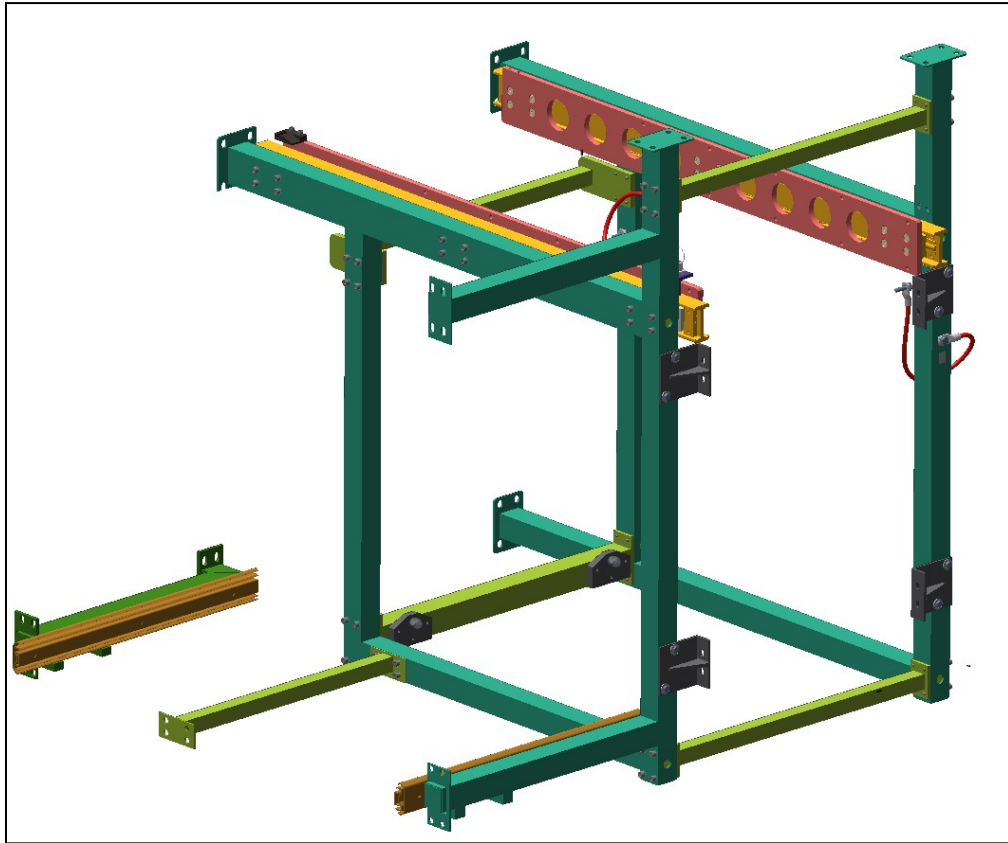




LCU-ram

LCU-frame

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom
Maskiningenjörsprogrammet*

Andreas Johansson
Jonas Dahlberg

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2012
Examinator: Gert Persson Examensarbete No. 74/2012

Sammanfattning

SAAB EDS (Electronic Defence Systems) utvecklar och tillverkar bland annat radarsystem. Ett av dessa är ARTHUR (Artillery Hunting Radar). I ARTHUR sitter det ett kylsystem som består av en kompressor och en kondensor, detta kallas LCU (Liquid Cooling Unit). Dessa sitter fast i en så kallad LCU-ram som i sin tur sitter fast i ARTHURS stomme även kallad hyddan.

Arbetet går ut på att konstruera en ny LCU-ram som är billigare att tillverka och som åtgärdar de problem som finns med dagens LCU-ram. Dessutom är det önskvärt att hitta fler tillverkare då det i dagsläget endast finns en leverantör.

Att skaffa fram all information som krävdes för att påbörja själva arbetet gjordes de första veckorna. Det utfördes genom besök hos dagens tillverkare, diskussioner med dem som installerar LCU-ramen i hyddan på SAAB och att undersöka vad som gjorts med den nuvarande LCU-ramen mellan olika revisioner. Det som var mest noterbart var ett antal förstärkningar vid alla skruvhål, fyrkantsprofilen hade fyllts med solid aluminium för att den inte skulle deformeras då skruvarna drogs åt. Dessutom så var det svårt att installera kondensorn på grund av att det ej gick att justera den tillräckligt mycket för att passa alla hål som finns i kondensorn mot de hål som finns i hyddan. Utifrån all information som samlades in skrevs en kravspecifikation med listade krav och önskemål.

Utifrån kravspecifikationen utvecklades fyra olika koncept. Alla dessa uppfyllde kraven och de flesta önskemålen. Det togs beslut om att arbeta vidare på tre utav koncepten, ett, två och tre. Koncept ett var endast en modifierad version av den befintliga LCU-ramen men två och tre var helt nya koncept. Det som arbetades vidare med var att göra noggranna modeller och ritningar. Dessutom gjordes förenklade FEM beräkningar för att kontrollera konceptens hållbarhet.

Två tillverkare, de som gör LCU-ramen idag och en annan firma, gav prisuppskattningar på koncepten. Utifrån faktorer så som pris, vikt, antalet infästningspunkter i hyddan, antalet skruvar och hur många modifikationer som krävs i hyddan för varje koncept ges följande rekommendation till SAAB.

Vi rekommenderar koncept två då detta koncept får bäst poäng i Pugh matrisen, dess enkla geometri medför ett lågt pris och låg vikt. Dock skulle vi rekommendera koncept tre om vikten inte var en betydande faktor. Detta eftersom koncept tre har två delar, en för kompressorn och en för kondensorn som medför enklare montering. Dessutom krävs det färre modifikationer i hyddan för koncept tre än för koncept två.

Summary

SAAB EDS (Electronic Defence Systems) develops and manufactures amongst other things radar systems. One of these is ARTHUR (Artillery Hunting Radar). ARTHUR has a cooling system composed of a compressor and a condenser, this is called LCU (Liquid Cooling Unit). They are mounted in a so-called LCU-frame and this frame is mounted in ARTHUR's foundation, also known as the "hut".

The task is to construct a new LCU-frame that is less expensive to manufacture and which resolves the problems with the current LCU-frame. To find more than just the one manufacturer that is available today is also desirable.

To obtain all information needed to begin the actual work was done the first few weeks. It was done through a visit to today's manufacturers, discussions with those who install the LCU-frame at SAAB and to study what has been done with the current LCU-frame between different revisions. What was most notable were a number of reinforcements at all screw holes, the square profile had been filled with solid aluminium so no deformation would occur when the screws were tightened. Furthermore, it was difficult to install the condenser because it was impossible to adjust it enough to fit all holes in the condenser to the holes in the "hut". Based on all information a requirement specification was written with requirements and wishes.

Based on the specifications four different concepts were developed. All these met the requirements and most of the wishes. It was decided to move forward with three out of the concepts, one, two and three. Concept one was just a modified version of the existing LCU-frame, but two and three were totally new concepts. From this point more detailed models of the concepts were made and also drawings. In addition, simplified FEM analyzes to check durability of the concepts were made.

Two manufacturers, the ones that make the LCU-frame today and another firm, gave their price estimates on the concepts. Based on factors such as price, weight, number of attachment points in the "hut", the number of screws and the amount of modification required in the "hut" for each concept, the following recommendation to SAAB is given.

Our recommendation is concept two. This got the highest score in our Pugh matrix, its simple geometry results in a low price and a low weight. However, we would recommend concept number three if weight was not an important factor. This is because the concept has two separate frames, one for the compressor and one for the condenser. This results in simpler mounting. Furthermore, concept three requires fewer modifications to the "hut" than concept two.

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	3
1.3 Avgränsningar	3
1.4 Precisering av frågeställning	3
2. Teoretisk referensram	4
2.1 Begrepp och förkortningar	4
2.2 Programvara	6
3. Dagens LCU-ram	6
4. Metod/Arbetsgång	11
5. Resultat	12
5.1 Informationsinsamling	12
5.2 Kravspecifikation inför koncept	14
5.3 Konceptframtagning	14
5.3.1 Brainstormning	14
5.3.2 Utsållning av idéer	16
5.3.3 Materialval och tillverkningssätt	16
5.3.4 Modellera lösningar i Pro/e	16
5.4 Val av koncept	20
5.5 Detaljmodeller	22
5.5.1 Koncept två	22
5.5.2 Koncept tre	23
5.6 Hållfasthetsberäkningar Pro/m	25
5.7 Kostnad- och leverantörundersökning	27
5.8 Jämförelse av de färdigställda koncepten	28
6. Slutsats	29
7. Referenser	31

1. Inledning

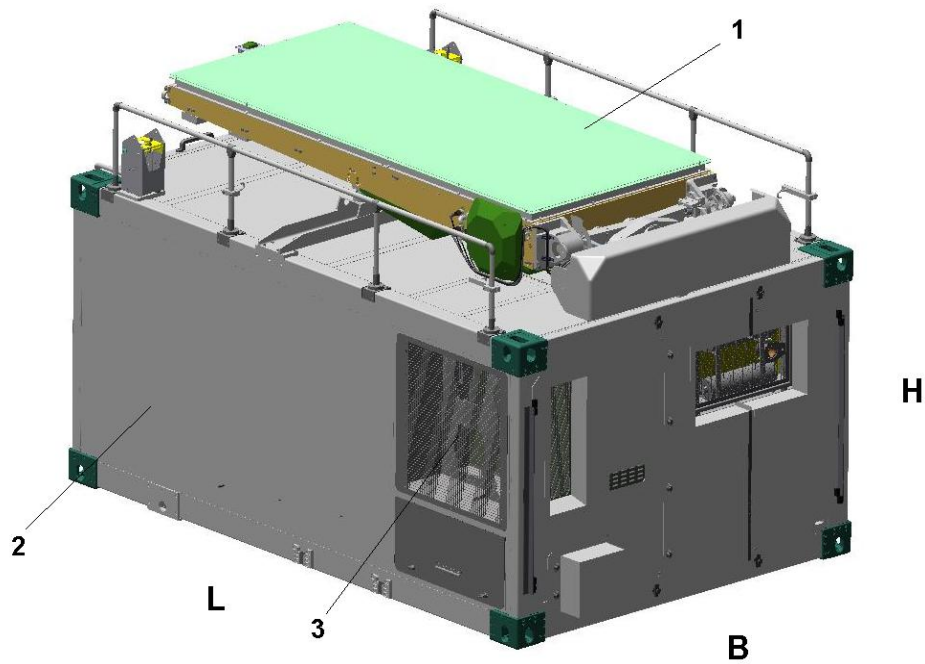
1.1 Bakgrund

SAAB EDS (Electronic Defence Systems) utvecklar och tillverkar bland annat diverse radarsystem. Dessa system består av själva radarn alltså sensorn, kraftförsörjning, utrymme för operatörer, klimatsystem et cetera. Ett av dessa är ARTHUR (**A**rtillery **H**unting **R**adar), ARTHUR transporteras på en lastbil och kan användas både då den står på lastbilen eller så kan den lyftas av och stå fritt (se figur 1.1.1).



Figur 1.1.1. ARTHUR monterad på en lastbil.[1]

I detta system sitter en klimatanläggning upphängd i hyddan, vilket är själva grunden till ARTHUR(se figur 1.1.2). Denna består utav en kompressor och kondensor, för att hålla dessa på plats används en så kallad LCU-ram. Denna LCU-ram är svårmonterad i dagsläget.



*Figur 1.1.2. Hyddan. Måtten är 2.4 x 3.6 x 1.7 (m) (B x L x H)
1. Sensor, 2. Hydda, 3. Luftintag-kondensor.*

Monteringen av LCU-ramen (**L**iquid **C**ooling **U**nit) är problematisk på grund av höga toleranser i hyddan som LCU-ramen sitter monterad i. Det är huvudsakligen LCU-ramens ansättningspunkter (var och på hur många ställen den skruvas fast i hyddan), och dess monteringshål som skapar problemet. Dessutom är tillverkningskostnaden av LCU-ramen hög och önskas att få reduceras.

1.2 Syfte

Uppdraget går ut på att förenkla gränssnittet, alltså vart och hur LCU-ramen fästs i hyddan och på så sätt förenkla monteringen av LCU-ramen. Det är även önskvärt med en robustare LCU-ram, detta betyder att vid tillverkning skall alla LCU-ramar vara identiska, vilket leder till att monteringen vid olika tillfällen kommer att bli så likartade som möjligt. Dessutom skall möjligheterna för bättre produktion av LCU-ramen undersökas, med detta menas ett större antal leverantörer och en lägre kostnad. Det är endast resultatet av prispörändringen från den nuvarande LCU-ramen till den nya som är av intresse.

1.3 Avgränsningar

Ingen tillverkning kommer att ske utom möjligen ”mockuper”, alltså modeller i exempelvis trä, för att få en bra visualisering av koncepten.

En kartläggning av kostnaderna är ej i behov och skall ej göras.

1.4 Precisering av frågeställning

- Vilka problem uppstår vid montering av den nuvarande LCU-ramen?
- Hur ser konstruktionen av den nuvarande LCU-ramen ut idag?
- Vilka/vilket material är den nuvarande LCU-ramen gjord av?
- Hur tillverkas den nuvarande LCU-ramen?
- Är våra förslag rimliga med avseende på material och tillverkningsmetod?
- Kommer den nya LCU-ramen att hålla för givna laster?
- Är den nya LCU-ramen billigare rent produktionsmässigt?
- Finns det ett större utbud av leverantörer av den nya LCU-ramen?

2. Teoretisk referensram

Diverse begrepp och metoder nämns i rapporten, de som kan tyckas falla utanför allmän ingenjörsmässig kunskap förklaras nedan.

2.1 Begrepp och förkortningar

Robust konstruktion - Med detta menas en lösning som vid tillverkning ger samma resultat, som att exempelvis hålbilden är samma i alla exemplar utav produkten. Det strävas efter att eventuella monterings- eller tillverkningsproblem av en konstruktion minimeras. Ett exempel på detta kan vara att överdimensionera hål för en lättare montering eller tjockare gods än vad som krävs rent hållfasthetsmässigt för att underlätta svetsning.

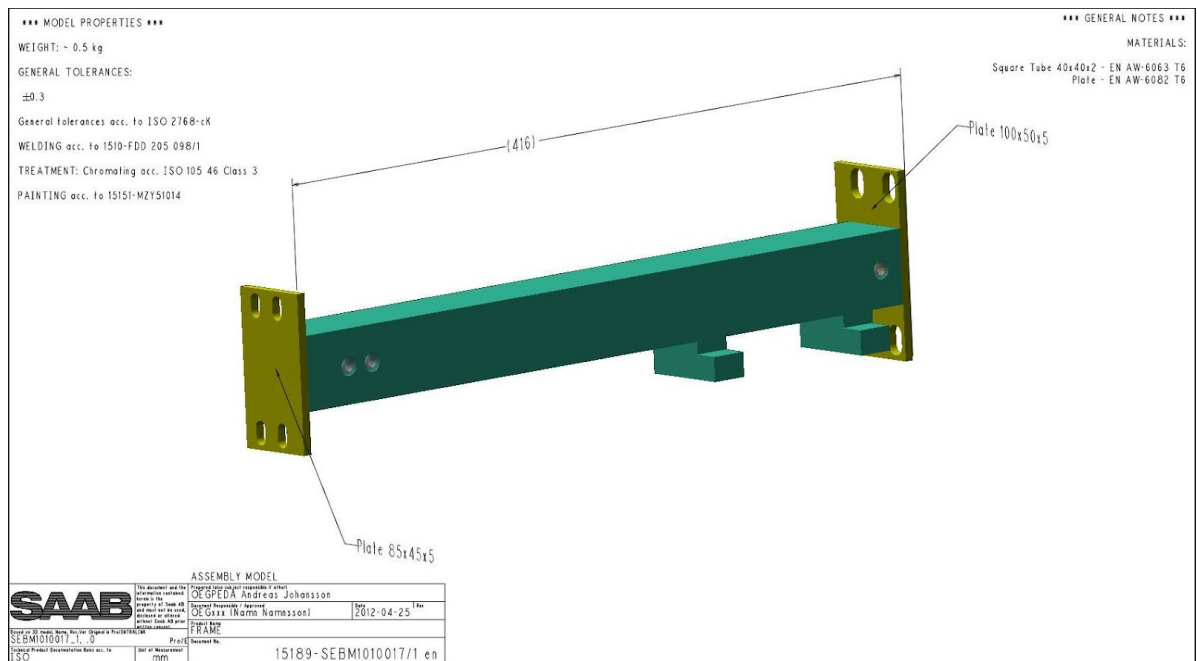
PRI - Product revision information. Information kring vad som ändrats från en revision till en annan.

Gejder - En glidskena som kan vara i olika antal delar beroende på hur långt ut man skall dra (se figur 2.1.1).



Figur 2.1.1. Två olika varianterna av gejdor.

MBD - Model based definition, detta kan bäst förklaras som 3D-ritning. Istället för att göra en traditionell 2D-ritning så används den befintliga CAD modellen för att sätta ut viktiga mått och toleranser (se figur 2.1.2). Resten av måtten finns sedan i modellen. Även instruktioner för svetsning, målning och ytbehandlingar finns att tillgå här [2].



Figur 2.1.2. En vy ur en MBD-ritning.

Pugh matris - Det är en metod för att välja den bästa kandidaten utifrån ett flertal kandidater. Varje kandidat får ett värde per kriterium, detta värde multipliceras sedan med viktningen för det kriteriet. De värde som då erhålls per kriterium summeras och bildar den viktade summan. Då kan sedan kandidaterna jämföras med varandra, kandidaten med högst poäng är det bästa valet. (se Tabell 2.1.3) [3].

Tabell 2.1.3. Exempel på en Pugh matris

	Viktning	kandidat 1	Kandidat 2	...	Kandidat N
Kriterium 1	5	3	0		3
Kriterium 2	5	2	-2		2
:					
Kriterium M	2	-3	1		0
Antal +	-	2	1		2
Antal -	-	1	1		0
Summa	-	2	-1		5
Viktad summa		19	9		25

2.2 Programvara

Pro/e - Pro/engineer, cad programmet som användes under arbetet.

Productview - Detta är ett lättviktsprogram av Pro/e. Här kan färdiga vyer och mått som satts ut i Pro/e visas. Det är möjligt att fritt mäta och rotera på modellen. Det går dock ej att redigera modellen.

