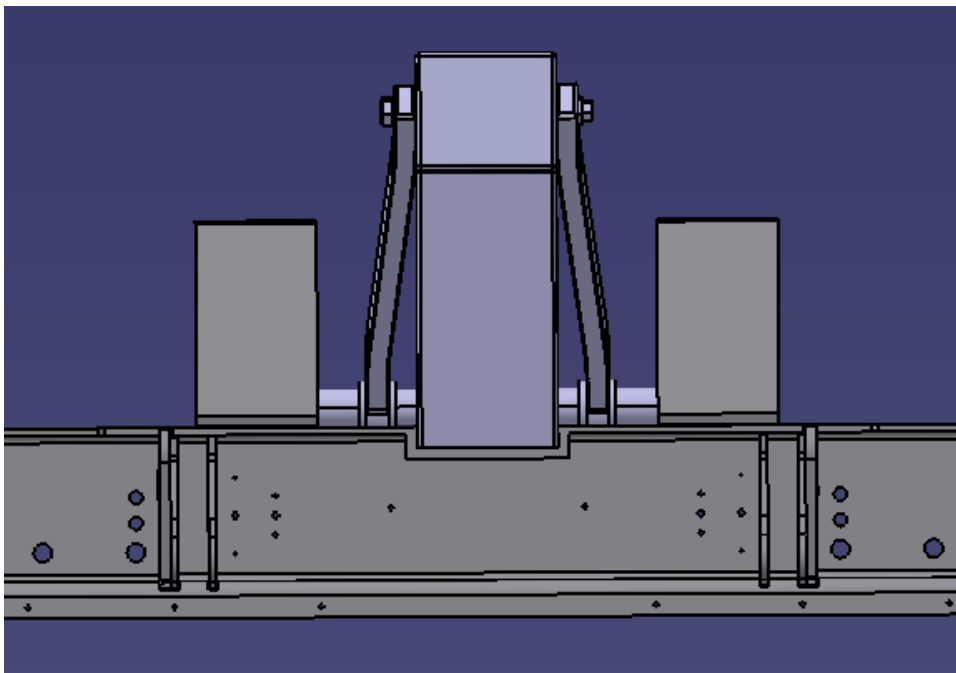
I figur 4.14. nedan syns att placeringen för bogserbygel och centrumtapp är 468 mm i Y-led och 406 mm i Z-led. Detta skiljer sig 8 mm från centrum för det Y-leds godkända intervallet på 460 ± 5 [mm] och är 3 mm utanför godkänt mått. Skillnaden i Z-led blir 6 mm från centrum av det Z-leds godkända intervallet på 400 ± 5 [mm] och är 1 mm utanför godkänt intervall.



Figur 4.14. Angivna mått för placering av bogserbygel och centrumtapp för koncept K2

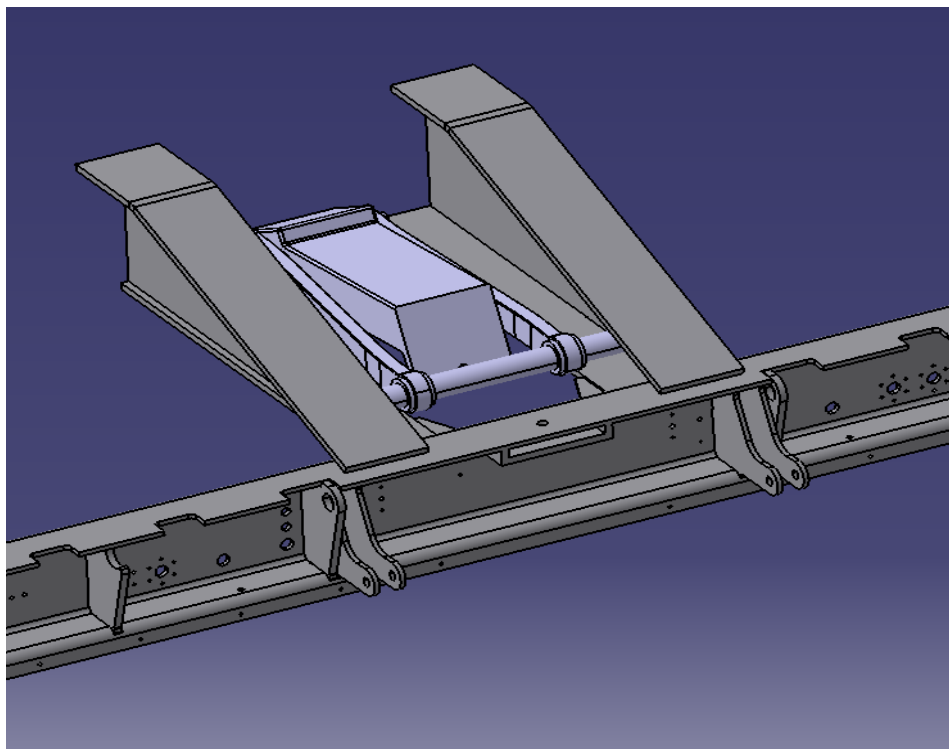
Resultatet visat i figur 4.14. kan ändras med dimensions ändring av höjd på KKR och längd på länkarmarna, men det slutliga konceptet fick dessa längder efter flera omdimensioneringar av konceptet.

I figur 4.15 nedan visas konceptet K2 under användningsfasen sett framifrån. X-leds placering är centrerad i trailern enligt $X = 0$.



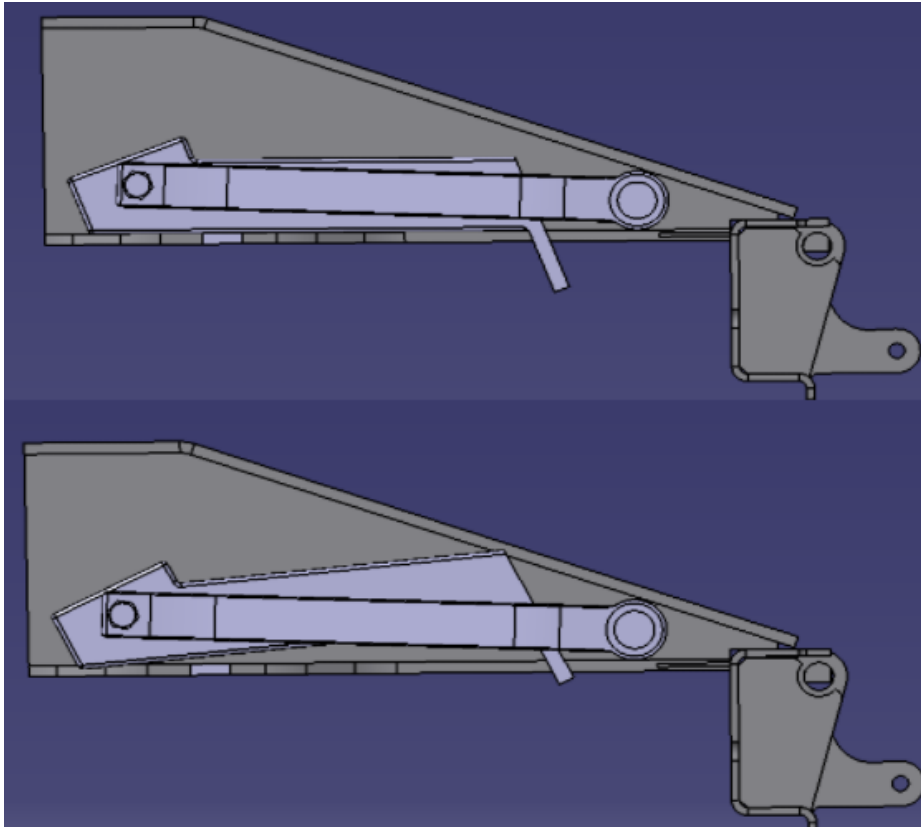
Figur 4.15. Vy framifrån av koncept K2 vid användning

I figur 4.16. nedan, kan en isometrisk vy ses över konceptet när den befinner sig i den vilande fasen. Rotering av hela modellen sker kring den monterade axeln och bulten som fäster KKR:et med trailern måste först avlägsnas.



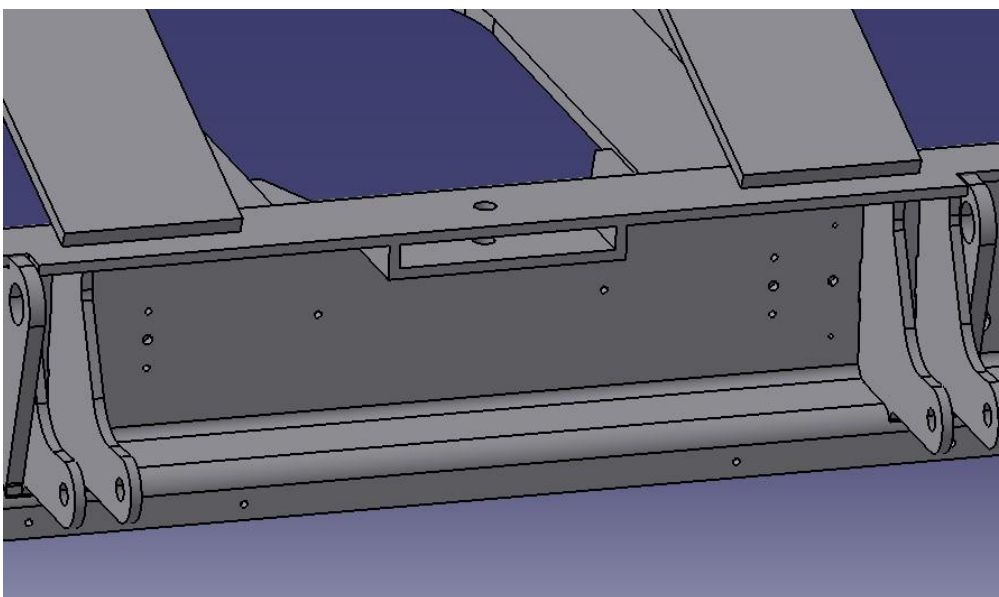
Figur 4.16. Isometrisk vy över placeringen vid infällt läge för koncept K2

I figur 4.17. nedan syns en sidovy av konceptet då den är i vilande fas. I den övre delen av figur 4.17. visas den planerade viloplaceringen med stöd av plattan. I det fallet sticker en liten del av plattan i KKR:et ut nedanför trailern. I den undre delen av figur 4.17. visas en optimerad placering av modellen där inga geometrier befinner sig utanför godkänt mått.



Figur 4.17. Genomsnittlig vy för placering av koncept K2 vid vilande fas sett på två placeringar: planerad (ovan) och optimerad (nedan)

Nedan i figur 4.18 visas den justering som har gjorts i trailern, utöver omplaceringen av axeln. Denna justering innebär en påbyggnad i form av ett fack där KKR:ets rörelse kan begränsas samt en ökning på balkbredden för att medge mer stabilitet för hela konstruktionen vid användning.



Figur 4.18. Modifiering av trailer för fastlåsning av KKR:röret

4.4 Finit Elementanalys av koncept K2

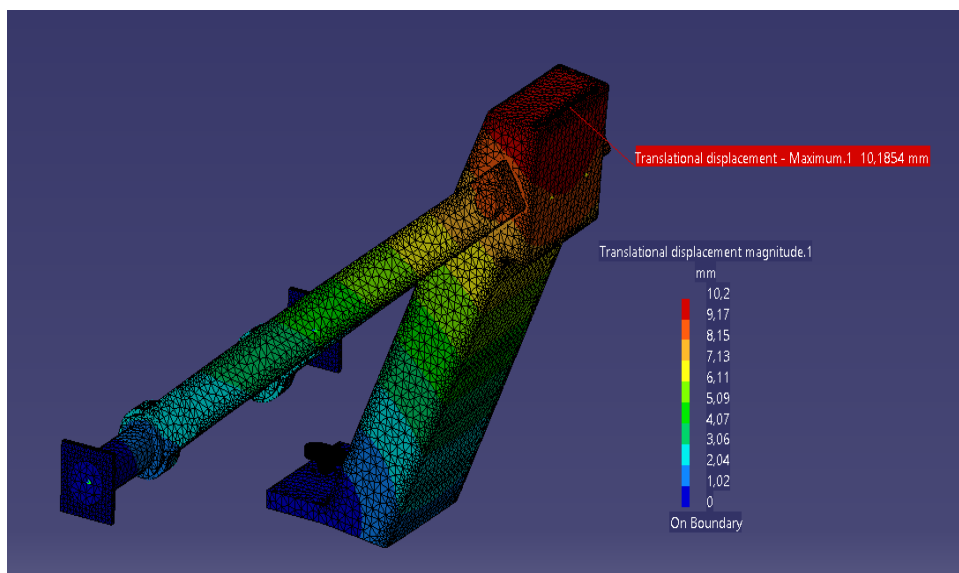
Den finita element analysen som gjordes av modellen för koncept K2 som visades i kapitel 4.3 gav resultat som redovisas i här.

Konceptet bestod, som tidigare nämnt, av fem olika komponenter. Dessa gavs olika mesh- och sag-storlekar beroende på dess storlek relativt varandra. I tabell 4.2 visas de storlekar som användes.

