

# CHALMERS



## Tillbehörsfäste för truckar

- en produktutveckling

*Kandidatarbete inom Teknisk Design*

Magnus Ahlfors

Jonas Björkman

Lars Hansson

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling

*Avdelningen för Design & human factors*

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2010

Av: **Magnus Ahlfors, Jonas Björkman, Lars Hansson**

**Chalmers tekniska högskola**

**Kandidatarbete PPUX03**

Examinator: **Söderberg, Örjan**

Handledare: **Engelbrektsson, Pontus; Strömberg, Markus**

Foto: **Jonas Björkman** – om inget annat anges

Sans Serif: **Akzidenz Grotesk**

Serif: **Times Ten LT**

Göteborg våren 2010

## FÖRORD

Denna rapport är resultatet av ett projektarbete som gjordes inom ramen för kandidatarbete vid institutionen för Produkt- och produktionsutveckling på Chalmers tekniska högskola. Till en början vill vi tacka BT Products AB, Mjölby och speciellt vår kontaktperson och handledare Markus Strömberg som har gjort detta roliga och utvecklande projekt möjligt. Vi vill också tacka våra handledare på Chalmers: Pontus Engelbrektsson och Alexandra Rånge för bra stöd och goda idéer. Även examinator Örjan Söderberg, Håkan Almius, ICA Kungälv och Prototal ska tackas för att ha tagit sin tid till att hjälpa oss under projektets gång.

## SAMMANFATTNING

Detta projekt bygger på en produktframtagning åt BT Products. Produkten som skall tas fram och utvecklas är ett fäste för att montera tillbehör i förarmiljön på truckar. Tillbehören kan vara datorer, skärmar, scanners och skrivskivor. Idag köper BT tillbehörsfästet från ett annat företag och syftet med att ta fram ett nytt tillbehörsfäste är att BT ska kunna tillhandahålla ett eget fäste som är mer anpassat för att monteras i BT:s E-profil. Det framkom även under projektets gång att nuvarande tillbehörsfästet hade problem med fixeringen, då det kunde släppa vid hård körning och att detta skall åtgärdas.

Det mål som projektgruppen jobbat emot har varit: *«Att den 21 maj 2010 ha tagit fram ett koncept för ett trucktillbehörsfäste, anpassat för att fästas i BT:s E-profil. Konceptet presenteras med CAD-modeller, bilder samt en funktionsmodell»*

Arbetet har i stort sett gått ut på informationssökning, analyser av nuvarande produkt, framtagning av kravspecifikation, konceptframtagning, konceptval, detaljkonstruktion och slutligen tillverkning av en funktionsmodell.

Resultatet av arbetet blev ett tillbehörsfäste med en helt annan konstruktion än det nuvarande fästet, då det använder sig av enaxliga gångjärn, istället för kulleleder, för att medge justerbarhet. Detta resulterade i ett koncept med mycket säkrare fixering och längre livslängd. Tillbehörsfästet har dock något sämre justerbarhetsförmåga än föregående tillbehörsfäste, men tester verifierar att det har tillräckligt bra justerbarhetsförmåga.

Slutsatsen blev att det framtagna konceptet uppfyller de framtagna kraven och många av önskemålen och att det, efter ytterligare detaljkonstruktion, skulle bli en bra produkt.

## ABSTRACT

This project is based on a product development for BT Products. The product which is to be produced and developed is a bracket to mount accessories in the driving environment on forklift-trucks. The accessories can be computers, monitors, scanners and writingboards. Today BT buy their mounts from another company at a high price and the purpose of developing a new mount is that BT should be able to manufacture a mount of their own at a lower cost than what it costs to buy the current mount. It was also found that the existing mount had problems with the fixation on which it could release during rough driving.

The objectives of the project team has been working to is: *«In May 21, 2010 have developed a concept for a forklift-truck mount, adapted to be attached to BT's E-bar, which is cheaper to manufacture than the current mount is to buy. The concept is presented with CAD-models, pictures and a functional model»*

The work has mainly been aimed at information search, analysis of existing product, development of specifications, concept generation, concept selection, detail design and finally production of a functional model.

The result of the work is a mount with a completely different design than the current mount with use of single-axle hinges instead of ball joints to allow adjustability. This resulted in a mount with not as good adjustable capacity as the previous mount, but after testing verified sufficiently adjustable capacity. The major advantages of the new concept is a much more secure fixation and longer life.

The conclusion was that the developed concept meets the requirements and that, with further detail design, it would be a good product.

# ORDLISTA

ABS - Akrylnitril Butadien Styren

CAD - Computer Aided Modeling

FEA - Finite element analysis

FEM - Finita elementmetoden

FTP - File Transfer Protocol

kg - Kilogram

Mesh - En modell uppdelad i finita element, ett nät av trianglar

N - Newton

Pa - Pascal

SLS - Selective Laser Sintering, en metod för snabb framställning av prototyper och modeller

Sträckgräns - Den spänning som ger en begynnande plasticering hos ett material



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord .....	iii
Sammanfattning .....	iv
Abstract .....	v
Ordlista.....	vi
<b>1. Inledning .....</b>	<b>12</b>
1.1. Bakgrund .....	12
1.2. Uppdraget .....	12
1.3. Syfte .....	13
1.4. Avgränsningar .....	13
<b>2. Teori: Metoder och Verktyg .....</b>	<b>16</b>
2.1. Teoretiska metoder .....	16
2.1.1. Gantt-schema.....	16
2.1.2. Hierarkisk Uppgiftsanalys .....	16
2.1.3. Funktionsbaserat tänkande.....	16
2.1.4. Skriftlig funktionsmodell.....	17
2.1.5. Persona.....	17
2.1.6. Bildkollage.....	17
2.1.6.1. Expressionboard .....	17
2.1.6.2. Imageboard .....	18
2.1.7. Brainstorming .....	18
2.1.8. Osbornes idésporrar .....	18
2.1.9. Pugh-matris .....	18
2.1.10. Kesselringmatris .....	19
2.1.11. Finita elementmetoden - FEM.....	19



2.2.	Empiriska metoder .....	20
2.2.1.	Studiebesök .....	20
2.2.2.	Intervju.....	20
2.3.	Definition av kundvärde.....	20
2.4.	Analys av en produkts miljöpåverkan.....	21
2.5.	Funktionsmodell/Prototyp .....	21
2.5.1.	Prototyp.....	21
2.5.2.	Funktionsmodell.....	21
2.6.	Nuvarande tillbehörsfäste .....	22
2.6.1.	Användning .....	22
3.	Genomförande .....	26
3.1.	Projektetablering .....	26
3.1.1.	Planering .....	26
3.1.2.	Organisation .....	26
3.2.	Hierarkisk Uppgiftsanalys.....	27
3.3.	Funktionsbaserat tänkande.....	27
3.4.	Skriftlig funktionsmodell.....	27
3.5.	Persona.....	28
3.6.	Konkurrentanalys.....	28
3.7.	Analys av nuvarande produkt .....	28
3.8.	Studiebesök.....	29
3.9.	Kravinsamling .....	29
3.10.	Idégenerering .....	30
3.11.	Verifiering / jämförelse.....	31
3.12.	Finite elementmetoden - FEM.....	33
3.13.	Funktionsmodell.....	34

4.	Resultat .....	36
4.1.	Hierarkisk Uppgiftsanalys.....	36
4.2.	Funktionsbaserat tänkande.....	36
4.3.	Skriftlig funktionsmodell.....	36
4.4.	Kravspecifikation .....	37
4.5.	Konkurrentanalys .....	37
4.6.	Fysisk analys av nuvarande produkt .....	38
4.7.	Riktlinjer för miljöpåverkan.....	38
4.7.1.	Utveckling .....	38
4.7.2.	Tillverkning .....	39
4.7.3.	Transport .....	39
4.7.4.	Användning .....	39
4.7.5.	Avyttring .....	39
4.8.	Studiebesök .....	40
4.9.	Idégenerering .....	40
4.10.	Konceptframtagning .....	42
4.10.1.	Koncept Växelspak .....	42
4.10.2.	Koncept Tång .....	43
4.10.3.	Koncept U .....	44
4.10.4.	Koncept Gångjärn .....	45
4.10.5.	E-profilslösningar.....	46
4.10.6.	Fasta E-profilfästen.....	47
4.10.6.1.	Koncept Ask .....	47
4.10.6.2.	Koncept Trapetsoid .....	47
4.10.6.3.	Koncept Flärp .....	48
4.10.7.	Roterbara E-profilfästen.....	49
4.10.7.1.	Koncept Puck .....	49
4.10.7.2.	Koncept Cirkel .....	50
4.11.	Verifiering/jämförelse.....	51
4.11.1.	Jämförelse av justerbarhet .....	52

4.11.2.	Konceptval.....	54
4.12.	Uttryck och design.....	54
4.13.	Detaljbeskrivning av koncept Gångjärn.....	55
4.13.1.	Övre fästet .....	55
4.13.2.	Armdelen .....	56
4.13.3.	E-profilsfäste .....	56
4.13.4.	Gångjärn .....	57
4.13.5.	El-kontakt .....	58
4.13.6.	Färg .....	59
4.13.7.	Modulär uppbyggnad .....	59
4.14.	Ergonomi .....	60
4.15.	CAD-modellering.....	61
4.16.	Funktionsmodell .....	62
4.17.	Material och tillverkning.....	62
4.17.1.	Tillverkningskostnad.....	63
4.18.	FEA av armdel och puckfäste.....	64
5.	Diskussion och slutsatser .....	66
5.1.	Projektetablering.....	66
5.2.	Metoder.....	66
5.3.	Genomförande.....	68
5.4.	Resultat.....	69
6.	Rekommendationer.....	72
7.	Källförteckning.....	74
Bilagor.....		Ixxvi

# 1. INLEDNING

## 1.1. Bakgrund

BT Products är ett företag som ägs av Toyota Material Handling Group, TMHG, och tillverkar lagertruckar och lyftvagnar. Truckarna tillverkas i Mjölby, Frankrike och Italien. BT säljer, servar och distribuerar truckar i mer än 30 länder och då främst i Europa men även i Asien, Nord- och Sydamerika. BT säljer många olika typer av truckar, allt från enkla lyftvagnar till stora motviktstruckar och de har drygt 60 år i branschen. Vid användning av truckarna så används idag många olika sorters tillbehör. Tillbehören kan vara datorer, tangentbord, skärmar, scanners och skrivskivor och dessa tillbehör använder en standardiserad hålbild<sup>1</sup> för montering.

För att fästa tillbehören på trucken används idag ett tillbehörsfäste i form av en justerbar arm<sup>2</sup> som i sin tur fäster på en extruderad aluminiumskena, E-profil<sup>3</sup>, som finns som tillval till nästan alla BT:s truckar.

Vissa tillbehör, exempelvis datorer, kräver extern strömförsörjning<sup>4</sup> och detta löses idag genom att kablage dras från truckens batterier till applikationen.

## 1.2. Uppdraget

Uppdraget<sup>5</sup> är att ta fram ett koncept för ett nytt tillbehörsfäste som skulle kunna ersätta dagens tillbehörsfäste, som BT idag köper in från ett annat företag men tillverkas av det amerikanska företaget RAM-Mount. Detta koncept ska ha liknande egenskaper i form av flexibilitet och styrka som det nuvarande fästet och detta till ett lägre pris. Tillbehörsfästet ska även anpassas för monteringen på E-profilen. I

---

1 30x38 mm

2 *Se figur xx på sida 22*

3 Även kallad E-bar, *se bilaga X, E-profil*

4 12-48 volt

5 *Se bilaga I, Uppdraget*

den andra änden av tillbehörsfästet så skall hålbilden fortsättas att användas, för att möjliggöra montering av befintliga tillbehör. Även den elkontakt som finns att tillgå för strömförsörjning skall gärna kunna integreras i det nya konceptet.

De viktiga punkterna i uppdraget är att:

- ta fram en flexibel monteringslösning för trucktillbehör
- lösningen skall vara anpassad för E-profilen
- presentera en lösning för strömförsörjning
- minimera tillverkningskostnaderna för lösningen

Mål: *«Att den 21 maj 2010 ha tagit fram ett koncept för ett trucktillbehörsfäste, anpassat för att fästas i BT:s E-profil. Konceptet presenteras med CAD-modeller, bilder samt en funktionsmodell»*

### 1.3. Syfte

Syftet med detta projektarbete är att ta fram ett förslag på ett tillbehörsfäste som BT ska kunna tillverka till en lägre kostnad än vad det nuvarande tillbehörsfästet köps in för. Detta tillbehörsfäste ska ha tillfredsställande egenskaper samt uppfylla de krav som ställs på tillbehörsfästet av BT. Fästet ska även vara anpassat för att monteras på en E-profil.

### 1.4. Avgränsningar

Då projektet spänner sig över en begränsad tid, och med ett begränsat antal timmar, görs några avgränsningar.

En marknadsundersökning för att se om behov finns för produkten kommer inte att göras, inte heller hur mycket den används eller om en nykonstruktion skulle ge en ökad efterfrågan; då information har fåtts från BT om att önskemål finns för ett nytt och genomarbetat fäste för BT:s truckar.

Det kommer heller inte upprättas någon kontakt med underleverantörer för att få fram exakta kostnader för tillverkning av de ingående komponenterna, dock kommer enkla kostnadsberäkningar att göras.

Projektgruppen kommer inte heller att tillverka någon prototyp, det vill säga en exakt modell av den tänkta slutgiltiga produkten i samma material och med samma prestanda, då det är för dyrt för att rymmas inom budgeten. Dock kommer en funktionsmodell att göras.

Produktionsritningar för det framtagna tillbehörsfästet kommer inte att göras då en exakt tillverkningsmetod måste vara bestämd och konstruktionen måste vara fullständigt dimensionerad.

Kompleta FEM-beräkningar kommer att utelämnas på grund av svårigheten i analysen av gränsyterna, samt att det krävs mycket komplexa beräkningar vid användning av olinjära elastiska material, exempelvis gummi. Det kommer dock att göras enklare FEM-beräkningar för att få en uppfattning om huruvida dimensionerna är tillräckliga.

Att ta fram ett nytt fäste till E-profilen är inte uppdragets huvudsyfte men idéer skall presenteras på hur det kan lösas.



## 2. TEORI: METODER OCH VERKTYG

### 2.1. Teoretiska metoder

#### 2.1.1. Gantt-schema

Gantt-schema är ett sätt att beskriva ett projekts olika faser och är ett sorts flödesschema. Det används för att på ett grafiskt sätt planera och visualisera arbete, aktiviteter och faser i ett projekt. Gantt-schemat är ett levande dokument som ändras under projektets gång.

Längs tidsaxeln går ett horisontellt liggande stolpdiagram. Placeringen och längden på stolparna visar när saker och ting startar och hur länge de håller på. Gantt-schemat innehåller även de checkpunkter, såsom redovisningar och möten, som är viktiga för projektet<sup>6</sup>.

#### 2.1.2. Hierarkisk Uppgiftsanalys

Hierarkisk Uppgiftsanalys, eller Hierarchical Task Analysis (HTA), är en metod som görs genom att först identifiera ett mål som sedan delas upp i delmål. Efter det plockas uppgiften isär i bitar i olika nivåer ända ner till sista deluppgiften. De delmål, i HTA:n, som befinner sig på den nedersta nivån kallas för operationer. Metoden används för att beskriva handlingsförloppet samt för att få en god överblick över ett problem. Informationen fås ofta genom observationer av olika slag eller intervjuer. Den presenteras i en schematisk skiss för att ge god överblick<sup>7</sup>.

#### 2.1.3. Funktionsbaserat tänkande

Funktionsbaserat tänkande är ingen metod som tillämpas utan ett tankesätt en projektgrupp kan använda sig av för att få fram en attraktiv produkt för användaren.

---

6 Lindstedt, P et al (2003), ”*The Value Model - How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value*”; Ödesborg, Nimba

7 Bohgard, M. et al (2008) ”*Arbete och teknik på människans villkor*”; Stockholm, Prevent



Definitionen av en funktion är det interagerande som sker mellan produkten, användaren och omgivningen vid användning. Funktioner formuleras lämpligen som *hur* produkten, användaren eller omgivningen utför *vad* och därför är funktioner ett utmärkt sätt att beskriva fördelarna en produkt skapar ur en användares perspektiv. Ett bra sätt att tillämpa detta tankesätt är att klassificera funktioner efter hur de påverkar en användare, alltså positiva och negativa funktioner med en produkt<sup>8</sup>.

#### 2.1.4. Skriftlig funktionsmodell

En skriftlig funktionsmodell är ett schema över hur en produkt löser ett problem, hur produktens olika komponenter hänger ihop, hur de påverkar varandra samt användaren och hur komponenterna påverkar omgivningen. Schemat ska hållas enkelt samt fokusera på de viktigaste elementen i produkten. Det kan omfatta alla komponenter och funktioner eller bara de viktigaste vid komplexa problem<sup>9</sup>.

#### 2.1.5. Persona

En persona är en fiktiv användare, som kan användas som ett enkelt verktyg för att integrera användaren i utvecklingsprocessen. Den beskriver en tänkt användare med bland annat vanor och bakgrund. Syftet är att få fram en relation mellan produkt, eller tjänst, och användaren. Detta ger en direkt återkoppling på beslut i utvecklingsprocessen<sup>10</sup>.

#### 2.1.6. Bildkollage

##### 2.1.6.1. Expressionboard

En expressionsboard består av bilder som skall vara till stöd för utvecklaren, eller formgivaren, och den är till för att skapa underlag för uttrycket, formen eller färgen på produkten<sup>11</sup>.

---

8 Lindstedt, P et al (2003), ”*The Value Model - How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value*”; Ödesborg, Nimba

9 Lindstedt, P et al (2003), ”*The Value Model - How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value*”; Ödesborg, Nimba

10 Bohgard, M. et al (2008) ”*Arbete och teknik på människans villkor*”; Stockholm, Prevent

11 Monö, R. (2004) ”*Design for Product Understanding - The Aesthetics of Design from a Semiotic Approach*”; Trelleborg, Liber

### 2.1.6.2. Imageboard

En imageboard är ett kollage av bilder som skall ge utvecklaren eller formgivaren en känsla av vem som använder produkten; den har sitt ursprung i personan och beskriver denna med hjälp av bilder<sup>12</sup>.

### 2.1.7. Brainstorming

Brainstorming är en metod som görs för att få fram lösningar och nya idéer till ett problem. Den utförs så att en grupp sätter sig ner och tänker kring ett problem eller uppgift och kommer fram till idéer för detta för att gruppmedlemmarna sedan ska diskutera och förbättra varandras idéer. Man vill komma fram till så många idéer som möjligt och därför får inga idéer kritiseras även om de är lite galna, och kanske inte helt realistiska, då de kan ge inspiration till andra, mer realistiska, idéer<sup>13</sup>.

### 2.1.8. Osbornes idésporrar

Osbornes idésporrar är ett komplement till andra metoder, den är speciellt bra att använda som komplement till brainstorming. Metoden används genom att ställa allmängiltiga frågor, såsom: *kan det göras större? mindre? omplaceras? bytas ut? bearbetas? modifieras? tas bort?* Detta kan användas för att skapa nya infallsvinklar på ett problem<sup>14</sup>.

### 2.1.9. Pugh-matris

En Pugh-matris är en metod som används för att rangordna flerdimensionella koncept eller idéer, utifrån uppställda kriterier. Här sätts ett av koncepten, eller ofta en redan existerande lösning på problemet, som referens och de övriga alternativen betygsätts relativt referenslösningen, som bättre, sämre eller likvärdig.

Kriterier kan användas viktade eller oviktade efter hur viktiga de anses vara. En Pugh-matris kan med fördel köras flera gånger då man väljer bort de alternativen med lägst rang efter varje gång och referenslösning kan bytas mellan gångerna<sup>15</sup>.

---

12 Monö, R. (2004) ”*Design for Product Understanding - The Aesthetics of Design from a Semiotic Approach*”; Trelleborg, Liber

13 Bohgard, M. et al (2008) ”*Arbete och teknik på människans villkor*”; Stockholm, Prent

14 Johannesson, H., Persson, J-G. och Pettersson, D. (2004) *Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber AB

15 Johannesson, H., Persson, J-G. och Pettersson, D. (2004) *Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber AB

### 2.1.10. Kesselringmatris

En Kesselringmatris, eller absolut beslutsmatris, är precis som Pugh-matrisen också en metod som används för att välja den bästa lösningen på ett problem. Skillnaden mellan dessa metoder är att i en Kesselringmatris betygsätts alternativen med en siffra för varje kriterium så att alla alternativen får en totalpoäng. I Kesselringmatrisen är kriterierna viktade, för att på så vis höja sådana egenskaper eller värden som är viktiga i det specifika fallet<sup>16</sup>.