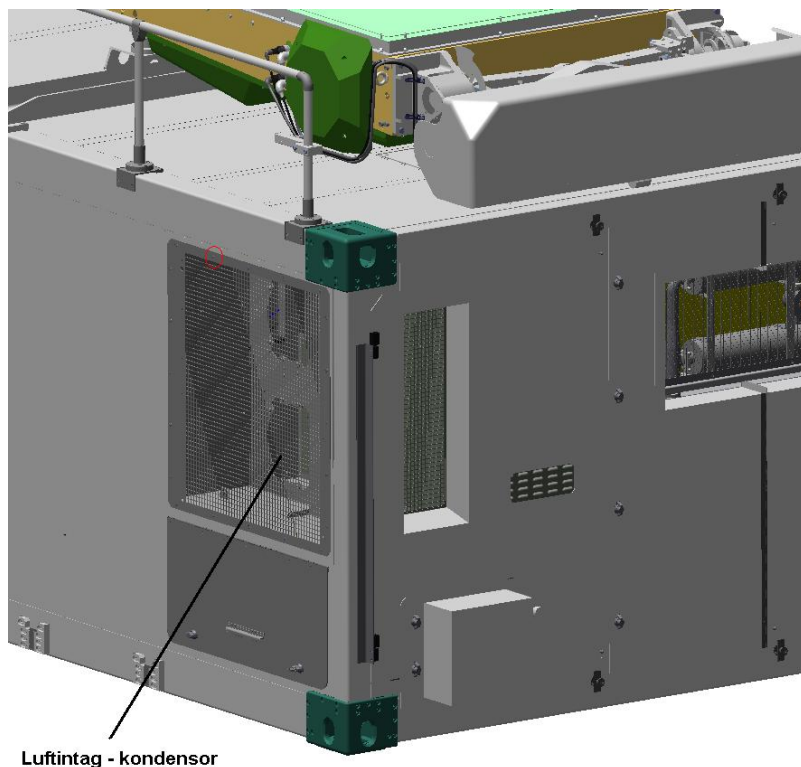
Pro/m - Pro/mechanica, detta är en FEM (finita elementmetoden) plugin i Pro/e för att utföra diverse hållfasthetsanalyser på modeller.

Eigenfrekvensanalys - Detta är en analys som utförs i Pro/m. Analysen visar i vårt fall ramens egenfrekvenser.

Schockanalys - Denna analys utförs i Pro/m. Analysen visar hur en stöt, alltså en shock, påverkar konstruktionen.

3. Dagens LCU-ram

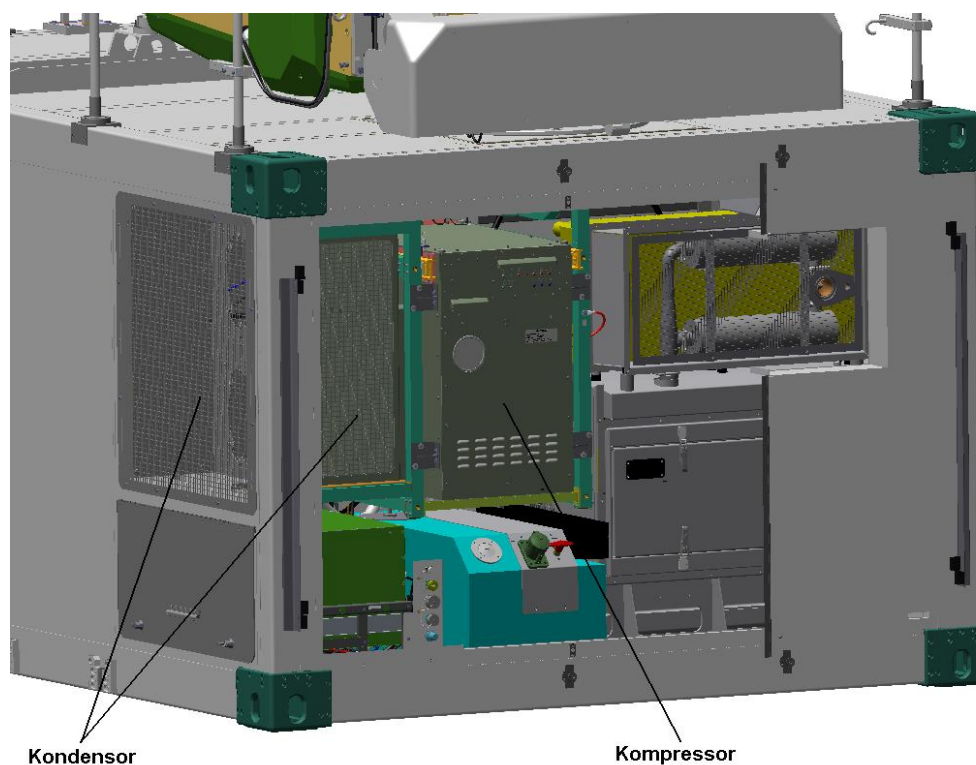
LCU-ramen håller upp en kompressor och en kondensor. Kompressorn behöver ingen integration med hyddan. Det behöver dock kondensorn som måste ha ett stort luftintag. Kondensorn fästs dels i LCU-ramen och dels i hyddan (se figur 3.1).



Figur 3.1. Luftintaget till kondensorn i hyddan.

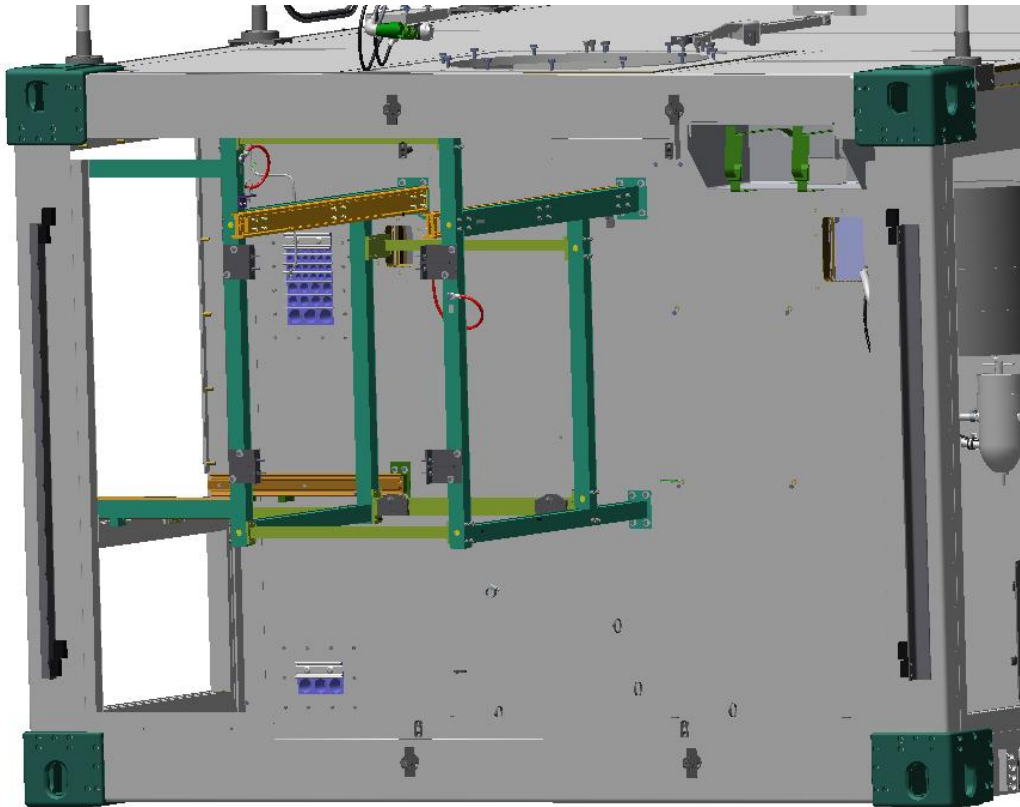
Kondensorn skruvas fast runt hela luftintags-gallret vilket gör att ett stort antal hål måste passas emot hyddan.

Här kan man se hur det ser ut inuti hyddan (se figur 3.2). Nu syns kompressorn och kondensorn tydligt och även delar av LCU-ramen.

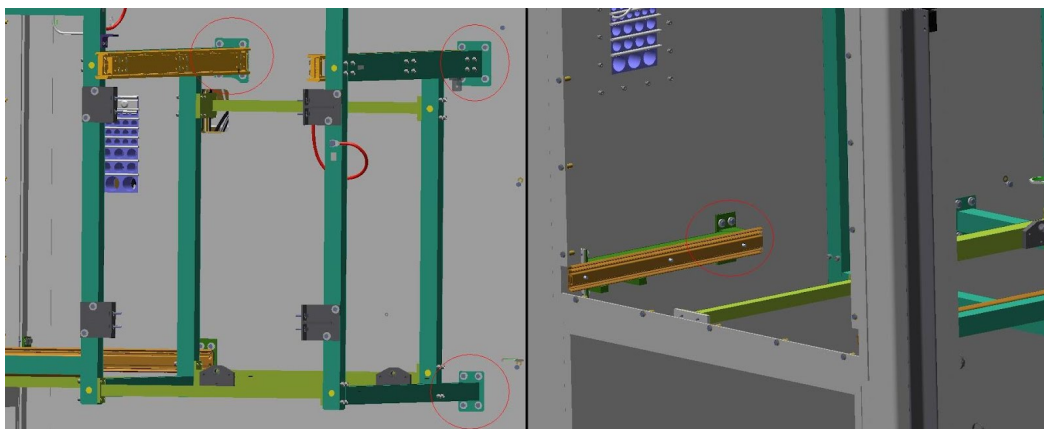


Figur 3.2. Kompressorn, kondensorn och LCU-ramen i hyddan.

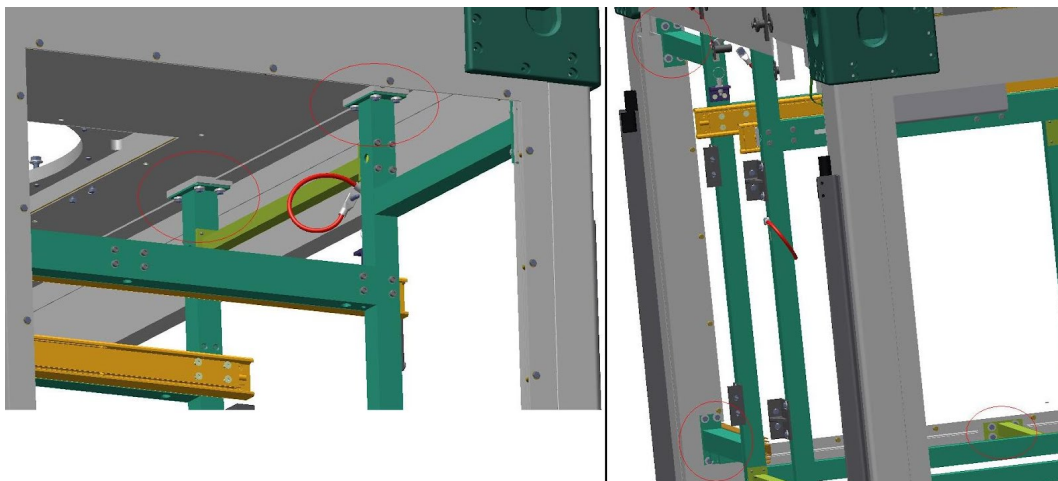
Plockar man bort kondensorn och kompressorn ser man större delen av LCU-ramen (se figur 3.3). De inringade områdena visar hur LCU-ramen är fäst i hyddan, alltså i bakre väggen (se figur 3.4), ena sidan samt taket (se figur 3.5).



Figur 3.3. Den befintliga LCU-ramen monterad i hyddan.

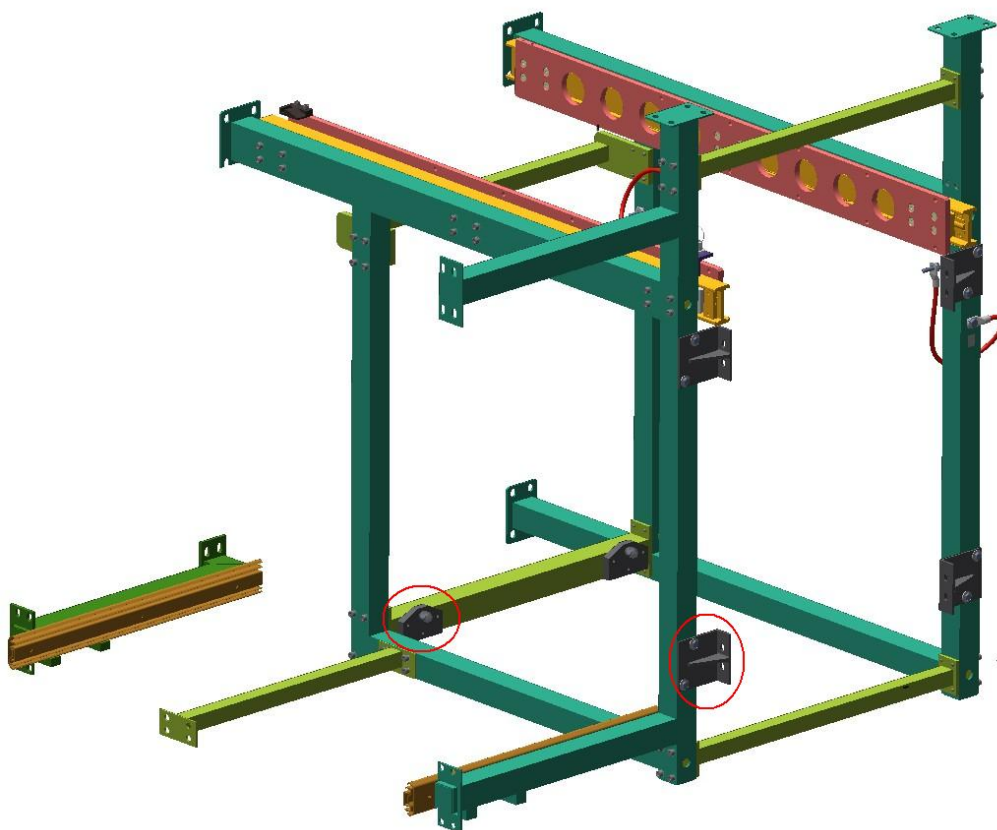


Figur 3.4. LCU-ramen i hyddan.



Figur 3.5. LCU-ramen i hyddan.

Nedan ses LCU-ramen helt fri, med gejderna monterade och fästen (inringade i figur) för att hålla kompressorn på plats (se figur 3.6).



Figur 3.6. LCU-ramen med fästen för att hålla kompressorn på plats.

4. Metod/Arbetsgång

Under en informationsinsamling kring den befintliga LCU-ramens problem så har det diskuterats med de som monterar LCU-ramen på SAAB[10] kring deras synpunkter om vad de ansåg vara problematiskt med LCU-ramen. Dessutom har det observerats och diskuterats kring de olika moment som krävts för att slutföra en installation av LCU:n. Ett möte hölls hos tillverkarna av den befintliga LCU-ramen. Där diskuterades vilka problem och synpunkter de hade på LCU-ramen[11]. Diverse olika dokumentationer på den befintliga LCU-ramen har granskats, så som gamla PRI:er, strukturanalyser, ritningar och Pro/e modeller [4][5][6][7]. Utifrån den information som tillhandahölls från tillverkaren av LCU-ramen, de som installerar LCU:n på SAAB och diverse dokument skapades en kravspecifikation (se bilaga 1) på vad de blivande koncepten skulle uppfylla. Dock innefattar ej kravspecifikationen nya idéer, utan enbart krav/önskemål utifrån den befintliga LCU-ramen. Det skulle tas fram mellan två till fem olika koncept.

Fyra olika koncept togs fram. För att få en bra överblick och visualisering över koncepten så modellerades dem upp i Pro/e. Koncepten jämfördes med varandra och emot den nuvarande LCU-ramen. Här gjordes även en allmän bedömning av konceptens genomförbarhet, om det gick att genomföra (utan några invägningar av pris, vikt och hållfasthet). De genomförbara koncepten gjordes i detalj vilket innebar mer detaljerade modeller i pro/e med exakta mått, utsatta toleranser och hållfasthetsberäkningar. Hållfasthetsberäkningarna gjordes i pro/mechanica. Det kördes fyra olika typer av analyser. En statisk analys med gejderna inne, en med gejderna ute, en egenfrekvensanalys och en schockanalys med 15G (i X, Y och Z-led).

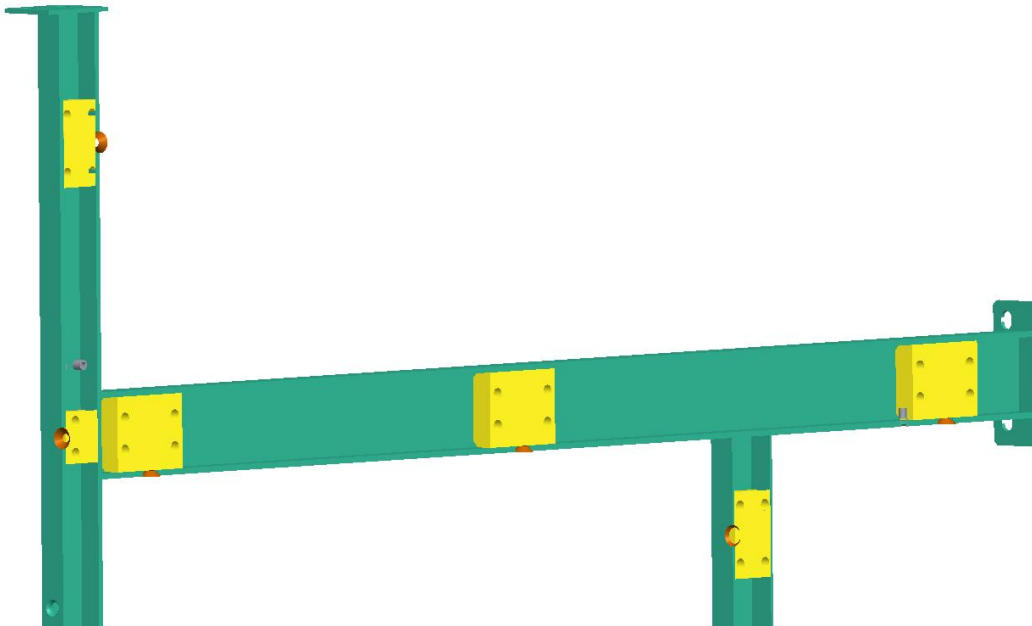
MBD-ritningar skapades på de nya koncepten[2]. I MBD-ritningarna så kan man se hur de olika delarna skall behandlas, målas, svetsas och vad de har för toleranser. Olika referensmått är även utsatta och hålplaceringar för att en korrekt hålbild skall kunna tillverkas. Priserna för tillverkning av de olika koncepten fick två olika leverantörer uppskatta. För att kunna jämföra koncepten skapades en jämförelsetabell. I jämförelsetabellen ställdes koncepten emot varandra utifrån olika parametrar. Beslutet om vilket koncept som rekommenderades till SAAB togs genom att använda en Pughmatris.