Tabell 4.2. Elementstorlekar för FE-modellen av koncept K2

Komponent	Antal	Mesh Size [mm]	Mesh Sag [mm]
KKR	1	10	1
Länkarm	2	10	1
Axel	1	10	1
Bult	1	2	0.2
Mutter	1	2	0.2

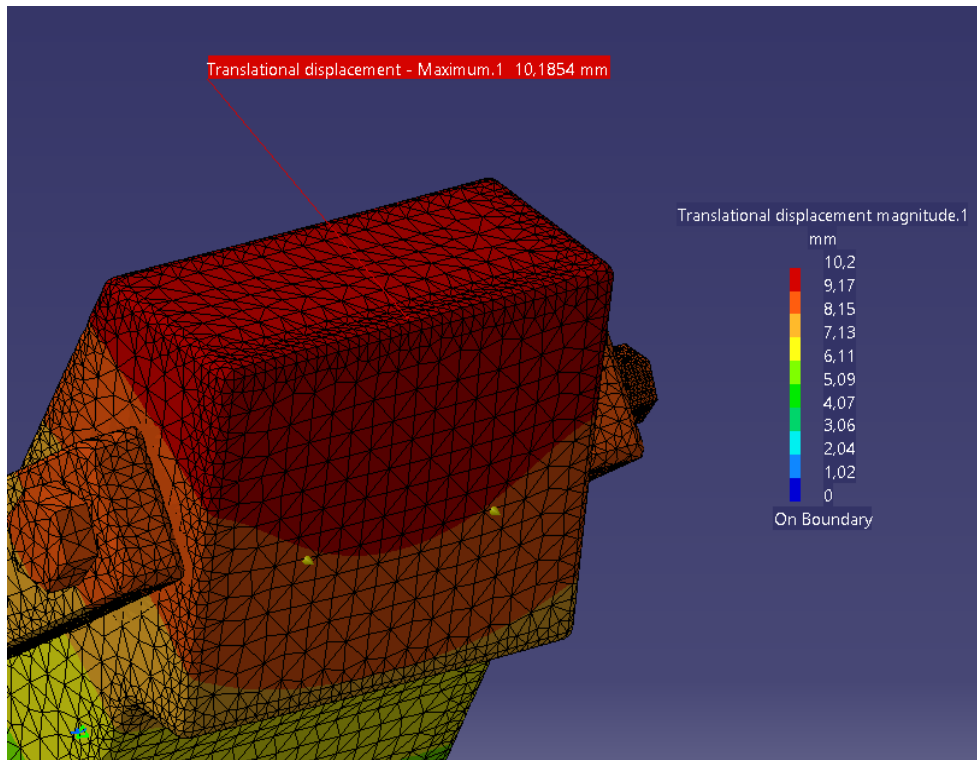
Anmärkningsvärt är att ytterligare två plattor infördes för att representera infästet mellan axel och trailern. Dessa är representerade av ett kvadratisk tvärsnitt som är 40 mm större än axelns diameter och hade ett hål med diameter som passade axeln. Tvång i form av fasta inspänningar sattes runt dessa två plattor. Den globalt uppskattade felmarginalen för modellen var 10.8%. I figur 4.19. nedan kan en överblick ses över FE-modellens förflyttning.



Figur 4.19. Isometrisk vy över den translationella förflyttningen för koncept K2

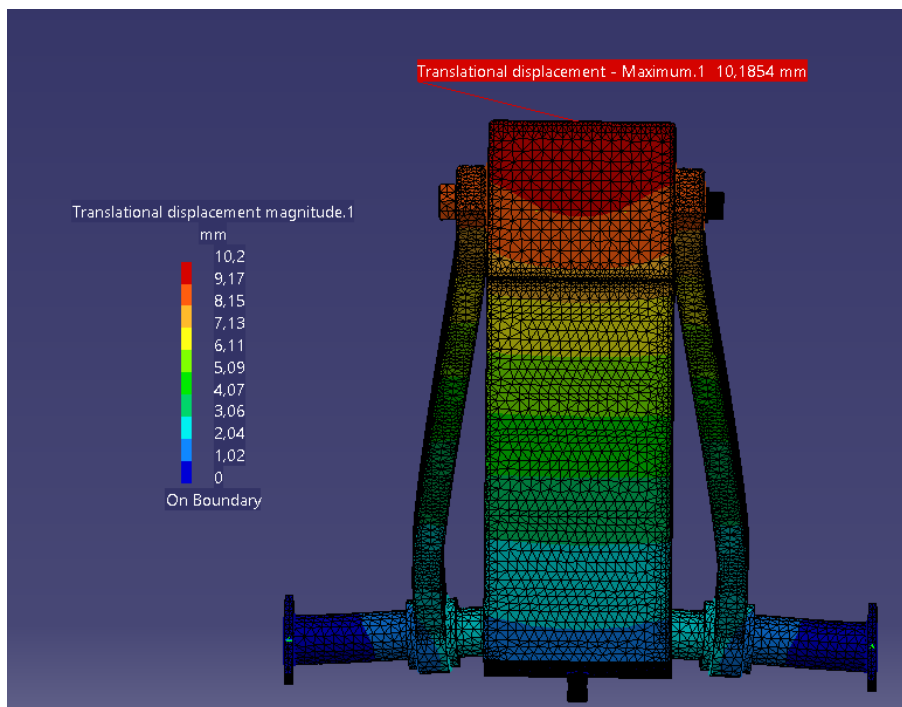
Det kan ses i figur 4.19. att förflyttningen är mellan 0 till 10.2 [mm]. Ju större avståndet från fästpunkterna med trailer i axel och KKR:ets platta är, desto större förflyttning. I figur 4.20.

kan en inzoomad vy över den maximala förflyttningen som sker i KKR:ets adapter till bogserbygel.



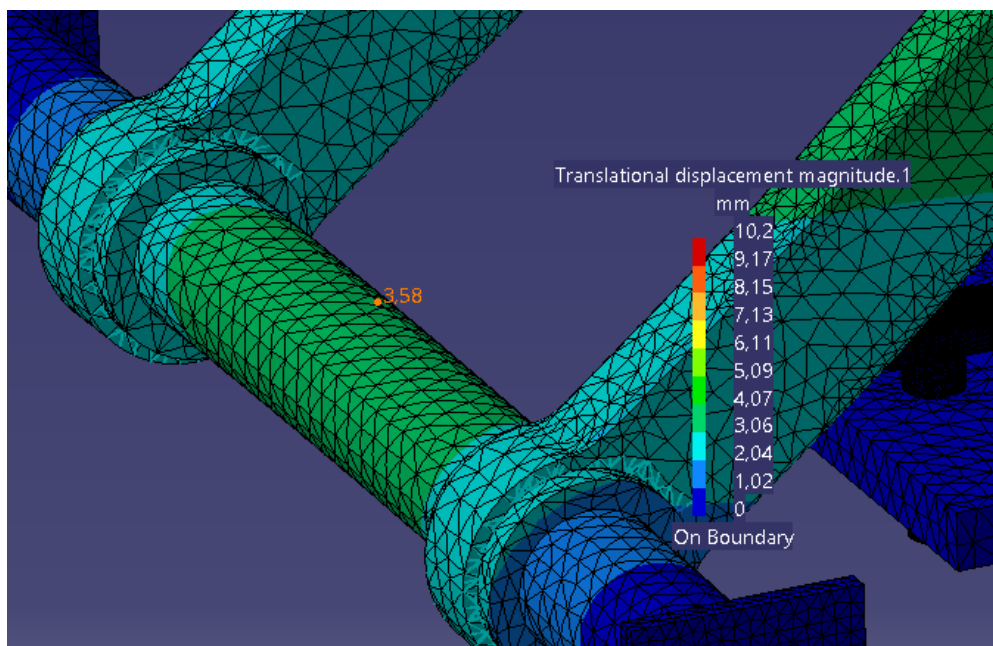
Figur 4.20. Inzoomad vy över den maximala translationella förflyttningen. Elementet som rör sig mest är adaptern där kraften är pålagd

I figur 4.20. kan det ses att den maximala translationella förflyttningen är ~ 10.19 mm, vilket överskrider det angivna toleransintervallet på ± 5 [mm]. En translationsrörelse på 10.2 mm innebär visserligen, för en Z-leds riktad last, en kombinerad förflyttning av Y- och Z-leds förflyttning 10.2 mm. För att en translationsrörelse ska utforskas om förflyttning i respektive led, krävs det att den är mindre än 7.1 mm. Detta baserat på övre gränsen för det godkända intervallet. I figur 4.21. nedan kan en överblickande vy framifrån ses på den translationella förflyttningen.



Figur 4.21. Vy framifrån över den totala translationella förflyttningen för koncept K2

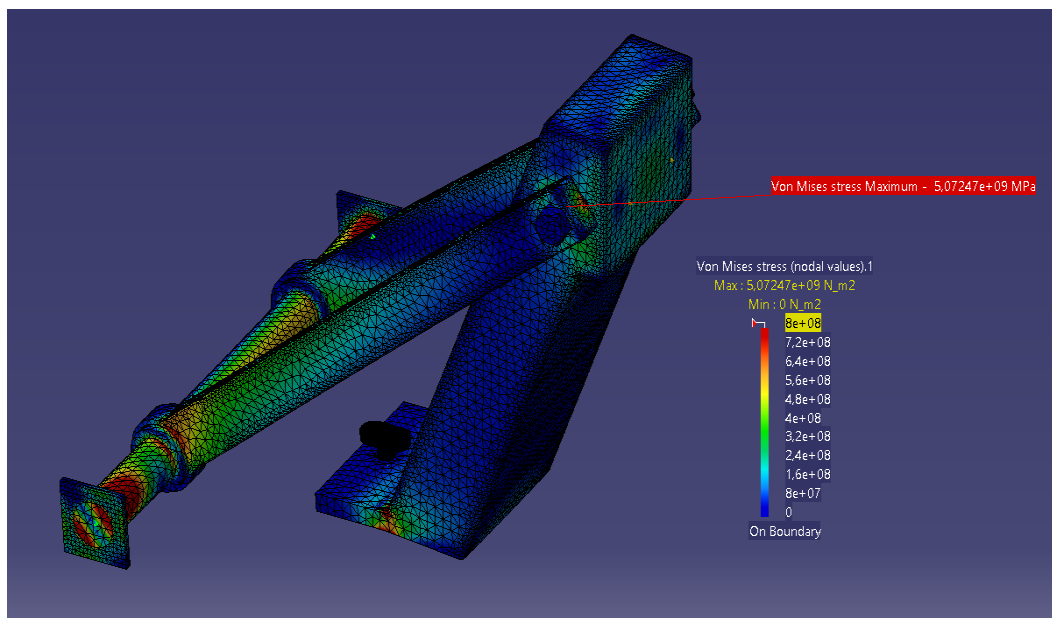
Figur 4.21. visar i synnerhet hur axeln böjer sig på grund av den pålagda kraften. Vidare kan det ses i figur 4.22. en inzoomad vy över axelns translationella förflyttelse.



Figur 4.22. Inzoomad vy över axeln translationella förflyttelse

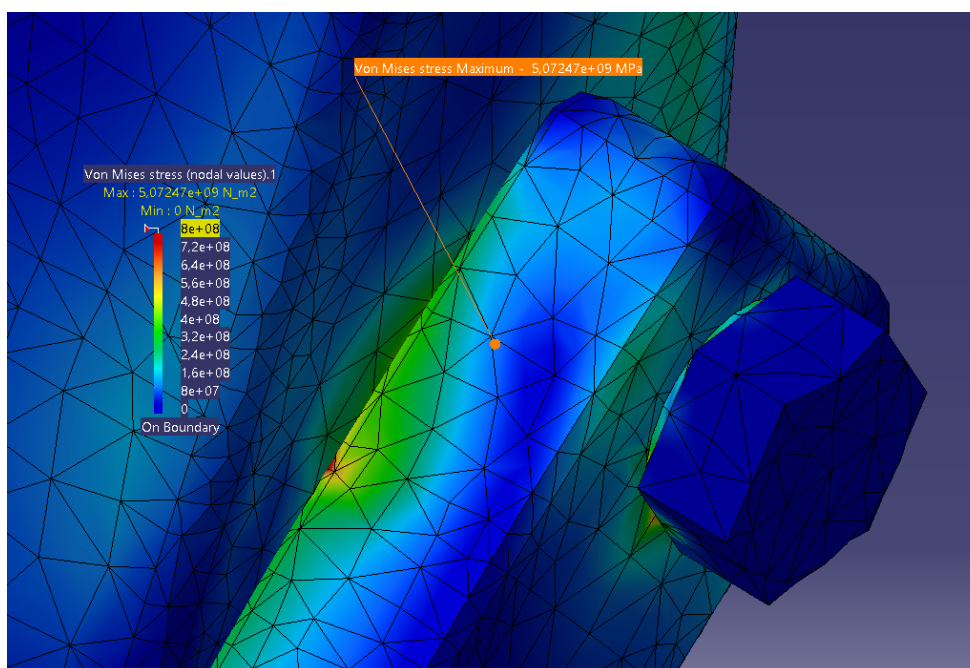
Figur 4.22. kan en markerad nod visa att utböjningen vid centrum av axeln är ungefär 3.6 mm. Detta motsvarar en töjning på 7.2%.

För analys av spänningar kollades spänningar enligt Von Mises. I figur 4.23 kan en isometrisk överblick av spänningstillståndet för kopplingsanordningen ses. Färgkartan är begränsad mellan 0 och 800 [MPa], eftersom FEM-modellen gav individuella resultat upp till nära 5 GPa spänningskoncentrationer.