### 2.1.11. Finita elementmetoden - FEM

Finita elementmetoden är en metod för att lösa komplicerade problem genom att ersätta dessa med enklare problem. Detta gör att de resultat som fås fram endast är approximationer och ingen exakt lösning. Detta görs genom att numeriskt lösa partiella differentialekvationer. Metoden används mycket för beräkning av elasticitetsproblem vid hållfasthetsberäkningar men även andra beräkningar som värmeledning kan göras. Det som man vill räkna på delas in i små trianglar, element, och differentialekvationen löses sedan på elementen och summeras ihop. Rutnätet som blir av alla element kallas mesh<sup>17</sup>.

## 2.2. Empiriska metoder

### 2.2.1. Studiebesök

Studiebesök görs på företag, arbetsplatser eller i hem för att se hur en tjänst eller produkt används ute i verkligheten. Detta för att se om tjänsten eller produkten används som det är tänkt eller om användarna har funnit egna lösningar. Besöket görs även för att ställa frågor till de som är i situationen idag om hur de skulle vilja ha tjänsten eller produkten.

Det kan också göras, då en ny produkt eller tjänst skall tas fram, för att se hur ett problem löses idag – om det verkligen är ett problem och i så fall hur allvarligt det är.

---

16 Johannesson, H., Persson, J-G. och Pettersson, D. (2004) Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design. Stockholm: Liber AB

17 Ottosen, N. et al (1992) "Introduction to the Finite Element Method"; Essex, Pearson

### 2.2.2. Intervju

En intervju görs efter ett frågeformulär eller genom att föra en diskussion med intervjupersonen. Svaren på frågorna eller diskussionen fångas upp av en sekreterare eller spelas in för att senare kunna analyseras. Det är den mest grundläggande metoden<sup>18</sup> att samla in information och åsikter om vad personer tänker om saker och ting. Här går de att få in information som åsikter, upplevelser, erfarenhet och värderingar. Den insamlade informationen är subjektiv, vilket betyder att den är tagen ur intervjupersonens synvinkel. Det ställs krav på den som håller i intervjun då denne inte får tvinga fram svar eller stressa den som skall intervjuvas, det är också viktigt att intervjuaren inte själv svarar på frågorna<sup>19</sup>.

## 2.3. Definition av kundvärde

Kundvärde är den koppling som finns mellan den nytta som en konsument förväntas få av en produkt och den totala kostnaden i tid, pengar och ansträngning som krävs för att ta fram produkten. Definitionen på kundvärde är alltså nytta för användaren dividerat med den totala kostnaden<sup>20</sup>.

## 2.4. Analys av en produkts miljöpåverkan

Idag är det viktigt att nya produkter som släpps på marknaden har en så liten negativ miljöpåverkan som möjligt. Detta då alla måste ta sitt ansvar för att bevara jorden som vi lever på så att kommande generationer också kan leva här på samma villkor som oss. Men det finns också en ekonomisk anledning till att vara miljövänlig. Många konsumenter idag är mycket medvetna om vad som är bra eller dåligt för miljön

---

18 Lindstedt, P et al (2003), ”*The Value Model - How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value*”, s 471, Ödesborg, Nimba

19 Bohgard, M. et al (2008) ”*Arbete och teknik på människans villkor*”, Stockholm, Prevent

20 Lindstedt, P et al (2003), ”*The Value Model - How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value*”, Ödesborg, Nimba

och miljöaspekten har en stor påverkan på hur och vad dessa konsumerar. Därför är det viktigt att företag har en miljövänlig image och säljer produkter med så liten miljöpåverkan som möjligt för att tillfredställa konsumenterna.

För att se hur produkten påverkar eller belastar miljön kan en analys av en produkts miljöpåverkan göras under dess livscykel. Livscykel delas in fem olika faser: utveckling, tillverkning, transport, användning och avveckling. Här kan då tas fram vad som bör göras och finnas i åtanke i de olika faserna för att minimera produktens belastning på miljön.

## 2.5. Funktionsmodell/Prototyp

### 2.5.1. Prototyp

En prototyp är en modell av den färdiga produkten, där material, prestanda och hållbarhet är samma som för den tänkta produkten. Dessa görs ofta som en förserie för att se om och hur väl den fungerar i verkligheten, då det ofta är stor skillnad mellan verkligheten och när modellen bara är på papper eller som datasimulering.

### 2.5.2. Funktionsmodell

Funktionsmodellen är även den en modell som ska visa den färdiga produktens funktion, dock kan en sådan vara av ett annat material och den behöver inte ha samma prestanda eller hållbarhet som den tänkta slutprodukten. Den är främst till för att verifiera funktion och estetik, vilket kan göras genom användarstudier.

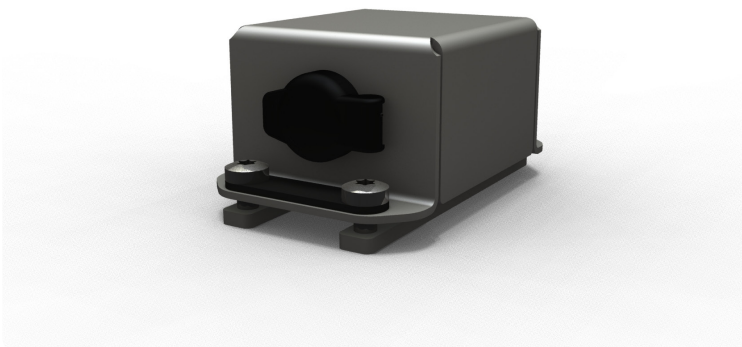
## 2.6. Nuvarande tillbehörsfäste

Idag används ett tillbehörsfäste – *se figur 2* – som tillverkas av det amerikanska företaget RAM-Mount<sup>21</sup> som tillverkar fästeanordningar och system för olika applikationer. Detta fäste består av tre komponenter: en mittdel och två fästdelar.

Mittdelen består av två stycken urgröpta cylinderhalvor som kläms åt med hjälp av en skruv som är placerad på mitten. Dessa är tillverkade i aluminium och har en godstjocklek på fyra till fem millimeter. Mellan halvorna finns också en fjäder som håller isär sidorna för att underlätta justering.

Änddelarna består av en hård gummikula som sitter på en rund platta i aluminium med sju förborrade hål. Gummit är gjutet kring en cylinder som sticker upp från plattan, och hålls kvar av en fläns som sitter runt cylindern.

Dagens lösning för strömförsörjning består av en kontakt som fästes i ett chassi av plåt – *figur 1* – och monteras på E-profilen, därifrån är kablar dragna till truckens batteri.



Figur 1. Rendering av nuvarande lösning för strömförsörjning

### 2.6.1. Användning

För att kunna montera dagens lösning på E-profilen så måste två metallbitar fästas med skruv i den runda plattan i ena änden på fästet. Hålen på plattan måste borras ur för att skruvarna skall passa. Sedan förs fästet på E-profilen för att där fixeras på lämplig plats genom att skruvarna dras åt.

---

21 <http://www.ram-mount.com>



Figur 2. Nuvarande tillbehörsfäste, monterad på en truck ; tillbehöret är förberett för två fästen.

Tillbehöret monteras på den andra änden i lämplig hålbild. För att fixera tillbehöret i lämplig position så dras skruven på mittendelen åt, vilket gör att cylinderhalvorna klämmer åt kring kulorna och friktionen mellan kulan och innersidan på cylinderhalvorna låser tillbehörets position.

För att justera läget på tillbehöret släpps skruven på mittendelen och fjädern hjälper till att få sidorna att släppa från kulorna och tillbehöret går att ställa i en ny position.





## 3. GENOMFÖRANDE

### 3.1. Projektetablering

För att få en bra grund och struktur för det kommande utvecklingsarbetet upprättades en projektplan, som omfattade bland annat planering, avgränsningar, mål och organisation för projektgruppen.

#### 3.1.1. Planering

En planeringen togs fram genom att en grov struktur, för hur genomförandet av projektet skulle göras, etablerades. Momenten i genomförandestrukturen sorterades längs en tidsaxel och sattes in i ett Gantt-schema<sup>22</sup> där det går att se när de olika momenten bör startas och avslutas. Detta Gantt-schema kom sedan att anpassas efter momentens tidsåtgång under genomförandet av projektet. Det gjordes även en milstolpeplan med deadlines och andra viktiga moment.

#### 3.1.2. Organisation

Riktlinjer och regler för arbetet och gruppen togs fram för att inga onödiga konflikter skulle uppstå. Här bestämdes att posten som projektledare skulle roteras mellan medlemmarna i perioder om två veckor, detta för att alla medlemmar skulle få ta lika mycket ansvar samt utveckla sitt ledarskap. Projektledarrollen bestod i stort av att samordna medlemmarnas arbete samt planering och att stämma av med de tidsscheman som var upprättade.

Det bestämdes också att beslut fattas med majoritet och eftersom projektgruppen omfattar tre personer så finns alltid en majoritet. Det bestämdes då att det ej är tillåtet att avstå sin röst.

En projektpärm skapades där alla fysiska dokument skulle sparas; alla digitala dokument sparades på en gemensam FTP<sup>23</sup>-server så att man lätt kunde komma åt dem. Det sammanställdes även en lista med information om projektets alla kontaktpersoner.

---

22    *Se bilaga II, Gantt-schema*

23    File Transfer Protocol

## 3.2. Hierarkisk Uppgiftsanalys

För att strukturera och närmare förstå hur det nuvarande tillbehörsfästet löser sin uppgift så gjordes en HTA<sup>24</sup>. Anledningen var också att få en god blick över hur tillbehörsfästet löser problemet ”Att fixera ett tillbehör” samt identifiera eventuella problematiska eller onödiga deluppgifter.

## 3.3. Funktionsbaserat tänkande

För att identifiera positiva och negativa funktioner med produkten som höjer respektive sänker kundvärdet så kategoriserades funktionerna efter hur de påverkar användaren. De olika funktionstyperna var huvudfunktioner, tilläggsfunktioner och oönskade funktioner<sup>25</sup>. Resultatet av kategoriseringen visualiserades med en funktionspil<sup>26</sup>.

## 3.4. Skriftlig funktionsmodell

För att på ett överskådligt sätt visa hur det nuvarande tillbehörsfästet interagerar med användaren samt hur dess olika komponenter hänger ihop gjordes en skriftlig funktionsmodell. Här kunde det då analyseras vad som kan förbättras genom att t.ex. ta bort onödiga komponenter eller förbättra ej optimala komponenter.

---

24 Se bilaga V, HTA

25 Lindstedt, P et al (2003), ”The Value Model - How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value”; Ödesborg, Nimba

26 Se bilaga VI, funktionspil

### 3.5. Persona

Personan framställdes för att representera en bild av den användare och det scenario som användandet av lösningen i trucken skulle innebära. Personan användes för att kunna mäta hur väl lösningen motsvarar de ergonomiska och estetiska krav som en tänkt brukare skulle kunna ha; detta fungerar främst genom att en tydlig målbild, vid konceptval och konceptgenerering, skapas.

### 3.6. Konkurrentanalys

En konkurrentanalys gjordes för att se vad det fanns för andra produkter på marknaden och för att få inspiration för den kommande idégenereringen<sup>27</sup>. Analysen gjordes som en inventering på internet där det söktes efter olika typer av företag som tillverkar tillbehörsfästen för truckar men också för andra fordon. Det gjordes även en inventering av allmänna konstruktioner för armar, bland annat skrivbordslampor.

### 3.7. Analys av nuvarande produkt

För att se vad som kan förbättras med det nuvarande tillbehörsfästet så analyserades detta med avseende på hur och var kundvärdet kan höjas. Fästet analyserades fysiskt genom att projektgruppen kände och testade funktionerna vid användning. Gummikulorna utsattes för ett förstörande test där kulorna borrades sönder för att synliggöra kulornas uppbyggnad.

Det gjordes också en analys av hur produkten påverkar miljön under dess livscykel för att få reda på var fokus för miljötänkandet bör läggas för att kunna ta fram en så miljövänlig produkt som möjligt.

---

27 Se kapitel 3.10 och 4.9, Idégenerering

### 3.8. Studiebesök

För att se hur det nuvarande tillbehörsfästet används i sin verkliga miljö gjordes ett studiebesök hos ICA AB i Kungälv. Där träffade projektgruppen Sven-Åke Hedman som är truckansvarig på lagret. Sven-Åke kunde svara på många av de frågor<sup>28</sup> som hade förberetts innan studiebesöket och han bjöd även på en rundvandring där han visade hur arbetet utfördes och speciellt hur trucktillbehören användes.

På detta lager användes truckar från BT men även truckar av andra märken och samma tillbehörsfäste som BT köper in till sina truckar användes för samtliga truckar.

Under de besök som gjorts hos BT i Mjölby har också här användningen av tillbehörsfästet observerats då de även i denna fabrik använder mycket truckar med tillbehör.

### 3.9. Kravinsamling

När BT presenterade det projekt som projektgruppen skulle utföra så lämnades det ut en lista med de krav som de krävde att det koncept som skulle tas fram skulle uppfylla. Resterande krav tog projektgruppen själv fram med grund i den informationen som projektgruppen erhållit från studiebesöken och de analyser<sup>29</sup> av tillbehörsfästet som gjorts. Dessa krav sammanställdes i en kravspecifikation<sup>30</sup> som modifierades något under projektets gång, då ny information från arbetsprocessen framkom.

Kravspecifikationen hjälpte projektgruppen med att kontrollera och jämföra koncepten, men även att skapa tydliga mål med produktutvecklingen, så att produktens huvud- och delfunktioner kunde säkerställas och verifieras.

---

28 *Se bilaga VII, Intervjuunderlag*

29 *Se bilaga: V, HTA; VI, funktionspil; IV, skriftlig funktionsmodell*

30 *Se bilaga III, kravspecifikation och kapitel...*

### 3.10. Idégenerering

Idégenereringen delades upp i två delar för tillbehörsfästets två viktigaste funktioner: att generera idéer på infästning mot E-profilen samt idéer för att fixera och bära upp ett tillbehör. Processerna för att ta fram både fäste och arm var parallella, då olika armlösningar krävde lite olika fästen mot E-profilen eftersom vissa armlösningar krävde ett fäste med rotationsmöjlighet.

Efter att ha analyserat konkurrerande produkter och allmänna lösningar för att fixera föremål, framkom inspiration till nya idéer och koncept<sup>31</sup>. Detta följdes av en brainstorming för att få fram så mycket idéer som möjligt.

Gruppmedlemmarna fick först på egen hand tänka och skissa på olika principer för hur de olika funktionerna skulle kunna realiseras. Här var även ganska galna idéer välkomna för att ingen skulle låsa sig vid traditionella konstruktioner och för att inspirera resten av projektgruppen.

När detta var gjort så träffades projektgruppen och medlemmarna fick förklara för resten av gruppen vad de kommit fram till. Sedan hölls en diskussion och de olika principerna och koncepten korsbefruktades för att få fram ännu fler idéer. För att få fram ytterligare idéer så användes Osbornes idésporrar för att hitta saker som gick att bytas ut på den nuvarande lösningen för att göra denna bättre.

Efter idégenereringen så förkastades de idéer som inte var realiserbara samt de som ansågs ha för låg potential, jämfört med kravspecifikationen. Därefter vidareutvecklades de kvarstående idéerna till koncept av samma grad genom att bestämma principer för olika funktioner samt ungefärliga designförslag<sup>32</sup>.

I en senare fas av vidareutvecklingen bestämdes slutgiltig konstruktion<sup>33</sup>, tänkta material<sup>34</sup> och tillverkningsmetoder<sup>35</sup> för de, i konceptet, ingående komponenterna<sup>36</sup>.

---

31 *Se bilaga XII, Koncept*

32 *Se kapitel 4.10, Konceptframtagning*

33 *Se kapitel 4.12 och 4.13*

34 *Se kapitel 4.17, Material och tillverkning*

35 *Se kapitel 4.17, Material och tillverkning*

36 *Se kapitel 4.13, Detaljbeskrivning av koncept Gångjärn*

### 3.11. Verifiering / jämförelse

För att kunna välja det bästa av de framtagna koncepten så gjordes jämförelser med Pugh- och Kesselring-matriser. Till dessa användes kriterier inspirerade av de viktigaste kraven från kravspecifikationen och i Pugh-matriserna användes den nuvarande lösningen som referens. Detta gjordes både för E-profilsfästena<sup>37</sup> och för själva fästet<sup>38</sup>. När några koncept sållats bort så hölls en delredovisning för BT där de fick tycka till om vilka koncept de kände hade hög potential. Med BT:s åsikter som grund gjordes ytterligare itereringar med beslutsmatriserna för armkoncepten för att få fram det vinnande konceptet.

Kriterierna viktades med avseende på hur viktiga de är att de skall bli uppfyllda. Här förklaras de kriterier som användes i matriserna. Några användes till E-profilsfästen och andra till armlösningen och vissa användes till bägge.

#### **Montering**

Hur lätt det är att montera fästet eller armen. Även hur lång tid det tar att montera tillbehöret och fästa det på E-profilslösningen eller E-profilen.

#### **Demontering**

Hur lätt det är att demontera fästet eller armen. Även hur lång tid det tar att demontera tillbehöret och fästa det på E-profilslösningen eller E-profilen.

#### **Underhåll**

Om fästet eller armen kräver något underhåll under dess livslängd, det vill säga om någon förutom föraren behöver ändra eller fixa något på den.

#### **Stabilitet**

Hur väl armen håller tillbehöret på plats, så inte tillbehöret rasar eller flyttar sig ur det inställda läget.

#### **Livslängd**

Om de uppnår kravet på att hålla i 10 000 arbetstimmar.

#### **Dämpning**

Om och hur väl fästet/armen dämpar de små vibrationerna som kan uppstå vid körning.

#### **Stöttålighet**

Hur väl den klarar en fysisk stöt.

---

37     *Se kapitel 4.10.5, 4.10.6 och 4.10.7*

38     *Se kapitel 4.10, Konceptframtagning*

### **Ergonomi – justering**

Hur svårt eller enkelt det är att justera tillbehörsfästet och om det krävs verktyg, stor kraft och hur det påverkar användaren.

### **Ergonomi – räckvidd**

Hur väl armen går att ställa i en ergonomiskt bra vinkel i jämförelse mot föraren.

### **Ergonomi – kognitiv**

Hur väl tillbehörsfästet uttrycker hur det skall användas. Att det går att se om lösningen är fixerad eller var fästordningarna sitter och hur de används.

### **Kabeldragning**

Om extern kabeldragning i eller längs med armen är enkelt eller svårt att genomföra.

### **Tillverkningskostnad**

Om armen eller fästet är dyrt och tillverka, om det består av många olika komponenter och vilken tillverkningsmetod som kan tänkas att användas.

### **Säkerhet**

Om det finns risk att klämma sig vid användning av lösningen.

### **Miljö**

Hur mycket armen eller fästet påverkar miljön när den tillverkas, hanteras och avyttras.

### **Fästkraft**

Hur mycket kraft som krävs för att få lösningen att låsa i ett visst läge. Men även hur hårt den låser i det läget.

### **Tolerans**

Hur fina toleranser som krävs vid tillverkning för att armen/fästet skall gå att använda på ett tillfredsställande sätt.

### **Indikering**

Om armen visar när den är i låst läge eller inte.



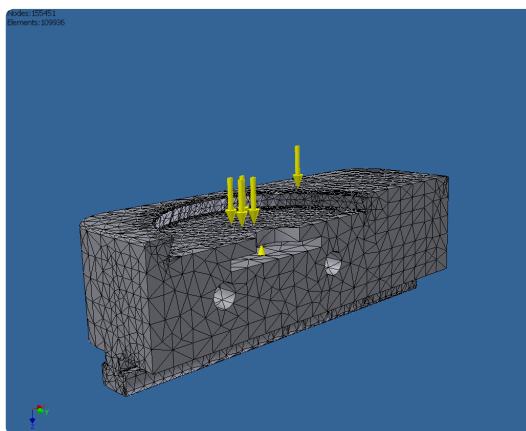
### 3.12. Finita elementmetoden - FEM

För att utvärdera hur trucktillbehörsfästet motstår de belastningar gjordes en enkel statisk FEM-analys – *figur 2 och 3* – av de framtagna CAD-modellerna på mellandel och puckfäste.