5. Resultat

Utifrån planeringsrapporten/metoden fanns det ett antal steg att genomföra för att besvara frågeställningen. Dessa steg redogörs nedan.

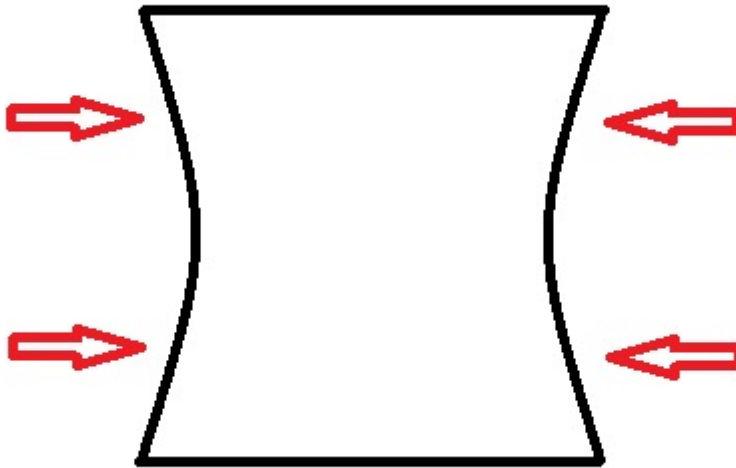
5.1 Informationsinsamling

En informationsinsamling kring den befintliga LCU-ramen gjordes. Områdena som undersöktes var hur LCU-ramen var konstruerad, hur den installerades i hyddan och hur den tillverkades. Konstruktionen undersöktes genom Pro/e [7], genom ritningar och genom att undersöka LCU-ramen rent fysiskt när den installerades i hyddan. Det som framför allt var noterbart var klossar som agerade förstärkningar som var instoppade och pluggsvetsade i LCU-ramen (se figur 5.1.1).



Figur 5.1.1. Fyrkantsprofilens tvärsnitt. Förstärkningarna i bilden är gula.

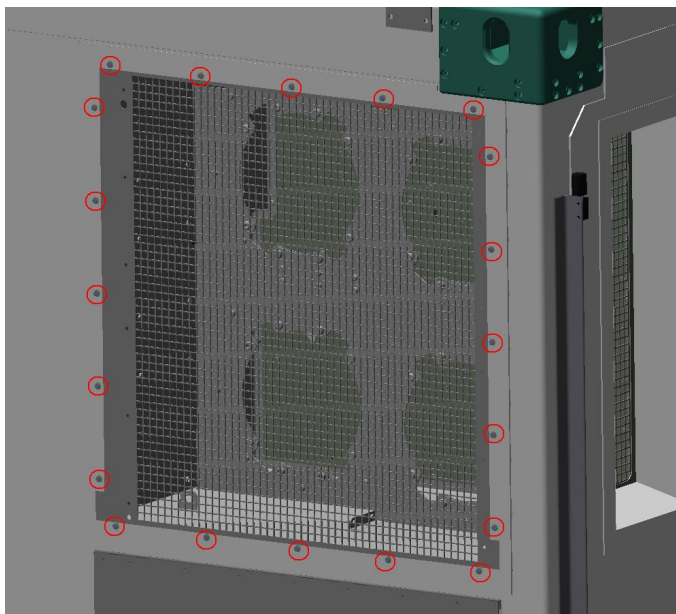
Förklaringen kring dessa fanns i de äldre PRI:erna[4]. Det visade sig att förstärkningarna har behövts sättas in på grund av att LCU-ramen fyrkantsprofiler har böjt in sig då skruvar har dragits åt (se figur 5.1.2). Det var en intressant detalj att undersöka om förstärkningarna ökade produktionskostnaderna. Detta blev senare bekräftat under besöket hos tillverkarna av LCU-ramen. De framgick att de stod för cirka 10 % av den totala kostnaden för att tillverka LCU-ramen. Detta ledde till att det blev en prioritet att minska antalet eller helt få bort förstärkningarna.



Figur 5.1.2. En schematisk figur på tvärsnittet av LCU-ramen med kraftpilar som visar skruvförbandets krafter. Det uppstod en deformation av LCU-ramen då skruvarna drogs åt.

Under besöket hos tillverkaren av LCU-ramen, HB mekaniska[11], diskuterades vilka förbättringar som kunde göras ur tillverkningsperspektiv. Det som framgick var att, som nämnts tidigare, förstärkningarna ledde till mer arbetstimmar då de skulle tillverkas och monteras i LCU-ramen. Alla plattor som var tre millimeter tjocka hade lätt att bli krökta vid hantering av LCU-ramen, exempelvis då den skickades iväg för behandling. Detta blev även bekräftat av dem på SAAB som monterar LCU-ramen i hyddan[10]. Detta ledde till en ökning av tjockleken till fem millimeter för att få en robustare konstruktion. Det framgick även under mötet att tillverkarna köper in profilerna i 6 meters längder, så de ansåg att håller man sig till en profilstorlek så skulle det minska risken för spill som leder till onödiga kostnader. Något som också bidrog till en ökad kostnad var de snäva toleranserna, vilket leder till noggrannare tillverkning och kontrollmätningar som i sin tur ledde till fler arbetstimmar.

Ett huvudsakligt problem som framgick under diskussionen kring LCU-ramen med de som monterar LCU-ramen på SAAB[10] var den begränsade möjligheten att få alla hål på kondensorn att passa mot hålen på hyddan(se figur 5.1.3). Endast ena sidan har ett fäste som är justerbart. Medans andra sidans gejdor sitter på en fastsvetsad ram vilket gör den helt stel. Detta leder till att nya hål måste borrar upp i hyddan om det inte passar, vilket leder till fler arbetstimmar. Dessutom uppstår samma problem igen vid byte av kondensor eftersom de ej är identiska. Resultatet av denna information var att ett krav skulle ställas på möjlighet att justera båda sidorna av kondensorn.



Figur 5.1.3. Kondensorns alla hål som skall passa mot hålen i hyddan är inringade. I dessa hål skruvas kondensorn fast i hyddan.

Att använda gänginsatser där det i dagsläget är gängat direkt i aluminiumet var något som togs upp av de som monterar LCU-ramen på SAAB[11], detta främst för att gängorna kunde dras sönder lätt. Det var diskussioner kring möjligheterna att sätta in detta i ramen under mötet hos HB mekaniska[12]. Det visade sig att priset var så lågt för detta att slutpriset skulle ändras försumbart lite. Alltså blev resultatet att använda gänginsatser då det behövdes gängor i exempelvis en platta.

5.2 Kravspecifikation inför koncept

Då all information kring LCU-ramen var samlad sammanställdes en kravspecifikation. I denna kravspecifikation definierades de problem som fanns hos LCU-ramen och även vad som var önskvärt för de nya koncepten. Detta för att inte upprepa de misstag och få samma problem som finns hos den befintliga LCU-ramen. I kravspecifikationen listas fel som ska åtgärdas som krav eller önskemål. Kravspecifikationen innehåller förklaringar om vad kraven/önskemålen bidrar med och vad anledningen till att dessa behöver var med i kravspecifikationen. Dokumentet förklarar även vilka de berörda parterna är och har förklarande bilder.

Det finns inga krav på priset och vikten dock kommer vissa av kraven och önskemålen i kravspecifikationen ge ett reducerat pris.

Kravspecifikationen kan ses i bilaga 1.

5.3 Konceptframtagning

Nedan redogörs för de delprocesser som arbetats med under konceptframtagningen.

5.3.1 Brainstorming

Under denna process så skrevs alla idéer ner utan en tanke på begränsningarna som kunde finnas i hyddan och vad som var genomförbart. Det togs exempelvis upp att hänga

kondensorn i taket, använda en stålram, och att använda ett stelrande skum i profilerna istället för de pluggsvetsade förstärkningarna.

5.3.2 Utsållning av idéer

Detta gjordes i samband med brainstormingen. På grund utav exempelvis platsbrist eller pris (såsom att använda titan) sorterades idéer bort som var omöjliga att genomföra.

5.3.3 Materialval och tillverkningssätt

Enligt SAAB dokument [8] om vilka material som skall användas vid konstruktion så väljs EN AW-6063 T6 för aluminiumprofilerna och EN AW-6082 T6 för plattorna. Dessutom valdes SS-EN 10088-2-1.4404 för ståldetaljer. Detta är ett "syrafast" rostfritt stål som ej behöver ytbehandlas utan endast målas.

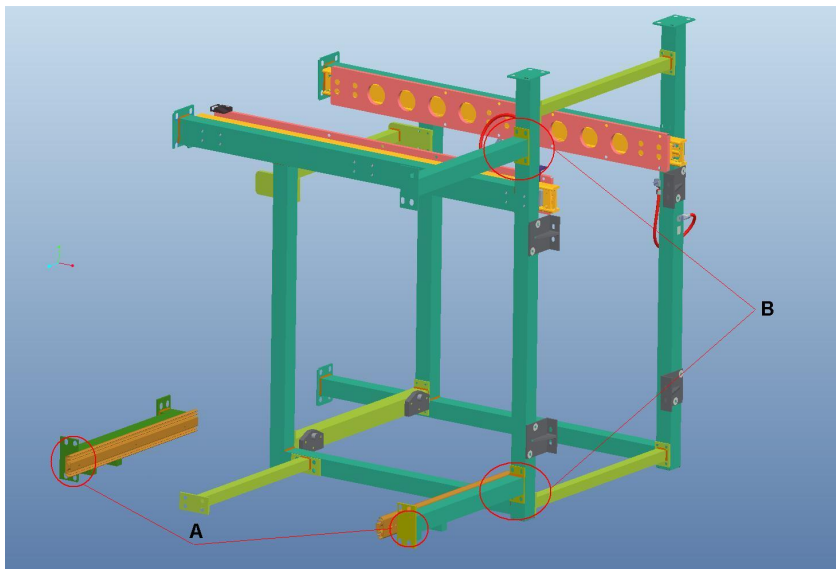
Tillverkningsmetoden är som innan strängpressade fyrkantsprofiler (samma dimensioner som innan på profilen används) och valsade plåtar som svetsas[9] ihop och sedan kromaterats[8] för att skydda mot korrosion därefter målas LCU-ramen[10].

5.3.4 Modellera lösningar i Pro/e

Detta steg krävdes för en visualisering av koncepten. Tillvägagångssättet var sådant att det enbart modellerades grova modeller. Alltså är ej alla hål för exempelvis nitmuttrar med och de är inte måttatta riktigt et cetera.

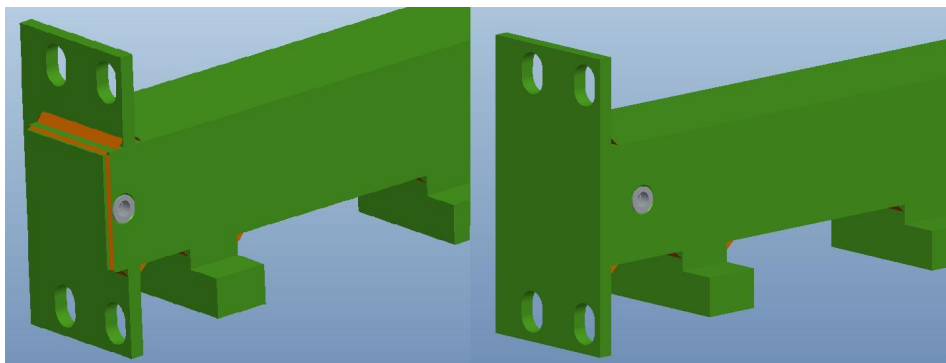
Koncept ett

Första konceptet (se figur 5.3.4.1) är en lätt modifierad version av den ursprungliga ramen, denna uppfyller alla krav och de flesta önskemål utifrån kravspecifikationen. Detta koncept kan ses som något att falla tillbaka på om de övriga koncepten skulle visa sig vara exempelvis dyrare än den ursprungliga LCU-ramen eller inte uppfylla kravspecifikationen.



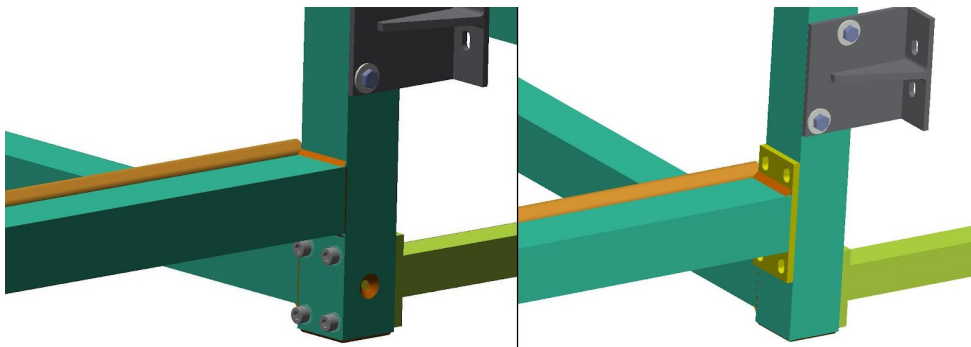
Figur 5.3.4.1. Den modifierade versionen av SEB11087/1.

Det som har gjorts är att vissa av förstärkningsklossarna har tagits bort och ersatts med nitmuttrar, alltså går skruvarna ej igenom hela profilen och då riskeras inte deformation av profilen som beskrivits innan. De inringade områdena (se figur 5.3.4.1) har modifierats från den befintliga LCU-ramen genom att en förenklad geometri har skapats. Skillnaderna på A förändringarna kan ses nedan (se figur 5.3.4.2). Modifikationen som ses i figur 5.3.4.3 är gjord för att det skall bli ett färre antal steg under tillverkningen av denna delen och på så sätt få en förenklad tillverkning utav LCU-ramen. Det som gjorts är att en nitmutter som används för att fästa gejdern har flyttats. Detta leder till att en förenklad geometri erhålls.



Figur 5.3.4.2. Skillnaden på ändarna. Den gamla ramen till vänster och koncept ett till höger.

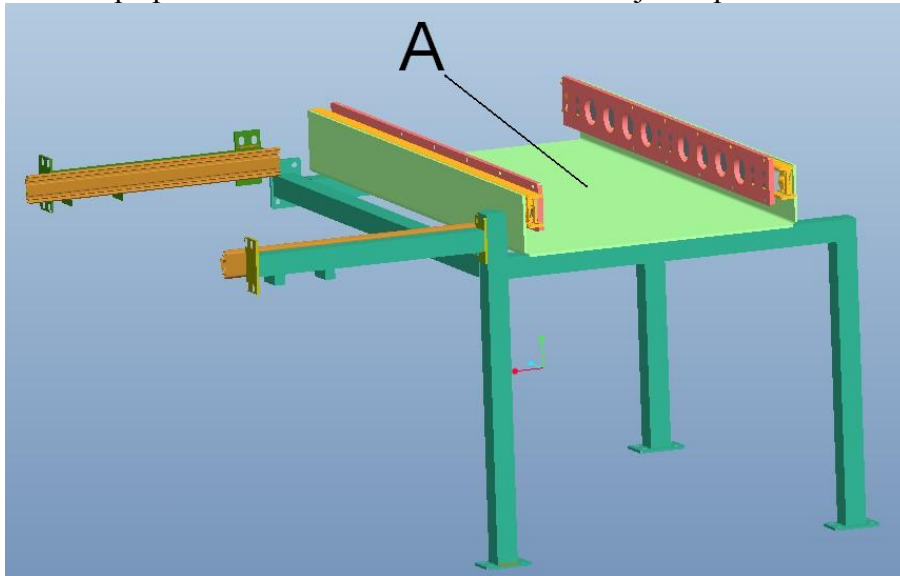
De två andra ringarna, B, som syns i figur 5.3.4.1 är helt enkelt fria stag istället för påsvetsade (se figur 5.3.4.3). Detta för att lättare passa kondensorn emot hyddan under monteringen (den övre påverkar ej passningen men att separera den underlättar tillverkningen utav LCU-ramen).



Figur 5.3.4.3. Skillnaden på stagen. Här syns även hur skruvarna går igenom den gamla LCU-ramen (tv). I koncept ett (th) används nitmuttrar och skruvarna skruvas in från andra hållet.

Koncept två

Andra konceptet (se figur 5.3.4.4) utnyttjar golvet i hyddan. Även denna uppfyller alla krav och de flesta önskemål i kravspecifikationen. De som ej uppfylls är att det skall vara färre olika tvärsnitt på profilerna. Det används 2 millimeter tjocka profiler och 4 millimeter tjocka.

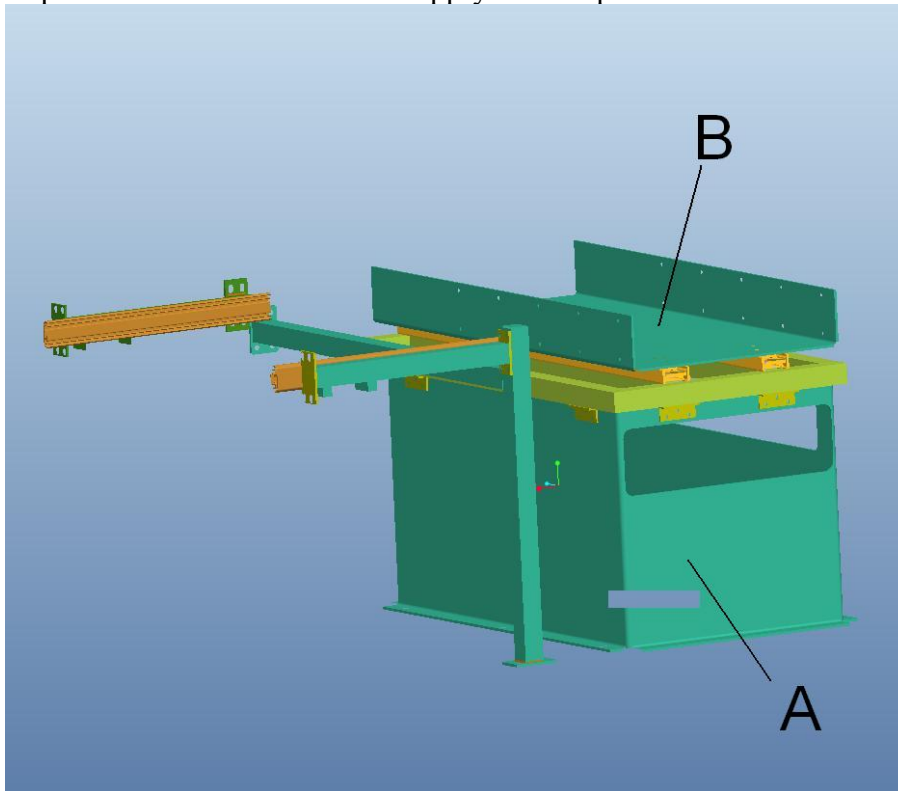


Figur 5.3.4.4. Koncept två.