Figur 4.23. Isometrisk vy över Von Mises spänningar i FEM-modellen

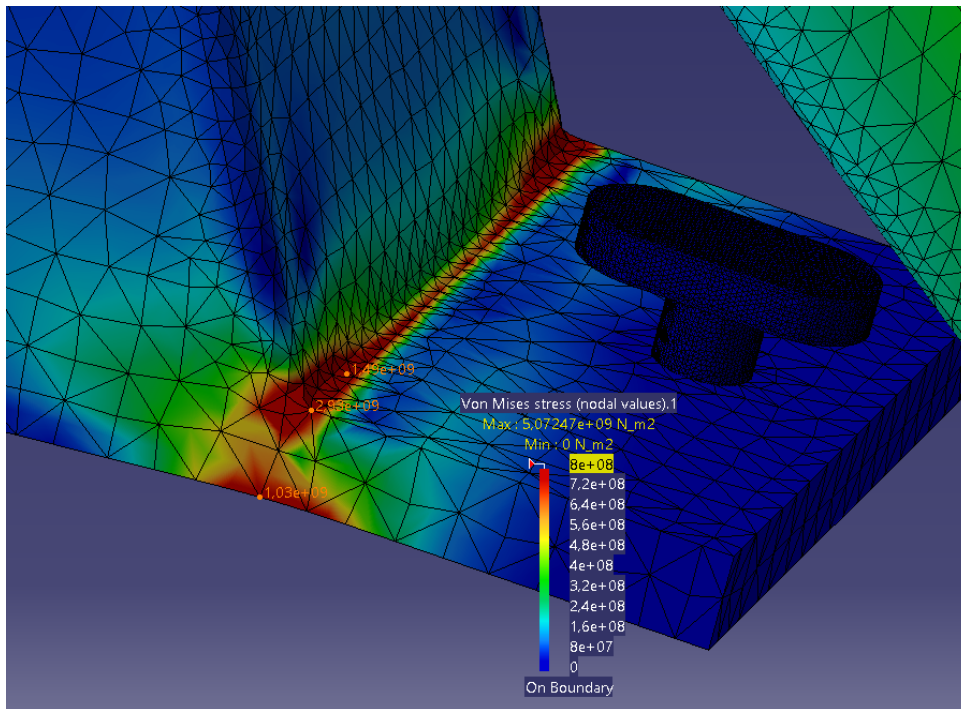
I figur 4.23. kan det ses att samtliga komponenter långt från fästpunkter stadigt håller sig under 400 MPa, vilket är 300 MPa lägre än sträckgränsen. Här syns även punkten för den globala maximala spänningen som upplevs i kopplingen. Denna punkt är mellan länkarm och KKR:et. I figur 4.24 kan en inzoomning över denna spänning ses.



Figur 4.24. Inzoomad vy över den maximala Von Mises spänningen i konstruktionen

I figur 4.24. ser vi att den maximala spänningen för kopplingen är 5 GPa. Detta överskrider sträckgränsen för Weldox 700 med 4.3 GPa. Spänning är 7.14 gånger större än den dimensionerande sträckgränsen.

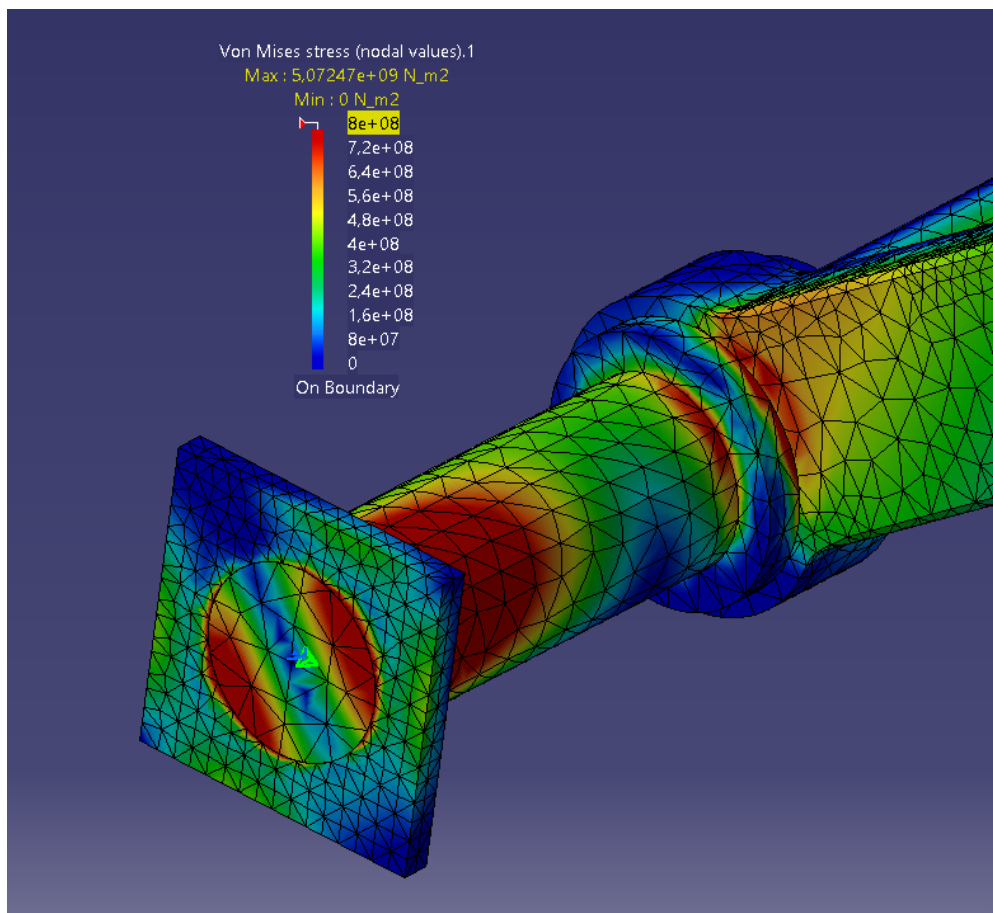
I figur 4.25. kan en inzoomad vy över KKR:ets platta ses. Plattan är tvingad enligt fastspänningar i relation till trailern (se figur 4.18. i kapitel 4.3).



Figur 4.25. Inzoomad vy över Von Mises spänningskoncentration i KKR:ets platta

I figur 4.25 kan spänningskoncentrationer i tre noder ses variera från ~1 GPa vid kanten av botten, till ~2.9 GPa i hörnet på ovansidan. Dessa värden på spänningen är från 1.4 till 4.1 gånger större än sträckgränsen. Plattan är 20 mm tjock och övergången på kanten är avrundad.

I figur 4.26. ser vi en inzoomning över spänningskoncentrationer i axel och fäste mellan axel och länkarm.



Figur 4.26. Inzoomad vy över Von Mises spänningskoncentrationer i axeln och länkarmens fäste i axel

I figur 4.26. syns att många fästpunkter överstiger färgkartans gräns på 800 MPa. I synnerhet vid svetsningen av länkarm till axel och inlåsningen av axel i plattan. På grund av symmetri ser de två andra infästningarna mellan axel och länkarm samt infäste lika ut.

5 SLUTKONCEPT

Detta kapitel syftar till att välja ett av koncept T1 och K2 som slutkoncept. Som bas för detta vägs för- och nackdelar med respektive koncept baserat på de modeller som redovisades i kapitel 4.

Då ett slutkoncept har erhållits, undersöks hur denna förhåller sig till de kraven som är satta i kravspecifikationen i kapitel 3.1.2.

5.1 Val av slutkoncept

I kapitel 4.2 och 4.4 undersöktes hur kopplingen deformeras för två olika FEM-modeller vid en maximal Z-leds riktad last enligt dimensionerande kraft. Båda resultaten anses i aspekter om spänningar vid kontaktytor och -punkter mellan olika komponenter vara icke tillförlitliga. Bortser man från dessa aspekter, ger FEM-modellen rimliga resultat för resterande komponenter.

I den modell som utgör koncept K2, är den translationella förflyttningen av adaptern för bogserbygeln 10.2 mm. Placeringen av centrumtappen för modellen har enligt kapitel 4.3 (Y: ~ 468 mm, Z: ~ 406 mm). För att kunna verifiera krav 3.1 och 3.2, behöver koncept K2 få ändrade dimensioner på länkarm samt KKR.

Koncept T1 ger upphov till sämre ergonomi och användarvänlighet på grund av den långa hävarmen från axel till adapter vid användningsfas. Dessutom krävs att stödpinnar samt adapter lösgörs i avsikt att föra kopplingsanordningen från användningsfas till vilande fas. Vidare visar resultaten av förlängningen för koncept T1 en translationell förflyttning på adaptern för bogserbygel 18.7 mm. Detta kan reduceras genom att öka dimensionerna på tvärsnittet för samtliga teleskoprör. Detta innebär att konstruktionens vikt skulle öka ytterligare, vilket bidrar till sämre användarvänlighet.

Trots att K2 i sitt koncept medför en modifikation på trailern, har detta koncept valts till slutkoncept. Koncept T1 är i sig intressant med sin längdförändring, men anses relativt K2 vara mer komplicerad att kunna verifiera kraven på.

Till följd av dessa ovan nämnda argument valdes koncept K2 som det slutgiltiga konceptet.

5.2 Analys av resterande krav för slutkoncept

I kapitel 4.3 och 4.4 redogjordes för kraven relaterade till placering av centrumtapp och belastningsfall. Dessförinnan har vissa material relaterad krav tagits upp i kapitel 3. Detta kapitel behandlar de kraven som ännu ej har redogjorts för det slutliga konceptet K2.

5.2.1 Korrosionsbeständighet

I kravspecifikationen listas kravet *1.1 - Korrosionsbeständighet*. Stål har ett visst motstånd mot korrosion. Detta kallas för passivitet där det bildas ett tunt skyddande skikt över metallen som fungerar som barriär mot korrosion (Ashby, 2018). Ytterligare ett antal åtgärder kan implementeras för att förstärka motståndet mot korrosion. Detta i form av skyddande lager. Applicering av färgbeläggning är ett kostnadseffektivt sätt att förhindra korrosion. En annan möjlighet är att applicera ett pulverlack-skikt. I denna process appliceras det torra pulvret på den rena metallytan. Metallen upphettas sedan vilket leder till att det bildas ett skyddande skikt av det smältande pulvret.

5.2.2 Livslängd

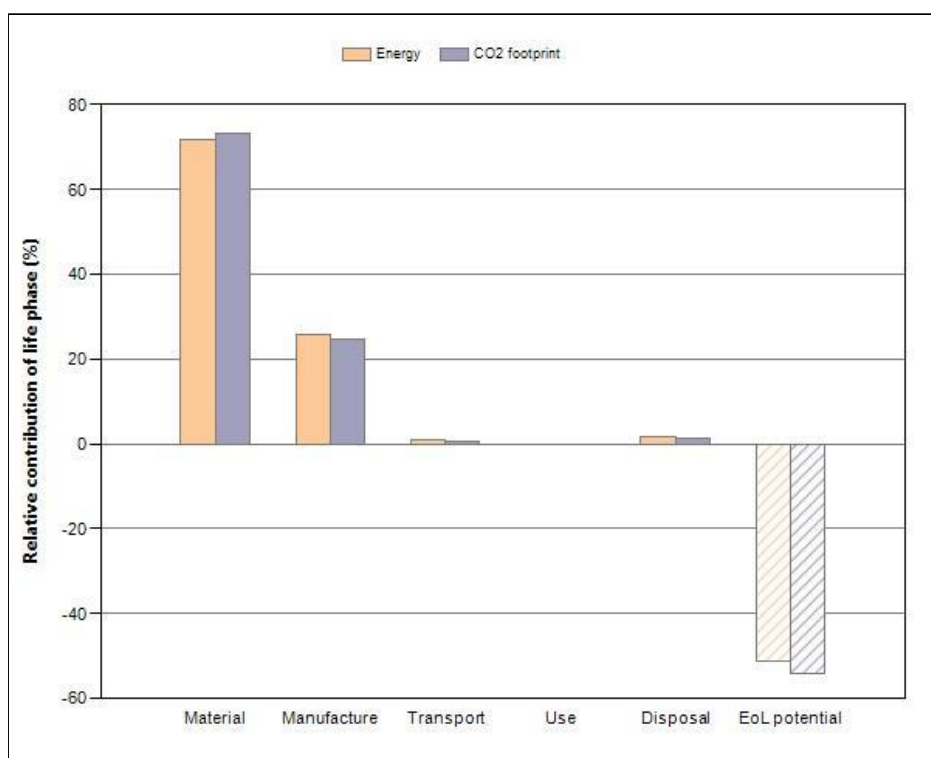
I kravspecifikationen listas kravet *1.3 - Livslängd*. Livslängden hanteras, trots andra aspekter som rost m.m., som en fråga om utmattning. Dimensionering gentemot utmattning bör genomföras eftersom kärrvikten alternerar från dragkraft vid körning och tryckkraft vid lastning. Om vi antar att slutkonceptet är dimensionerat att precis klarar en last på 24 000 kg. Då skulle kravet verifieras genom att undersöka om dimensionerna för slutkonceptet klarar N cykler. Standard för dimensionering av utmattning är $N = 10\,000\,000$ cykler. Utmattning i detta fall då lasten antas variera mellan två godtyckliga utmattningsdimensionerande laster F och $-F$, där $|F| \leq |P|$. Enligt Ashby (2018) definieras spänningsförhållandet R i detta fall som $R = -1$.

Eftersom FEM-modellen i kapitel 4.4 visar spänningar som överstiger den tillåtna sträckgränsen, anses beräkningar för utmattning vara framtida arbete.

5.2.3 Miljövänlig

I kravspecifikationen listas kravet *1.5 - Miljövänlig*. Stål är 100% återvinningsbart. Enligt American Iron and Steel Institute (AISI, 2020) är stål det mest återvunna materialet på planeten. Metaller i allmänhet kan återvinnas om och om igen utan att deras egenskaper försämras. Förutom ett ekonomiskt incitament finns det även miljöaspekter att bevara naturresurser samtidigt att det behövs mindre energi att bearbeta än tillverka nya produkter med råvaror (AISI, 2020).

Eco-audit är ett verktyg för att hitta produktens miljöpåverkan över alla livscykelstadier. I diagrammet som kan ses i figur 5.1, visar mängden förbrukad energi samt koldioxidavtryck från utvinning av råvaran till tillverkning, distribution, användning och återvinning.



Figur 5.1. Analys av materialets miljöpåverkan

De framtagna värden som kan ses i figur , visar att återvinning och återanvändning av produkten avger upp till 70% mindre CO_2 footprint gentemot utvinning och användning av råvaran. Ännu viktigare är det krävs upp till 70% mindre energi vilket är i riktlinje med ekonomiska- och hållbarhetsaspekter. I tabell 5.1 visas numeriska värden från diagrammet som visas i figur 5.1.