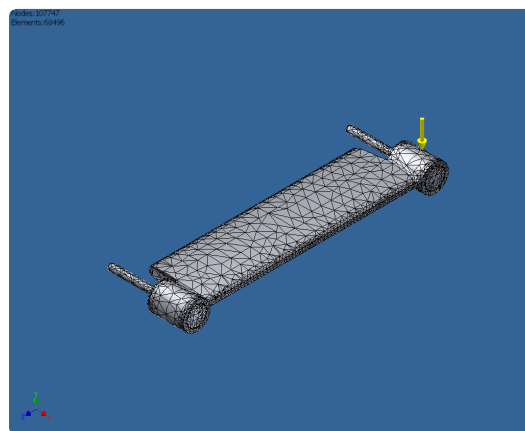
Mellandelens övre del utsattes för en statisk last av 100 N vinkelrät mot armen<sup>39</sup>, medans den nedre hölls fix<sup>40</sup> – *figur 3*; detta motsvarar ett extremfall, då denna vinkel mellan kraft och arm ger högst spänning i konstruktionen. Analysen gjordes med materialet aluminium 6061.

Ena halvan av puckfästet utsattes för ett tryck av 2 kPa, vilket motsvarar trycket av ett tillbehör på 10 kg, samt en kraft på dess svagaste del – *se figur 2* – motsvarande 50 N<sup>41</sup>. Skenorna som löper i e-profilen hölls fixa. Analysen gjordes med ABS-plast som material.

Programvaran som användes var: Autodesk Algor Professional 2011, Autodesk Inventor 2011, Autodesk Inventor 2010 samt Catia V5.



**Figur 3.** Meshning av fästet mot E-profilen, krafter/tryck är markerade med gula pilar



**Figur 4.** Meshning av tillbehörsfästets armdel, krafter/tryck är markerade med gula pilar

39 Detta motsvarar ett tillbehör på 10 kg när armen är utfälld vinkelrät mot E-profilen i horisontalplanet

40 Ingen translation eller rotation medgiven.

41 100 N för hela fästet.

### 3.13. Funktionsmodell

När det framtagna konceptet var färdigkonstruerat och CAD-ritningar för alla komponenter var klara så kunde en funktionsmodell tillverkas. Anledningen till att en funktionsmodell tillverkades var att funktionen av konceptet skulle kunna verifieras, att projektgruppen skulle få en känsla för storleken och designen av konceptet, då det tidigare bara observerats i form av digitala modeller, samt att konceptet skulle vara enkelt att förmedla till intressenter.



## 4. RESULTAT

### 4.1. Hierarkisk Uppgiftsanalys

Resultatet av HTA:n<sup>42</sup> blev ett schema där det presenterades hur det nuvarande tillbehörsfästet löser sin uppgift. Här kunde konstateras att det fanns onödiga delsteg som måste göras för att lösa uppgiften till exempel så är de hål i plattan för infästning mot E-profilen för små för de skruvar som används för fixeringen och måste därför bortas ur innan tillbehörsfästet kan monteras på E-profilen.

### 4.2. Funktionsbaserat tänkande

Kategoriseringen av funktionerna resulterade i att projektgruppen fick en god bild över hur prioriteringsordningen för hur utvecklingsarbetet bör läggas upp för att kunna få ett så högt kundvärde som möjligt samt vilka funktioner som bör elimineras och vilka som bör förstärkas. Detta resultat visualiserades med en funktionspil<sup>43</sup>. De funktioner som bör förstärkas är fixeringen av tillbehöret och indikation om låsstatus. Ansträngningen av användaren vid hantering av tillbehörsfästet skall minskas.

### 4.3. Skriftlig funktionsmodell

Resultatet av den skriftliga funktionsmodellen blev ett schema som omfattade alla de ingående komponenterna i den nuvarande lösningen<sup>44</sup>. Det kunde konstateras att det nuvarande tillbehörsfästets konstruktion var näst intill optimal då inga stora förbättringar kunde göras, utan att vara kostsamma, mer än små förfiningar av vissa komponenter.

---

42 *Se bilaga V, HTA*

43 *Se bilaga VI, funktionspil*

44 *Se bilaga IV, skriftlig funktionsmodell*

#### 4.4. Kravspecifikation

De resultaten som kom fram vid studiebesöken och de krav och önskemål som BT lämnade i början av projektet sammanställdes i en lista där de grupperades efter kategorier för att ge en mer överskådlig kravspecifikation<sup>45</sup>. Nedan följer ett sammandrag med de viktigaste av kraven se tabell 1.

Tabell 1 Viktiga krav från kravspecifikationen

<i>Kriterier</i>		<i>Målvärde</i>	<i>K/Ö/I</i>	<i>Verifieringsmetod</i>
1.1	Tillbehörsvikt	Två armar klarar 5 kg	K	Hållfasthetsberäkning
3.1	Livslängd	10 år (10 000 arbetstimmar)	K	Utmattningsberäkning
4.1	Service	Service ska ej behövas	K	Konstruktionsanalys
6.1	Längd	Skalbar längd	K	Konstruktionsanalys
6.3	Hålbild fäste mot tillbehöret	Rektangulär, 38x30 mm, håldiameter 5,5 mm	K	Mätning
8.1	Kabeldragning av 5,5 mm kabel	Extern ska vara möjlig	K	Konstruktionsanalys
8.3	Elkontakt	Lösning ska presenteras	K	Konstruktionsanalys
10.1	Produktionsvolym	5000 enheter/år	K	Simulering
12.1	Vikt	< 1 kg	K	Beräkning mha CAD-modell
17.1	Fysisk ergonomi	Tillräcklig räckvidd	K	Konstruktionsanalys/test

#### 4.5. Konkurrentanalys

Slutsatsen av konkurrentanalysen blev att RAM-Mounts verkar vara störst på marknaden för tillbehörsfästen till truckar och andra bruksfordon. Den konstruktion som det nuvarande fästet har var den absolut vanligaste och används till många olika applikationer. En hel del fästen för bärbara datorer i bilar hittades. Dessa fästen var ofta stora, klumpiga och hade dålig justerbarhet, alltså konstruktioner som inte passar till den produkt som ska tas fram i detta projekt.

45 Se bilaga III, kravspecifikation

## 4.6. Fysisk analys av nuvarande produkt

Slutsatserna som drogs vid den fysiska analysen var att det nuvarande fästet är en hyfsat bra produkt. Två kulleleder ger en bra justerbarhet i många olika ledder och fixering och lösgörning är enkelt med endast ett stort vridhantag att skruva på. Fästets estetik ansågs också vara lämplig för den miljö som det används i.

Det fanns aningar om att kullelederna inte skulle hålla fixeringen vid höga belastningar utan att skruva åt fixeringshandtaget riktigt hårt. Dessa aningar bekräftades senare av information från studiebesöken. Tillbehörsfästets två sidostycken, gjutna i aluminium, är också väl robusta med en stor godstjocklek och detta leder till en hög materialåtgång. Det är inte heller möjligt att justera en led i taget, då kraften som håller fast kulorna släpper i bägge lederna samtidigt då skruven lättas på.

HTA:n<sup>46</sup> visar också att det är en stor process i många steg att fästa armen på E-baren.

## 4.7. Riktlinjer för miljöpåverkan

Nedan presenteras vad som bör finnas i åtanke hos projektgruppen vid framtagning av det nya konceptet för att det ska påverka miljön så lite som möjligt. Målen togs fram för fem olika faser i produktens livscykel.

### 4.7.1. Utveckling

Under produktens utvecklingsfas är miljöpåverkan liten och svår att påverka. Här behövs alltså inte läggas så stort fokus på att försöka minska miljöpåverkan. Det lilla som kan påverkas är till exempel att se till så att lokalerna där utvecklingsavdelningen ligger är så sparsamma som möjligt med air condition och uppvärmning. Det är också viktigt att det finns bra rutiner och möjligheter för källsortering och återvinning för anställda.

---

46 *Se bilaga V, HTA*

#### 4.7.2. Tillverkning

Tillverkningsfasen är en av de två faserna där miljöpåverkan är som störst och det är därmed lämpligt att lägga fokus på att få denna fas så miljövänlig som möjligt. Här finns det två faktorer som spelar en stor roll för produktens miljöpåverkan: val av material och tillverkningsmetod. I valet av material ska det eftersträvas att välja ett material som det finns mycket av, är lätta att framställa och är lätta att återvinna. Dessa brukar också vara de billigaste materialen. Vid val av tillverkningsmetod är det viktigt att denna har en låg energiförbrukning per tillverkad detalj och att materialutnyttjandet är högt. Man vill heller inte behöva använda hälsovådliga och miljöfarliga hjälpmedel t.ex. kemikalier av olika slag. Att minimera spillet av material och återanvända det spill som blir är bra både ur miljösynpunkt och ur kostnadssynpunkt.

#### 4.7.3. Transport

Den andra fasen där miljöpåverkan är som störst är transportfasen. Detta då det förbrukas mycket energi här och att energin ofta kommer från fossila bränslen eftersom de vanligaste transportmedlen är lastbilar, fartyg och flygplan. Att eftersträva här är att transportsträckorna är så korta som möjligt men detta kan vara svårt att påverka. Att produkten har så låg vikt, så liten volym samt är så packningsvänlig som möjligt gör att färre transporter behövs för att transportera samma mängd produkter. Det bör också tänkas på hur paketeringen av produkten utformas så att det kan fås en hög fyllnadsgrad i varje transport.

#### 4.7.4. Användning

I denna fas är tillbehörsfästets påverkan på miljön försumbar. Tillbehörsfästet förbrukar ingen energi under användning men däremot gör trucken som fästet sitter på det. Dock har produkten liten vikt i jämförelse med trucken så det påverkar inte truckens energiförbrukning under användning.

#### 4.7.5. Avyttring

För att miljöpåverkan i avyttringsfasen ska vara så liten som möjligt är det viktigt att tillbehörsfästets komponenter kan återanvändas eller återvinnas. Detta förenklas av att tillbehörsfästet är lätt att demontera samt består av få komponenter och få olika material. Information om hur tillbehörsfästet skall behandlas under avyttring är viktig, då det i stort avgör hur väl den återvinns, dålig information ger en dålig återvinning trots en i övrigt bra och miljövänlig konstruktion.

## 4.8. Studiebesök

Under de studiebesök som gjorts på ICA AB i Kungälv och BT i Mjölby erhöll projektgruppen viktig information som kunde användas i det fortsatta utvecklingsarbetet.

De tillbehör som är vanligast att montera på trucken är datorskärmar med tangentbord och tryckkänsliga skärmar utan tangentbord. De fördelar med det nuvarande tillbehörsfästet som framhävdes var den goda justerbarheten och den ganska enkla positioneringen av tillbehöret. En nackdel som framkom var att kullederna slets ut i förtid på grund av att man var tvungen att dra åt så hårt för att fixera. Teknikerna använde extra verktyg för att dra åt skurven så den inte skulle släppa. Det här resulterar i att kulorna deformeras, går sönder och därmed behövde bytas oftare än planerat. Detta stärker projektgruppens hypotes om att kulorna är en av svagheterna i den nuvarande lösningen. Även att fästet kunde släppa sin fixering vid hårda stötar, som kan uppstå vid hård körning på ojämna golv, ansågs vara en stor nackdel.

På grund av denna osäkerhet i fixeringen användes ofta dubbla tillbehörsfästen för de tyngre tillbehören som datorer som också är dyra och inget företagen vill ska gå sönder. Detta ansåg projektgruppen vara en stor nackdel då justerbarhetsförmågan kraftigt försämras med dubbla tillbehörsfästen samt att det blir en dubbelt så hög inköpskostnad.

Det visade sig också att truckförarna sällan ändrar positionen på tillbehöret trots det att truckarna inte är personliga och det alltså kan skilja mycket i längd och räckvidd på personer som använder samma inställningar. Detta är inte optimalt med tanke på ergonomi.

## 4.9. Idégenerering

Idégenereringen resulterade i många olika idéer för att bära upp ett tillbehör som behöver kunna positionsjusteras och idéer på fästordningar till E-profilen. Vissa idéer var mer realiserbara än andra trots detta bidrog alla idéer med inspiration för att skapa olika nya koncept. Idéerna hämtades från många platser i närheten exempelvis den tång som håller fast arbetsmaterialet på ett pelarborrbord eller sättet att låsa fast en cykelsadel. Armar till lampor och låsanordningar för snäppen stod under lupp för att få fram så många olika koncept som möjligt – *figur 4*.





## 4.10. Konceptframtagning

Konceptframtagningen resulterade i nio lika långt utvecklade koncept för armdelen och fem för E-profilsfästet och dessa presenterades i form av handgjorda skisser. I detta skede gjordes endast uppskattningar av de olika konceptens egenskaper som till exempel tillverkningskostnad och hållfasthetsprestanda för att kunna jämföra dem i beslutsmatriserna<sup>47</sup>. De nio armkoncepten kördes i beslutsmatriserna ytterligare en gång och under denna process så sållades fem koncept bort så att det återstod fyra starka koncept som presenterades under delredovisningen hos BT. De fem koncepten för E-profilfäste ansågs alla vara intressanta att visa för BT så det gjordes ingen utsällning innan delredovisning. Samtliga koncept som visades under delredovisningen presenteras nedan med bild och beskrivning.

### 4.10.1. Koncept Växelspak

Detta koncept – *figur 5* - använder sig av kulleleder för att medge justerbarhet som den nuvarande lösningen dock har detta koncept en annan typ av kulleled då kulorna sitter på armen istället för på delen som fäster mot E-profilen.

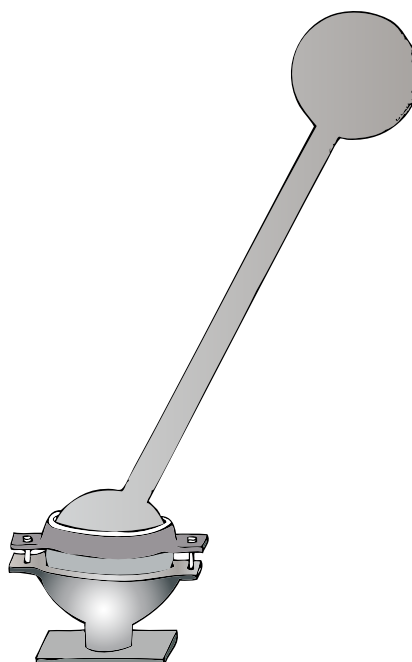
Armen fixeras genom att spänna fast kulan med en krans, som tvingas fast med hjälp av två skruvar. Denna krans har en öppning på ena sidan för att möjliggöra montering, men även för att kunna vinkla armen 90 grader mot fästdelen vilket måste kunna göras.

Detta är en relativt enkel konstruktion med tre olika delar bortsatt från de fyra skruvarna som är standardkomponenter. Den är lätt att skala i längdled då det bara är att göra armdelen så lång som önskas.

Fördelen med detta koncept är att det är lätt att få en hög klämkraft i kullelederna på grund av att det är två skruvar per kulleled. Detta gör att risken att fixeringen släpper när trucken kör över ojämnheter i golvet, och därmed kan utsättas för kraftiga stötar, är liten. Att ha fyra skruvar är också en nackdel då man måste skruva på fyra olika ställen för att fixera tillbehöret. Denna nackdel är dock inte så stor då tillbehöret inte justeras särskilt ofta och då justeringstiden inte är särskilt viktig. En annan nackdel är att armen inte går att ställa i 90 grader mot fästdelen i alla ledder utan bara där öppningen i kransen är.

---

47    *Se bilaga XIII, Urvalsmatris – Kesselring*



Figur 6. Skiss föreställande koncept Växelspak

- + Enkelt att få stor klämkraft.
- Går inte att sätta i 90 grader i alla ledder.  
Fyra ställen att skruva på för att fixera.

#### 4.10.2. Koncept Tång

Koncept Tång – *figur 6* – har ganska många likheter med den nuvarande lösningen dock är en stor skillnad att den har två stycken skruvar som håller fast kulorna, en till varje kula, i stället för en skruv till båda kulorna. Detta gör också att konceptet har en fördel gentemot föregångaren då det går att justera en kullad i taget och att det fås en högre klämkraft i kulladen. Skruvarna är också placerade så att man får en hävarm mellan kulan och skruven som gör att klämkraften blir högre utan att behöva använda en högre kraft för att dra åt skruvarna.

Detta koncept är också skalbart i längdled då man kan göra själva huvudarmen i den längd som passar. Konceptet har en stor rörlighet tack vare kullederna och att klämdelarna inte omsluter kulan helt. För att få en hög friktion mellan kulan och klämdelarna så är kulorna försedda med ett yttre gummilager, dock är det en hård

kula under för att kulan inte ska bli deformerad vid åtdragning. Denna konstruktion är ganska komplex då den har två gångjärnsleder och därmed omfattar ganska många olika komponenter.



Figur 7. Rending av koncept Tång

- + Stor rörlighet
- Lätt att få stor klämkraft i kullederna
- Ganska komplex konstruktion

#### 4.10.3. Koncept U

Detta koncept använder också en kulle som lösning för att uppnå full rörlighet. Fixering sker genom att den U-formade plåten på armen omsluter kulan genom att skruva ihop U-delen med två skruvar – *figur 7*.

Detta koncept har relativt få delar med bara två kulor och en armdel om man bortser från skruvarna vilka går att få tag i billigt då det är standardkomponenter. Dock kan själva armdelen bli dyr att tillverka då stången och U-delen antagligen måste svetsas samman. U-delen kan också vara känslig för utmattningsbrott om justering sker ofta. Precis som tidigare koncept är detta skalbart i längdled för att kunna tillgodose olika önskemål.

En nackdel med konceptet är att man inte kan ställa armen i vissa vinklar i förhållande till fästdelen då skruvarna sitter i vägen. Detta gör också att man i vissa fall måste ta bort skruvar för att sedan sätta i de igen om man vill byta vinkel mellan arm och fästdel.



Figur 8. Rending av koncept U

- + Enkel konstruktion, få komponenter
- Omständigt att justera från 0° till 90° då en skruv måste tas bort  
Svår att få att fixera hårt

#### 4.10.4. Koncept Gångjärn

Detta koncept skiljer sig ganska mycket från de andra och den nuvarande lösningen då det ej innehåller någon kulle. Justerbarheten medges istället med gångjärnsleder, och för att uppnå tillräcklig rörlighet så kan armen roteras runt sin egen axel med hjälp av att fästet mot E-profilen har en inbyggd rotation, alltså konceptet omfattar tre enaxliga leder – *figur 8*.

Gångjärnen låses i önskat läge med skruvar eller spännen och innuti gångjärnet finns någon form av tandat mönster för att få en formstyrd fixering istället för en friktionsstyrd som kulleleder innebär. Även för detta koncept så fixeras lederna en i taget vilket underlättar att justera tillbehöret till önskad position.

Den stora fördelen med detta koncept är den säkra fixeringen av lederna tack vare formstyrd fixering. Det är också nytänkande och har en god potential till att göras estetiskt tilltalande. Nackdelen med konceptet relativt de med kuller är att justeringsspännet är mindre då man går miste om vissa vinklins- och rotationsmöjligheter.



Figur 9. Rending av koncept Gångjärn

- + Nytänkande
- Säker fixering
- Går inte att röra i alla ledder, sämre justerbarhet

#### 4.10.5. E-profilslösningar

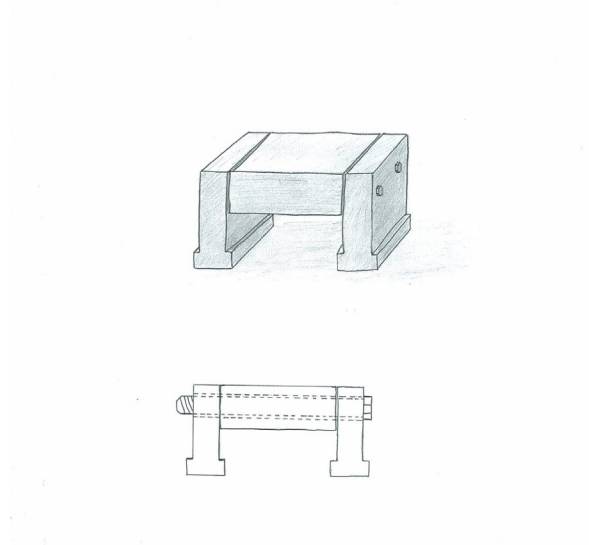
Det finns två typer av lösningar till E-profilsfästet, fasta och roterbara. De roterbara E-profilslösningarna är tänkta till det koncept som har enaxliga gångjärn för att ge det tillräcklig justerbarhet. De fasta är till för lösningar med kuller då de har god justerbarhetsförmåga i sig och då inte behöver en rörlig led till.