Detta koncepts LCU-ram består av fyrkantsprofiler i aluminium, på ändarna sitter platta aluminiumfästen. Släden som kompressorn skall sitta i är gjort i stål. Det som är den huvudsakliga skillnaden i detta koncept jämfört med den ursprungliga LCU-ramen är kompressorns montering. Här kommer kompressorn att vara monterad i dess nedre del och stå i en stålsläde (A). Kondensorns upphängning är likadan som i den befintliga LCU-ramen. Ett stort problem som finns är att utrymmet på golvet i hyddan är extremt begränsat då det är andra komponenter, sladdar och slangar där. Det strävas efter att inte behöva flytta på dessa för detta koncept.

Koncept tre

Det tredje konceptet (se figur 5.3.4.5) är en tvådelad konstruktion, där kondensorn har en ram och kompressorn en annan. Även här uppfylls kravspecifikationen.

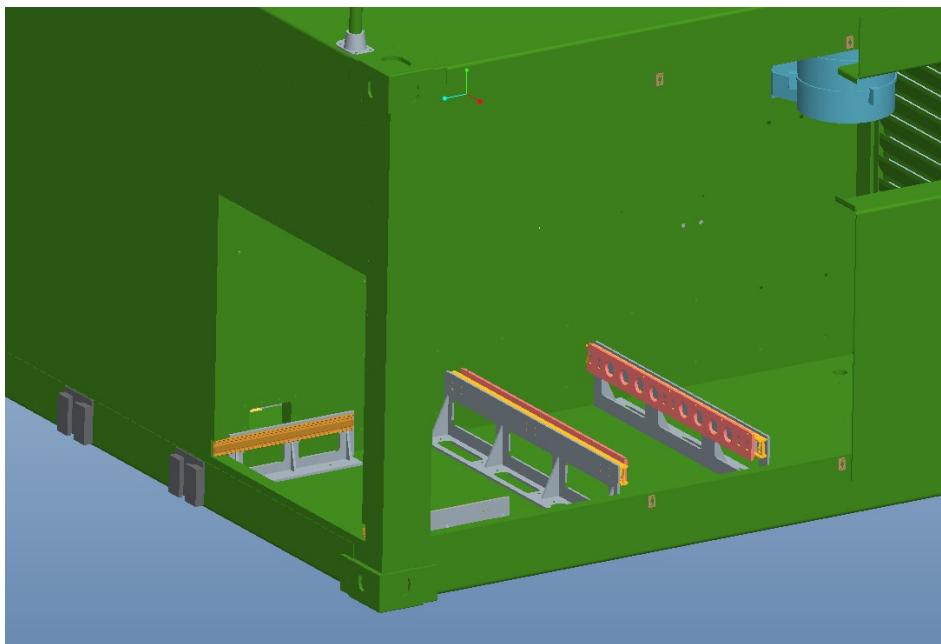


Figur 5.3.4.5. Koncept tre.

Kondensorns ramverk är uppbyggd av aluminium fyrkantsprofiler och valsade plåtar. Kompressorns ram består av två ståldelar och ett aluminium fyrkantsprofilsramverk. Den ena ståldelen är i form av en box (A) som monteras över elaggregatets tank. Man använder samma skruvhål i golvet som tanken använder. Kompressorn monteras sedan i sin nedre del, på samma sätt som i koncept två, i en stålsläde (B) som är monterad över boxen. Kondensorn är monterad på samma sätt som i koncept två.

5.3.4.4 Koncept fyra

Detta koncept bygger på att gejderna som kondensorn och kompressorn sitter på i är fastskruvade i fästen som är monterade i hyddans golv (se figur 5.3.4.6). Detta leder till att PiP:en och bränsletanken för elaggregatet måste flyttas och fästas över kondensorn och kompressorn. PiP:en, som står för Power Inlet Panel, är vad som leder ut all ström i hyddan. Ett väldigt enkelt och säkert koncept i meningen att det är en simpel konstruktion som kan göras kraftig och på så sätt tålig. Fästena är tillverkade i aluminium vilket gör att en låg vikt erhålls för konstruktionen.

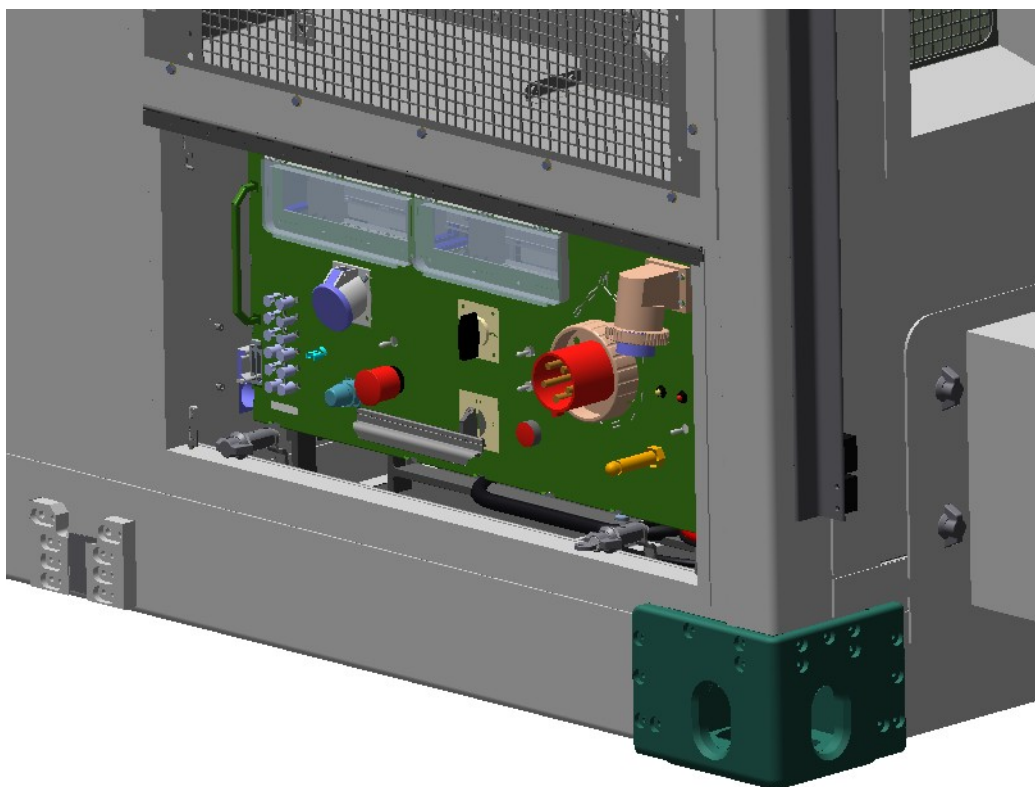


Figur 5.3.4.6. Koncept fyra.

5.4 Val av koncept

Konceptet eller koncepten som skulle arbetas vidare med valdes under ett möte med Terje Erstad[13], Lars Broman[14], Jan Rydén[15]. Själva valprocessen bestod av en diskussion kring för och nackdelar med de olika koncepten. Alltså gjordes ej någon Pugh matris eller liknande i detta steg.

Det beslutades att koncept ett var något att falla tillbaka på och att det inte behövde någon vidare undersökning i form av hållfasthetsberäkningar och detta konceptet var dessutom redan riktigt måttsett. Koncept fyra valdes bort på grund av att det inte fanns någon möjlighet att flytta på de komponenter som står på golvet. PIP:en måste vara placerad där för att komma åt kontakter från marken och i dagsläget är den redan på ca 1,5 m höjd, då hyddan står på en lastbil eller är lyft från marken då den står fritt. Skulle då PIP:en höjas finns det ingen möjlighet att komma åt dessa kontakter vilket är väsentligt (se figur 5.4.1)



Figur 5.4.1. PIP:ens placering i hyddan.

Koncept två och tre valdes för att arbeta vidare med. Det som diskuterades var att endast golvet och ena väggen utnyttjas för dessa vilket leder till att passningen blir lättare eftersom det finns färre hål och en gemensam hålbild att passa emot. Den bakre väggen utnyttjas, dock görs dessa hål på plats på SAAB vilket betyder att ramen monteras och hålen görs där de behövs. Övriga hål i hyddan är redan gjorda av leverantören av hyddan.

Det som skiljer i avseende på ansättningspunkter för koncept två och tre i förhållande till den ursprungliga LCU-ramen är dess antal. I de nya koncepten finns ett färre antal ansättningspunkter och på så sätt finns det färre risker för att hålbilder inte stämmer.

Koncept två har fördelen att tanken inte blir så instängd ifall man behöver göra någon typ av service.

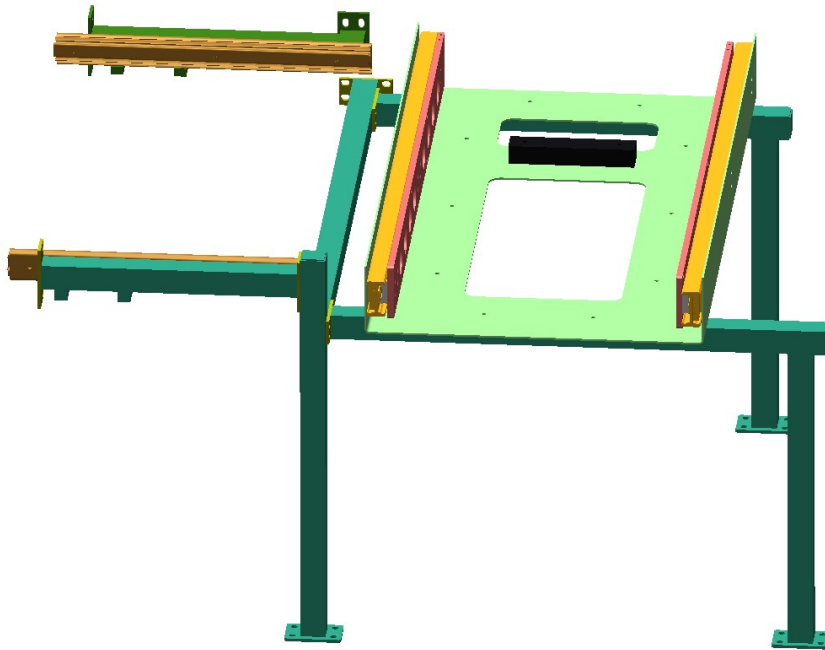
Fördelar med koncept tre är att man utnyttjar hål som redan finns i hyddan, det krävs endast fyra nya hål i golvet. Det är fästpunkterna för tanken till elaggregatet som utnyttjas utav kåpan. Dessutom är det två separata konstruktioner för kondensorn respektive kompressorn. Vilket gör att det kommer vara lättare att montera med tanke på hur toleranser påverkar passningarna.

5.5 Detaljmodeller

Nedan är det slutliga detaljmodellerna för de två olika koncepten som har arbetats vidare med.

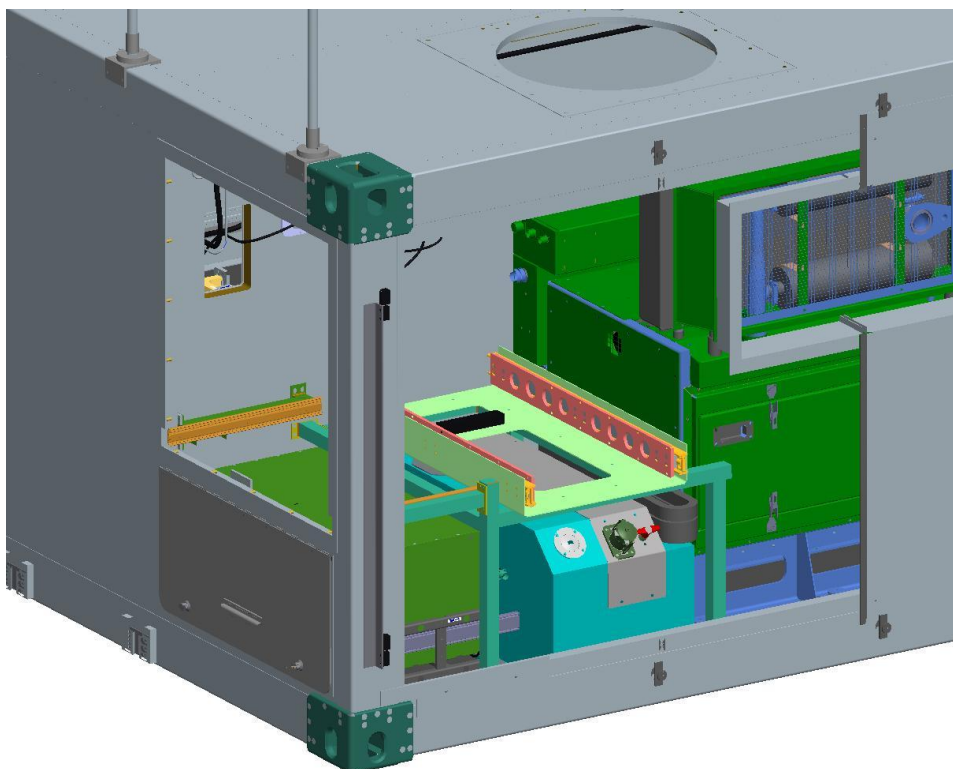
5.5.1 Koncept två

Detta koncept behövde inte ändras så mycket från den “grova” modellen. Det som gjorts är att alla fästpunkter med dess fyrkantsprofiler justerats för att undvika krockar med andra komponenter. Därav är exempelvis det bakre stödet för kompressorn inte lika långt ut som det främre. Dessutom har vikten minskats genom en tunnare plåt, från fem till tre mm, och utskärningar i släden.



Figur 5.5.1.1. Koncept två, detaljmodellen.

Nedan syns koncept två insatt i hyddan (se figur 5.5.1.2) utan kondensor och kompressor monterade.

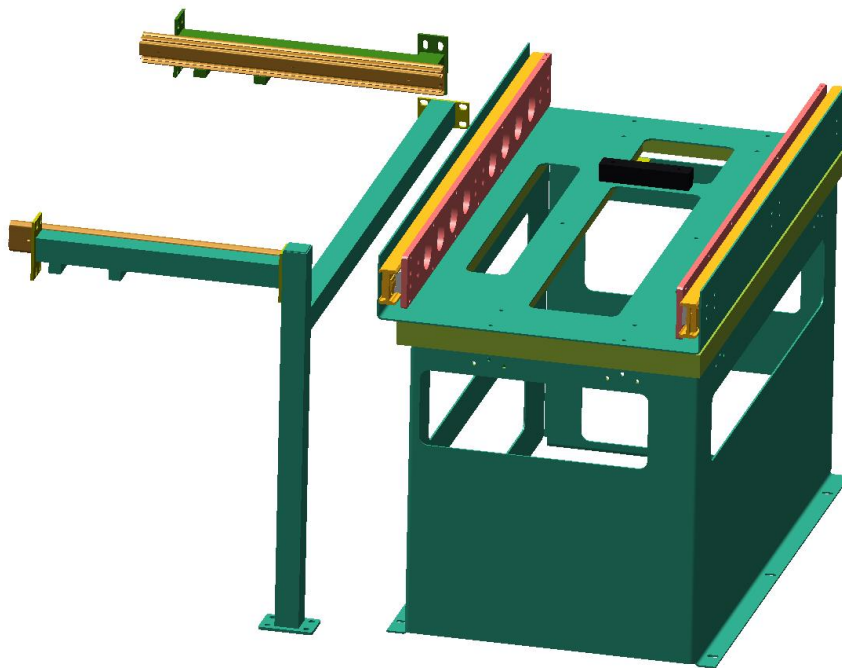


Figur 5.5.1.2. koncept två insatt i hyddan.

Den totala massan hos koncept två utan gejderna har framtagits ur Pro/e och är cirka 25 kg.

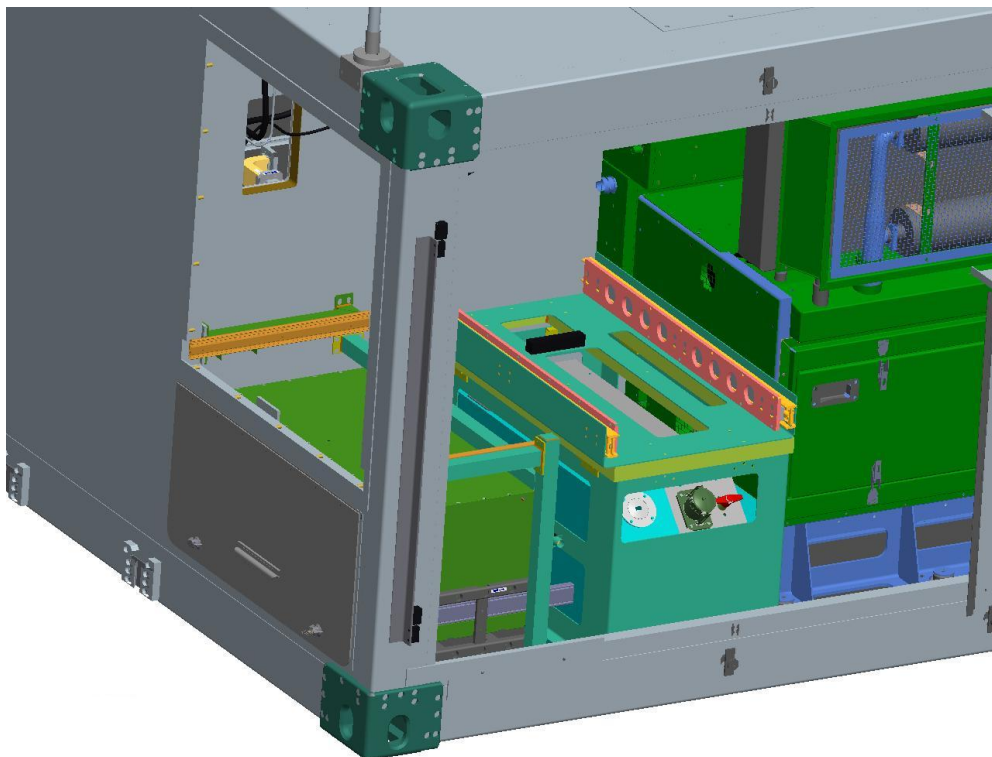
5.5.2 Koncept tre

När gejdernas hållfasthet i liggande position togs fram så insågs det att dem inte håller kraven för att hålla uppe kompressorn i ytterläget. Detta medförde att designen hos koncept tre var tvungen att ändras. Ändringarna var att släden fick skruvas fast i ramverket och att gejderna skruvades fast i släden (se figur 5.5.2.1). Efter att vikten hos hela konstruktionen i koncept tre togs fram, som var cirka 75 kg, så insågs att det var för högt. Detta tillförde att det reducerades massa genom att skapa hål i släden, i boxen och plåtens tjocklek reducerades med två millimeter till tre millimeter.