Tabell 5.1. Framtagna värde ur plotten

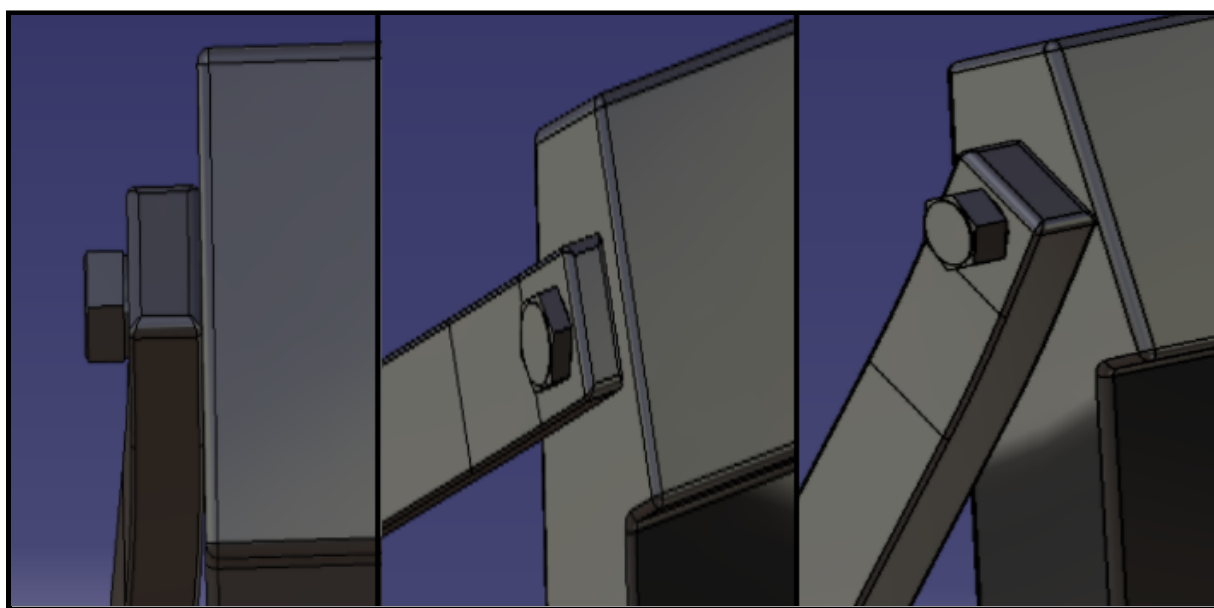
Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	1,85e+03	71.8	148	73,3
Manufacture	663	25,8	49,6	24,5
Transport	19,9	0,8	1,43	0,7
Use	—	—	—	—
Disposal	41,7	1,6	2,92	1,4
Total (for first life)	2,57e+03	100	202	100
End of life potential	-1,31e+03		-110	

I tabell 5.1. är inga värden för användningen angivna. Värden för både energi och koldioxidutsläpp vid användning kan vara en stor påverkan av kopplingsanordningen. Detta är till följd av massan för konstruktionen som bidrar med vikt till en trailer som drivs av

någon typ av bränsle. Det riktiga värdet för energi och CO_2 footprint beror i stort på vilken typ av trailer och lastbil samt frekvens på användningen av trailern. Denna påverkan bör undersökas vid framtida arbete.

5.2.4 Säkerhet

I kravspecifikationen listas kravet 2.6 - *Säkerhet*. Konstruktionen har en identifierad klämrisk mellan länkarm och KKR. I figur 5.2 visas det område där klämrisk uppstår. Rotation sker kring axeln för bulten och detta ger upphov till en sax-effekt. Båda kontaktytor är avrundade och således trubbiga. Men på grund av vikten av kopplingen, i synnerhet KKR, kan detta leda till skador på fingrar och händer.



Figur 5.2. Identifierad klämrisk mellan länkarm och KKR sett ur tre perspektiv. Vänster: Vy framifrån vid montering, mitten: isometrisk vy innan montering, höger: isometrisk vy efter montering

Risk för skador kan minimeras genom omkonstruktion av fäste mellan länkarm och KKR. Alternativ kan en varning om klämrisk göras synlig i sammanhanget.

6 DISKUSSION

I detta kapitel diskuteras de använda metoderna och genomförandet av projektet samt trovärdigheten på det framtagna resultatet.

6.1 Genomförande och metod

Till följd av det unika problemet, gav informationsinsamlingen få resultat. Dessutom var teoridelen för arbetet inte tillräckligt utförlig för att kunna ge en bra grund till idégenereringen. Detta gjorde att första brainstormingen inte resulterade i några idéer.

Under konceptframtagningsstadiet lades mycket fokus på att få fram en hög kvantitet av koncept. På grund av det var konceptframtagningen mycket tidskrävande och det gjorde att de kvarvarande stadierna inte fick så mycket tid som de hade krävt. Exempelvis hade mer tid till FEM-beräkningarna var gynnsamt, då mer vikt hade kunnat läggas på att identifiera problemet till de höga värdena. Samt hade kopplingsanordningens infästen till trailer kunnat beräknas.

Under de rådande omständigheterna med förändrade förutsättningar har projektet upplevts vara relativt svårt att organisera och arbeta med. I efterhand hade fler fysiska möten med uppdragsgivaren varit att föredra då det upplevts enklare att kommunicera i verkligheten än digitalt. En del kommunikationsproblematik har uppstått under en period mellan gruppen och uppdragsgivaren kring vissa belastningskrav för konstruktionen. Detta kunde ha undvikits med fler återkopplingsmöten.

6.2 Resultat

De grundläggande aspekterna av det presenterade konceptet har till viss utsträckning verifierats. Men det finns ett par krav kring huruvida konceptet klarar belastningen samt livslängden som inte kunde verifieras. Dessa två krav valdes att verifieras genom den FEA som genomfördes. På grund av den avancerade geometrin för konstruktionen skulle FEA ge ett mer noggrannare svar.

När det kommer till resultatet för FEM-analysen finns några punkter värt att diskutera. Som det nämndes under resultatkapitlet uppstod väldigt höga spänningar bland annat vid infästningar och kontaktytor på flera ställen. Dessa framtagna värden ansågs vara orimligt höga. För att undersöka anledningen till dessa höga värden gjordes några utredningar. Detta i form av olika experiment med justeringar vid infästningarna och kontaktytorna. Exempel på ändring var att införa en elastisk balk för fäste av KKR och lokal mesh minimering. Dessutom testades en analys med den verkliga belastningen, dvs utan säkerhetsfaktor. Dock blev resultatet likartade för spänningskoncentrationerna.

Det gjordes även en justering där materialets egenskaper ändrades till icke-linjärt med en bestämd hårdhet. Detta för att kunna redovisa den plastiska deformationen på ett mer

tydligare sätt. Denna ändring gav inte heller några nämnvärda skillnader mellan det redan framtagna resultatet.

Orsaken kan bero på felaktiga randvillkor för infästningar, där man låser frihetsgrader, samt anslutningsegenskaperna mellan komponenter. Med det sagt, rekommenderas det starkt att inte använda denna analys som en slutgiltig utvärdering av hållfastheten för konceptet.

Vad gäller placering av centrumtappen innan belastning, finns två värden som gick utanför det godkända intervallet på 3 mm Y-led och 1 mm Z-led. Detta skedde kring den iterativa processen i geometriändring mellan CAD- och FEM-modell. I stora drag kan detta härledas till tidsbrist då analys med FEM var problematisk.

7 SLUTSATS

I detta kapitel verifieras syftet för projektet och besvaras på frågeställningarna samt görs en verifiering på alla krav ur kravspecifikationen. Det tas upp även rekommendationer för eventuella förbättringar på det slutgiltiga konceptet.

Som beskrivet i kapitel 1.2 var syftet med projektet att genom en strukturerad produktutvecklingsprocess ta fram en realistisk och konkret lösning. Lösningen omfattar de problem kring kopplingsanordningen som beskrivits i rapporten. Arbetet skulle resultera i en fungerande CAD-modell med tillhörande ritningar.

7.1 Frågeställningen

Frågeställningarna för arbetet har tagits fram baserad på uppdragsbeskrivningen. I kapitel 1.5 ställdes tre frågor som skulle besvaras för att verifiera att syftet var uppnått. Dessa tre frågor har varit centrala under hela processen listas och diskuteras nedan.

Hur kan bogserbygelns centrumtapp omplaceras till den angivna placeringen?

Det slutkoncept som rapporten har tagit fram liknar i många aspekter den nuvarande lösningen. Skillnaden är att KKR:et är formad i en lutande vinkel och har fått sin infästning placerad högre upp.

Hur ska samtliga delar av kopplingen kunna stuvas undan när den har blivit omkonstruerad?

Enligt slutkonceptet är länkarmarna fästa i axeln, som i sin tur kan rotera kring sitt centrum. Länkarmarna och KKR:et är fästa i en genomgående bult och kan rotera i förhållande till varandra. Detta ger upphov till rotation och translation i KKR:et som kan fälla den på plats. Eftersom axeln är placerad nära änden på trailern och KKR:et är kortare, får konstruktionen plats innanför utrymmet.

Klarar den omkonstruerade anordningen säkerhetsfaktorn under maxbelastning?

FEM-beräkningarna som gjordes i denna rapport har inte kunnat ge klara resultat om godkänd dimensionering. Till synes i kapitel 4.2 och 4.4, uppstod massiva spänningskoncentrationer långt över sträck- och brottgräns på vissa ställen. Dessa är enligt gruppens bedömning felaktiga, men det går inte att säga om spänningen är godkänd eller inte. Denna fråga går således inte att svara på.

7.2 Verifiering av kravspecifikation

Det sattes i kapitel 3.2 upp en kravspecifikation där samtliga krav måste vara uppfyllda för att verifiera en godkänd lösning. Trots att det är känt att krav kring dimensionering för belastningen inte kan tas reda på, ska resten av kraven verifieras.

1.1 Korrosionsbeständig

Med användning av någon ytbeläggning eller liknande kan konstruktionen bli resistent mot korrosion. Detta krav kan anses vara uppnått.

1.3 Livslängd

Till följd av den bristande verifieringen i belastning för konceptet, genomfördes inte beräkningar på utmattning. Detta krav kan inte verifieras.

1.5 Miljövänlig

Då konstruktionen är tillverkat av stål, kan den relativt andra alternativ anses vara miljövänlig. Detta krav kan anses vara uppnått.

2.1 Klara belastning och 2.2 Säkerhetsfaktor

Som beskrivs i diskussionen och den sista frågan i frågeställningen, kan kravet för belastning med säkerhetsfaktor inte verifieras.

2.3 Passa dimensioner för bogserbygel

Det slutkoncept som modellerades i CATIA-V5, möter de dimensioner som bogserbygeln har för sammanfogning. Adaptern har dimensionerna 200 x 160 [mm], vilket är de dimensioner bogserbygeln har. Detta krav kan anses vara uppnått.

2.6 Säkerhet

En klämrisk kunde identifieras mellan länkarm och KKR. Åtgärd för att minimera klämrisk genomförs, lämpligtvis genom en skriftlig varning i anslutning till området för klämrisk. Om någon förebyggande åtgärd sker, kan detta krav anses uppnått.

2.8 Få plats under infällt läge

Det kan i kapitel 4.3 ses att produkten kan placeras inom det godkända utrymmet. Detta krav kan anses vara uppnått.

3.1 Placering i Y-led och 3.2 Placering i Z-led

Placeringen i Y-led för slutkonceptet blev i sista itereringen innan FEM-analysen dementerades, placerad 8 mm från centrum av det godkända intervallet. Placering i Z-led blev 6 mm från centrum av det godkända intervallet. Omkonstruktion av längder på KKR samt länkarmar krävs. Eftersom belastningen inte kunde verifieras, kan förflyttningen inte heller Dessa krav är inte godkända.

3.3 Centrerad

Placeringen i X-led skulle vara centrerad och inte avvika mer än ± 5 mm. Placeringen för modellen är centrerad, men som för de andra två kraven för placering kan inte förflyttningen verifieras. Detta krav är därmed inte godkänt.

Detta innebär att syftet i sin definition av komplett lösning inte är uppnått. Arbetet har bidragit med ett koncept som uppfyller en lösning för problemet med fasändring men har misslyckats med att verifiera vissa krav.

7.2 Rekommendationer till vidareutveckling

För att säkerhetsställa att konceptet fungerar i praktiken behövs en fysisk prototyp byggas och korrekta beräkningar göras för att verifiera om konstruktionen klarar de hållfasthetskraven.

Vidare finns det andra koncept som inte utforskats mycket på i denna rapport. Många av koncepten listade i konceptkatalogen avvisades tidigt på grund av gruppens bristande kunskap om dem. Uppmaningar till fortsatt arbete ges då även till att utforska de koncepten som nämnts men inte vidareutvecklats i detta arbete.