#### 4.10.6. Fasta E-profilfästen

##### 4.10.6.1. Koncept Ask

Detta koncept består av tre solida delar och två skruvar – *figur 9*. Vid åtdragning av skruvarna så kommer de två sidodelarna att klämma fast runt E-profilens spår och därmed fixera fästet på E-profilen. Samtidigt klämmer sidodelarna fast mittendelen där själva armdelen kommer att sitta och fixerar då mittendelen.

Fördelen med detta koncept är att det är en enkel konstruktion som omfattar få och enkla komponenter. En nackdel är att precisionen i komponenterna måste vara hög för att fixering i E-profilen och av mittdelen ska ske samtidigt. Detta leder till att toleranserna för komponenterna måste vara väldigt små, vilket ofta betyder höga tillverkningskostnader för de annars ganska enkla komponenterna och risken att fixeringen i E-profilen inte blir tillräckligt säker finns.



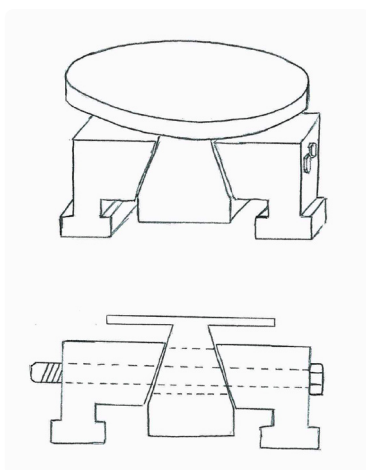
**Figur 10.** Skiss av koncept Ask

- + Enkel konstruktion
- Det krävs snäva toleranser för att den skall passa.

##### 4.10.6.2. Koncept Trapetsoid

Principen för detta koncept är att ett mittenstycke pressas neråt av de två sidostyckena, på grund av deras killiknande form, när skruvarna dras åt. Mittenstycket pressas ner tills dess att det tar i den mittersta skåran i E-profilen och fästet är då fastlåst – *figur 10*.

Mittenstycket har en stor yta som pressas mot E-profilen och därför blir fästet stabilt och får en stor kraft som håller fast det. Ovanpå mittstycket finns en platta där lösningen kan monteras.



Figur 11. Skiss av koncept Trapetsoid

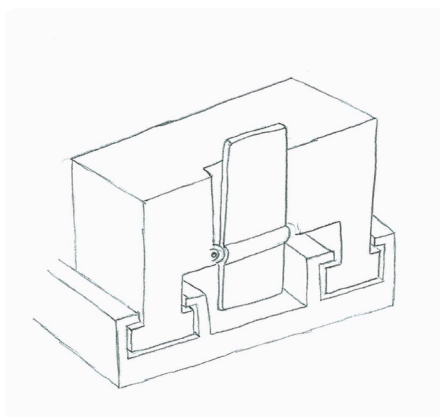
- +      Hög låskraft
- Kräver fina toleranser
- Glidning mellan styckena leder till slitage

#### 4.10.6.3. Koncept Flärp

Detta koncept omfattar en solid del och en lucka eller flärp som är fastsatt med ett gångjärn i den solida delen. Fästet fixeras på E-profilen genom att flärpen trycks uppåt och in mot den solida delen vilket gör att den lyfter hela fästet och fästets T-formade ribbor låser i E-profilens yttre spår – *figur 11*.

Fördelen med detta koncept är att det omfattar få komponenter och att det är lätt att spänna fast och ta bort då man bara behöver trycka med händerna, alltså inga verktyg behövs. Nackdelen är att det kan vara svårt att få en hög spännkraft och det blir därmed ingen säker fixering.





Figur 12. Skiss av koncept Flärp

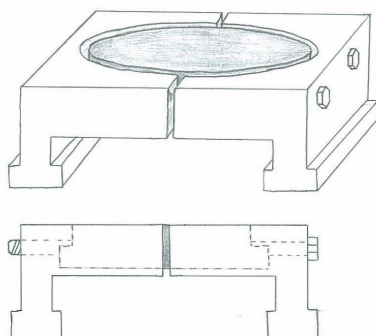
- + Få delar
- Lätt att applicera och ta bort
- Svårt att få stor hållkraft.

#### 4.10.7. Roterbara E-profilfästen

Nedan presenteras koncept för fixering i E-profil som ska bära upp armkoncept med endast enaxlig rörelse.

##### 4.10.7.1. Koncept Puck

Detta koncept påminner om koncept Ask men är anpassad för koncept Gångjärn. Konceptet fungerar så att en puck kläms fast av två sidostycken med hjälp av två skruvar och samtidigt klämmer sidostyckena runt E-profilens spår och fixerar fästet i E-profilen, när skruvarna inte är åtdragna kan pucken roteras och fästet kan flyttas längs E-profilen – *figur 12*. För att var ett roterbart fäste så är detta en relativt enkel konstruktion vilket är konceptets stora fördel.



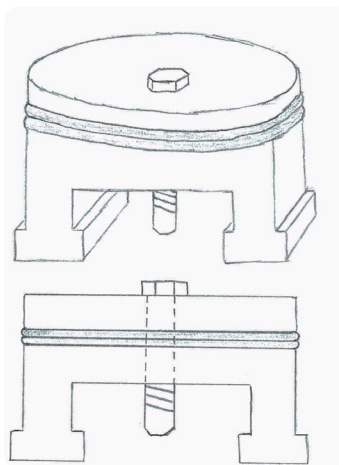
**Figur 13.** Skiss av koncept Puck

- + Enkel konstruktion
- Svår justering

#### 4.10.7.2. Koncept Cirkel

Detta koncept består av en undre och en över del som kan roteras i förhållande till varandra. Genom de båda delarna går en skruv och för att fixera fästet i E-profilen så skruvas skruven mot E-profilen och lyfter fästet så att de T-formade ribborna trycks upp i E-profilens spår och sitter på det sättet fast – *figur 13*. När skruven skruvas åt så kläms också de båda delarna samman vilket gör att rotationen låses. Mellan över och underdelen finns gummi vilket gör att rotationen låses innan fästet fixerar i E-profilen och därför krävs inte så små toleranser, gummit ökar också friktionen mellan de båda delarna.

Nackdelen med detta koncept är att skruvhuvudet hamnar mitt uppe på överdelen där lösningen ska monteras och är därmed i vägen.



Figur 14. Skiss av koncept Cirkel

- + Löser allt med en skruv
- Svårt att montera något på ovansidan då det är en skruv som sitter i vägen

#### 4.11. Verifiering/jämförelse

De jämförelser som gjordes efter delredovisningen resulterade i två kvarvarande armkoncept som hade högst potential och som bäst kunde uppfylla de krav och önskemål som tagits fram. De två var koncept Gångjärn och koncept Tång.

Med dessa två valda så kunde koncepten för E-profilfästen väljas. Till koncept Gångjärn valdes koncept Puck, då det fick högst poäng i beslutsmatriserna och gav koncept Gångjärn den extra leden som behövdes. Till koncept Tång så valdes koncept Ask, eftersom beslutsmatriserna visade att det hade bäst potential jämfört med de andra E-profilfästena.

Koncept Tång är en vidareutveckling och förbättring av det nuvarande tillbehörsfästet men med en högre komplexitet och koncept Gångjärn är av en helt annan konstruktion än koncept Tång och den nuvarande lösningen. För att se hur stor skillnad det är mellan de två koncepten med avseende på justerbarhet och hur viktig denna skillnad är för användaren så gjordes ett jämförande test mellan dem<sup>48</sup>.

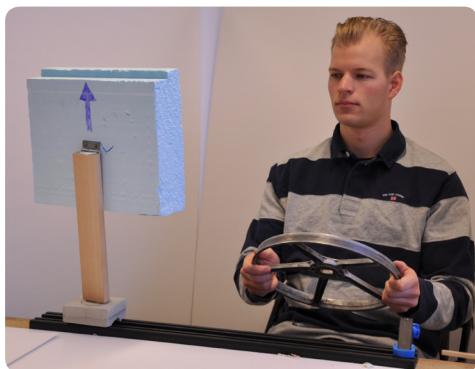
---

48 Se kap 4.11, Verifiering/jämförelse

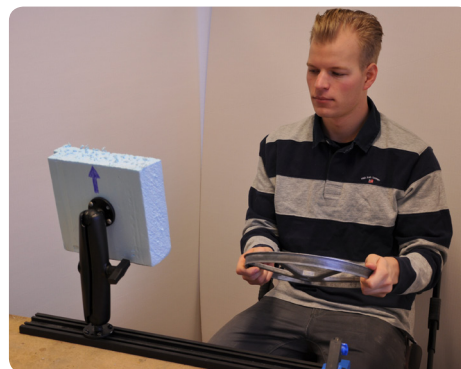
#### 4.11.1. Jämförelse av justerbarhet

Den största skillnaden mellan koncept Tång och koncept Gångjärn är justerbarheten. Koncept Gångjärn är något sämre då den har en tvåaxlig led och en enaxlig medan koncept Tång har två kulleleder.

För att se om det finns några situationer där koncept Gångjärn inte har tillfredsällande justerbarhet och i så fall vilka, så tillverkades en enkel modell av koncept Gångjärn. Det riggades även upp en enkel truckförarmiljö, för en trucktyp där föraren sitter ner. E-profilen placerades på olika ställen i miljön och jämförelse mellan koncepten utfördes. Eftersom det nuvarande tillbehörsfästet har samma justerbarhet som koncept Tång behövdes ingen modell göras för detta koncept utan det nuvarande tillbehörsfästet användes för att visa justerbarheten. Bilder har tagits för att visa de olika situationerna där koncepten skiljer sig som mest i justerbarhet. Datorskrämatrapp i form av frigolitbitar användes och de pilar som är ritade på attrapperna visar vad som är uppåt på skärmen.



**Figur 15.** Koncept Gångjärn monterad på horisontell E-profil, riktning på monitor utmarkerad med blå pil.



**Figur 16.** Koncept Tång monterad på horisontell E-profil, riktning på monitor utmarkerad med blå pil.

I en situation där E-profilen sitter vågrätt framme ovanför kontrollpanelen i förarmiljön är koncepten nästan likvärdiga, se *figur 14 & 15*. Med kulleleder kan skärmen roteras runt sin fästpunkt, vilket inte går med gångjärn men detta är inget som skall behövas om inte truckföraren gillar att läsa av skärmen med huvudet på sned.

Om det bara sitter en kort bit E-profil på trucken har koncept Gångjärn en nackdel då skärmen endast kan flyttas i sidled lika mycket som E-profilen är lång. Koncept Tång kan här lutats lite åt sidan och därmed kan skärmen flyttas längre i sidled. Att koncept Tång kan lutats åt sidan är också bra i en situation där E-profilen sitter

på sidan i förarmiljön i färdriktningen. Här kan då skärmen lutas in i förarens uppmärksamhetszon medans med koncept Gångjärn får skärmen sitta lite vid sidan av föraren, *se figur 16 & 17.*



**Figur 17.** Koncept Gångjärn monterad på horisontell E-profil, riktning på monitor utmarkerad med blå pil.

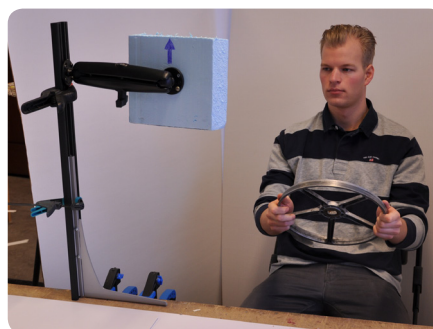


**Figur 18.** Koncept Tång monterad på horisontell E-profil, riktning på monitor utmarkerad med blå pil.

I situationen då E-profilen sitter lodrätt på en främre takbalk eller liknande och att armen står vågrätt ut från E-profilen har koncept Tång en fördel på grund av att skärmen kan roteras runt sin fästpunkt *se figur 19.* Koncept Gångjärn kommer inte kunna ha skärmen upprätt utan den kommer att bli felviden med 90 grader, *se figur 18.* Den standardiserade hålbilden för infästning i skärmar och andra tillbehör är rektangulär och därmed kan inte skärmen vinklas rätt genom att sätta fästet 90 grader fel mot skärmen. Hade hålbilden varit kvadratisk skulle detta vara möjligt. Detta problem kan dock lösas genom att ha en dubbel hålbild i infästningen mot skärmen för koncept Gångjärn.



**Figur 19.** Koncept Gångjärn (till vänster) monterad på vertikal E-profil, riktning på monitor utmarkerad med blå pil.



**Figur 20.** Koncept Tång (till höger) monterad på vertikal E-profil, riktning på monitor utmarkerad med blå pil.

Sammanfattningsvis så finns det några situationer där koncept Tång kan vinklas och lutas lite mer än koncept Gångjärn och därmed få skärmen placerad mer centralt

i förarens uppmärksamhetsområde. Det finns en situation där koncept Gångjärn inte alls kan användas om inte infästningen mot skärmen modifieras med en dubbel hålbild eller liknande. Dock är denna situation inte alls vanlig. Alltså är koncept Tång lite bättre i vissa situationer men koncept Gångjärn har tillräckligt bra justerbarhet för ändamålet.

#### 4.11.2. Konceptval

Det koncept som, efter ett antal itereringar i de olika utvärderingsmatriserna ansågs ha högst potential och vara mest konkurrenskraftigt var koncept Gångjärn. Det som ses som koncept Gångjärns största styrka är att den fixerar med hjälp av både geometri och friktion istället för enbart friktion som hos de andra koncepten, därmed har detta koncept den säkraste fixeringen. De vinklins- och rotationsmöjligheter som koncept Gångjärn inte har i relation till koncept Tång är få och de ses inte avgörande utan det går till stor del att lösa genom att flytta fästet längs E-profilen.

### 4.12. Uttryck och design

För att ge koncept Gångjärn – *se figur 20* – rätt uttryck och känsla<sup>49</sup> så användes de framtagna uttrycksbilderna, här lyfts robustheten hos stenen fram med sina stabila ytor och känslan av kraftfull industri genom väldimensionerade gångjärn och stabil bas. Flexibiliteten från gångjärnen ses i konceptets smidiga form.

---

49 *Se bilaga VIII, expressionboard*



Figur 21. Rending av slutkonceptet

### 4.13. Detaljbeskrivning av koncept Gångjärn

Nedan följer förklaringar på de olika komponenterna i det framtagan konceptet. De beskrivs med figur och text var för sig för att ge en bättre bild hur de är uppbyggda och fungerar.

#### 4.13.1. Övre fästet

Det övre fästet där tillbehöret skall sitta består av en platta med den önskade hålbilden på 30x38 millimeter – *figur 21 & 22*. Det går även att göra en variant där hålbilden är roterad 90 grader för att ge fler möjligheter till hur tillbehörsfästet kan monteras i trucken, till exempel vid vertikal montering av E-profilen i trucken.



Figur 22. Rending av det övre fästet med gångjärnets kuggar synliga (till vänster).



Figur 23. Rending av det övre fästet, monterad (till höger).

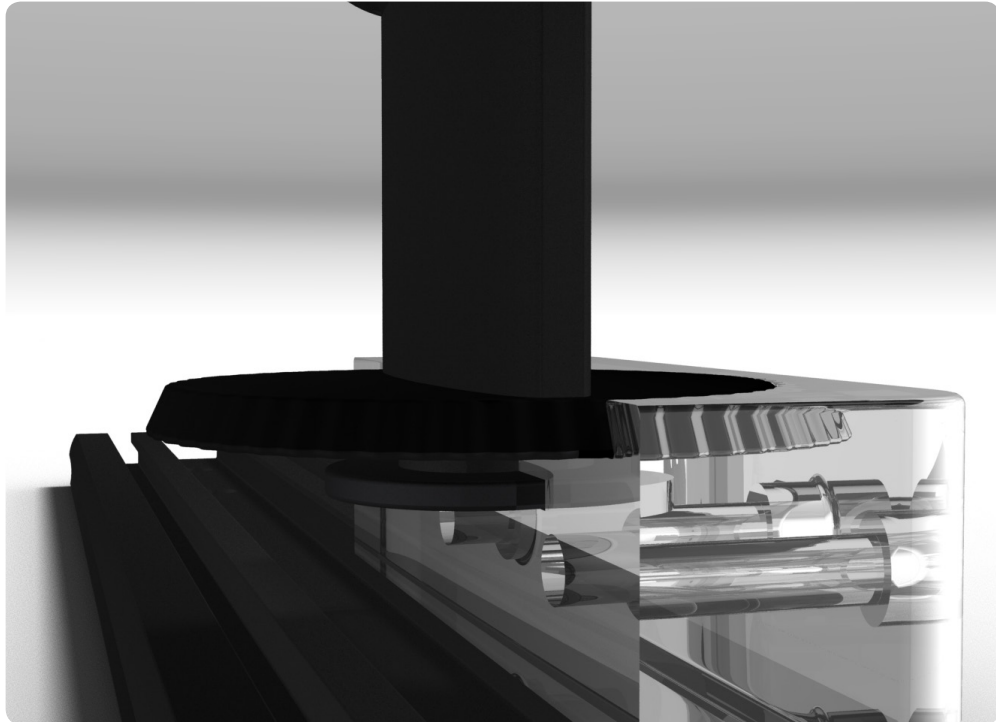
#### 4.13.2. Armdelen

Själva armen har ett tvärsnitt i form av en ellips för att ge ett smidigt och starkt intryck. Denna form är även bra då den minimerar antalet skarpa vinklar och hörn som blir spänningskoncentrationer när armen utsätts för krafter under användning. Med denna formen får armen också automatiskt de släppningsvinklar som ofta krävs vid olika typer av gjutning.

#### 4.13.3. E-profilsfäste

Fästet mot E-profilen är en utveckling av koncept Puck. För att ge bättre stabilitet och säkerhet så har en extra platta lagts till under pucken för att denna inte skall kunna falla ur när pucken inte är åtklämd samt att ta upp krafter då tillbehörsfästet är fixerat. Ovanpå den övre plattan sitter ena halvan av gångjärnet där armen monteras och det är också den övre plattan som är till för att låsa armens rotation – *figur 23*.

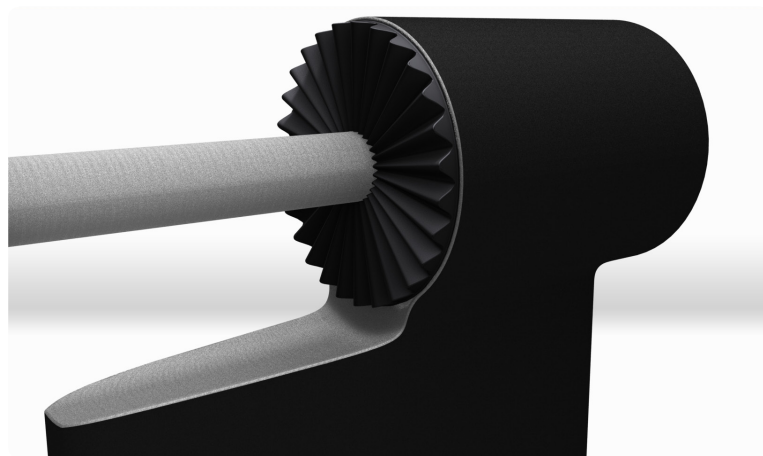




Figur 24. Rending av Puckfästet

#### 4.13.4. Gångjärn

Gångjärnen är uppbyggd så att en halv cylinder sitter på en av fästdelarna och en andra halva sitter på armdelen och tvärsnittet på dessa cylindrar är formade som kugghjul där kuggarna är formade som tårtbitar som är riktade radiellt – figur 24.