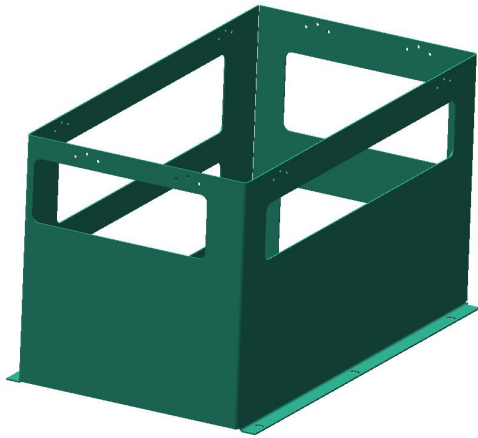
Figur 5.5.2.1. Koncept tre, detaljmodellen.

Nedan (se figur 5.5.2.2) kan man se konceptets passning i hyddan utan kondensorn och kompressorn monterade.



Figur 5.5.2.2. Koncept tre insatt i hyddan.

Den totala massan hos koncept tre utan gejderna har framtagits ur Pro/e och blev cirka 48 kg där boxen (se figur 5.5.2.3) står för cirka 24 kg.

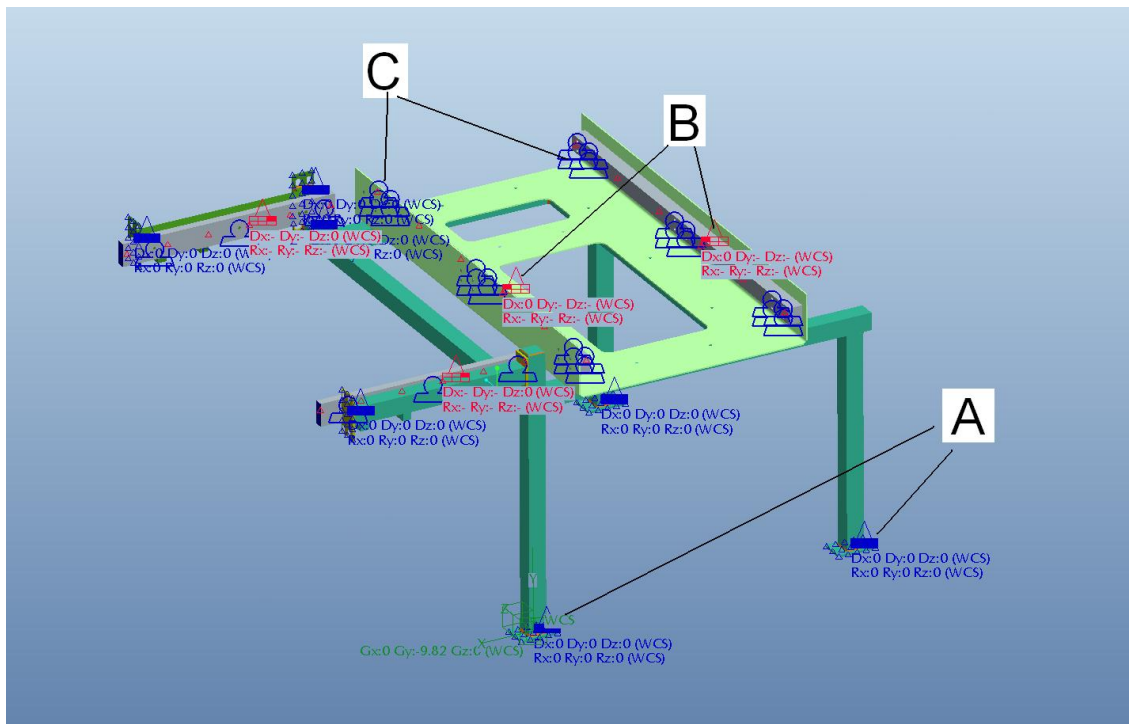


Figur 5.5.2.4. "boxen" i koncept tre.

5.6 Hållfasthetsberäkningar Pro/m

Alla beräkningar gjordes i Pro/m. Målet med analyserna var att få en grov bild om koncepten håller lika bra som den ursprungliga LCU-ramen. Genom att köra statiska och dynamiska analyser på den ursprungliga LCU-ramen fick man ut vilka påfrestningar och belastningar LCU-ramen klarar. Körningarna på de nya koncepten jämförs emot resultaten på den ursprungliga LCU-ramen. Om påfrestningarna för de nya koncepten ligger under eller samma påfrestningarna för den nuvarande LCU-ramen så anses de hålla. Dock skall det poängteras att om något koncept skall användas bör det göras en fullständig och noggrann strukturanalys.

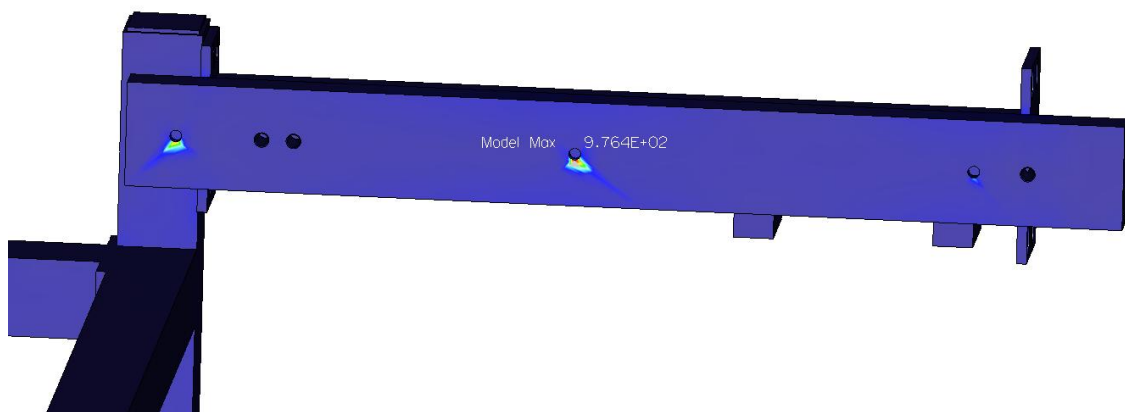
Modellerna som använts är Pro/e modellerna (se figur 5.6.1), det har satts randvillkor för att låsa fast alla punkter som fästs i hyddan (A). Dessutom har randvillkor för att simulera kompressor och kondensorn satts på gejderna (B). Slutligen har kompressorns och kondensorns massor spridits ut på de hål i gejderna som kompressorn och kondensorn monteras mot (C). Dessutom har förenklingar av gejderna lagts in. Figuren visar koncept två men alla modeller är gjorda på liknande sätt.



Figur 5.6.1. Överblick på randvillkor och massor som används i koncept två.

Modellerna är bara grova förenklingar av verkligheten och ingen tid har lagts för att förfinas Pro/m modellerna. Detta för att det hade tagit för mycket av tiden som fanns tillgänglig. På grund av att modellerna är så grova kan inget mer detaljerat svar än om konceptet håller eller ej ges.

På grund utav att modellerna endast är grova förenklingar utav verkligheten uppkommer vissa egenheter. En av dessa är att det uppkommer spänningskoncentrationer i de punkter som massorna har satts (se figur 5.6.2). I verkligheten sitter ej kondensorn och kompressorn fast i punkter.



Figur 5.6.2. Spänningskoncentrationer kring massornas fästpunkter.

Det som framgick av alla våra analyser (se bilaga 2) var att koncepten skall hålla lika bra som den ursprungliga LCU-ramen. Något mer än så kan inte besvaras eftersom analyserna är så förenklade.

Koncept två, tre och den befintliga LCU-ramens alla analyser finns i bilaga 2. Några analyser på den modifierade LCU-ramen gjordes ej på grund av att den ansågs vara relativt lik den befintliga LCU-ramen.

5.7 Kostnad- och leverantörsundersökning

Kostnads- och leverantörsundersökningen gjordes hos HB Mekaniska AB[12] och Mekpart AB[16]. Nedan (se tabell 5.7.1) kan de olika prisuppskattningarna ses. Den nuvarande LCU-ramens leverantör är HB Mekaniska AB. Därav har enbart de angivit priser för den befintliga LCU-ramen och den modifierade versionen.

Tabell 5.7.1, Kostnadsskillnad hos de olika leverantörerna.

HB MEKANISKA AB			
	Ställkostnad	Material- & produktionskostnad	Summa
SEB11087/1	-	35 000	35 000
SEB11087/1 modifierad (koncept 1)	-	28 700	28 700
2_FCGM101008/16 (koncept 2)	14 000	18 600	32 600
3_FCGM101008/16 (koncept 3)	19 000	27 600	46 600

MEKPART AB			
	Ställkostnad	Material- & produktionskostnad	Summa
SEB11087/1	-	-	-
SEB11087/1 modifierad (koncept 1)	-	-	-
2_FCGM101008/16 (koncept 2)	-	-	55 000
3_FCGM101008/16 (koncept 3)	-	-	55 000

Ställkostnaden är en avgift som behöver betalas per beställning. Så köps endast en ram så blir priset det som står under summa i tabell 5.7.1 ovan. Beställs däremot exempelvis tre LCU-ramar så kommer priset per LCU-ram bli lägre eftersom ställkostnaden slås ut på tre. I dagsläget så finns det ingen ställkostnad för ramen utan det är inräknat produktionskostnaden, detta gör att den blir billigare för SAAB då bara en eller två beställs.

HB mekaniska är den tillverkaren som gav det lägsta priset sett utifrån ställkostnaderna och produktion/material kostnaderna. Mekpart AB gav oss en mycket grov uppskattning där båda koncepten fick samma pris. Dock är detta pris betydligt högre än något pris från HB mekaniska även om endast en LCU-ram skulle köpas.

Gällande en mer detaljerad prislista där de olika parternas pris/ställkostnader finns från HB Mekaniska AB (se bilaga 3).

5.8 Jämförelse av de färdigställda koncepten

En jämförelse på koncept ett, två, tre och den befintliga LCU-ramen har gjorts i en tabell (se tabell 5.8.1). Tabellen är uppställd utifrån olika parametrar.

- “Pris (utan ställkostnader)” är produktion och materialkostnaderna.
- “Vikt” är hela konceptets vikt exklusive gejdor, skruvar och brickor.
- “Passa kondensorn mot hyddan” menas att kondensorns skruvhål skall passa mot hyddans (se figur 5.1.3, sid 13).
- “Antalet delar” är antalet delar som ska skruvas/monteras ihop hos de olika koncepten.
- “Antalet infästningspunkter mot hyddan” är hur många ytor på konceptet som skruvas fast emot hyddans ytor (golv, väggar och tak).
- “Antalet skruvar i hyddan” är hur många skruvar som används som skruvförband mellan konceptet och hyddan.
- “Antalet skruvar totalt” är alla skruvar som används hos koncepten.

Tabell 5.8.1, jämförelsetabell mellan den befintliga ramen och koncepten.

	Befintliga LCU-ramen SEB11087/1	Modifierade versionen SEB11087/1_Mod	Koncept två 2_FCGM1010008/16	Koncept tre 3_FCGM1010008/16
Pris (utan ställkostnader).	35 000	28 700	18 600	27 600
Vikt.	ca. 18 kg	ca. 18 kg	ca. 25 kg	ca. 48 kg
Passa kondensor mot hydda.	Nej.	Ja.	Ja.	Ja.
Antalet delar.	8	10	6	15
Antalet infästningspunkt mot hydda.	10	10	7	6
Antalet skruvar i hyddan.	40	40	28	26
Antalet skruvar totalt.	120	128	78	112

Det finns även olika fördelar och nackdelar hos de olika koncepten som inte tas upp i jämförelsetabellen, eftersom det ej går att sätta värden på dem men som även måste vägas in.

Koncept ett

- Fördelar
 - Krävs inga ändringar på hyddan.
 - God kunskap om hur den skall installeras i hyddan.
- Nackdelar
 - Fortfarande samma grund som den ursprungliga LCU-ramen.
 - Flest antal hål som görs i hyddan på SAAB vid installation av LCU-ramen.

Koncept två

- Fördelar
 - Konceptet har en enkel geometri.
- Nackdelar
 - Antalet modifieringar som krävs i hyddan är högst för detta koncept. Dock görs dessa endast vid införandet av konceptet.

Koncept tre

- Fördelar
 - Det är två separata konstruktioner, en för kondensorn och en för kompressorn. Vilket ger en lättare montering.
 - Hålen för tanken till elaggregatet som redan finns i hyddan utnyttjas för att skruva fast kompressorns ramverk. Detta leder till att det blir få modifikationer på hyddan.
- Nackdelar
 - Tanken för elaggregatet blir ”inlåst” (se figur 5.5.2.2, sida 22) och detta kan försvåra service.
 - ”Boxen” utgör cirka halva vikten av konceptet.

Genom att göra en Pugh matris (se tabell 6.1) fås en bra bedömning på vilket koncept som är bäst utifrån de faktorer som tas med i matrisen.

Tabell 6.1, Pughmatris för koncepten.

1 = 1-20%, 2 = 20-40%, 3 = 40%+

	Viktning	Koncept1	Koncept2	Koncept3
Pris	5	1	3	2
Vikt	3	0	-2	-3
Infästningspunkter	2	0	2	3
Antal skruvar	1	-1	2	1
Antal+		1	3	3
Antal-		1	1	1
Summa		0	5	3
Viktad summa		4	15	8

SAAB har ej varit inblandade i viktningen av kriteriumen. Att pris viktas högst beror på att det har varit mycket diskussioner kring att priset i dagsläget är för högt. Ramens vikt har inte lika stor påverkan på grund av dess relativt låga vikt i förhållande till kompressorn och kondensorn. Infästningspunkter viktas inte högre för att det som är av betydelse för infästningspunkterna är var de sitter och detta framgår inte i matrisen. Antalet skruvar viktas lägst eftersom detta inte har en stor inverkan på monterings tid.

Det finns faktorer som är svåra eller omöjliga att sätta ett objektiskt värde på som exempelvis en konstruktions robusthet eller hur enkel montering konstruktionen har. Detta gör att resultatet i matrisen endast skall ses som en riktningssvisare på vilket koncept som är det bästa.

6. Slutsats

En kravspecifikation gav oss en god uppfattning av konstruktionen hos den befintliga LCU-ramen och dess brister vid tillverkning och montering. LCU-ramen konstrueras av aluminium och tillverkas genom att strängpressade fyrkantsprofiler och ändplattor svetsas ihop.

Alla koncepten har enkla tillverkningsprocesser och tillverkas på liknande sätt som den ursprungliga LCU-ramen.

Utifrån de FEM-analyser som gjorts kan vi säga att koncepten skall hålla lika bra som den ursprungliga LCU-ramen.

Den nuvarande leverantören HB MEKANISKA AB och en potentiell ny leverantör MEKPART AB gav prisuppskattningar på koncepten och den leverantören som gav lägst pris var HB MEKANISKA AB. Vi rekommenderar att HB MEKANISKA AB fortsätter att vara leverantör till SAAB.

Vi rekommenderar att SAAB använder sig av koncept två i ARTHUR. Koncept två fick högst poäng i Pugh matrisen. Dess enkla geometri medför ett bättre pris och lägre vikt än övriga koncept. Dock skulle koncept tre rekommenderas om vikten inte var en betydande faktor. Att koncept tre anses vara bättre utan viktfaorn är på grund av att den är i två delar, en för kompressorn och en för kondensorn. Detta medför en enklare installation i hyddan. Utöver det så krävs det dessutom mindre kringarbete i form av modifikationer på hyddan för koncept tre vid införande av konceptet.

Är inte koncept två eller tre önskvärda så rekommenderas koncept ett då det åtgärdar problem hos den befintliga LCU-ramen

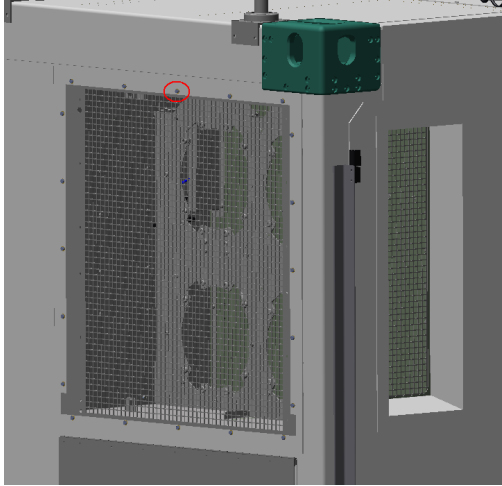
7. Referenser

1. SAAB AB (2012) ARTHUR.
http://www.saabgroup.com/en/Land/Force_Protection/Sense_and_Detect/ARTHUR_WLR_Weapon_Locating_Radar_System_Saab/ (110612)
2. Model Based Definiton – dokumentationsmetodik. MBD. 1/19817-FCKM1150001/1 sv. Internt SAAB dokument.
3. Pugh method or decision-matrix method.
<http://guides.lib.chalmers.se/content.php?pid=208254&sid=2199177> (300512)
4. LCU-frame SEB11087/1. PRI. 10921-SEB11087/1-1EN. Internt SAAB dokument.
5. Strukturanalys av ram SEB 11087/1. strukturanalys. 1/0363-SEB 11087/1. Internt SAAB dokument.
6. Documents AC193. Ritningar av kondensor/kompressor. 19009-UFD10306/1 en. Internt SAAB dokument.
7. SEB11087/1. Pro/e på befintliga LCU-ramen. 15562-SEB11087/1. Internt SAAB dokument.
8. Val av material och ytbehandling. Materialval. 11/1020-FCK11540 en. Internt SAAB dokument.
9. Svetsinstruktioner för intervolframs svetsning (TIG). Svetsinstruktioner. 1510-FDD 205 098/1 Usv. Internt SAAB dokument.
10. Utvändig lackering, bronsgrön RAL 6031. Målninginstruktioner. 15151-MZY51014 en. Internt SAAB dokument.