Referenser

American Iron and Steel Institute (2020). *Sustainability in steel recycling*.
<https://www.steel.org/sustainability/>

Ashby, M., Shercliff, H., Cebon, D. (2018). *Materials: engineering, science, processing and design* (4th edition). Oxford. Butterworth-Heinemann

Bahco (u.å). *Extra kraftig pallbock*. tinyurl.com/p386buy7

Dahlberg, T. (2001). *Teknisk hållfasthetslära*. Lund: Studentlitteratur. AB

Grahn, R. & Jansson, P.-Å. (2002). *Mekanik: statik och dynamik* (3 uppl). Lund: Studentlitteratur. AB

Johannesson, H., Persson, J.-G. & Pettersson, D. (2013). *Produktutveckling: effektiva metoder för konstruktion och design* (2 uppl). Stockholm: Liber

McMaster-Carr (u.å) *Telescoping-Tube Structural Framing*.
<https://www.mcmaster.com/telescoping-tube-structural-framing/>

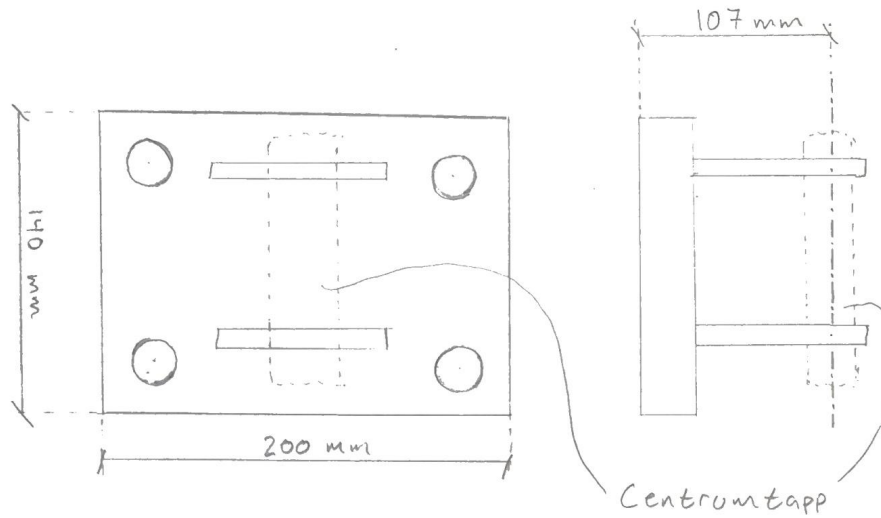
Osborn, A. F. (1963). *Applied imagination; principles and procedures of creative problem-solving*. New York: Scribner

SSAB (u.å). *SSAB Domex 355 MC*. <https://tinyurl.com/b8pbwh5b>

SSAB (2013) *Weldox 700*. <https://tinyurl.com/48hbj2bj>

Tibnor (2018). *Konstruktionstabeller*. <https://tinyurl.com/k5vd3nmm>

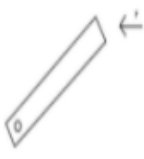
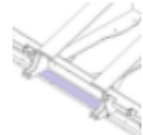
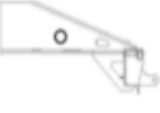
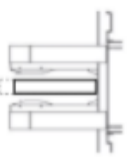
Österlin, K. (2016). *Design i fokus för produktutveckling: varför ser saker ut som de gör?* (4 uppl). Malmö: Liber

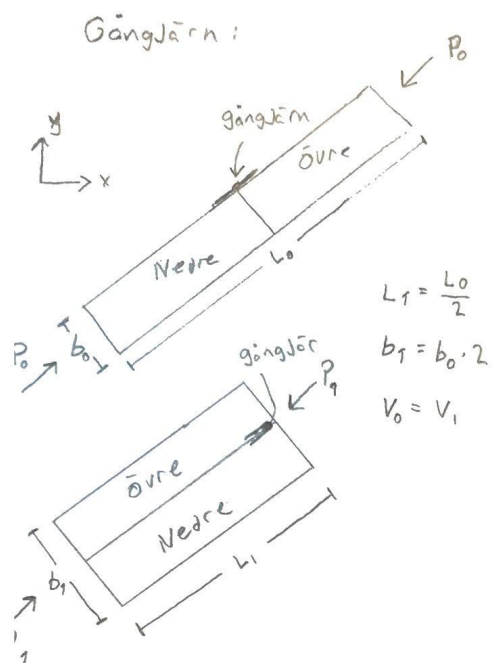


Skissen är gjord enligt VBG:s bogserbygel modell *bogserbygel 190*, 07-019000.

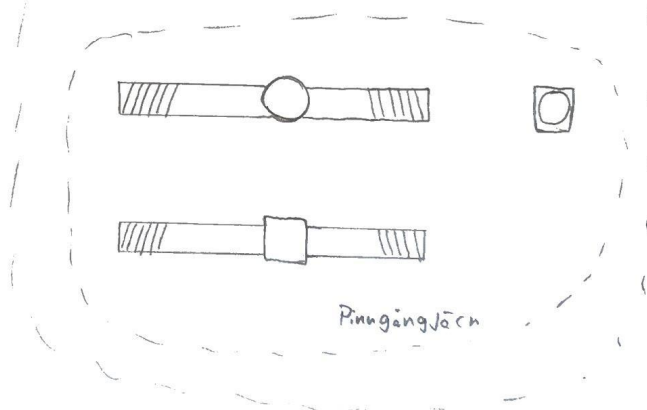
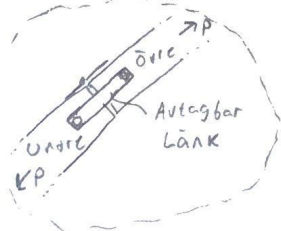
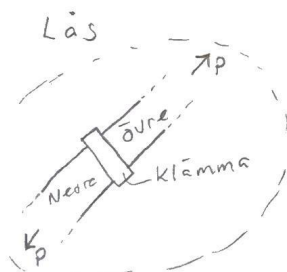
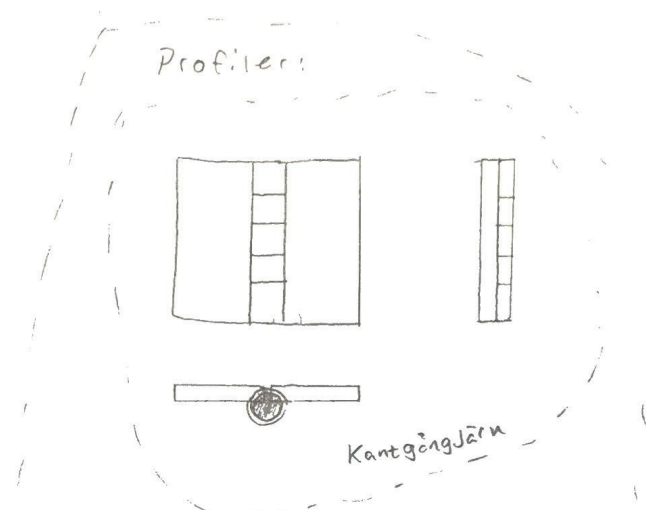
Källa:

[https://www.vbg.eu/sv/produkter/kopplingar/bogserkopplingar/bogserbygel/?v=07-019000#product-d](https://www.vbg.eu/sv/produkter/kopplingar/bogserkopplingar/bogserbygel/?v=07-019000#product-documents)
ocuments

Morfologisk Matris						
#	Delproblem	Dellösningar				
		A	B	C	D	E
1	Belastning Upp/Ned	Fackverk 	KKR 	KCKR 	Stödpinnar 	Profilvarierande Balk 
2	Belastning Fram/Bak	Länkarmar 	Fackverk 	KKR 	Profilvarierande Balk 	
3	Placering av Stödpunkt	Under trailer balk 	Ovan trailer balk 	På Översula 	Ingen stödpunkt 	
4	Placering av Revolverande Axel(Fästpunkt Belastning fram/bak)	Nere längst in 	Uppre längst in 	Nere längst ut 	Mitten längst ner 	
5	Positionering Infällt Läge	Sned 	Rak 			
6	Alternera Höjder	Gångjärn 	Hydraulik 	Mekaniskt Låssystem 	Teleskoprör 	Konstant Höjd 

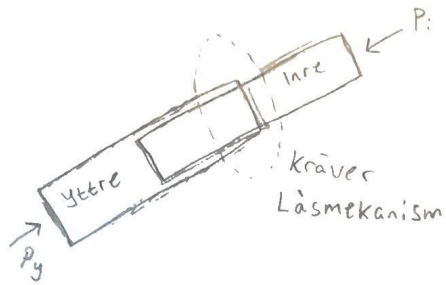


Kräver Profil på gångjärn
och läs då $P_0 < 0$:

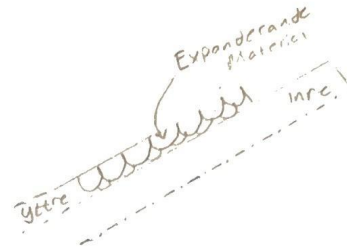


Bilaga 3. Sida 2(4)

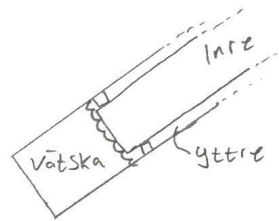
Teleskop:



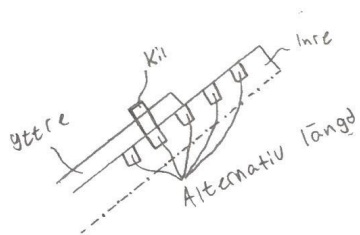
Låsmekanism med expanderande material



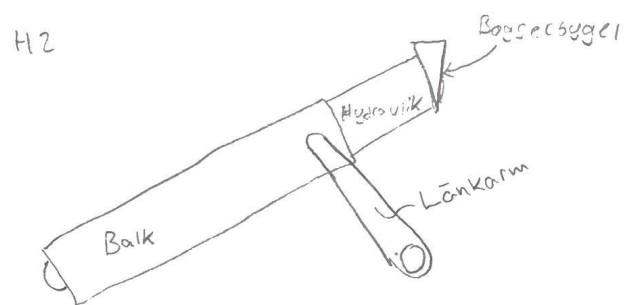
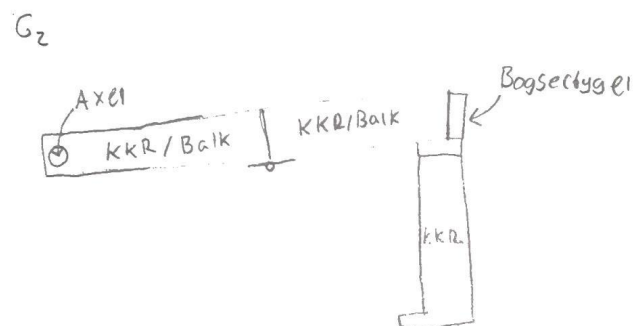
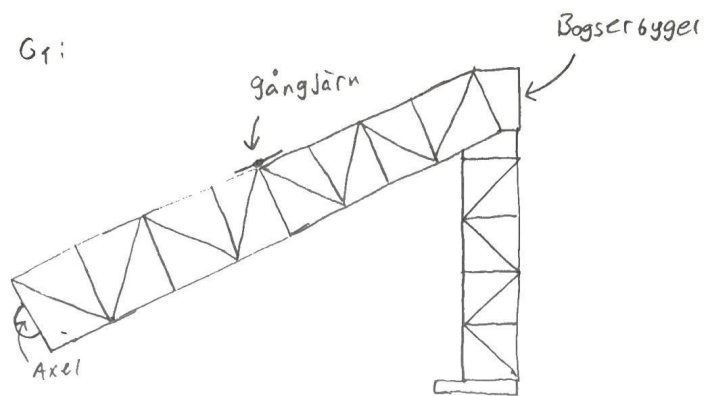
Låsmekanism med vätska
(likt Hydraulik)



Låsmekanism med kil:

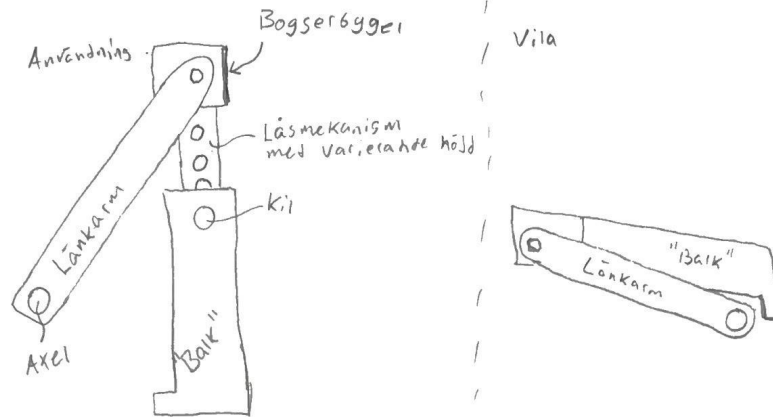


Bilaga 3. Sida 3(4)

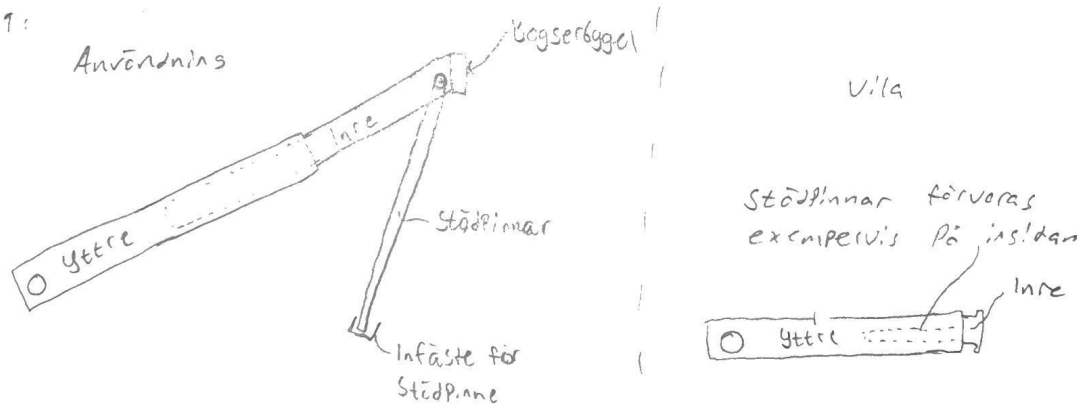


Bilaga 3. Sida 4(4)

M1:



T1:

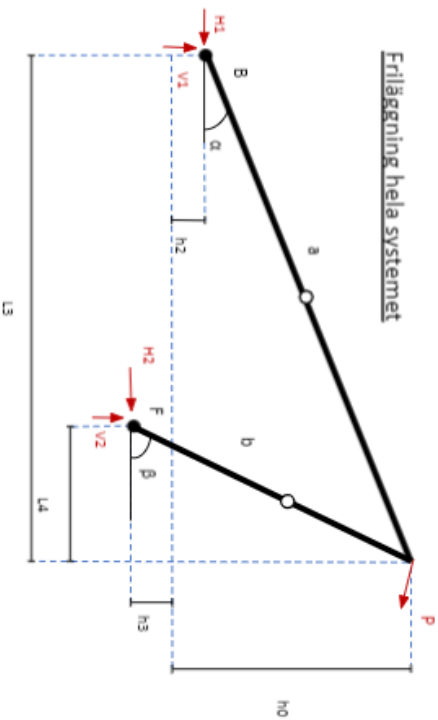


Koncept G1, H1 & T1

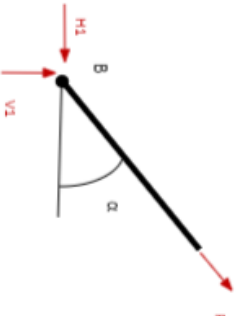
Måldata:

- h0 = 460 [mm]
- h2 = 80 [mm]
- h3 = 173 [mm]
- L0 = 400 [mm]
- L3 = 1310 [mm]
- L4 = 459 [mm]
- P = 235 680 N
- $\alpha = 16,2^\circ$
- $\beta = 54,0^\circ$
- a = 1364 [mm]
- b = 782 [mm]

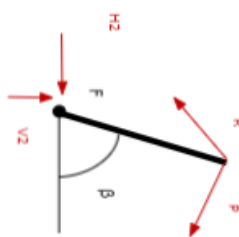
Friläggning hela systemet



Friläggning delsystem vänster



Friläggning delsystem höger



Jämviktsekvation hela systemet:

$\uparrow$ $V1 + V2 - P \cdot \cos(\beta) = 0$ (1)

$\rightarrow$ $H1 + H2 + P \cdot \sin(\beta) = 0$ (2)

$\curvearrowright B$ $P \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot a - V2 (L3 - L4) - H2 (h2 + h3) = 0$ (3)

Jämviktsekvation delsystem vänster:

$\rightarrow$ $H1 + R \cdot \cos(\alpha) = 0$ (4)

$\uparrow$ $V1 + R \cdot \sin(\alpha) = 0$ (5)

Jämviktsekvation delsystem höger:

$\rightarrow$ $H2 - R \cdot \sin(\alpha) + P \cdot \sin(\alpha) = 0$ (6)

$\uparrow$ $V2 - R \cdot \sin(\beta - \alpha) - P \cdot \cos(\alpha) = 0$ (7)

$\curvearrowright F$ $P \cdot b - R \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot b = 0$ (8)

(8) $\Rightarrow R = P \cdot b / \sin(\beta - \alpha) \cdot b = 384\,528\text{ N}$ (9)

(9)&(6) $\Rightarrow H1 = -369\,260\text{ N}$ (10)

(9)&(7) $\Rightarrow V1 = -107\,280\text{ N}$ (11)

(10)&(2) $\Rightarrow H2 = 178\,591\text{ N}$ (12)

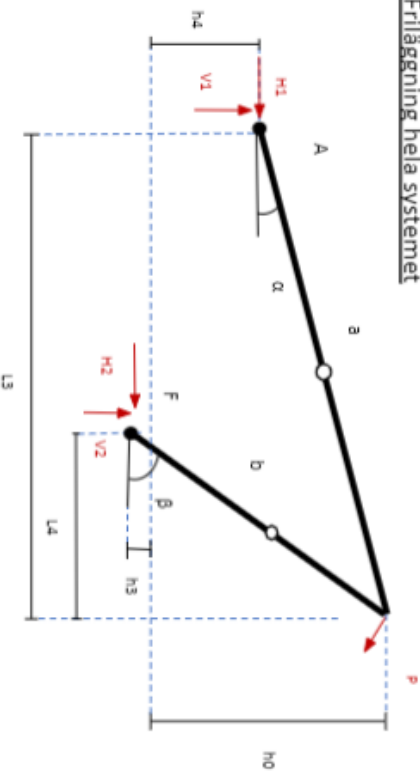
(11)&(1) $\Rightarrow V2 = 245\,809\text{ N}$ (13)

Koncept G2

Måtdata

h0 = 460 [mm]
h3 = 173 [mm]
h4 = 275 [mm]
L0 = 400 [mm]
L3 = 1310 [mm]
L4 = 459 [mm]
P = 235 680 N
 $\alpha = 8,04^\circ$
 $\beta = 54,0^\circ$
a = 1323 [mm]
b = 782 [mm]

Erläggning hela systemet



Jämviktsekvation hela systemet:

$\uparrow$ $V1 + V2 - P \cdot \cos(\beta) = 0$ (1)
 $\rightarrow$ $H1 + H2 + P \cdot \sin(\beta) = 0$ (2)
 $\curvearrowright$ $P \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot a - V2 (L3 - L4) - H2 (h4 + h3) = 0$ (3)

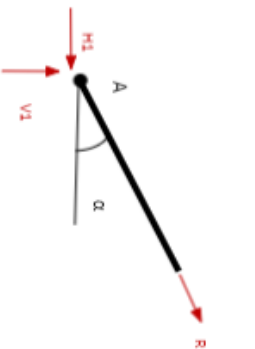
Jämviktsekvation delsystem vänster:

$\rightarrow$ $H1 + R \cdot \cos(\alpha) = 0$ (4)
 $\uparrow$ $V1 + R \cdot \sin(\alpha) = 0$ (5)

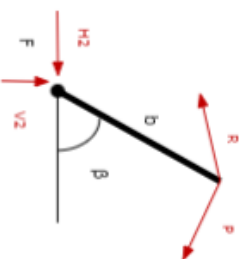
Jämviktsekvation delsystem höger:

$\rightarrow$ $H2 - R \cdot \sin(\alpha) + P \cdot \sin(\alpha) = 0$ (6)
 $\uparrow$ $V2 - R \cdot \sin(\beta - \alpha) - P \cdot \cos(\alpha) = 0$ (7)
 $\curvearrowright$ $P \cdot b - R \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot b = 0$ (8)
(8) $\Rightarrow R = P \cdot b / \sin(\beta - \alpha) \cdot b = 327\,634\text{ N}$ (9)
(9)&(6) $\Rightarrow H1 = -324\,445\text{ N}$ (10)
(9)&(7) $\Rightarrow V1 = -45\,598\text{ N}$ (11)
(10)&(2) $\Rightarrow H2 = 133\,776\text{ N}$ (12)
(11)&(1) $\Rightarrow V2 = 184\,127\text{ N}$ (13)

Erläggning delsystem vänster

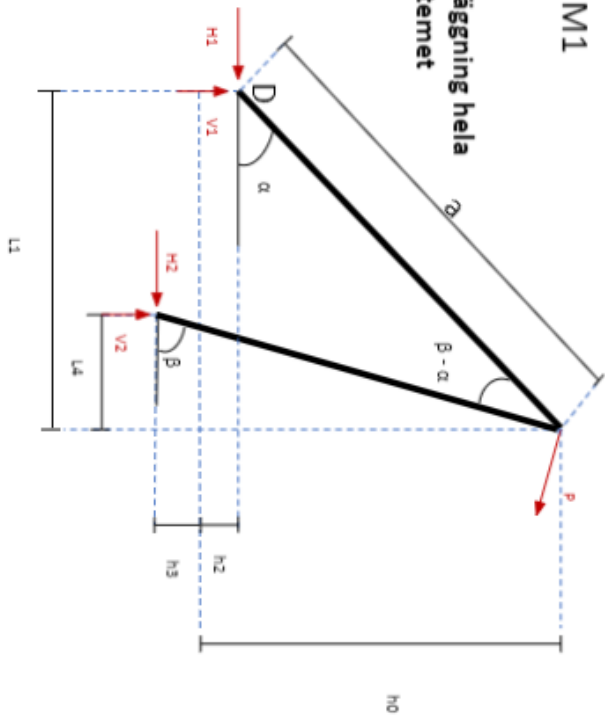


Erläggning delsystem höger



Koncept M1

Friläggning hela systemet



Jämviktsekvation delsystem vänster:

$$\uparrow : V1 + R \cdot \sin(\alpha) = 0 \dots (1)$$

$$\rightarrow : H1 + R \cdot \cos(\alpha) = 0 \dots (2)$$

Jämviktsekvation delsystem höger:

$$\uparrow : V2 - R \cdot \sin(\alpha) - P \cdot \cos(\beta) = 0 \dots (3)$$

$$\rightarrow : H2 - R \cdot \cos(\alpha) + P \cdot \sin(\beta) = 0 \dots (4)$$

$$\sum M : P \cdot b - R \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot b = 0 \dots (5)$$

$$(5) \Rightarrow R = P / \sin(\beta - \alpha) = 517.4 \text{ kN} \dots (6)$$

$$(1) \& (5) \Rightarrow V1 = -R \cdot \sin(\alpha) = -234.1 \text{ kN} \dots (7)$$

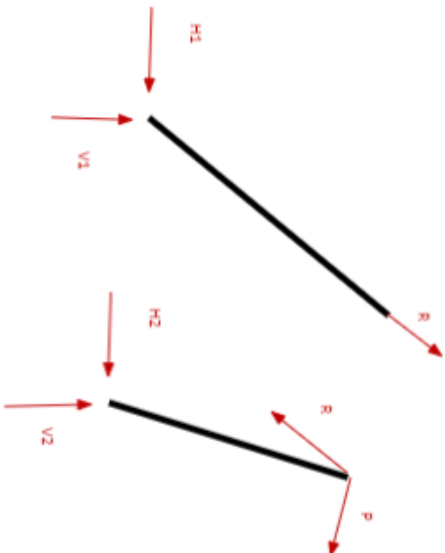
$$(2) \& (5) \Rightarrow H1 = -R \cdot \cos(\alpha) = -461.4 \text{ kN} \dots (8)$$

$$(3) \& (5) \Rightarrow V2 = R \cdot \sin(\alpha) + P \cdot \cos(\beta) = 372.6 \text{ kN} \dots (9)$$

$$(4) \& (5) \Rightarrow H2 = R \cdot \cos(\alpha) - P \cdot \sin(\beta) = 270.7 \text{ kN} \dots (10)$$

Måldata:

$h0 = 460$ [mm]
 $h1 = 37$ [mm]
 $h2 = 80$ [mm]
 $h3 = 173$ [mm]
 $L1 = 750$ [mm]
 $a = 840$ [mm]
 $b = 782$ [mm]
 $P = 235\,680$ N
 $\alpha = 26.9^\circ$
 $\beta = 54.0^\circ$

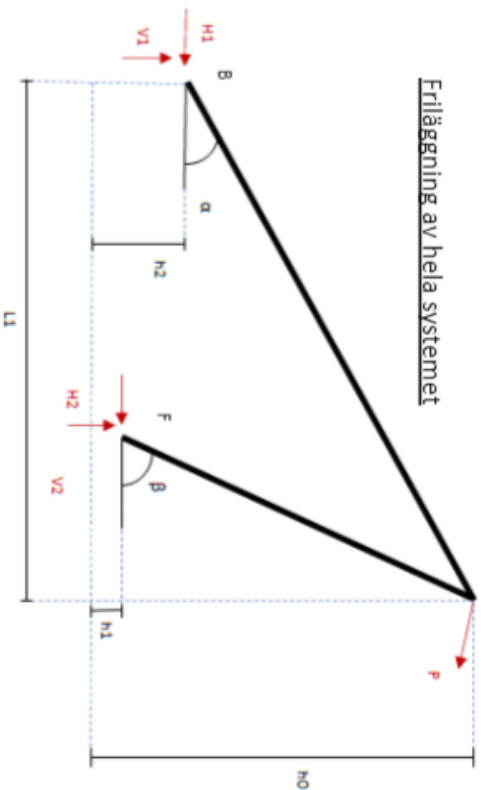


Koncept K2

Måldata:

- $h_0 = 460$ [mm]
- $h_1 = 37$ [mm]
- $h_2 = 80$ [mm]
- $L_4 = 459$ [mm]
- $L_1 = 750$ [mm]
- $P = 235\,680$ N
- $\alpha = 26.9^\circ$
- $\beta = 42.6^\circ$
- $a = 840$ [mm]
- $b = 624$ [mm]

Friläggning av hela systemet



Jämviktsekvation hela systemet:

$$\begin{aligned} \uparrow V_1 + V_2 - P \cdot \cos(\beta) &= 0 \dots\dots\dots (1) \\ \rightarrow H_1 + H_2 + P \cdot \sin(\beta) &= 0 \dots\dots\dots (2) \\ P \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot a - V_2 (L_1 - L_4) - H_2 (h_2 - h_1) &= 0 \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

Jämviktsekvation delsystem vänster:

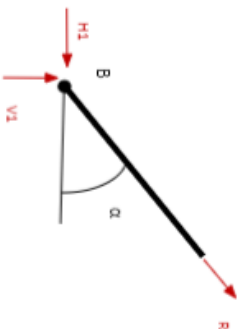
$$\begin{aligned} \rightarrow H_1 + R \cdot \cos(\alpha) &= 0 \dots\dots\dots (4) \\ \uparrow V_1 + R \cdot \sin(\alpha) &= 0 \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

Jämviktsekvation delsystem höger:

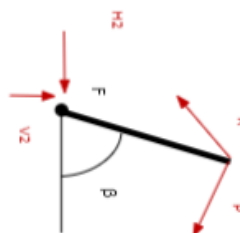
$$\begin{aligned} \rightarrow H_2 - R \cdot \sin(\alpha) + P \cdot \sin(\alpha) &= 0 \dots\dots\dots (6) \\ \uparrow V_2 - R \cdot \sin(\beta - \alpha) - P \cdot \cos(\alpha) &= 0 \dots\dots\dots (7) \\ P \cdot b - R \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot b &= 0 \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (8) \Rightarrow R &= P \cdot b / \sin(\beta - \alpha) \cdot b = 870\,952 \text{ N} \dots\dots\dots (9) \\ (9) \&(6) \Rightarrow H_1 &= 220\,566 \text{ N} \dots\dots\dots (10) \\ (9) \&(7) \Rightarrow V_1 &= 445\,859 \text{ N} \dots\dots\dots (11) \\ (10) \&(2) \Rightarrow H_2 &= 380\,092 \text{ N} \dots\dots\dots (12) \\ (11) \&(1) \Rightarrow V_2 &= -272\,376 \text{ N} \dots\dots\dots (13) \end{aligned}$$

Friläggning delsystem vänster

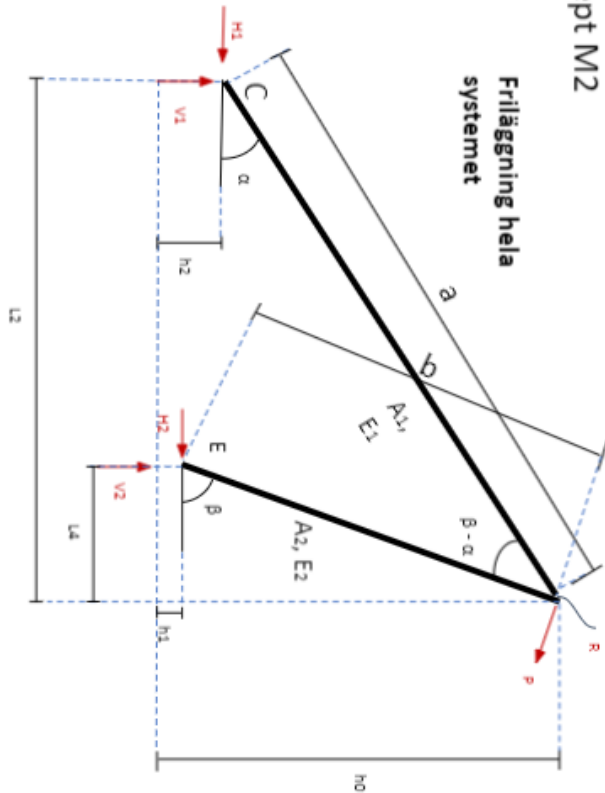


Friläggning delsystem höger



Koncept M2

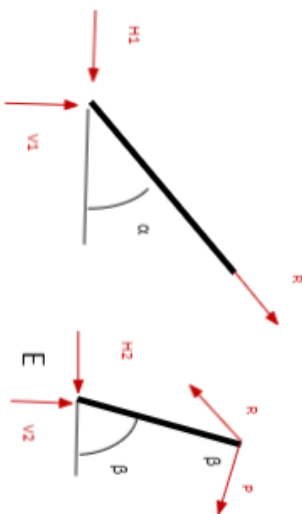
Frläggning hela systemet



Mätdata:

$h_0 = 460$ [mm]
 $h_1 = 37$ [mm]
 $h_2 = 80$ [mm]
 $L_4 = 459$ [mm]
 $L_2 = 1010$ [mm]
 $a = 1080$ [mm]
 $b = 624$ [mm]
 $P = 235\,680$ N
 $\alpha = 20.6^\circ$
 $\beta = 42.6^\circ$

Frläggning delsystem (V/H)



Jämviktsekvation delsystem vänster:

$$\uparrow : V_1 + R \cdot \sin(\alpha) = 0 \dots (1)$$

$$\rightarrow : H_1 + R \cdot \cos(\alpha) = 0 \dots (2)$$

Jämviktsekvation delsystem höger:

$$\uparrow : V_2 - R \cdot \sin(\alpha) - P \cdot \cos(\beta) = 0 \dots (3)$$

$$\rightarrow : H_2 - R \cdot \cos(\alpha) + P \cdot \sin(\beta) = 0 \dots (4)$$

$$\curvearrowright : P \cdot b - R \cdot \sin(\beta - \alpha) \cdot b = 0 \dots (5)$$

$$(5) \Rightarrow R = P / \sin(\beta - \alpha) = 629.1 \text{ kN} \dots (6)$$

$$(1) \& (5) \Rightarrow V_1 = -R \cdot \sin(\alpha) = -221.4 \text{ kN} \dots (7)$$

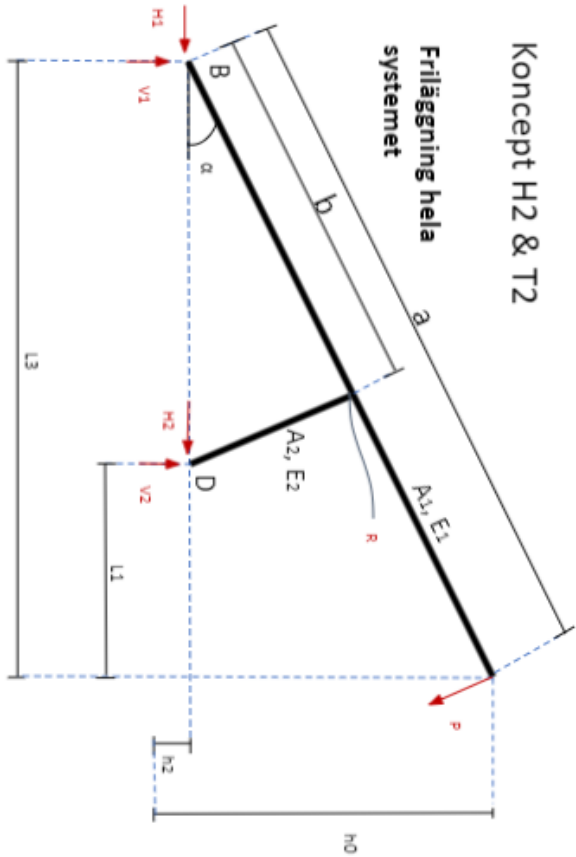
$$(2) \& (5) \Rightarrow H_1 = -R \cdot \cos(\alpha) = -588.9 \text{ kN} \dots (8)$$

$$(3) \& (5) \Rightarrow V_2 = R \cdot \sin(\alpha) + P \cdot \cos(\beta) = 394.8 \text{ kN} \dots (9)$$

$$(4) \& (5) \Rightarrow H_2 = R \cdot \cos(\alpha) - P \cdot \sin(\beta) = 61.8 \text{ kN} \dots (10)$$

Koncept H2 & T2

Friläggning hela systemet



Jämviktsekvation hela systemet:

$$\uparrow : V1 + V2 - P \cdot \cos(\alpha) = 0 \quad \dots (1)$$

$$\rightarrow : H1 + H2 + P \cdot \sin(\alpha) = 0 \quad \dots (2)$$

$$\curvearrowleft_B : P \cdot a - V2 \cdot (L3 - L1) = 0 \quad \dots (3)$$

$$(3) \Rightarrow V2 = P \cdot a / (L3 - L1) = 572.3 \text{ kN} \quad \dots (4)$$

$$(3) \& (4) \Rightarrow V1 = -572.3 \text{ kN} + P \cdot \cos(16.2^\circ) = 346.0 \text{ kN} \quad \dots (5)$$

Jämviktsekvation länkarmar:

$$\downarrow : R \cdot \cos(16.2^\circ) - V2 = 0 \quad \dots (6)$$

$$\rightarrow : R \cdot \sin(16.2^\circ) + H2 = 0 \quad \dots (7)$$

$$(4) \& (6) \Rightarrow R = 572.3 \text{ kN} / \cos(16.2^\circ) = 596.9 \text{ kN} \quad \dots (8)$$

$$(7) \& (8) \Rightarrow H2 = -596.9 \text{ kN} \cdot \sin(16.2^\circ) = -166.5 \text{ kN} \quad \dots (9)$$

Mätdata:

$$h0 = 460 \text{ [mm]}$$

$$h2 = 80 \text{ [mm]}$$

$$L1 = 750 \text{ [mm]}$$

$$L3 = 1310 \text{ [mm]}$$

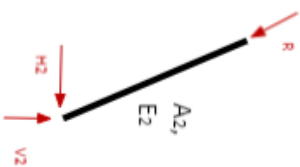
$$a = 1364 \text{ [mm]}$$

$$b = 538$$

$$P = 235 \text{ 680 N}$$

$$\alpha = 16.2^\circ$$

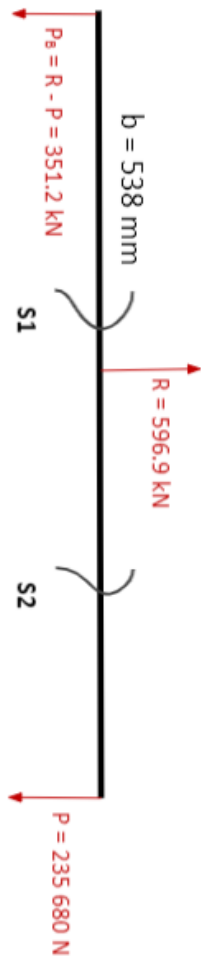
Friläggning länkarmar



Bilaga 4. Sida 7(8)

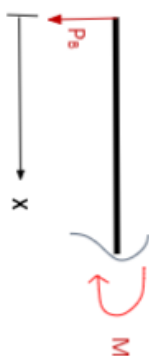
H2 & T2

Böjmoment i balk 1 kommer ge upphov till brott innan knäckning i balk 2



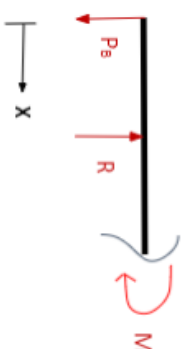
Snitt för momentdiagram

S1: $0 < x < 538$

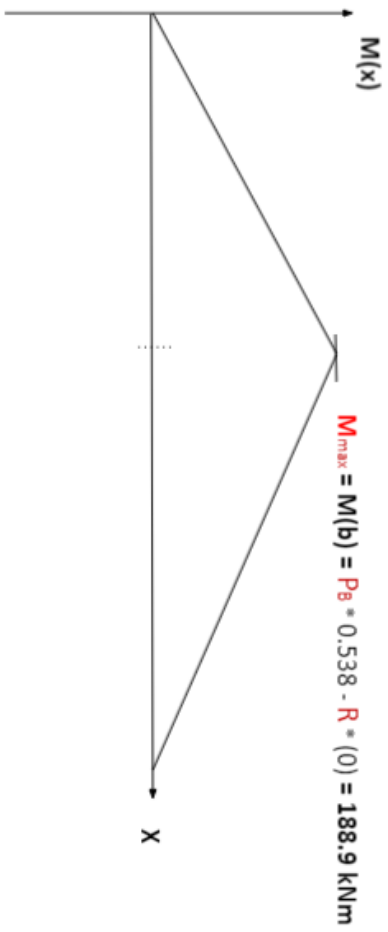


$$\sum \vec{S1} : -M_1 - P_e \cdot x = 0 \Rightarrow M(x) = -P_e \cdot x$$

S2: $538 < x < 1364$



$$\sum \vec{S2} : M_2 - P_e \cdot x + R \cdot (x-b) \Rightarrow M(x) = P_e \cdot x - R \cdot (x-b)$$



Bestämma tvärsnitt för KKR-rör

Material: **Weldox 700**

Sträckgräns $\sigma_f = 700$

$$W_b = M_{max} / \sigma_f = (188,9 \cdot 10^3) / (700 \cdot 10^6) = 270 \cdot 10^{-3} \text{ [mm}^3\text{]}$$

Tibnor konstruktionstabeller:

Kvadratiska KKR-rör [sid.21]

Tvärsnittsdata: 160x160, t = 10 [mm]

Konstruktionsrör KCKR [sid.25]

Tvärsnittsdata: D = 194 [mm], t = 8 [mm]

Rektangulär KKR-rör [s.24]

Tvärsnittsdata: 200x100, t = 10 [mm]

Material: **Domex 355MC**

Sträckgräns $\sigma_f = 355$

$$W_b = M_{max} / \sigma_f = (188,9 \cdot 10^3) / (355 \cdot 10^6) = 532 \cdot 10^{-3} \text{ [mm}^3\text{]}$$

Tibnor konstruktionstabeller:

Kvadratiska KKR-rör [s.22]

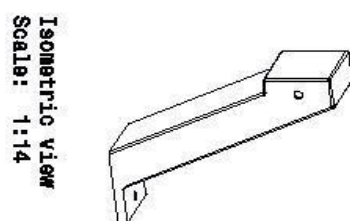
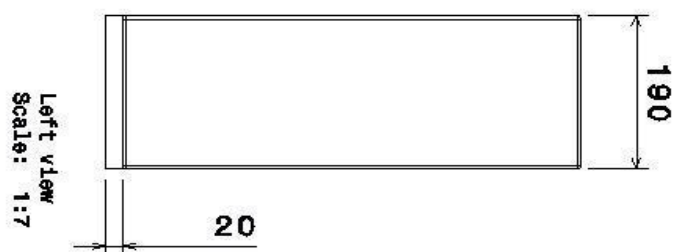
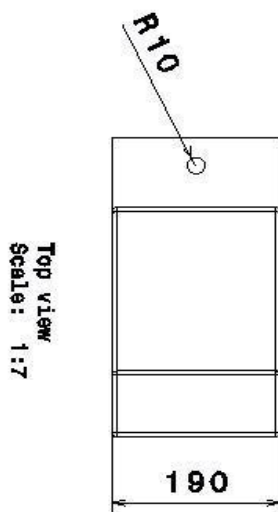
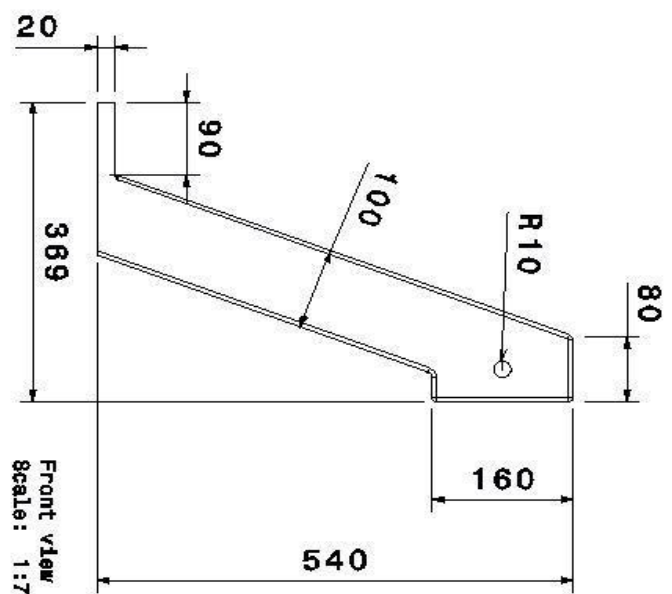
Tvärsnittsdata: 200x200, t = 12,5 [mm]
alt 220x220, t = 10 [mm]