Figur 25. Rending av kuggarna på gångjärnet

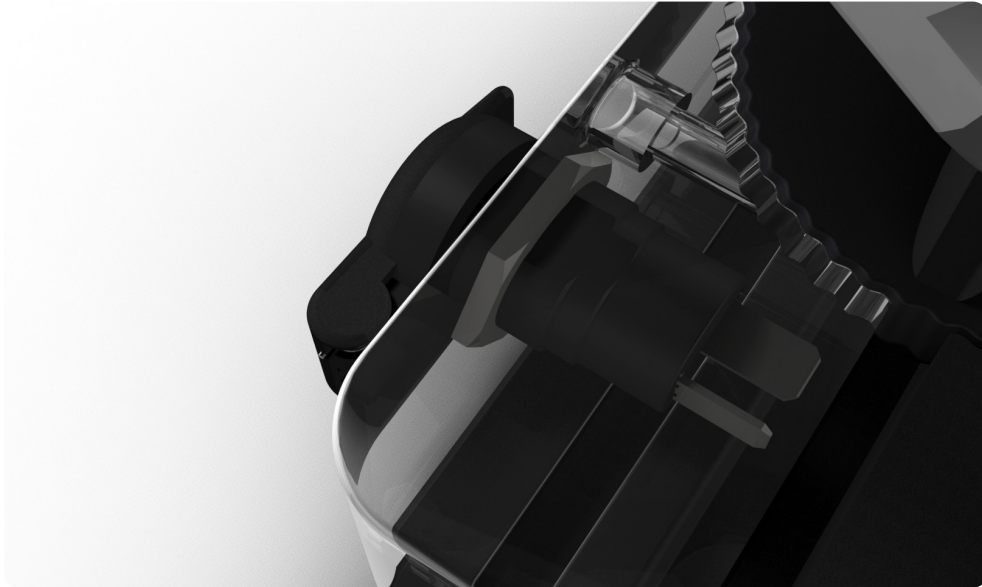
När kuggarna från armen och kuggarna från fästet möts och kläms ihop så låses rotationen relativt varandra. De två delarna kläms ihop med hjälp av en excenterspännare som är belastad med en fjäder – *figur 25*. Excenterspännare gör att det går att öppna och fixera gångjärnet med bara händerna tack vare momentarmen som sitter på excenterspännare. Fjäderbelastningen är till för att när man släpper spänningen i gångjärnet så håller fortfarande fjädern cylindertvårsnittet tillsammans så att inte de kan rotera helt fritt relativt varandra utan man kan då kugga fram till önskat läge, vilket möjliggörs av att kuggarna är fasade. Därefter spänns gångjärnet igen och det är fixerat.



**Figur 26.** Rending av gångjärnet, där nedre delen gjorts transparent.

#### 4.13.5. El-kontakt

En elkontakt för strömförsörjning av tillbehören kommer att finnas som tillval. Därför finns det, i ena halvan av fästet mot E-profilen, ett hål där elkontakten kan monteras. Elkontakten hamnar då under själva armen med själva öppningen ut på långsidan av E-profilen. Kabeln dras upp från batteriet via änden av E-profilen och längs med mittensåran för att sedan dras upp i mitten av fästet, där den ansluts till elkontakten – *se figur 26*.



Figur 27. Rendering av elkontakt monterad i puckfäste

#### 4.13.6. Färg

Den tänkta slutprodukten kommer att vara svart<sup>50</sup> och kommer att pulverlackeras för att få en matt och industrimässig finish som passar väl in i resten av truckförarmiljön.

#### 4.13.7. Modulär uppbyggnad

Under studiebesöken visade det sig att det i vissa fall krävs seriekopplade armar för att positionera ett tillbehör där man vill ha det. För koncept Gångjärn kan detta göras genom att byta ut fästet som är ned mot E-profilen mot det fäste som är avsett för tillbehöret och montera ihop det med det övre fästet på en annan arm, på så vis monteras de standardiserade hålbilderna ihop och det fås en seriekopplad arm som är dubbelt så lång.

Utbyte av det nedre fästet mot ett övre med standardiserad hålbild möjliggör montering på andra ställen än på E-profilen.

---

50 RAL 9005, Glans 7

## 4.14. Ergonomi

Tillbehörsfästets ergonomiska påverkan beror på om föraren av trucken ställer in det för att passa sin kropp. Här erbjuder fästet god ergonomi genom god justerbarhet, fäster är konstruerat så att det skall uppmana till att föraren ställer om det efter egna behov.

Interaktionen mellan tillbehörsfäste och användaren sker via handtagen på excenterspännarna. Valet av handtag har gjorts för att underlätta användning av armen. Det T-handtag som finns på det nuvarande tillbehörsfästet har ersatts med en excenterspännare – *figur 27& 28*. Då handtaget är ganska stort blir det lätt att använda för de flesta personer, både med stora och små händer, och gör att det blir en snällare rörelse för handleden. Den längre hävarmen gör det även lättare att utföra arbetet med att fixera armen. Hävarmen ger också en visuell indikation på om tillbehörsfästet är fixerat eller inte då den i fixerat läge ligger längs armen och annars inte – *figur 28*.

Det går även att enkelt anpassa tillbehörfästet så det är lätt att justera för både höger- och vänsterhänta då det bara är att rotera armen 180 grader för att få excenterspännarna på höger respektive vänster sida. Dock måste tillbehöret monteras loss och roteras 180 grader för att det inte skall hamna upp och ned. Den rörelse som måste göras för att låsa gångjärnen ses inte som svår även om handtagen sitter på fel sida.



Figur 28. Rending av handtaget



Figur 29. Handaget i utfällt läge

#### 4.15. CAD-modellering

För att visualisera slutmodellen, samt producera en funktionsmodell av densamma, modellerades detta koncept upp i dels Inventor 2011, dels i Catia V5 men även i Alias Automotive 2011. Dessa CAD-modeller kan sedan användas vid enkel FEM-beräkning.

Genom att modellen kunde framställas i sin helhet, gav det fler insikter i svårigheterna hos konceptet, men det gav även en mycket god bild av formen på konceptet. Denna iterativa process utvecklade konceptet till dess slutgiltiga form.

## 4.16. Funktionsmodell

Funktionsmodellen tillverkades av ett prototypföretag, Prototal<sup>51</sup>, med friformsframställning i en SLS<sup>52</sup>-maskin i duraform polyamid. Därefter målades funktionsmodelln i en matt svart färg för att efterlikna den tänkta produkten så mycket som möjligt. Det köptes även in excenterspännare i zink och stål till gångjärnen från Eugen Wiberger AB<sup>53</sup>. I figur 29 och 30 syns funktionsmodellen från två olika vinklar. På den vänstra syns de stängda excenterpännarna tydligt och i den vänstra ges en bild av räckvidden för konceptet.

Funktionsmodellen bekräftade att funktionen för tillbehörsfästet fungerade, att måtten på komponenterna är rätt och att storlek och designen var som förväntad. Justeringen av fästet sker på ett enkelt sätt som verifierats av flertalet personer.



Figur 30. Foto av funktionsmodell med spännare i låst läge



Figur 31. Foto av funktionsmodell med spännare i låst läge

## 4.17. Material och tillverkning

Materialet i armen, fästet mot tillbehöret och puckdelen är tänkt att vara aluminium, detta för att få en robust och stabil konstruktion. Detta gör också att produkten kan göras smidigare och nättare än om den tillverkats i plast, vilket också fanns

51 Prototal, [www.prototal.se](http://www.prototal.se)

52 Selective Laser Sintering

53 Eugen Wiberger AB, [www.wiberger.se](http://www.wiberger.se)

som förslag, då aluminium har bättre hållfasthetsegenskaper. Priset för att tillverka dessa komponenter i aluminium är inte så mycket högre än att tillverka de i någon fiberarmerad plast<sup>54</sup>. Aluminium är den vanligast förekommande metallen i jordskorpan och vid användning av återvunnet aluminium reduceras energiåtgången för framställning kraftigt. Aluminium är också ett material som är enkelt att återvinna. Pucken är också tänkt att vara klädd i gummi för att dämpa ut mindre vibrationer och för att minska känsligheten för snäva toleranser i konstruktionen.

Dessa komponenter är tänkta att tillverkas med pressgjutning och hänsyn till detta har tagits under detaljkonstruktionen av konceptet. Armen har ett ellipsformat tvärsnitt vilket gör att den automatiskt får släppningsvinklar samt de cylindriska formerna i gångjärnet kan lätt göras koniska för att underlätta utstötning vid gjutning. Det kan dock hända att tårtbitarna i låsningen på gångjärnet måste tillverkas med efterbearbetning för att få rätt storlek och vinkel på kuggarna. Med pressgjutning fås goda mekaniska egenskaper och ger en hög utnyttjandegrad för materialet vilket är bra ur miljösynpunkt.

De två halvorna till E-profilsfästet kommer att tillverkas i plast. Detta då dessa komponenter har en ganska komplex form vilket gör att mycket skärande bearbetning krävs om de istället hade tillverkats i aluminium, vilket ofta är dyrt. För plaster finns många enkla och bra metoder för att få fram även ganska komplexa former. Dessa komponenter kräver också fina toleranser för att kunna fixera på E-profilen och fixera rotationen för pucken samtidigt. Tanken är att dessa komponenter ska formsprutas då detta är en snabb och ganska billig tillverkningsmetod för dessa volymer.

Val av vilken typ av aluminium och vilken plast som komponenterna skall tillverkas i är något som lämnas över till BT då de har stor kompetens inom detta område och kan välja sådana material som de känner till och brukar använda i andra delar av sitt sortiment.

#### 4.17.1. Tillverkningskostnad

En ungefärlig tillverkningskostnad<sup>55</sup> för ett komplett tillbehörsfäste, exklusive de excenterspännare som fixerar gångjärnen, har räknats ut med Process Selection<sup>56</sup>. Indata för kostnadsberäkningen var en tillverkningsvolym på 5000 tillbehörsfästen per år, toleransen för alla komponenter är 0.05 millimeter, ytjämnhetsfaktorn är 1 mikrometer samt att valutakursen för ett brittiskt pund motsvarar 11 svenska kronor.

54 Nielsen, Krister; BT Products, [intervju], Mjölby, april 2010

55 *Se bilaga XIV, uträkning*

56 Swift K. G. et al (1997), "Process Selection - From Design to Manufacture", Burlington, Butterworth-Heinemann

Resultatet blev en tillverkningskostnad på 116 kronor utan excenterspännare, alltså uppfylls det tidigare satta kravet på under 300 kronor, även med excenterspännare. Dock ska detta resultat endast ses som en fingervisning om var den verkliga tillverkningskostnaden kommer att hamna.

De excenterspännare som använts vid konstruktionen av konceptet och också till den funktionsmodell som gjorts är från Eugen Wiberger AB. Enligt deras hemsida kostar en sådan 86.7 kr. Om BT skulle inleda ett samarbete med någon tillverkare av excenterspännare med ett inköpslöfte på 10 000 excenterspännare per år så skulle detta styckpris reduceras kraftigt. Det är också därför dessa excenterspännare inte tagits med i kostnadsberäkningen.

#### 4.18. FEA av armdel och puckfäste

Resultat av FEM-analys av mellandelen visar på en spänningskoncentration – *se figur 31* – vid övergången mellan arm och gångjärn på 170 MPa, vilket ej är tillräcklig för uppnå konstruktionens sträckgräns<sup>57</sup> på 400 MPa. Övriga delar av konstruktionen utsattes ej för betydande spänningar.

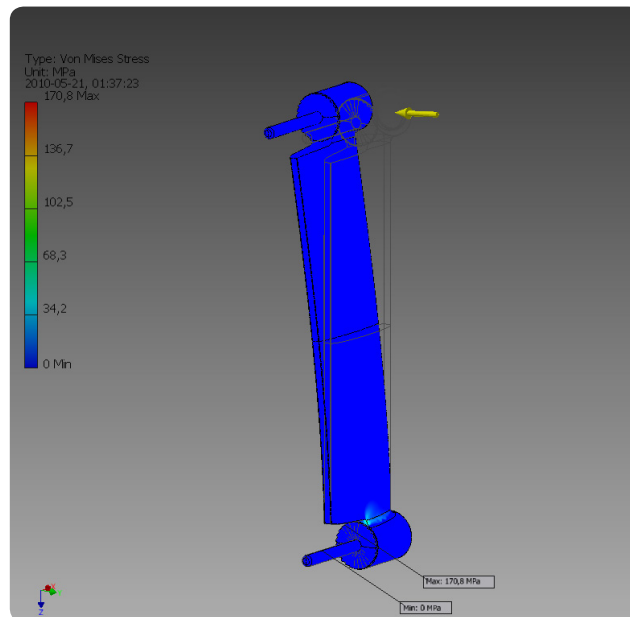
FEM-analysen av puckfästet visar att den belastande kraften på fästet, motsvarande samma rörelse som för mellandelen, ger, tillsammans med trycket från armen, en spänningskoncentration om 1.81 MPa – *se figur 32*, vilket kan jämföras med ABS-plastens sträckgräns på 40 MPa.

Sammanfattningsvis klarar konstruktionen väl de extremfall vid statisk belastning som kan uppkomma vid användning, då detta simulerar en värsta användning av ett tillbehör på tio kilogram.

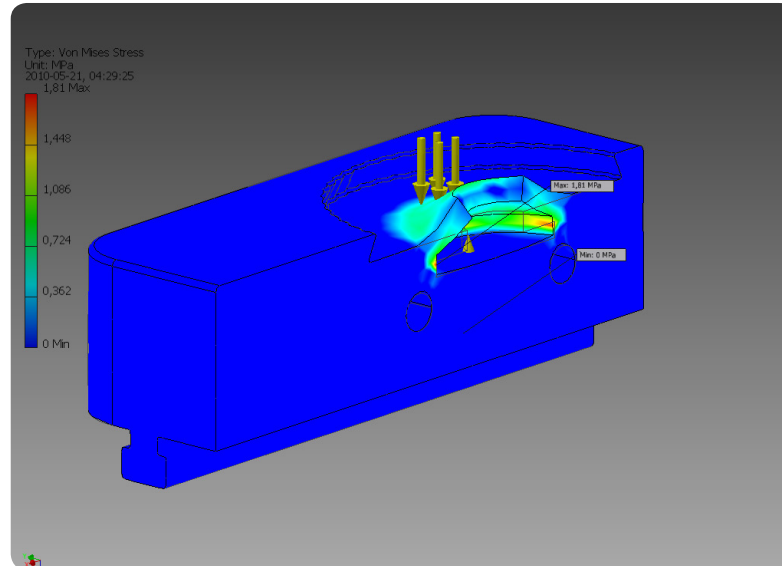
---

<sup>57</sup> Den spänning som ger en begynnande plasticering





Figur 32. FEA av tillbehörfästets armdel; spänningskoncentrationen (170 MPa) kan ses vid det nedre gångjärnet; den gula pilen visar kraftens (100 N) angreppspunkt.



Figur 33. FEA av tillbehörfästets ena halva av puckfästet; max spänning (1.81 MPa) vid den undre stödplattan

## 5. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

### 5.1. Projektetablering

Den projektetablering och planering som gjordes under de första veckorna av projektet var grunden för det fortsatta arbetet. Det Gantt-schema och den milstolpeplan som hade ställts upp följdes bra under de första veckorna men efter några veckor behövdes dessa scheman modifieras då det framgick att vissa moment krävde mindre eller mer tid än vad som var planerat från början. Dock blev uppdateringen av tidsplanen sämre under projektets gång vilket resulterade i tidsbrist för vissa moment mot slutet exempelvis rapportskrivning där projektgruppen fick arbeta långa pass för att hinna klart.

Även om arbetet inte riktigt följde de datum som var utsatta i tidsplanen så har projektet flutit på i stort sett samma ordning som var planerat och de viktiga momenten som var utsatta har tillslut hunnits med. En mer noggrann uppföljning och modifiering av tidsplanen kunde dock varit att fördra för att få en bättre fördelad arbetsbörda under projektets gång.

De regler och riktlinjer för kommunikation som togs fram under projektetableringen har under projektets gång kunnat följas bra. Att projektgruppen omfattar endast tre medlemmar har förenklat kommunikationen i gruppen och styrningen av arbetet dock har uppdelning i mindre grupper för att kunna arbeta mer parallellt varit svårt då detta innebär att någon av gruppmedlemmarna blir själv.

### 5.2. Metoder

Projektmedlemmarna har lärt sig hantera många olika metoder under de produktutvecklingsprojekt de deltagit i hittills i sin utbildning. Många av dessa metoder har också används i detta projekt till att få fram information och driva arbetet framåt. Projektgruppen kan i efterhand konstatera att några av de metoder som används inte gett någon värdefull information för det fortsatta arbetet då de inte varit riktigt relevanta.

Detta speciellt då några metoder som används inriktar sig mycket på design för att intressera och locka köpare som antas vara användaren. Exempelvis så har den Persona som togs fram inte bidragit mycket till resultaten i projektet. Detta då Personan beskriver en typisk användare av produkten och denna information ska hjälpa projektlaget med vad man vill uttrycka med produkten. Eftersom inköparen av ett tillbehörsfäste för truckar oftast inte är samma person som användaren och att tillbehörsfästet inte är någon personlig ägodel till användaren så blir informationen om vad man vill uttrycka med produkten för att intressera en användare inte särskilt relevant. Istället kanske någon form av Persona för en inköpare på ett typiskt lager där truckar används hade varit mer relevant.

Den produkt som utvecklats under detta projekt är också av en karaktär som kanske inte lämpar sig så bra för vissa av dessa metoder. Tillbehörsfästet är en enkel mekanisk konstruktion och används i en miljö där funktionalitet och inköpspris är av störst vikt. Detta leder till att den produkten uttrycker och design för ögat inte blir särskilt viktigt. Karaktären på produkten gör också att det blir ganska enkelt att med logiskt tänkande se vad som är en bra eller dålig produkt just därför att funktion, användarvänlighet och pris är de viktigaste faktorerna.

Istället kunde mer fokus lagts på att göra fler studiebesök och användarstudier för att få en säkrare bild av hur tillbehörsfästet används och uppfattas av användarna. Informationen från de studiebesök som gjordes var bra information för utvecklingen av tillbehörsfästet.

Dock så kan det vara säkrare att använda sig av många olika metoder för att säkerställa att ingen viktig information missas även om de för projektet i fråga inte känns relevanta.

Slutsatsen av detta är att det är bra sätta sig in i vad de olika metoderna ger och att vara lite mer selektiv och noggrann i valet av metoder i början av projektet för att mer fokus ska kunna läggas på att få fram relevant information för utvecklingen av tillbehörsfästet.

### 5.3. Genomförande

Från början var ambitionsnivån hög och med så mycket tid som detta projekt hade att tillgå så planerades många moment in som i efterhand inte ansågs som relevanta. Även stora moment som ingen i projektgruppen hade någon stor kunskap om eller erfarenhet av planerades in. Ambitionen var att projektgruppen skulle läsa in teori och skaffa sig kunskap för att sedan kunna utföra dessa moment.

Bland annat var ambitionen att ta fram fullständiga konstruktionsritningar och FEM-analyser för att BT egentligen inte skulle behöva göra något efterarbete alls med den slutprodukt som skulle presenteras. Efter diskussion med BT förkastades dock dessa moment då detta inte var allt för svåra moment för BT att göra med deras kompetens.

För att skapa en enklare bild över hur väl det framtagna konceptet motsvarade de uppställda kraven utfördes dock en enklare FEM-analys. Analysen utfördes med enklare CAD-FEM program, såsom Inventor 2011 och Algor professional 2011. Dessa ger en snabb utvärdering av hur en konstruktion motstår enkla belastningar, men är en mycket grov uppskattning av verkligheten. Vidare finns begränsningar hos dessa program vid en mer komplicerad dynamisk och slumpmässig last såsom den belastning ett tillbehörsfäste utsätts för vid användning, detta gäller främst Inventor 2011. Vid användning av olika material såsom gummi på kontaktytor försvåras denna analys. Därför måste dessa enkla analyser kompletteras med tester på prototyper och förserier för att utvärdera den slutgiltiga hållfastheten.