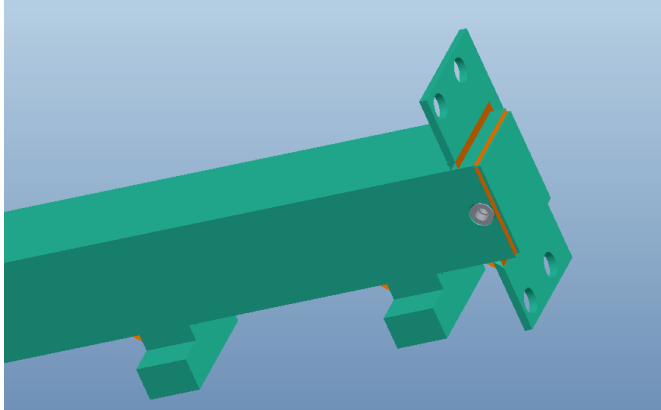
8. Personreferenser

11. Roy Ledener, SAAB AB, Göteborg, tel 031-79 48 518
12. Claes Börjesson, HB-MEKANISKA AB, Mölnlycke, tel 031-98 50 81
13. Terje Erstad, SAAB AB, Göteborg, tel 031-79 48 727
14. Lars Broman, SAAB AB, Göteborg, tel 031-79 48 854
15. Jan Rydén, SAAB AB, Göteborg, tel 031-79 49 404
16. Ingemar Gustafsson, MEKPART AB, Mölndal, tel 031-719 60 62

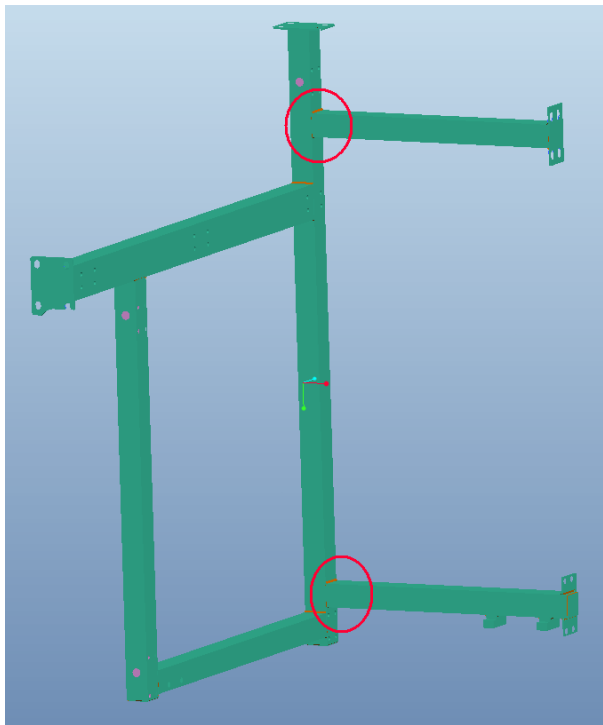
Kravspecifikation för LCU-ram koncept

Krav	Kondensorn skall kunna anpassas mot hydda.
Bidrar med	Kommer att underlätta monteringsprocessen och även ge reducerad arbetstid.
Anledning	I dagsläget är passningen mellan kondensorns och hyddans skruvhål begränsad (rödmarkerat i figur1 x20).
Figur	 <i>Figur1, gränssnitt mellan kondensor och hydda.</i>
Berörda parter	<i>UFD10306/1.</i>

Krav	Gänginsatser.
Bidrar med	Förstärkta gängor och förenklad ihopmontering av ramen.
Anledning	För att minska risken att gängorna brister i aluminium parterna.
Figur	-
Berörda parter	<i>SEB104145/1, SEB104148/1 och LVEM9010001/1.</i>

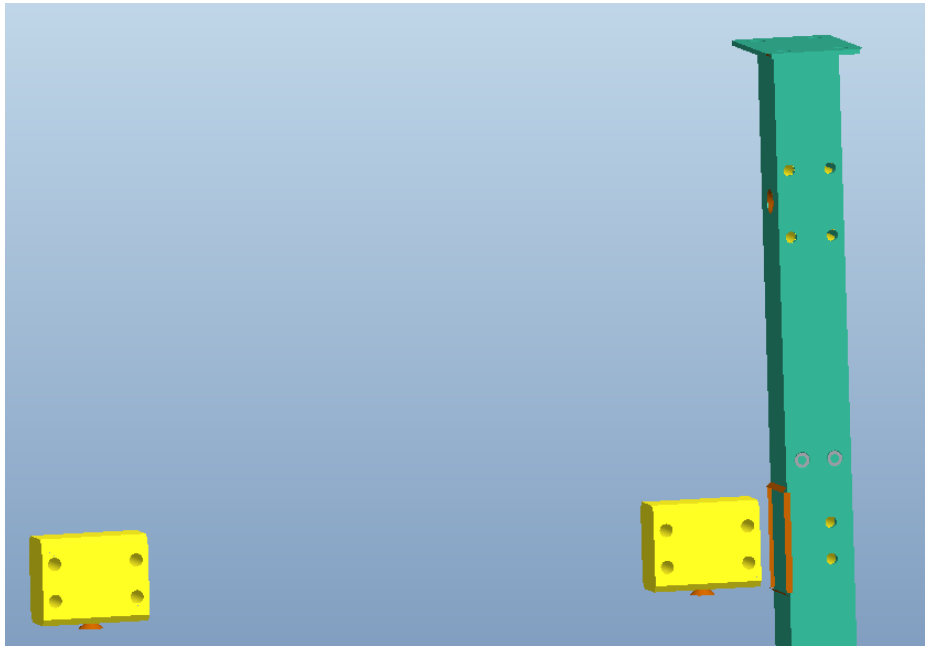
Krav	Flytta yttre nitmuttern för kondensorns gejderfästen.
Bidrar med	Förenklad geometri av parterna.
Anledning	Flera moment fås på så sätt bort vid tillverkningen.
Figur	 <i>Figur2, SEB104142/1.</i>
Berörda parter	<i>SEB104142/1 och SEB104140/1.</i>

Önskemål	Högre toleranser.
Bidrar med	Reducerade arbetstimmar under tillverkning.
Anledning	Det är en genomgående snäv toleranssättning, detta är önskvärt att gå över och kontrollera om toleranser hos parterna kan ändras.
Figur	-
Berörda parter	<i>SEB104139/1, SEV90169, SEB104141, SEB104142/1, SEB104140/1, SEB104145/1, SEB104148/1 och LVEM9010001/1.</i>

Önskemål	Separera profilerna.
Bidrar med	Förenklar tillverkningsprocessen och underlättar passningen av kondensorn.
Anledning	Reducerar arbetstimmar under tillverkningsprocessen och det underlättar monteringen av kondensorn.
Figur	 <i>Figur3, SEB104140/1.</i>
Berörda parter	<i>SEB104140/1.</i>

Önskemål	Färre olika tvärsnitt på fyrkantsprofilerna.
Bidrar med	Att tillverkaren kan köpa in färre olika typer av fyrkantsprofiler.
Anledning	Detta skulle få ner materialkostnaderna pga. minskat spill då profilerna köps in i 6 meters längder.
Figur	-
Berörda parter	<i>SEB104139/1, SEV90169, SEB104141, SEB104142/1, SEB104140/1, SEB104145/1, SEB104148/1 och LVEM9010001/1.</i>

Önskemål	Tjockare plattor på profilernas ändar.
Bidrar med	Underlättar bearbetning.
Anledning	Vid tillverkningen, bearbetning och transport kan krökningar uppkomma på plattorna. Detta resulterar i att de måste riktas, vilket tar upp arbetstimmar.
Figur	-
Berörda parter	<i>SEB104139/1, SEB104141/1 och SEB104140/1.</i>

Önskemål	Få bort/ersätta förstärkningsklossarna.
Bidrar med	Reducerade kostnader vid tillverkning.
Anledning	De bidrar till en stor del av kostnaden, ca 10 % av kostnaden för ramen.
Figur	 <i>Figur4, förstärkningsklossarna.</i>
Berörda parter	<i>*/SCSM9010004/1.</i>

Analys av koncepten

Alla analyser är uppbyggda så som redogörs i kap 5.6 på sidan 23.

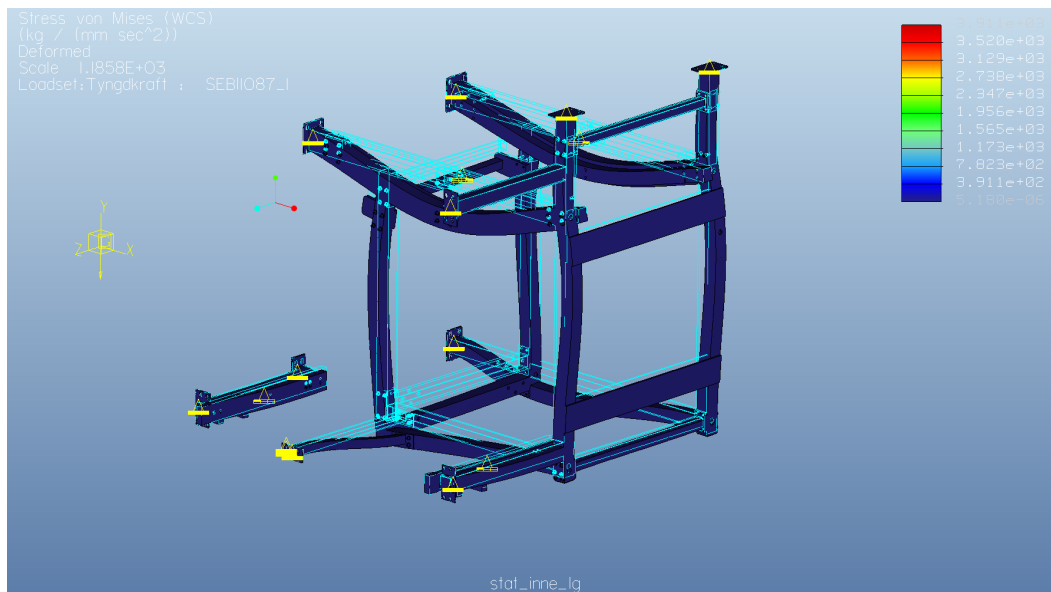
För alla bilder i bilagan gäller följande:

Maxspänningar fås i punkterna där massorna för kompressor och kondensor har satts, vilken punkt det är kan variera mellan modellerna. På grund av de höga lokala spänningarna i dessa punkter blir resten av modellen blå eftersom spänningarna här är låga. Alla spänningar i de blå zonerna är relativt små vilket resulterar i att de kan anses vara ofarliga. Det uppkom ej någon deformation över 2 mm och det är endast på grund av att modellerna har uppskalad deformation som gör att det syns tydligt. Spänningarna anges i ($\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{sec}^2)$) vilket är 1000 pascal alltså 0,001 MPa

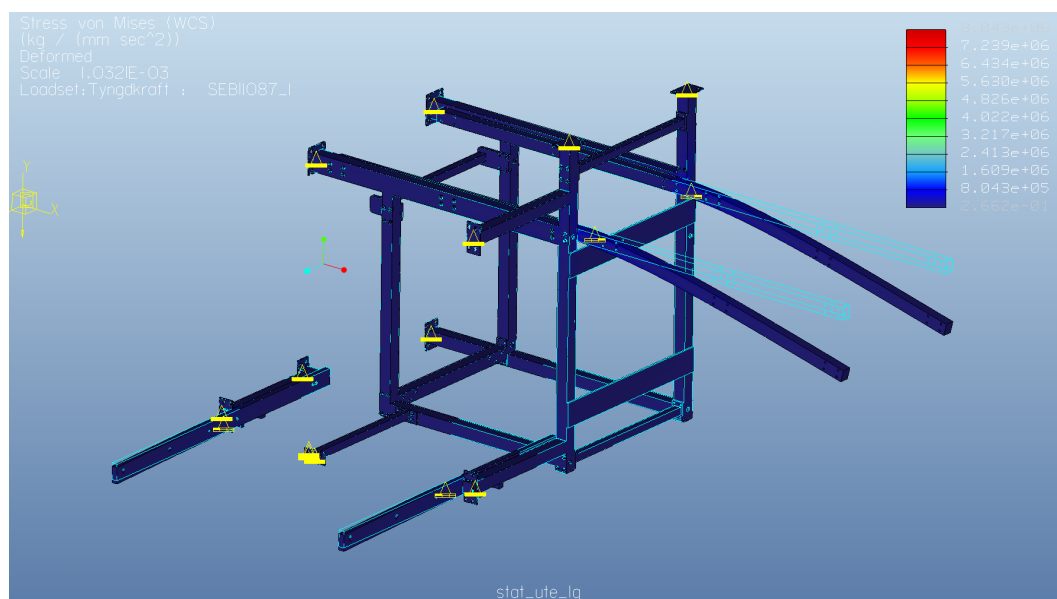
SEB11087/1 – Ursprungliga LCU-ramen

Mode	Frequency (Hz)
1	5.07
2	6.79
3	6.85
4	7.43
5	7.66
6	7.69

Statiska belastningar, 1G.

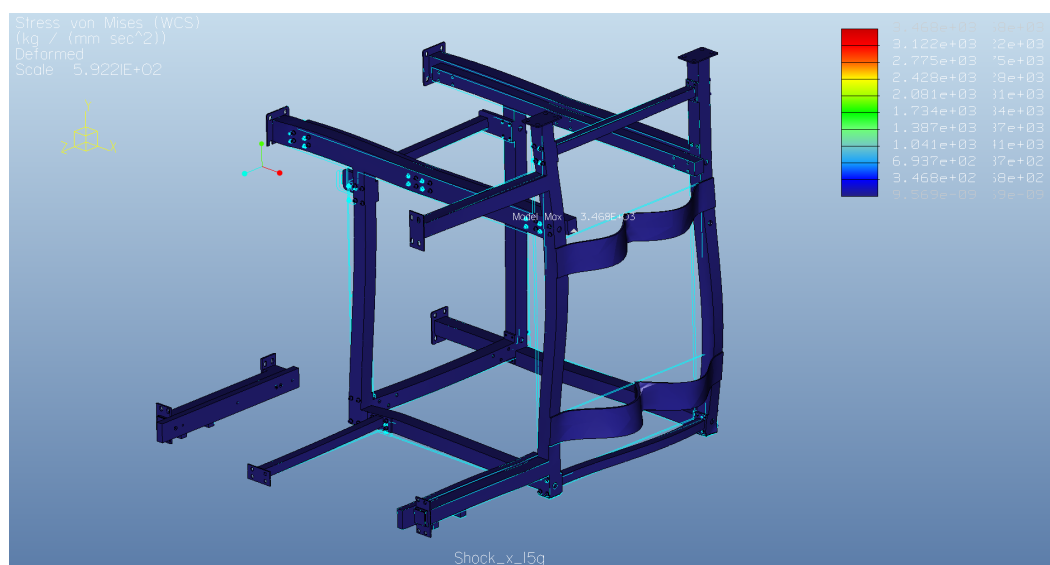


Statisk belastning med gejderna i sitt innersta läge under en belastning på 1G.

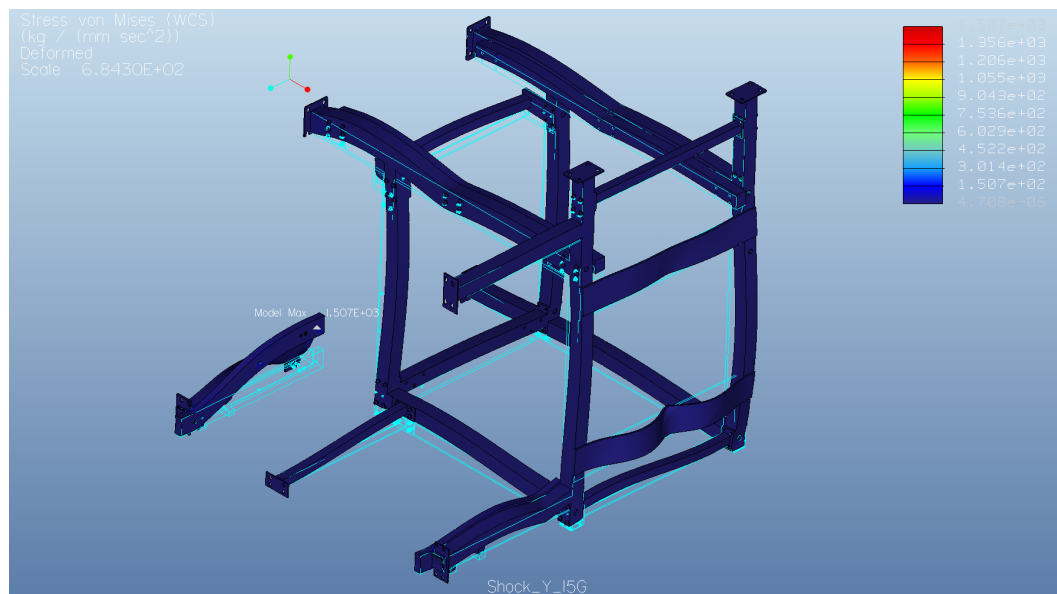


Statisk belastning med gejderna i sitt yttersta läge under en belastning på 1G.