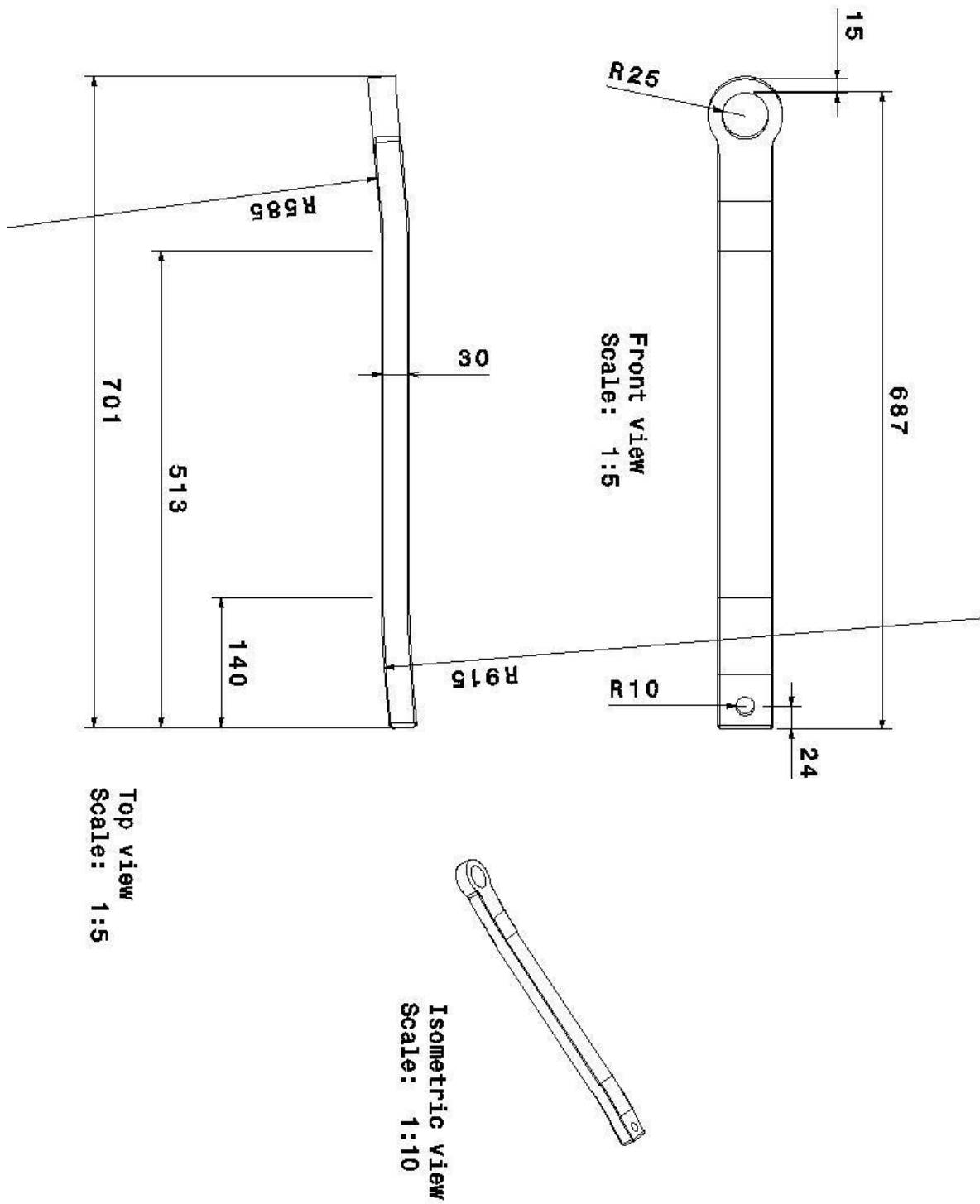
Konstruktionsrör KCKR [sid.25]

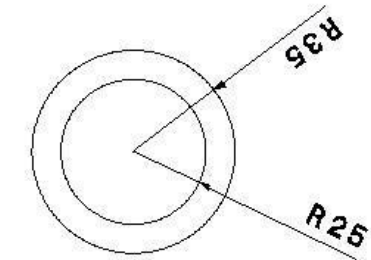
Tvärsnittsdata: D = 275 [mm], t = 10 [mm]

Rektangulär KKR-rör [s.24]

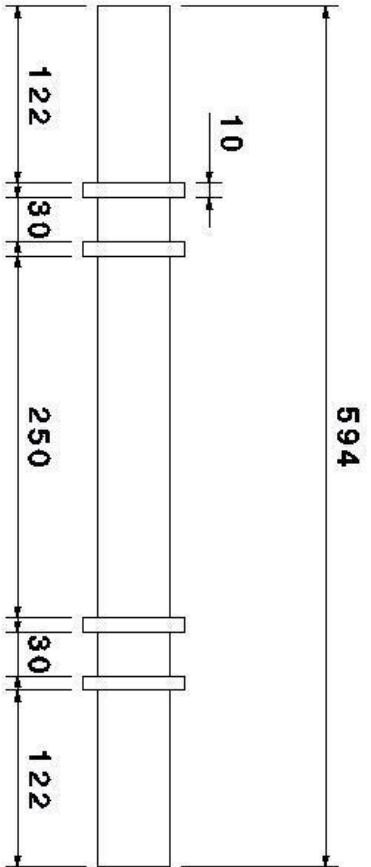
Tvärsnittsdata: 250x150, t = 12,5 [mm]



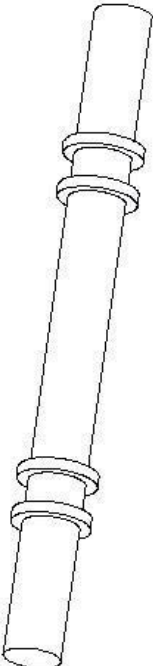




Front view
Scale: 1:2



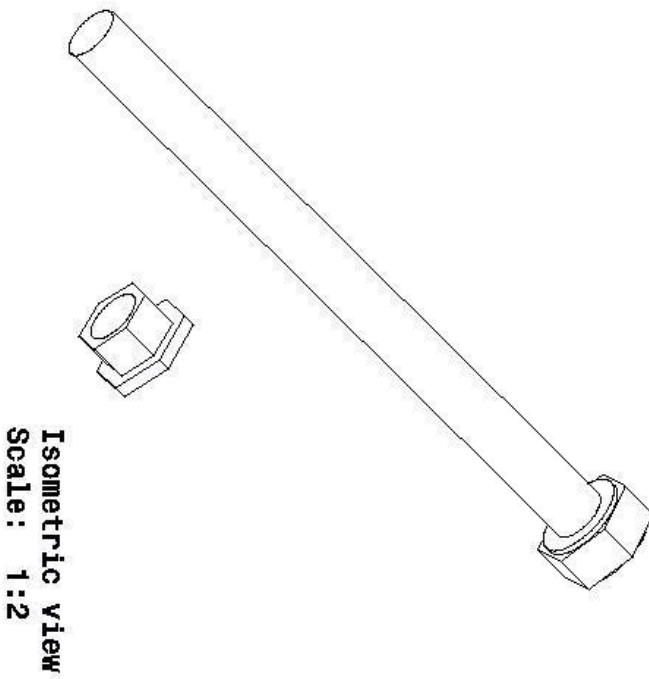
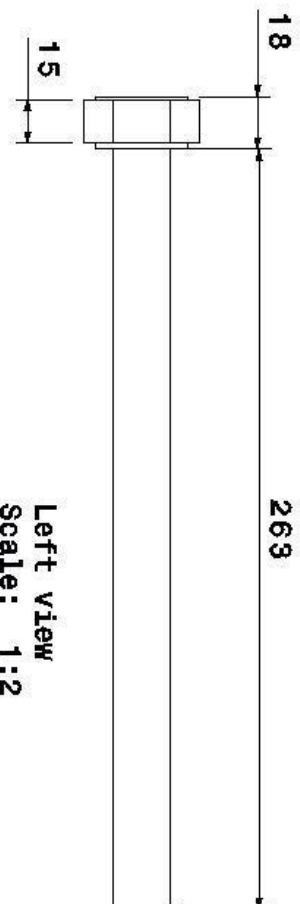
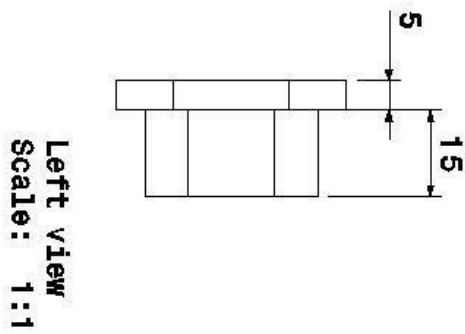
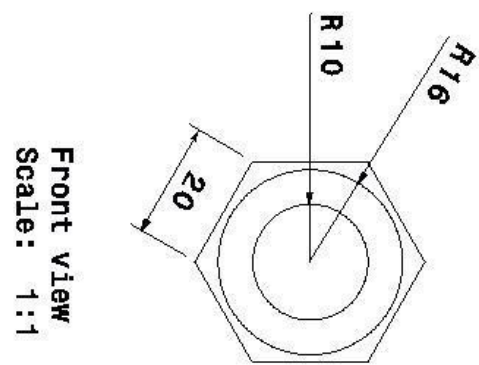
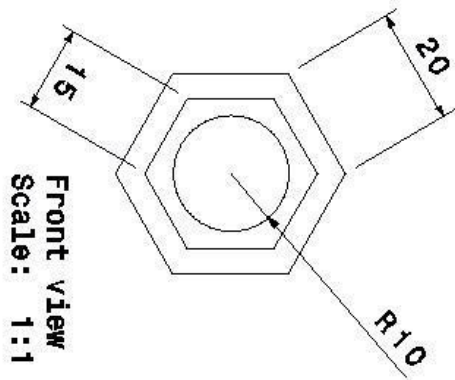
Left view
Scale: 1:4



Isometric view
Scale: 1:5

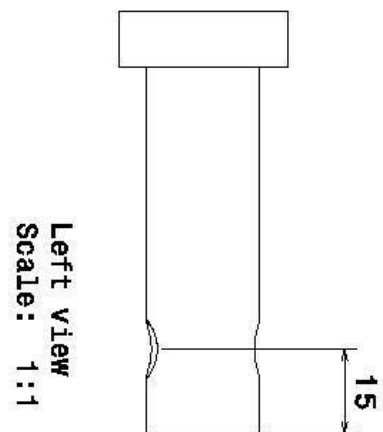
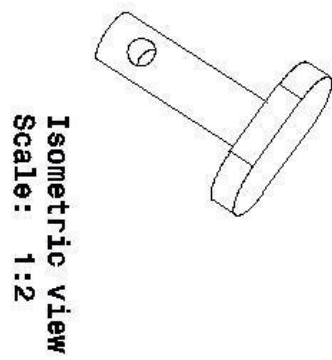
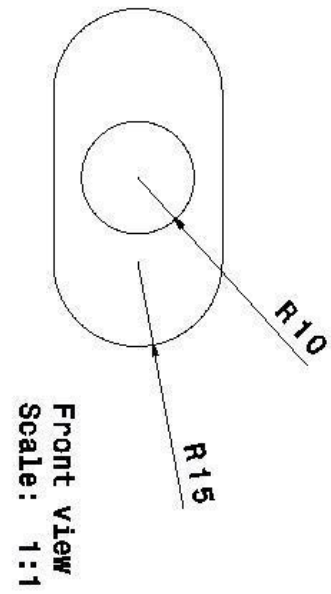
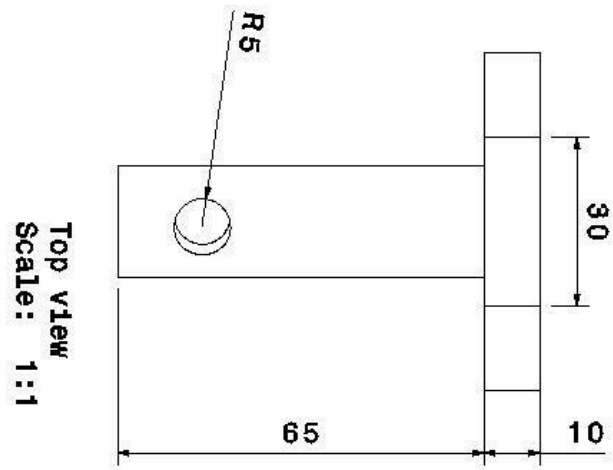
Skruv och Mutter

Bilaga 5. Sida 4(5)



Bult med sprint

Bilaga 5. Sida 5(5)





CHALMERS