Det skulle också göras ett vibrationstest för det nuvarande tillbehörsfästet för att se om det verkligen dämpade så mycket vibrationer och stötar som BT hade uppfattning om. Testet gjordes dock aldrig då utrustning för detta inte fanns att tillgå och att kunskapsanskaffningen skulle bli allt för tidskrävande. Då inget riktigt vibrationstest kunde göras gjordes istället en mindre analys av de två gummikulor i det nuvarande tillbehörsfästet, som sades vara vibrationsdämpande. Här konstaterade projektteamet tillsammans med handledare att denna inte kunde dämpa vibrationer av den frekvens och amplitud som en truck, körandes på ett lagergolv, ger ifrån sig. Detta då större delen av kulan var av metall och att det omslutande gummit var riktigt hårt.

Ett moment som kunde göras mer effektivt var valet av koncept. Efter iterering av bedömningsmatriser så återstod tillslut två koncept som ansågs ha hög potential. Dessa vidareutvecklades sedan parallellt lite väl långt vilket blev tidskrävande. För det koncept som sedan förkastades var arbetet med vidareutvecklingen i onödan. Istället borde projektgruppen låtit matriserna och magkänslan talat och valt ett slutgiltigt koncept för vidareutveckling tidigare i processen.

Slutsatser som kunde dras från genomförandet var att inte planera in stora uppgifter där kompetensen saknas för att genomföra då dessa blir allt för tidskrävande i relation till resultatet av dem eller att de påbörjas halvhjärtat för att sedan förkastas och därmed ta tid utan att ge resultat.

## 5.4. Resultat

Syftet med hela detta projekt har varit att utveckla ett nytt tillbehörsfäste för truckar som BT kan låta tillverka till en lägre kostnad än vad det nuvarande tillbehörsfästet kostar att köpa in. Detta tillbehörsfäste ska ha samma eller bättre egenskaper som det nuvarande och det ska också vara anpassat för montering i BT:s E-profil. För att förverkliga syftet med detta projekt så framtogs en kravspecifikation med både krav från BT och av projektgruppen framtagna krav samt viktade önskemål.

Ur de tester, verifieringar och uppskattningar som gjorts kunde projektgruppen konstatera att det framtagna tillbehörsfästet uppfyller de framtagna kraven och även några av önskemålen. Dock kan noggrannare tester och verifieringar för de viktiga kraven som hållfasthet och livslängd vara att föredra, som fullständiga FEM-beräkningar och utmattningsprover. Detta för att vara helt säker innan produkten eventuellt börjar produceras.

Vid en delredovisning för BT i halvtid av projektet presenterades de olika koncept som då var aktuella. I detta skede hade projektgruppen en uppfattning om vilka koncept som var starka och hade hög potential. Under redovisningen så presenterades koncepten med bilder och en beskrivning. För de flesta koncept bestod bilderna av handskisser men för några var det snygga renderingar av CAD-modeller då dessa koncept hade varit svåra att förmedla med handskisser på grund av deras form och komplexitet. BT:s representanter tyckte att ett av koncepten såg tilltalande ut och var klart intressant och detta var också det konceptet som hade de snygga renderade bilderna.

Detta koncept var koncept Gångjärn som också blev det slutgiltiga konceptet. Projektgruppen influerades givetvis av dessa tankar från BT och här kan frågan ställas om BT:s representanter fastnade för detta koncept på grund av att bilderna av det var snyggare än andra och att då detta koncept fått en fördel gentemot de andra koncepten.

Magkänslan innan jämförelsen med matriserna var att koncept Gångjärn var det koncept som hade högst potential. Denna magkänsla bekräftades sedan av matriserna och diskussionerna med BT under delredovisningen. Slutsatsen som dras härifrån är att projektgruppen valde rätt koncept.

De utförda FEM-analyser visar på att de enskilda delarna väl motstår de laster som uppkommer i en statisk situation, dock återstår många frågetecken kring hur dessa delar samverkar i framförallt gångjärnen. Denna analys har ej kunnat utföras, då denna typ av beräkning är alltför för komplex, vilket leder till detta ej kan verifieras mot de uppställda kraven.

Den utförda analysen, tillsammans med testet av funktionsmodellen, ger ändå en god bild över hur tillbehörsfästet motstår de tänkta påfrestningarna; dock måste detta utredas ytterligare i en vidareutveckling av tillbehörsfästet.



## 6. REKOMMENDATIONER

Projektgruppen anser att det framtagna konceptet har potential att bli en riktigt bra produkt som BT kan använda. BT rekommenderas att fortsätta vidareutveckla konceptet med konstruktion mot tillverkning och hållfasthet. Exempelvis så måste släppningsvinklar läggas in i konstruktionen eftersom pressgjutning är den tänkta tillverkningsmetoden.

En prototyp i samma material som är tänkt för den slutgiltiga produkten bör göras för att kunna fortsätta testning och verifiering av hållfasthet och livslängd för att vara säker på att alla de framtagna kraven uppfylls. Det rekommenderas också att en komplett kostnadsanalys av att sätta denna produkt i produktion görs samt att ta kontakt med eventuella underleverantörer då endast en enkel kostnadsberäkning har gjorts även om den pekar på att tillverkningskostnaden bör hamna under det framtagna kravet på 300 kronor per tillbehörsfäste med god marginal.





## 7. KÄLLFÖRTECKNING

### Publicerade källor

- Bohgard, M. et al (2008) ”*Arbete och teknik på människans villkor*”, Stockholm, Prevent
- Lindstedt, P. et al (2003), ”*The Value Model - How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value*”, Ödesborg, Nimba
- Monö, R. (2004) ”*Design for Product Understanding - The Aesthetics of Design from a Semiotic Approach*”, Trelleborg, Liber
- Swift K. G. et al (1997), ”*Process Selection - From Design to Manufacture*”, Burlington, Butterworth-Heineman
- Johannesson, H., Persson, J-G. och Pettersson, D. (2004) Produktutveckling – effektiva metoder för konstruktion och design. Stockholm, Liber AB
- Ottosen, N. et al (1992) ”*Introduction to the Finite Element Method*”, Essex, Pearson

### Övriga källor

- ”*Eugen Wiberger AB - Maskindetaljer i Göteborg...*” [www]; Eugen Wiberger AB, (2010); tillgängligt på <<http://www.wiberger.se/templates/excenter-spaerrhandtag.htm>>; hämtat 18 maj 2010
- Hedman, Sven-Åke; Truckansvarig ICA AB Kungälv, [intervju], Kungälv, mars 2010.
- Nielsen, Krister; BT Products, [intervju], Mjölby, april 2010



## BILAGOR

I.	BT:s beskrivning av uppdraget.....	lxxviii
II.	Gantt-schema.....	lxxxI
III.	Kravspecifikation.....	lxxxiii
IV.	Skriftlig funktionsmodell.....	lxxxiv
V.	HTA.....	lxxxv
VI.	Funktionspil.....	lxxxvi
VII.	Intervjuunderlag, ICA.....	lxxxvii
VIII.	Exressionboard.....	lxxxviii
IX.	Imageboard.....	lxxxix
X.	E-profil.....	xc
XI.	Gamla fästet.....	xcI
XII.	Koncept.....	xcii
	XII.I. Koncept Växelspak.....	xcii
	XII.II. Koncept Tång.....	xciii
	XII.III. Koncept U.....	xciv
	XII.IV. Koncept Gångjärn.....	xcv
	XII.V. Koncept Ask.....	xcvi
	XII.VI. Koncept Trapetsoid.....	xcvii

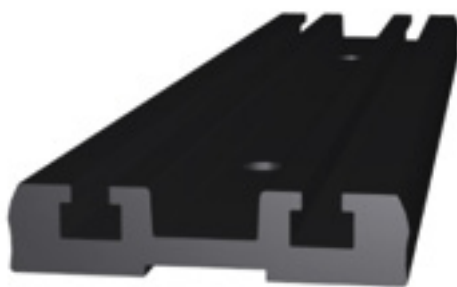
XII.VII. Koncept Flärp.....	xcvii
XII.VIII. Koncept Puck.....	xcviii
XII.IX. Koncept Cirkel.....	xcviii
XIII. Urvalsmatris – Kesselring.....	xcix
XIV. Beräkning av tillverkningskostnad.....	c
XIV.I. Gångjärnshalva med fäste mot tillbehör.....	c
XIV.II. Armdel.....	ci
XIV.III. Gångjärnshalva med puck.....	ci
XIV.IV. Fästhalva x 2.....	cii
XIV.V. Excenterspännare x 2.....	ciii
XV. FEM.....	civ
XV.I. Meshning av Armdel.....	civ
XV.II. Meshning av Fästet.....	cv
XVI. Slutkonceptet.....	cviii
XVI.I. Övre fäste.....	cviii
XVI.II. E-profilsfäste.....	cix
XVI.III. Gånjärn, del A.....	cx
XVI.IV. Gånjärn, del B.....	cx
XVI.V. Handtag.....	cx
XVI.VI. Funktionsmodell.....	cxii
XVI.VII. Sprängskiss.....	cxv

## I. BT:s beskrivning av uppdraget

Vi har försökt ta fram en uppgift som innehåller många utmaningar men som samtidigt är avgränsad nog för att inrymmas i ett kandidatarbete. Nedan följer en kort beskrivning av uppdraget och bakgrunden till detta.

### **Bakgrund**

För att hantera en växande efterfrågan av flexibla monteringslösningar av trucktillbehör/förarhjälpmedel tog BT fram en extruderad aluminiumprofil kallad E-bar. Profilen kapas i olika längder och kan monteras på större delen av BT's truckflotta. Mot profilen kan sedan en stor mängd tillbehör som t.ex. skrivskiva, PC-hållare, krympfilmshållare m.m. monteras. Tillbehören som kunden kan köpa är både egentillverkade och standardkomponenter från externa leverantörer.



Figur 34. E-bar

### **RAM-fästen**

Många tillbehör använder en monteringslösning från företaget RAM Mounts som erbjuder en mängd olika fästapplikationer och som bygger på samma enkla men geniala princip. Mellan två gummiklädda kulor monteras en tvådelad arm i aluminium som med en fjäder och ett vred komprimeras runt kulorna. Armarna finns i olika längder och kan monteras med stor flexibilitet och goda vibrationsdämpande egenskaper. Problemet med armarna är det höga priset. Dessutom är flexibiliteten ofta i överkant då t.ex. placeringen av en PC sällan justeras efter installation.



Figur 35. PC monterad i en BT Reflex Truck



Figur 36. RAM-fästen monterade i BT Reflex

### **Flexibelt universalfäste**

Vi vill ge er i uppdrag att utveckla ett nytt flexibelt universalfäste som ska monteras mot vår ”E-bar”-profil. Det nya fästet ska kunna ersätta dagens RAM-fäste till en lägre kostnad och ska användas till t.ex. PC, tangentbord, scannerhållare m.m. Viktiga egenskaper hos det nya fästet är:

### **Justerbarhet**

För att uppnå en ergonomisk position på tillbehören som ska användas tillsammans med universalfästet är det viktigt att fästet kan vinklas och roteras. Dock behöver inte samma flexibilitet som RAM-fästet eftersträvas då vi antar att justering främst sker i samband med installation och att standardverktyg finns tillgängliga.

### **Flera längder**

Idag erbjuds RAM-fästet i två olika längder samma krav gäller för det nya fästet.

### **Robusthet**

Då fästet ska användas i intensiva industriapplikationer krävs en robust konstruktion. Fästet ska dessutom klara att hålla en dator som väger upp till 5 kg.

### **Vibrationsdämpande egenskaper**

Många av de applikationer som ska användas tillsammans med fästet innehåller elektronik som är känslig för vibrationer. Därför är det viktigt att fästet dämpar ut vibrationer.

### **Inbyggd strömförsörjning**

Eftersom alla truckar inte erbjuder strömförsörjning vill vi att ni åtminstone erbjuder strömförsörjning som en integrerad option.

### **Låg tillverkningskostnad**

Till dyra, vibrationskänsliga applikationer som en PC är kunden idag beredd att betala ett ganska högt pris för ett fäste då kostnaden för en trasig PC är betydligt högre. Men när det handlar om t.ex. en skrivskiva eller en scannerhållare är det svårt att motivera ett högt pris och därför är det viktigt att vi kan erbjuda prisvärda och samtidigt ergonomiska lösningar.

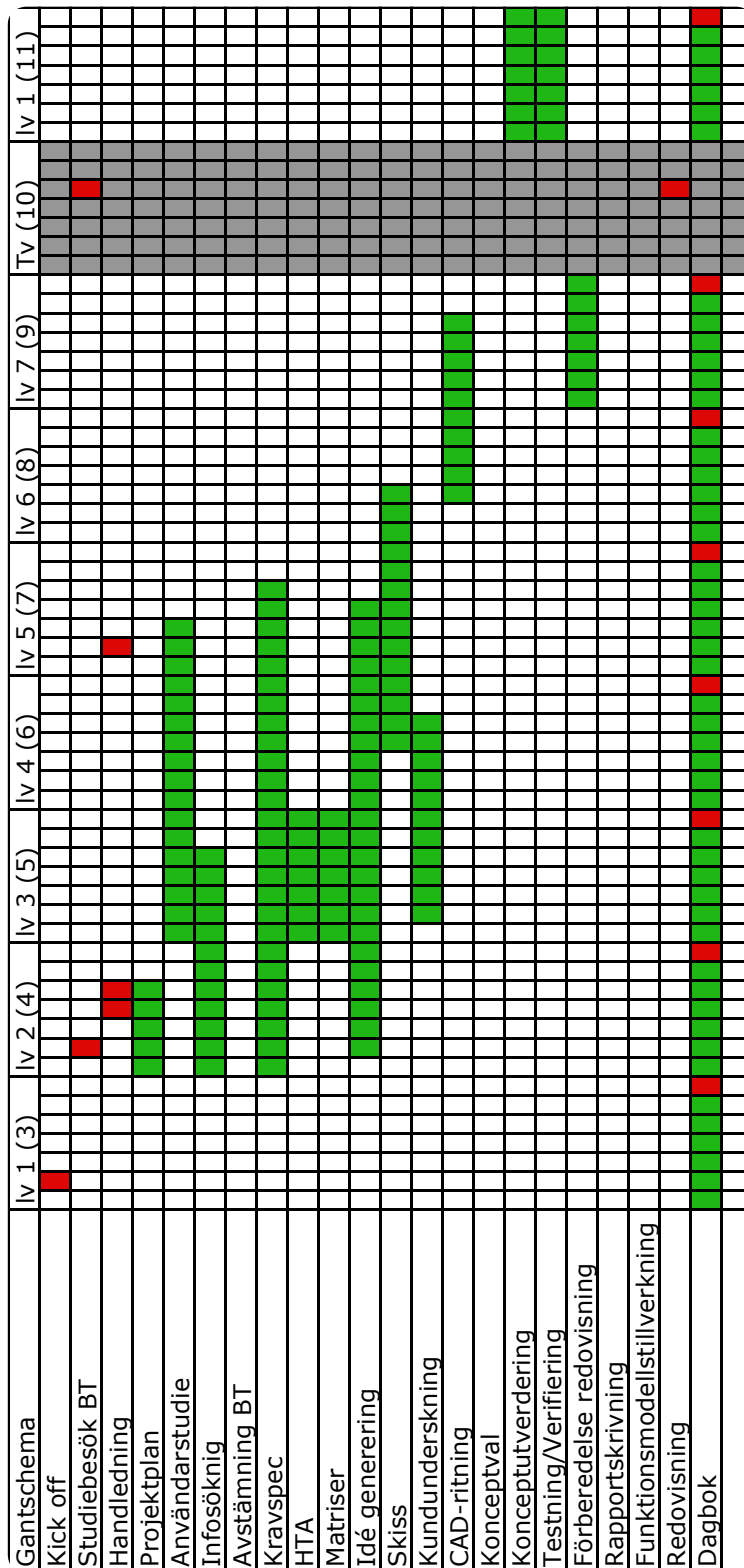
### **Omfattning**

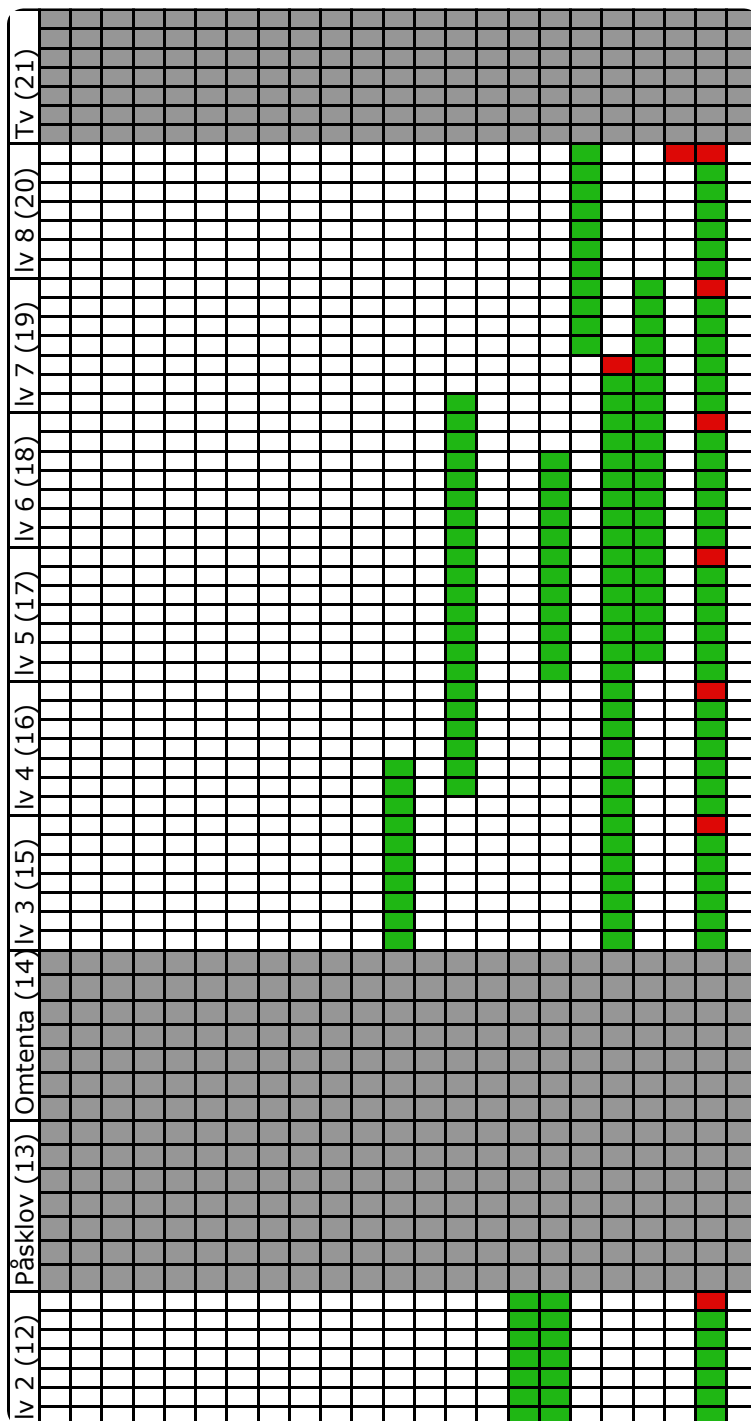
Från vår sida förväntar vi oss att arbetet innefattar följande:

- Kravinsamling / specifikationsframtagning
- State of the Art inventering
- Intervjuer med tänkta brukare
- Konstruktion (hållfasthet, design, ergonomi, produktkostnad m.m.)
- Verifiering (hållfasthet, funktion, kvalitet m.m.)