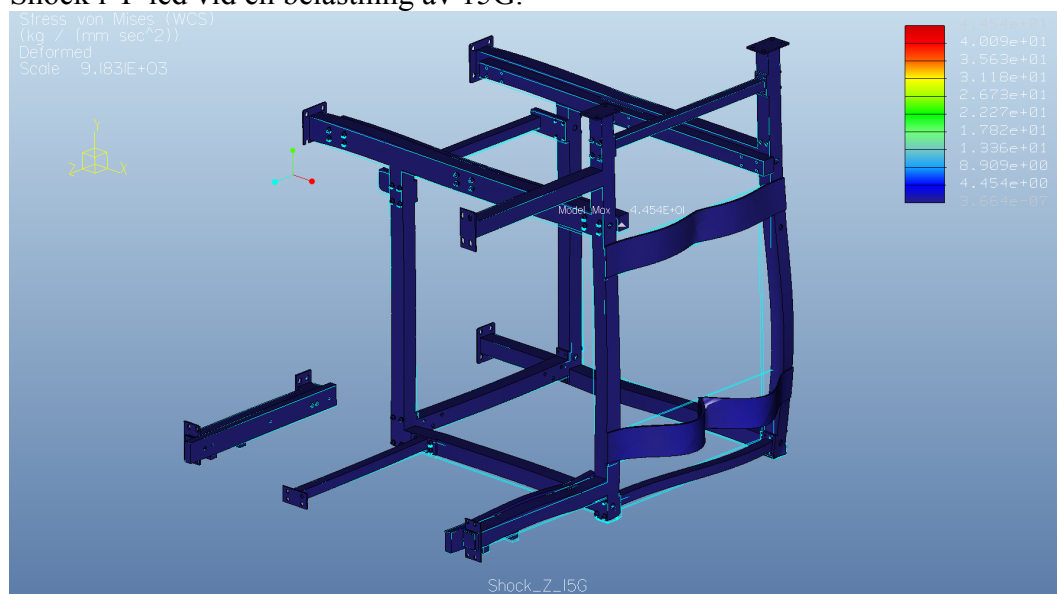
Shock analyser, 15 G



Shock i X-led vid en belastning av 15G.



Shock i Y-led vid en belastning av 15G.

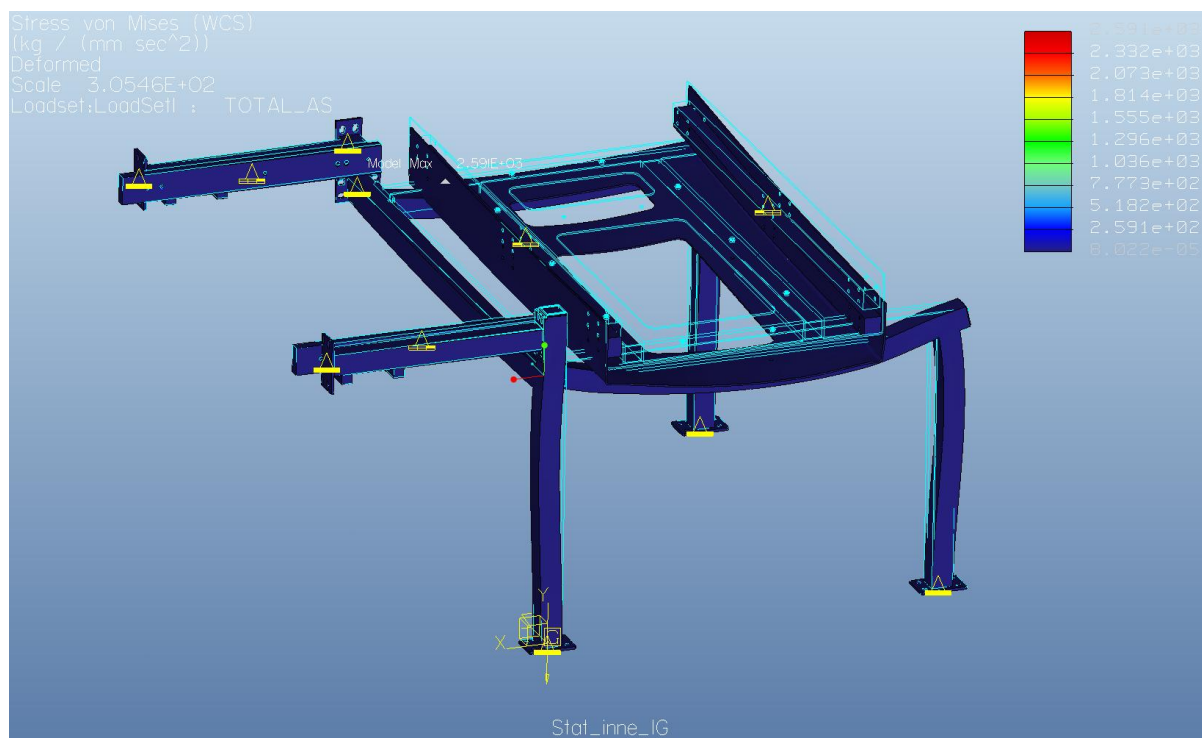


Shock i Z-led vid en belastning av 15G.

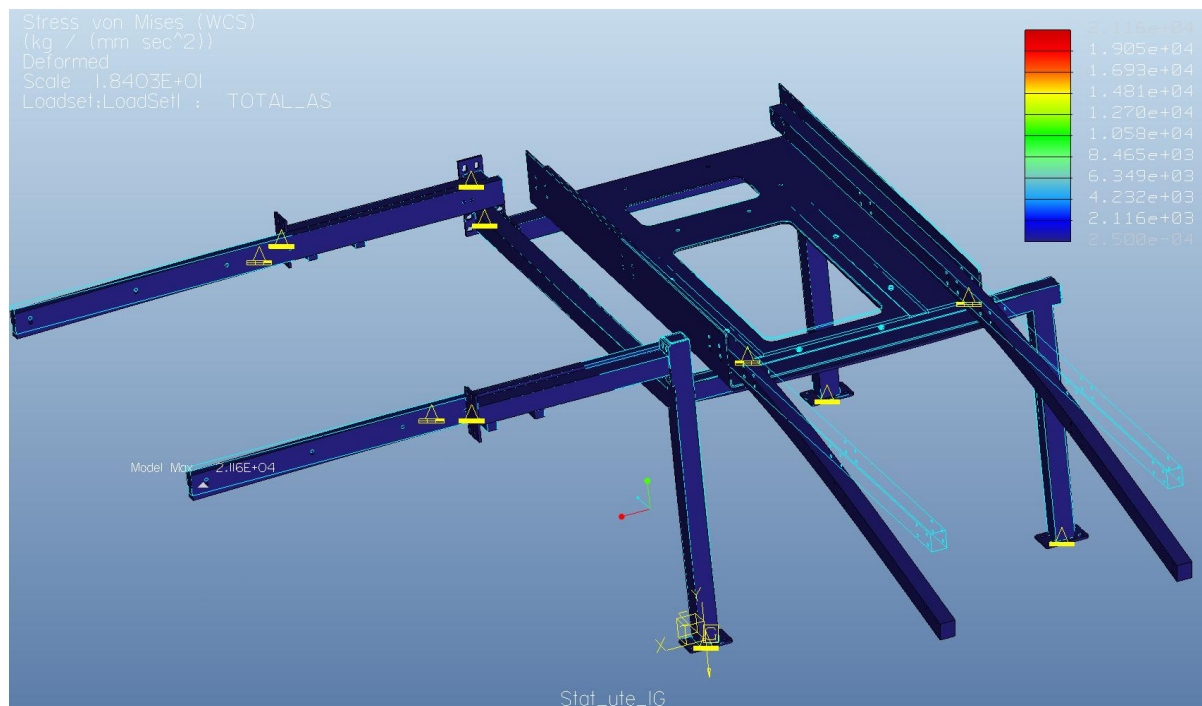
2/FCGM101008/16 – Koncept två

Mode Frequency (Hz)

Mode	Frequency (Hz)
1	5.13
2	5.80
3	6.74
4	7.63
5	8.58
6	8.92

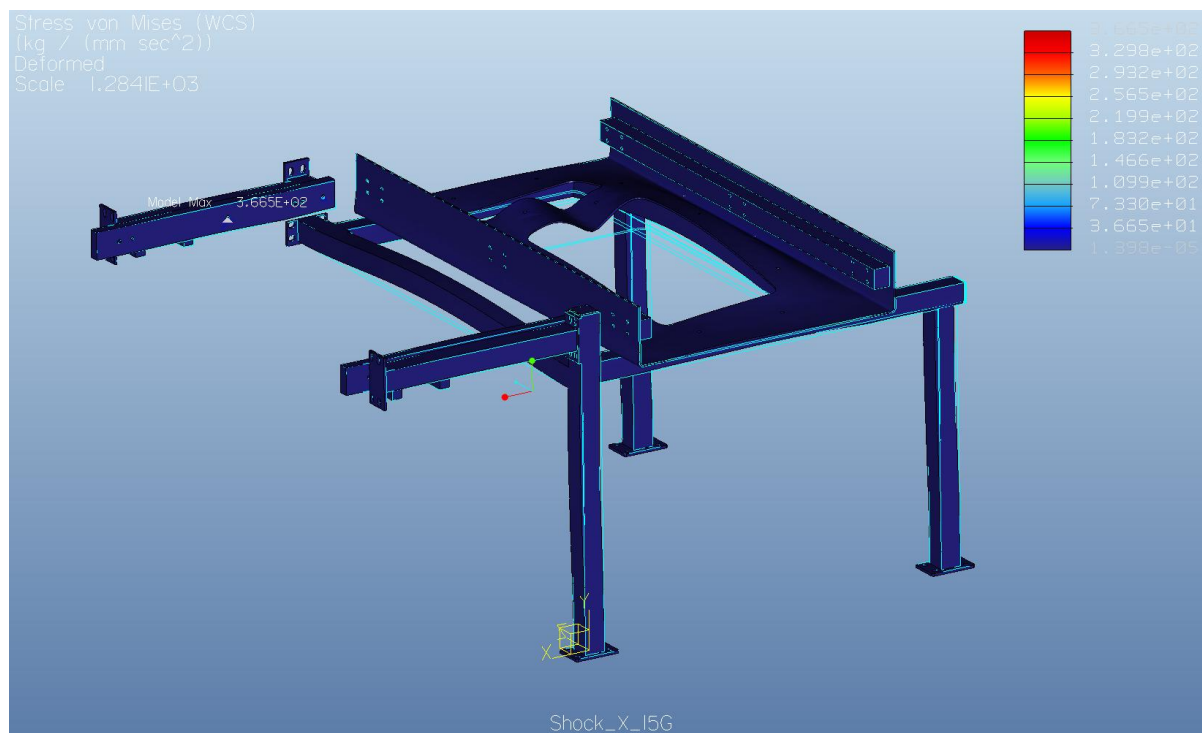
Statiska belastningar, 1G

Statisk belastning med gejderna i sitt innersta läge under en belastning på 1G.

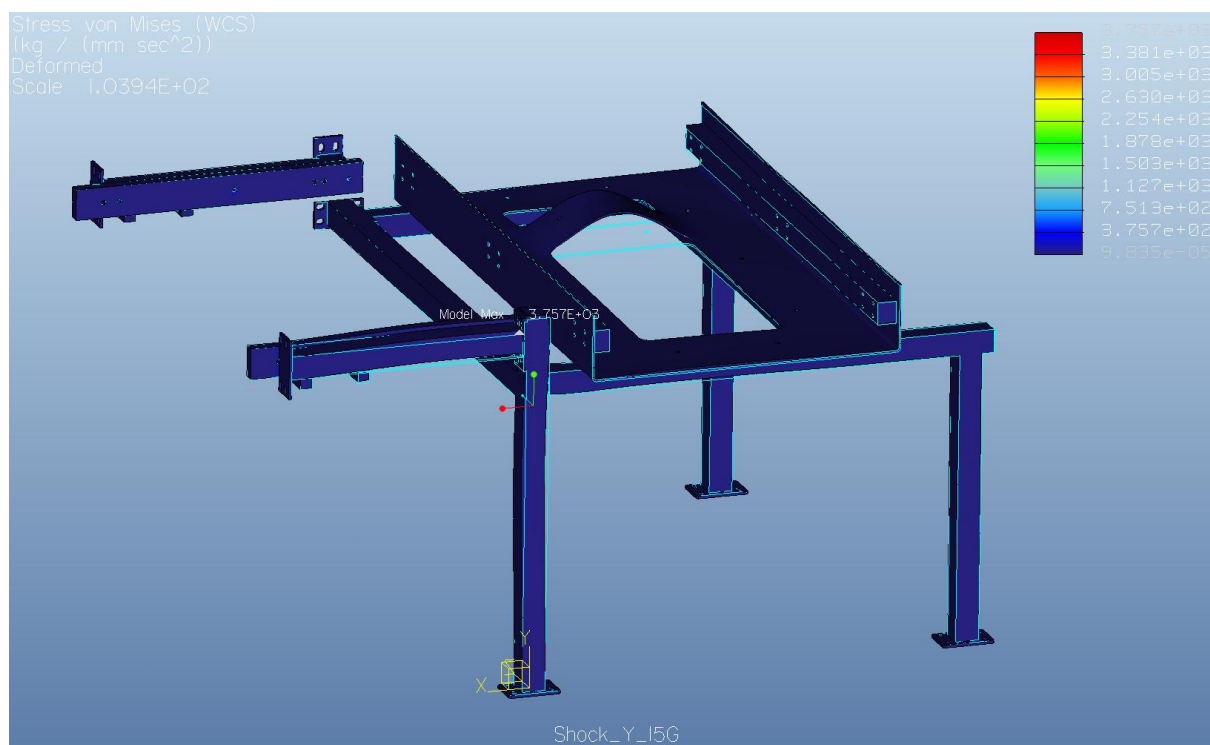


Statisk belastning med gejderna i sitt yttersta läge under en belastning på 1G.

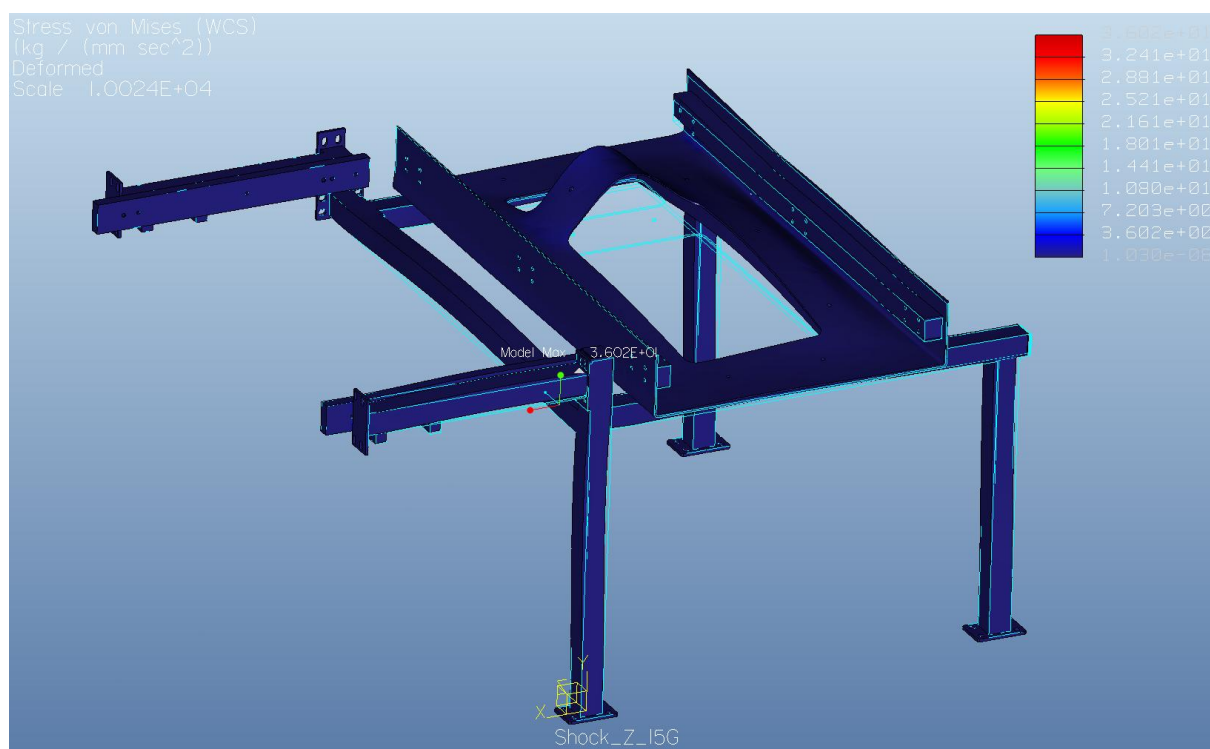
Shock analyser, 15 G



Shock i X-led vid en belastning av 15G.



Shock i Y-led vid en belastning av 15G.

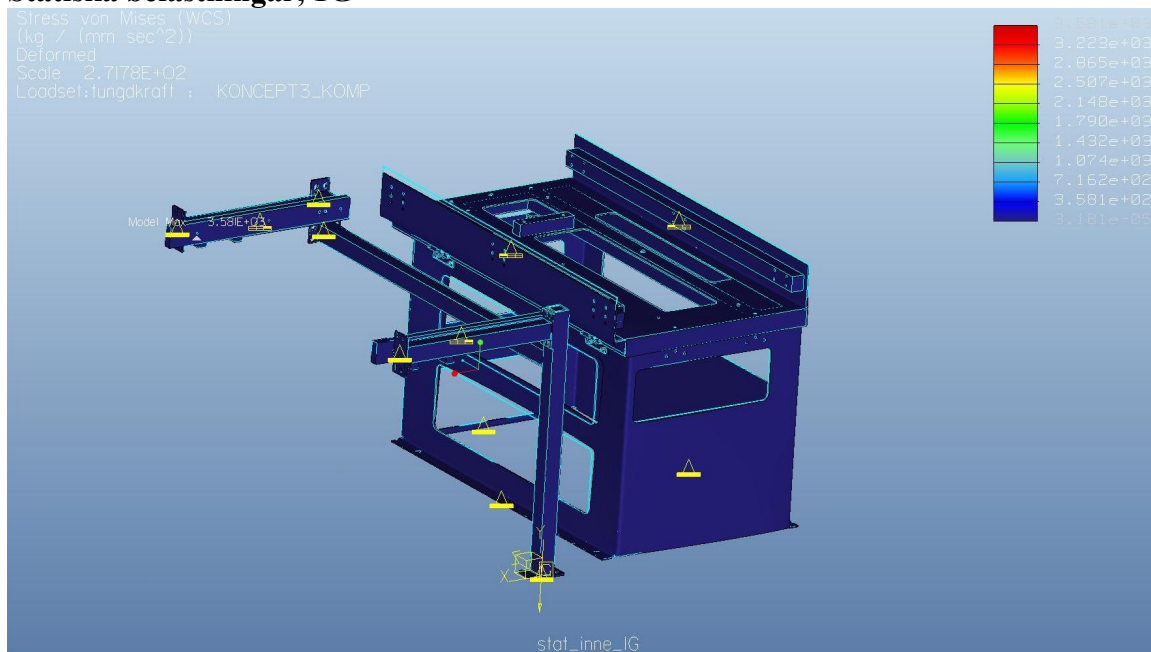


Shock i Z-led vid en belastning av 15G.