II. Gantt-schema

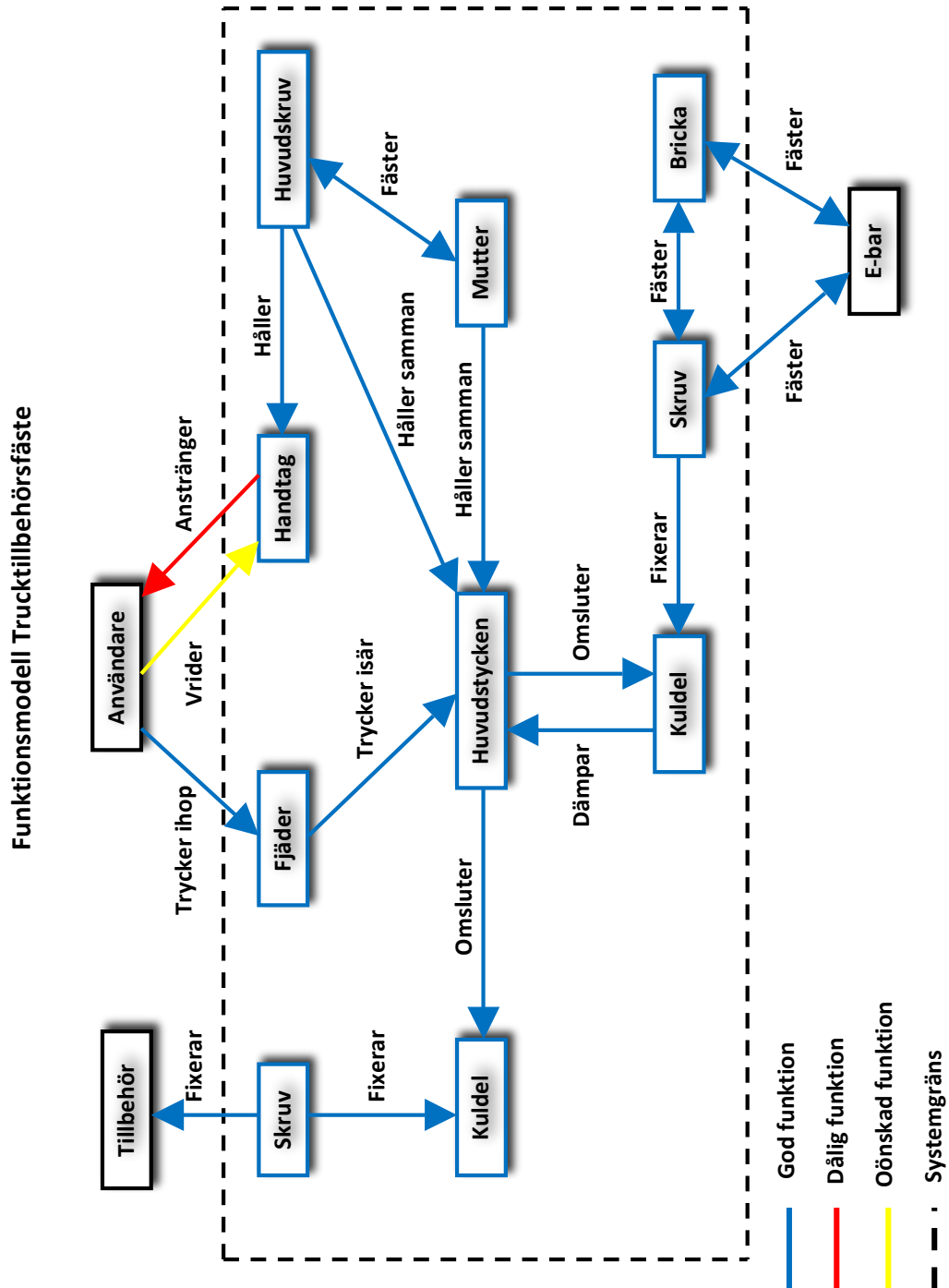




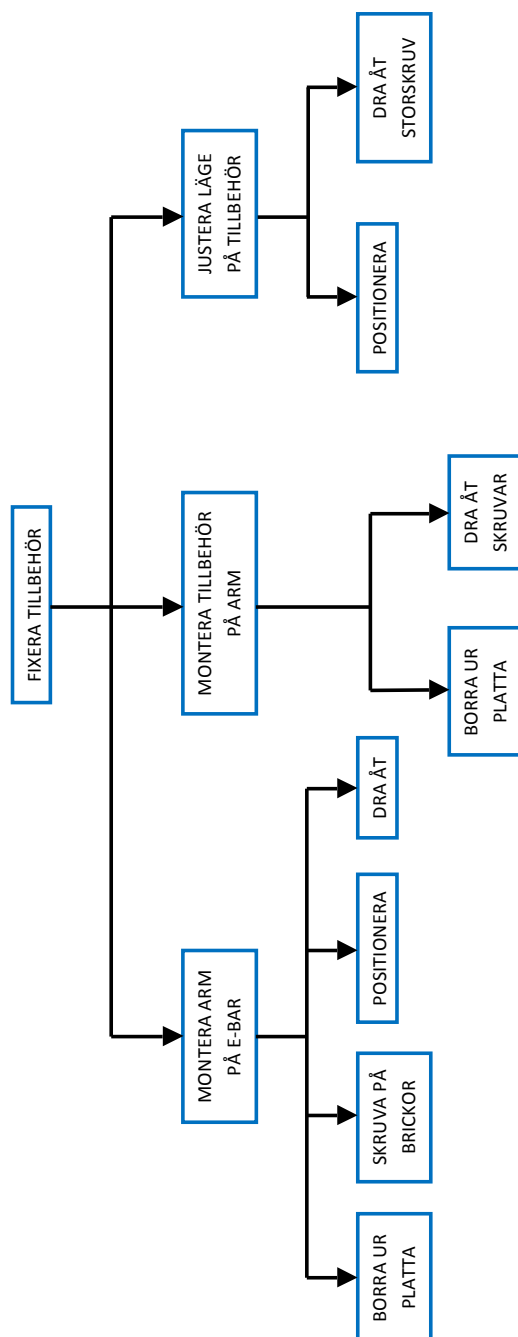
## III. Kravspecifikation

Chalmers	Dokumenttyp	Kravspecifikation			Version 2.1
	Projekt	Trucktillbehörsfäste			
Utfärdare: BT-gruppen	Skapad: 2010-02-02 Modifierad: 2010-04-20				
Kriterier	Målvärde	K/Ö/I	Vikt	Verifieringsmetod	Referens (kravställare)
Funktion	Fästa trucktillbehör på truck	K			
1. Prestanda					
1.1 Tillbehörsvikt	Två armar klarar 5 kg	K		Hållfasthetsberäkning	BT
1.2 Tillbehörsvikt	En arm klarar 5 kg	Ö	3	Hållfasthetsberäkning	BT
1.3 Vibrationsdämpande	JA	K		Vibrationstester	BT
2. Omgivningstemperatur					
2.1 Justeringstemperatur	från 5 till 35° C	K		Materialkännedom	BT
2.2 Operativ temperatur	från -35 till 45° C	K		Materialkännedom	BT
2.3 Lagringstemperatur	från -40 till 85° C	K		Materialkännedom	BT
3. Livslängd					
3.1 Livslängd	10 år (10 000 arbetstimmar)	K		Utmattningsberäkning	BT
4. Underhåll					
4.1 Service	Service ska ej behövas	K		Konstruktionsanalys	Projektteamet
5. Tillverkningskostnad					
5.1 Tillverkningskostnad för arm	300 kr	K		DFM/leverantörskonkakt	Projektteamet
5.2 Tillverkningskostnad för arm	< 300 kr	Ö		DFM/leverantörskonkakt	Projektteamet
6. Storlek					
6.1 Längd	Skalbar längd	K		Konstruktionsanalys	BT
6.2 Längd	Justerbar längd Rektangulär, 38x30 mm, håldiameter 5,5 mm	Ö	3	Tester/konstruktionsanalys	Projektteamet
6.3 Hålbild fäste mot tillbehöret		K		Mätning	BT
7. Montering					
7.1 Monteringssätt	Med standardverktyg	K		Tester/konstruktionsanalys	BT
7.2 Monteringssätt	Med händer	Ö	4	Tester/konstruktionsanalys	Projektteamet
7.3 Monteringstid	< 5 min	K		Tester	Projektteamet
7.4 Monteringstid	< 30 s	Ö	2	Tester	Projektteamet
8. Tilläggfunktioner					
8.1 Kabeldragning av 5,5 mm kabel	Extern ska vara möjlig	K		Konstruktionsanalys	BT
8.2 Kabeldragning av 5,5 mm kabel	Integrerad kabeldragning	Ö	2	Konstruktionsanalys	BT
8.3 Elkontakt	Lösning ska presenteras	K		Konstruktionsanalys	BT
8.4 Elkontakt	Integrerad elkontakt	Ö	1	Konstruktionsanalys	BT
10. Tillverkningsanläggning					
10.1 Produktionsvolym	5000 enheter/år	K		Simulering	BT
12. Vikt					
12.1 Vikt	< 1 kg	K		Beräkning mha CAD-modell	Projektteamet
12.2 Vikt	< 0,6 kg	Ö	1	Beräkning mha CAD-modell	Projektteamet
13. Estetik och ytfinish					
13.1 Färg	Svart	K		Visuell besiktning	BT
13.2 Ytfinish	Jämn yta	K		Visuell besiktning	Projektteamet
14. Material					
14.1 Kemikaliebeständighet	Opåverkad av hydraulolja Ingen korrosion med eventuell ytbehandling	K		Test/Materialkännedom	BT
14.2 Korrosionsbeständighet		K		Test/Materialkännedom	BT
14.3 Luftfuktighet	98% upp till 55° C	K		Test/Materialkännedom	BT
15. Robusthet					
15.1 Stöttålighet	30 G, 6 ms, treaxlig stöt, 1-3 Hz, 20° C	K		Simulering/beräkning	BT
15.2 Vibrationstålighet	5-500 Hz med 2 G	K		Simulering/beräkning	BT
17. Ergonomi					
17.1 Fysisk ergonomi	Tillräcklig räckvidd	K		Konstruktionsanalys/test	Projektteamet
17.2 Kognitiv ergonomi	Lättanvänd	Ö	2	Konstruktionsanalys/test	Projektteamet
18. Indikation					
18.1 På om armen är åtskruvad	Fysisk	K		Konstruktionsanalys/test	Projektteamet
18.2 På om armen är åtskruvad	Visuell	Ö	1	Konstruktionsanalys/test	Projektteamet
18.3 På om armen är åtskruvad	Audiell	Ö	1	Konstruktionsanalys/test	Projektteamet
19. Kvalitet och tillförlitlighet					
19.1 Tillförlitlighet	90% av levererad volym ska	K		Beräkning	Projektteamet
20. Lagerlivslängd					
20.1 Lagerlivslängd	> 10 år	K		Konstruktionsanalys	Projektteamet
24. Säkerhet					
24.1 Säkerhet	Inga vassa hörn och kanter	K		Konstruktionsanalys	Projektteamet
24.2 Säkerhet	Ingen klämrisk	Ö	2	Konstruktionsanalys	Projektteamet

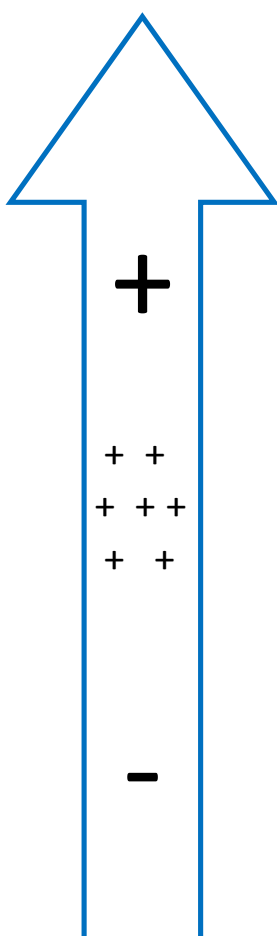
IV. Skriftlig funktionsmodell



## V. HTA



## VI. Funktionspil



### Huvudfunktioner:

- Fixera tillbehör
- Medge lägesjustering av tillbehör

### Tilläggfunktioner:

- Dämpa vibrationer från truck
- Indikerar om låsstatus
- Underlättar kabeldragning
- Underlättar elkontaktsmontering

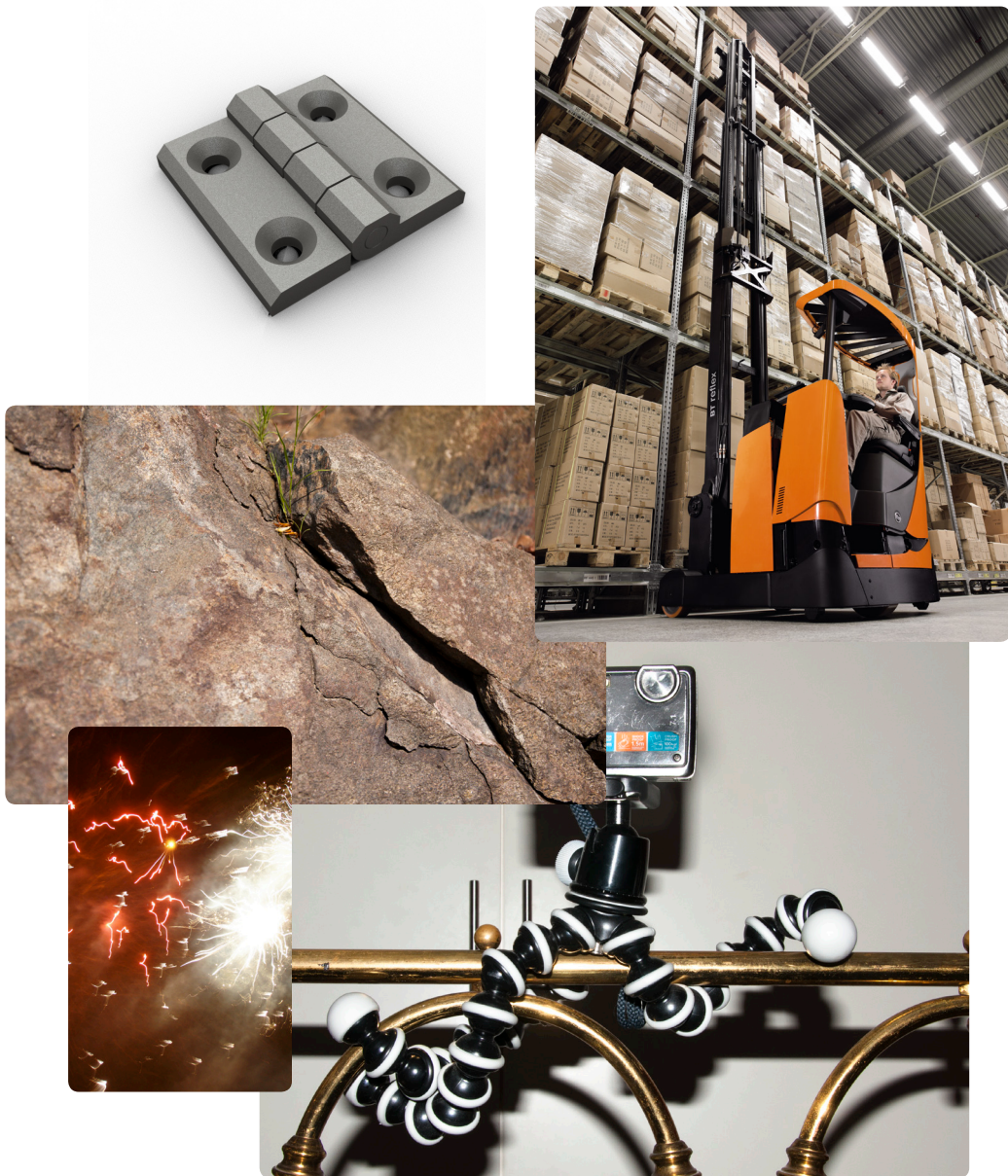
### Oönskade funktioner:

- Anstränger användare vid justering
- Ändrar lägesjusteringen vid hårda stötar

## VII. Intervjuunderlag, ICA

1. Vilka typer av tillbehör har ni till truckarna?
2. Har ni tillbehör på alla truckar? Hur stor andel?
3. Har ni personliga truckar?
4. Ställer ni ofta om armen? Hur ofta?
5. Om Ja på fråga4: Är det enkelt att ställa om armen? Är den tillräckligt flexibel?
6. Skulle det underlätta om armen kunde justeras i längsled?
7. Använder ni egna lösningar eller modifieringar på infästning?
8. Har ni upplevt några problem med dagens tillbehörsfäste?
9. Känns den tillräckligt stabil/vibrationsdämpande?
10. Till inköpare: Vad tycker ni om priset? Känns fästet prisvärt?

## VIII. Exressionboard





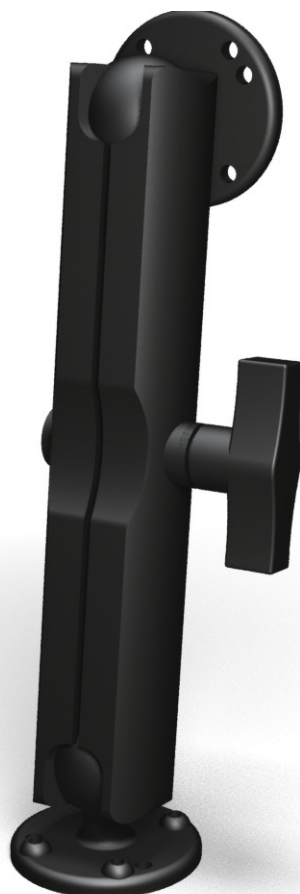
IX. Imageboard



X. E-profil

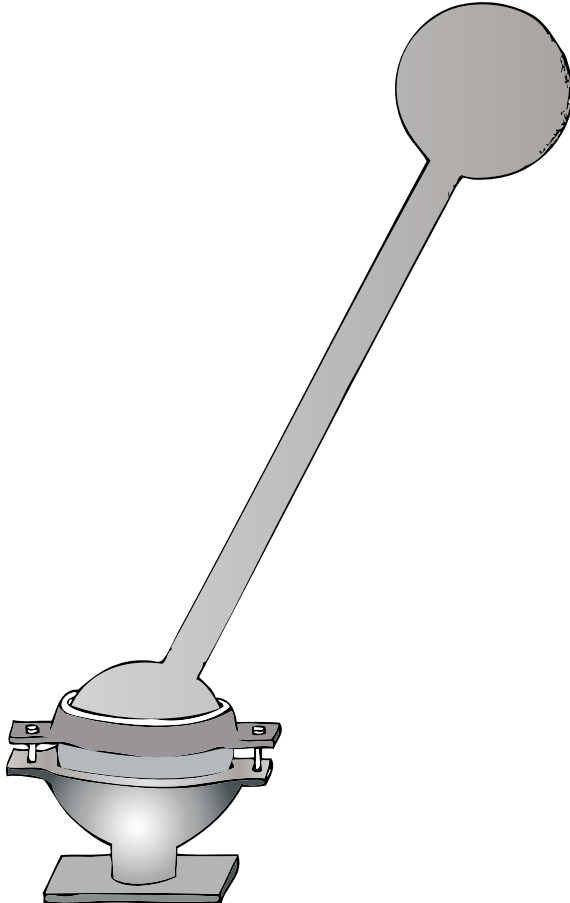


XI. Gamla fästet



## XII. Koncept

### XII.I. Koncept Växelspak



XII.II. Koncept Tång



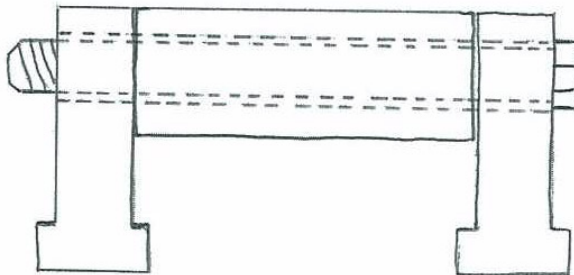
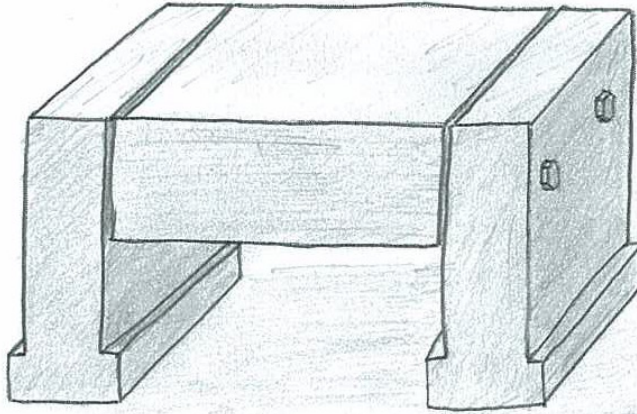
XII.III. Koncept U