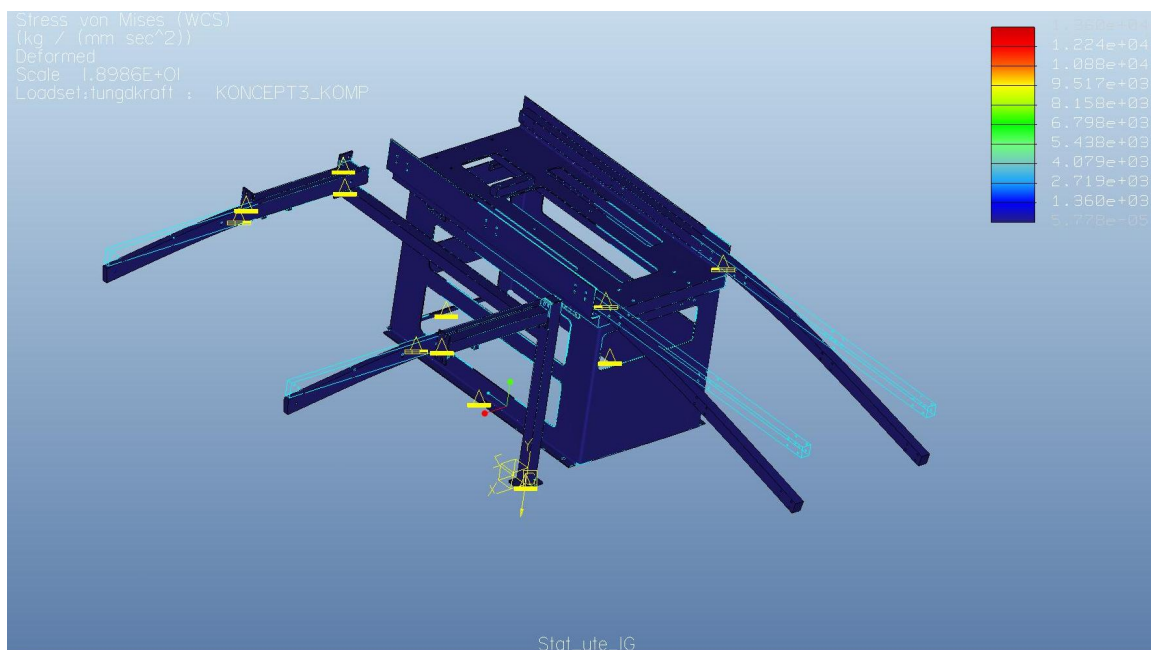
3/FCGM101008/16 – Koncept tre

Mode Frequency (Hz)

Mode	Frequency (Hz)
1	5.14
2	5.32
3	5.51
4	5.87
5	6.13
6	6.25

Statiska belastningar, 1G

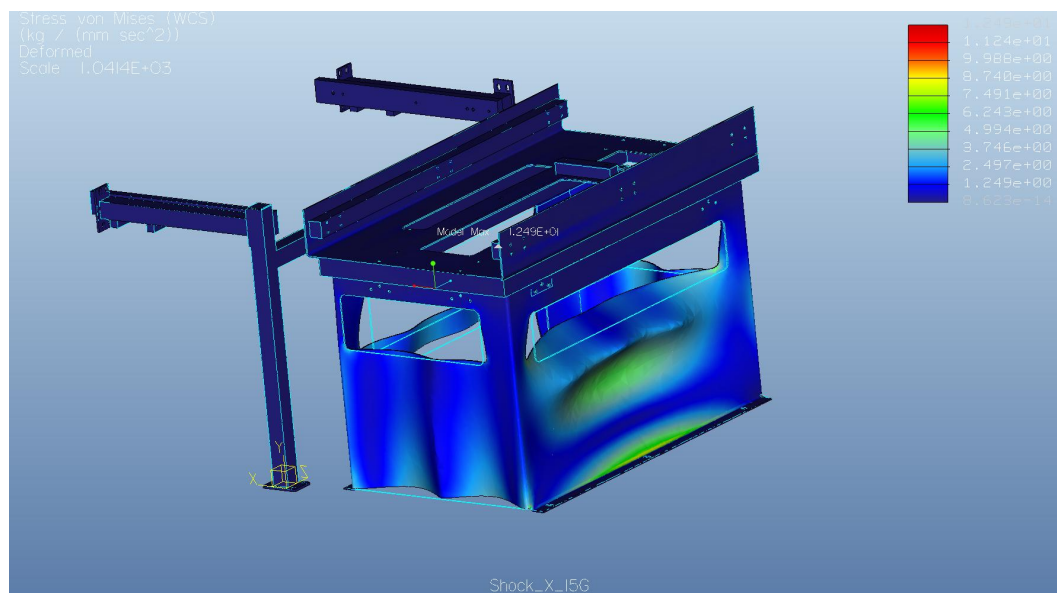
Statisk belastning med gejderna i sitt innersta läge under en belastning på 1G.



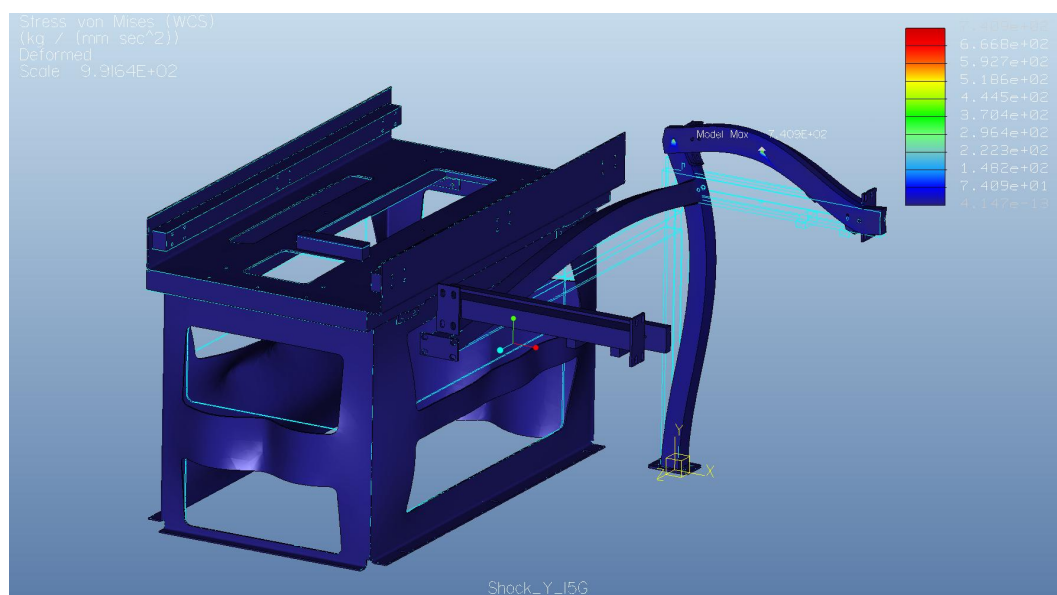
Statisk belastning med gejderna i sitt yttersta läge under en belastning på 1G.

Shock analyser, 15G

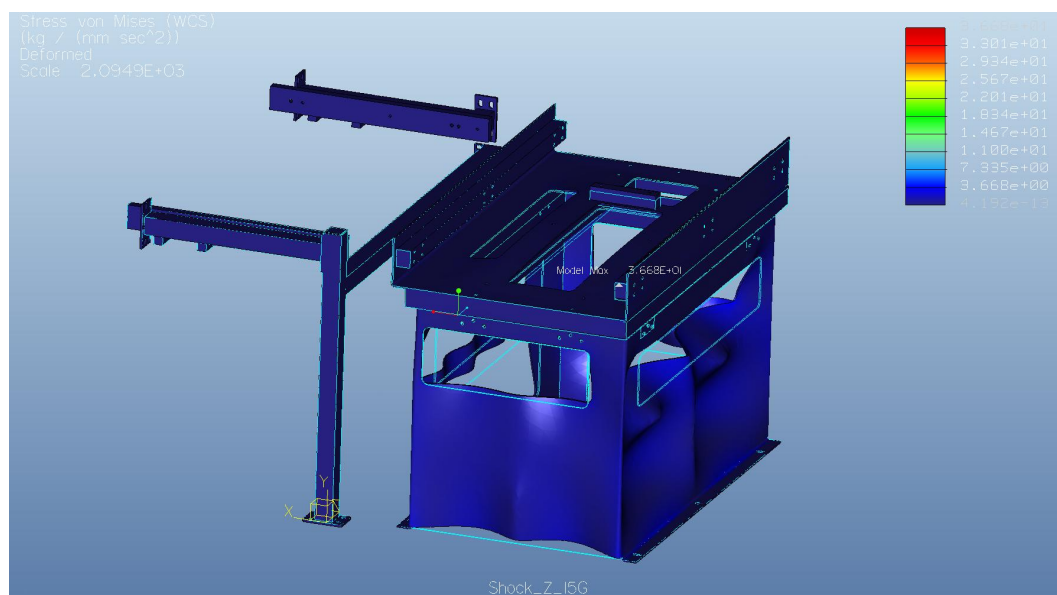
Randvillkor som agerar kompressor och kondensor.



Shock i X-led vid en belastning av 15G.

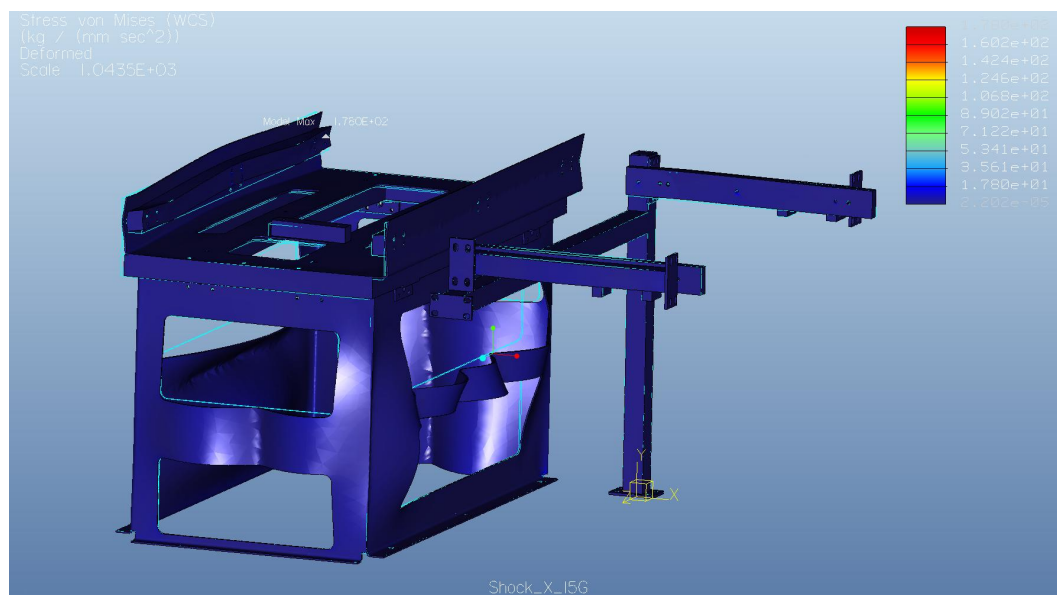


Shock i Y-led vid en belastning av 15G.

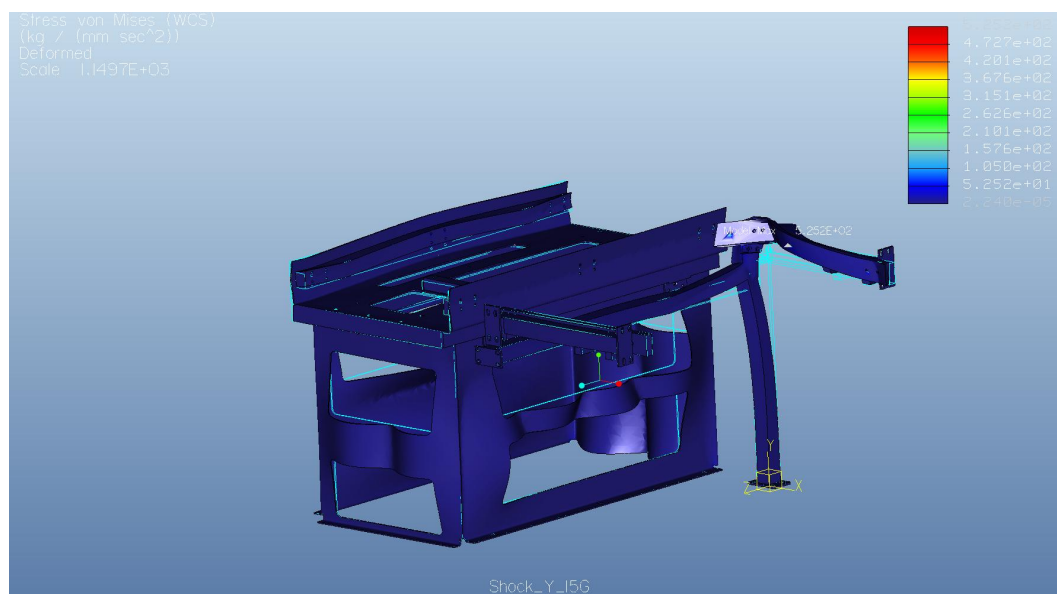


Shock i Z-led vid en belastning av 15G.

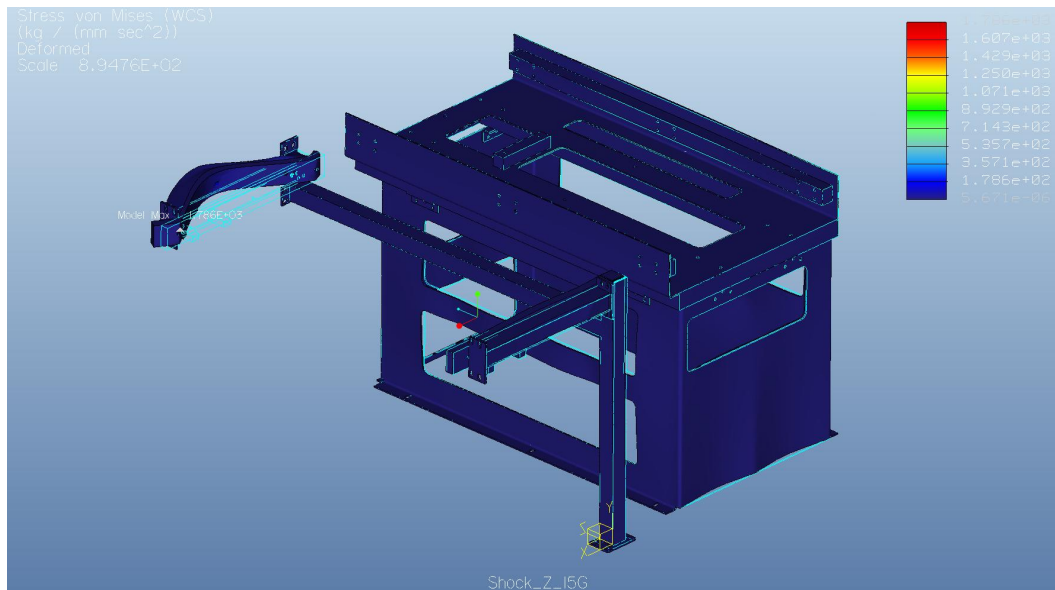
Inga randvillkor som agerar kompressor och kondensor
Shock analyser, 15 G



Shock i X-led vid en belastning av 15G.



Shock i Y-led vid en belastning av 15G.



Shock i Z-led vid en belastning av 15G.

Nedan syns en jämförelsetabell där spänningarna för de blåa områdena i modellerna har jämförts med varandra.

Tabell 1. Jämförelsetabell analys

Tabell 1. Sammenlignende analyse			
Statistika analyser 1G	Ursprunglig	Koncept 2	Koncept 3
Gejdrar inne	3.9e+2	2.6e+2	3.6e+2
Gejdrar ute	8.0e+5	2.1e+3	1.4e+3
Shock analyser 15G			
X-led	3.5e+2	3.7e+1	1.2e+0
Y-led	1.5e+2	3.76e+2	7.4e+1
Z-led	4.5e+0	3.6e+0	3.7e+0

Endast ett belastningsfall har spänningar över den ursprungliga LCU-ramens spänningar. Detta belastningsfall är shock analysen i Y-led hos koncept två. Dock är det så små spänningar att de anses vara ofarliga.

Prislista från HB Mekaniska AB

	Ställkostnad	Pris inkl. material	Antal	Summa utan ställkostnad
SEB11087/1				
SEB104139/1	-	7 000	1	-
SEB104140/1	-	10 000	1	-
SEB104141/1	-	3 000	1	-
SEB104142/1	-	4 000	1	-
SEB104145/1	-	3 000	1	-
SEB104148/1	-	2 500	2	5 000
LVEM9010001/1	-	3 000	1	-
Summa	-			35 000
SEB11087/1 modifierad (koncept 1)				
SEB104139/1	3 500	4 500	1	-
SEB104140/1	3 500	4 000	1	-
Ben 1 SEB104140/1	1 500	1 400	1	-
Ben 2 SEB104140/1	1 500	1 800	1	-
SEB104141/1	-	3 000	1	-
SEB104142/1	1 500	3 000	1	-
SEB104145/1	-	3 000	1	-
SEB104148/1	-	2 500	2	5 000
LVEM9010001/1	-	3 000	1	-
Summa				28 700
2_FCGM101008/16 (koncept 2)				
SEBM1010016/1	1 500	3 000	1	-
SEBM1010017/1	1 500	2 000	1	-
SEBM1010018/1	2 500	3 200	1	-
SEBM1010019/1	3 500	6 500	1	-
SEBM1010020/1	2 500	3 500	1	-
SEBM1010021/1	2 500	400	1	-
Summa	14 000			18 600
3_FCGM101008/16 (koncept 3)				
SEBM1010016/1	1 500	3 000	1	-
SEBM1010017/1	1 500	2 000	1	-
SEBM1010022/1	4 500	7 500	1	-
SEBM1010023/1	2 500	4 000	1	-
SEBM1010024/1	3 000	4 000	1	-
SEBM1010025/1	1 000	500	8	4 000
SEBM1010026/1	2 500	2 700	1	-
SEBM1010027/1	2 500	400	1	-
Summa	19 000			27 600