XII.IV. Koncept Gångjärn

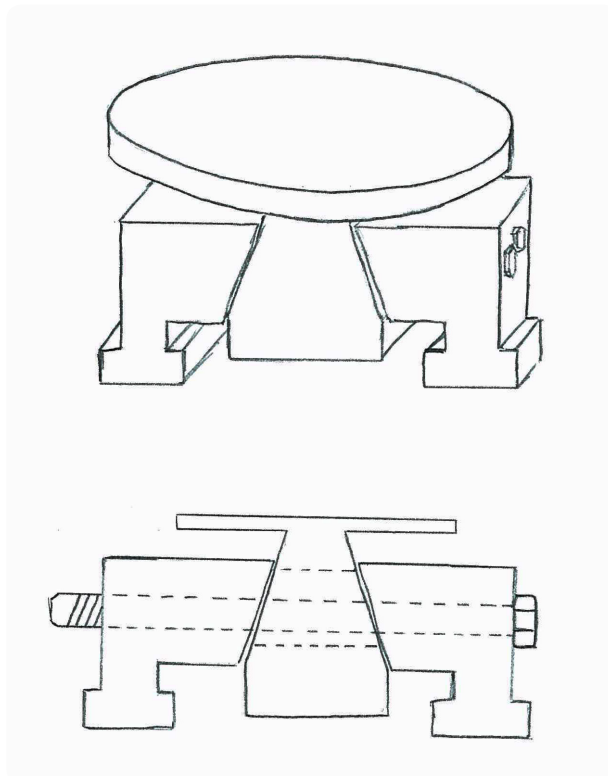


XII.V.   Koncept Ask

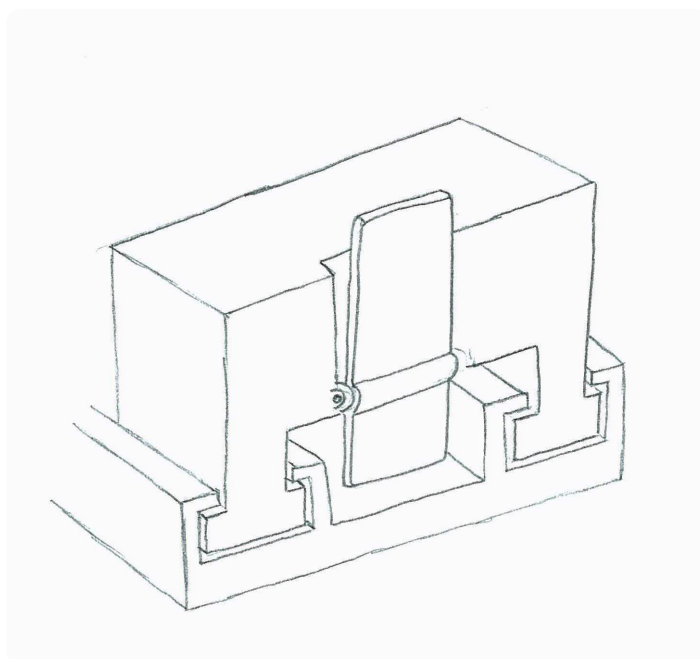




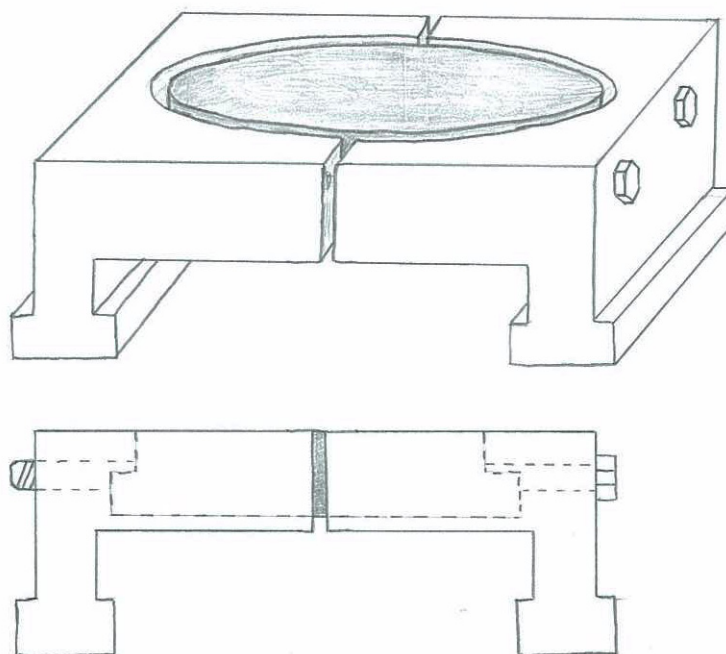
XII.VI. Koncept Trapetsoid



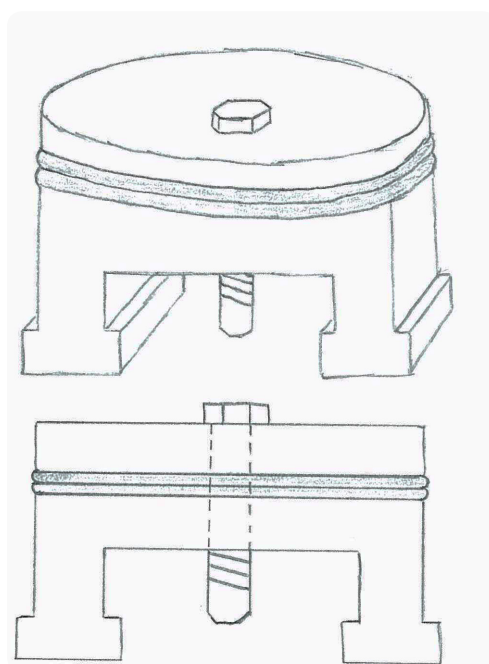
XII.VII. Koncept Flärp



XII.VIII. Koncept Puck



XII.IX. Koncept Cirkel



## XIII. Urvalsmatris – Kesselring

Chalmers		Kesselringmatris:					
Utfärdare: BT-gruppen		Skapad: 2201		Modifierad: 250310		Sid 1	
Kriterier		Alternativ					
		Ideal		Koncept Gångjärn		Koncept Tång	
Namn	w	v	t	v	t	v	t
Fästkraft	4	5	20	5	20	3	12
Montering	2	5	10	5	10	3	6
Demontering	1	5	5	5	5	3	3
Tillverkningskostnad	5	5	25	3	15	3	15
Tolerans	1	5	5	3	3	4	4
Robusthet	5	5	25	3	15	4	20
Miljö	3	5	15	3	9	3	9
Livslängd	2	5	10	4	8	4	8
Ergonomi	3	5	15	5	15	3	9
Indikering	3	5	15	5	15	2	6
Vibrationsdämpande	4	5	20	2	8	2	8
Säkerhet	3	5	15	4	12	4	12
Underhåll	4	5	20	3	12	4	16
Estetik	2	5	10	4	8	3	6
Total		70	210	54	155	45	134
Rel total		1,00	1,00	0,77	0,74	0,64	0,64
Medel		5,00	15,00	3,86	11,07	3,21	9,57
Avvikelse		0,00	5,00	0,88	3,79	0,56	3,88
Median		5,00	15,00	4,00	11,00	3,00	8,50
Antal svaga punkter		0		0		0	
Rangordning							
Beslut		Koncept Gångjärn väljs, bäst förutsättningar					

#### XIV. Beräkning av tillverkningskostnad

Tillverkningskostnaderna för de olika komponenterna, som ingår i produkten, har räknats ut med hjälp av Process Selection From Design to Manufacture. Nedan visas de formler som används vid beräkningarna.

$$M = VC_{mt} + R_c P_c$$

$M$  = Tillverkningskostnad för en tillverkningsmetod

$V$  = Volym för förbrukat material

$C_{mt}$  = Materialkostnad per volymenhet

$R_c$  = Relativitetskostnadskoefficient

$P_c$  = Baskostnad för idealkomponent

$$R_c = C_{mp} C_c C_s C_{ft}$$

$C_{mp}$  = Materialets tillämpbarhet

$C_c$  = Formkomplexitet

$C_s$  = Sektionskoefficient

$C_{ft}$  = Antingen tolerans- eller ytjämnhetskoefficient

$$V = V_f W_c$$

$V_f$  = Volym på färdig komponent

$W_c$  = Spillkoefficient

Den färdiga komponentens volym  $V_f$  räknas ut från de framtagna CAD-modellerna. De resterande koefficienterna läses av i boken från olika tabeller och diagram.

Tillverkningsvolymen är satt till att vara 5000 tillbehörsfästen/år och vissa komponenter i två exemplar för varje tillbehörsfäste. Toleransen för alla komponenter är satt till 0,05 millimeter och ytjämnhetsfaktorn är satt till 1 mikrometer. Vid beräkningarna har en valutakurs används där 1 brittiskt pund är 11 svenska kronor.

##### XIV.1. Gångjärnshalva med fäste mot tillbehör

Denna komponentdel ska tillverkas i aluminium genom pressgjutning. Detta ger att:

$$P_c = 20,0$$

$$C_{mp} = 1,5$$

$$C_c = 2,7$$

$$C_s = 1,0$$

$$C_{fi} = 2,8$$

$$V_f = 52\,000 \text{ mm}^3$$

$$W_c = 1,15$$

$$C_{mt} = 0,00078 \text{ pence/mm}^3$$

$$\Rightarrow M \approx 30,1 \text{ kr/detalj}$$

#### XIV.II. Armdel

Denna komponentdel ska tillverkas i aluminium genom pressgjutning. Detta ger att:

$$P_c = 20,0$$

$$C_{mp} = 1,5$$

$$C_c = 2,7$$

$$C_s = 1,0$$

$$C_{fi} = 2,8$$

$$V_f = 141\,000 \text{ mm}^3$$

$$W_c = 1,15$$

$$C_{mt} = 0,00078 \text{ pence/mm}^3$$

$$\Rightarrow M \approx 38,9 \text{ kr/detalj}$$

#### XIV.III. Gångjärnshalva med puck

Denna komponentdel ska tillverkas i aluminium genom pressgjutning. Detta ger att:

$$P_c = 20,0$$

$$C_{mp} = 1,5$$

$$C_c = 2,7$$

$$C_s = 1,0$$

$$C_{ft} = 2,8$$

$$V_f = 55\,300 \text{ mm}^3$$

$$W_c = 1,15$$

$$C_{mt} = 0,00078 \text{ pence/mm}^3$$

$$\Rightarrow M \approx 30,4 \text{ kr/detalj}$$

#### XIV.IV. Fästhalva x 2

Dessa komponentdelarna ska tillverkas i hårdplast genom formsprutning. Detta ger att:

$$P_c = 10,0$$

$$C_{mp} = 1,0$$

$$C_c = 1,7$$

$$C_s = 1,0$$

$$C_{ft} = 2,0$$

$$V_f = 111\,000 \text{ mm}^3$$

$$W_c = 1,1$$

$$C_{mt} = 0,00033 \text{ pence/mm}^3$$

$$\Rightarrow M \approx 8,2 \text{ kr/detalj} = 16,4 \text{ kr/tillbehörsfäste}$$

Genom att summera tillverkningskostnaderna för alla komponenter så fås den totala tillverkningskostnaden:

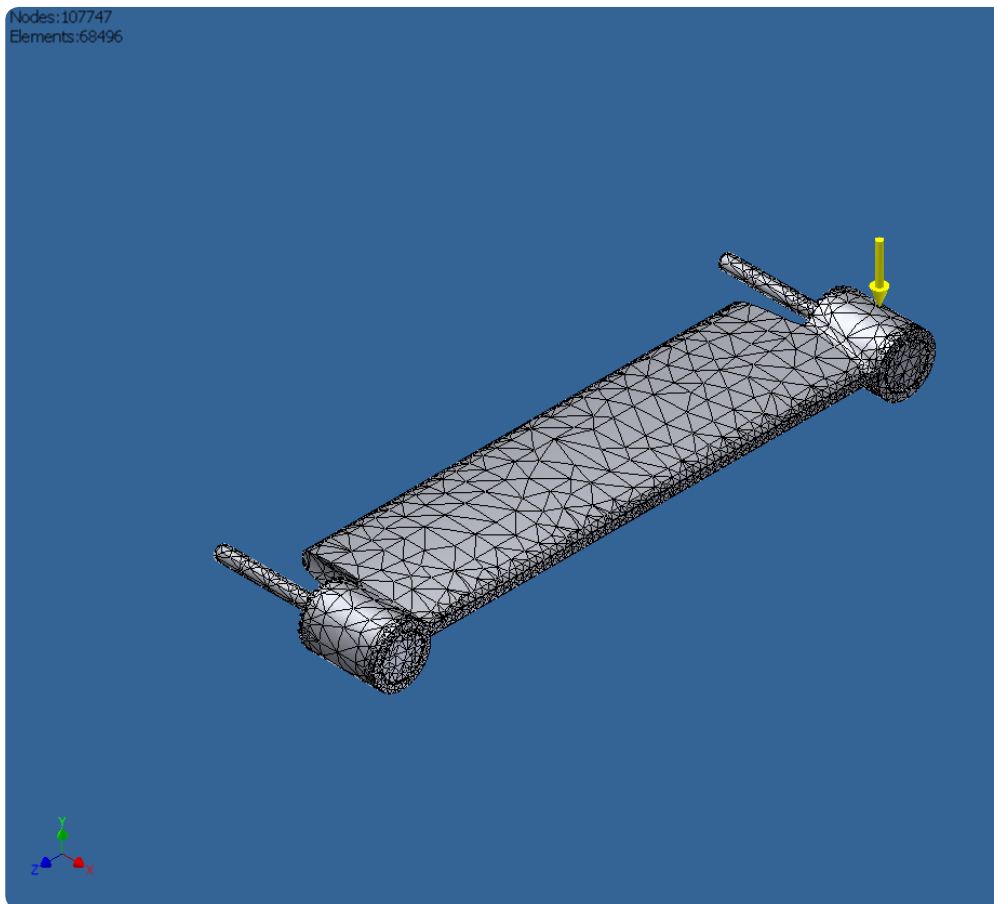
$$M_{tot} = 30,1 + 30,4 + 16,4 + 38,9 = 115,8 \text{ kr/tillbehörsfäste}$$

XIV.V. Excenterspännare x 2

De excenterspännare som använts vid konstruktionen av konceptet och också till den funktionsmodell som gjorts är från Eugen Wiberger AB. Enligt deras hemsida kostar en sådan 86,7 kr. Om BT skulle inleda ett samarbete med någon tillverkare av excenterspännare med ett inköpslöfte på 10 000 st per år så skulle detta styckpris reduceras kraftigt.

## XV. FEM

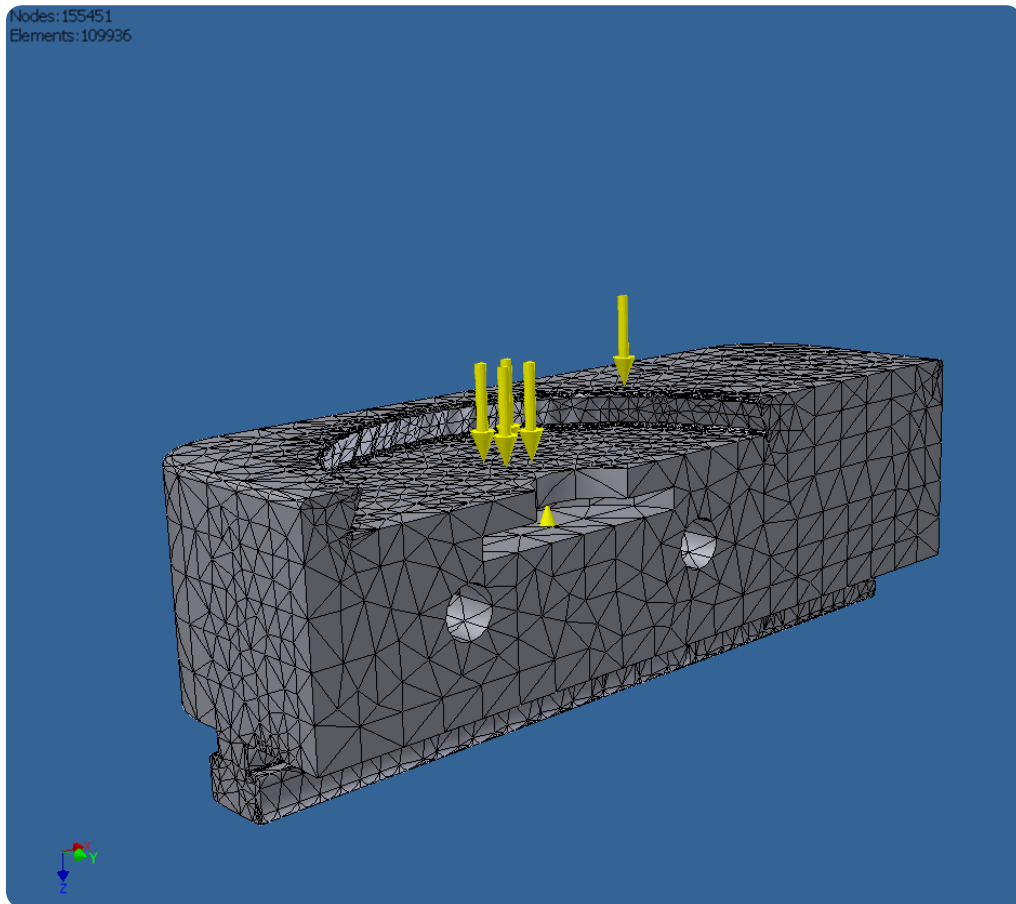
### XV.I. Meshning av Armdel



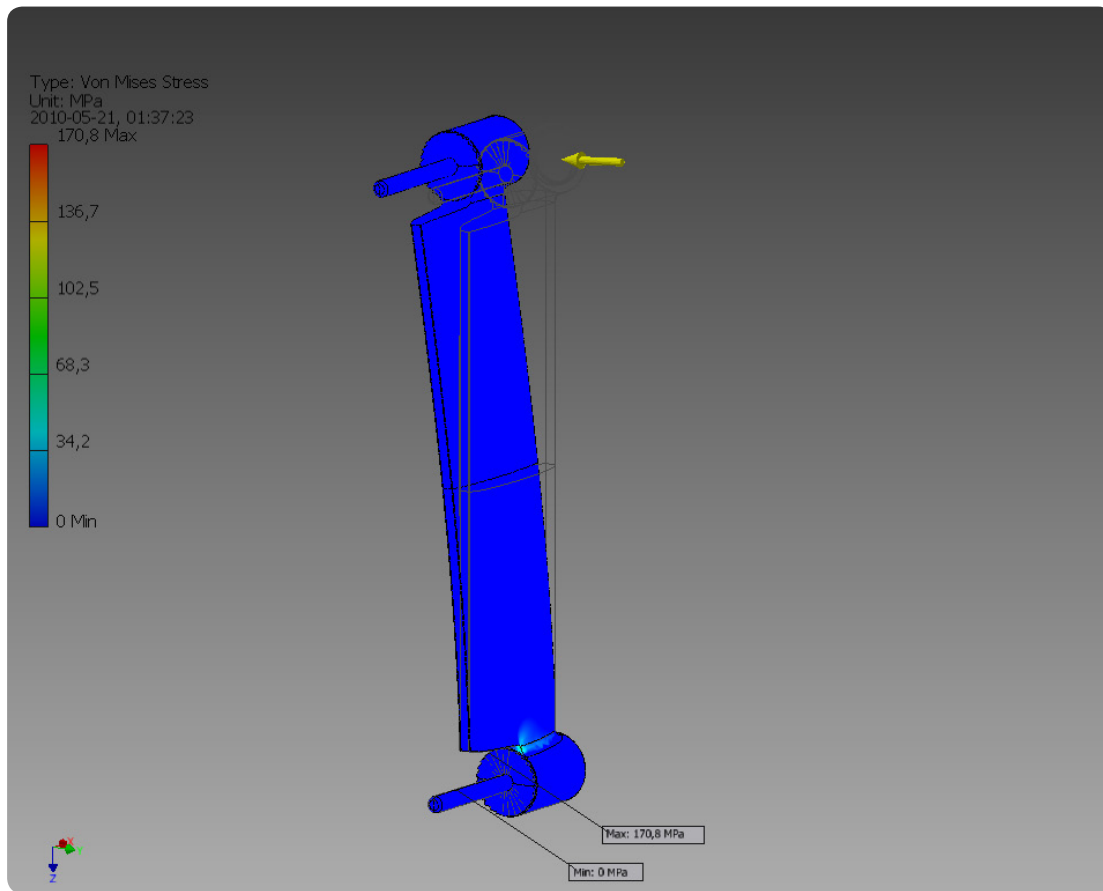
**Figur 37.** Armdelen med en belastning av 100 N, här markerad med en gul pil.



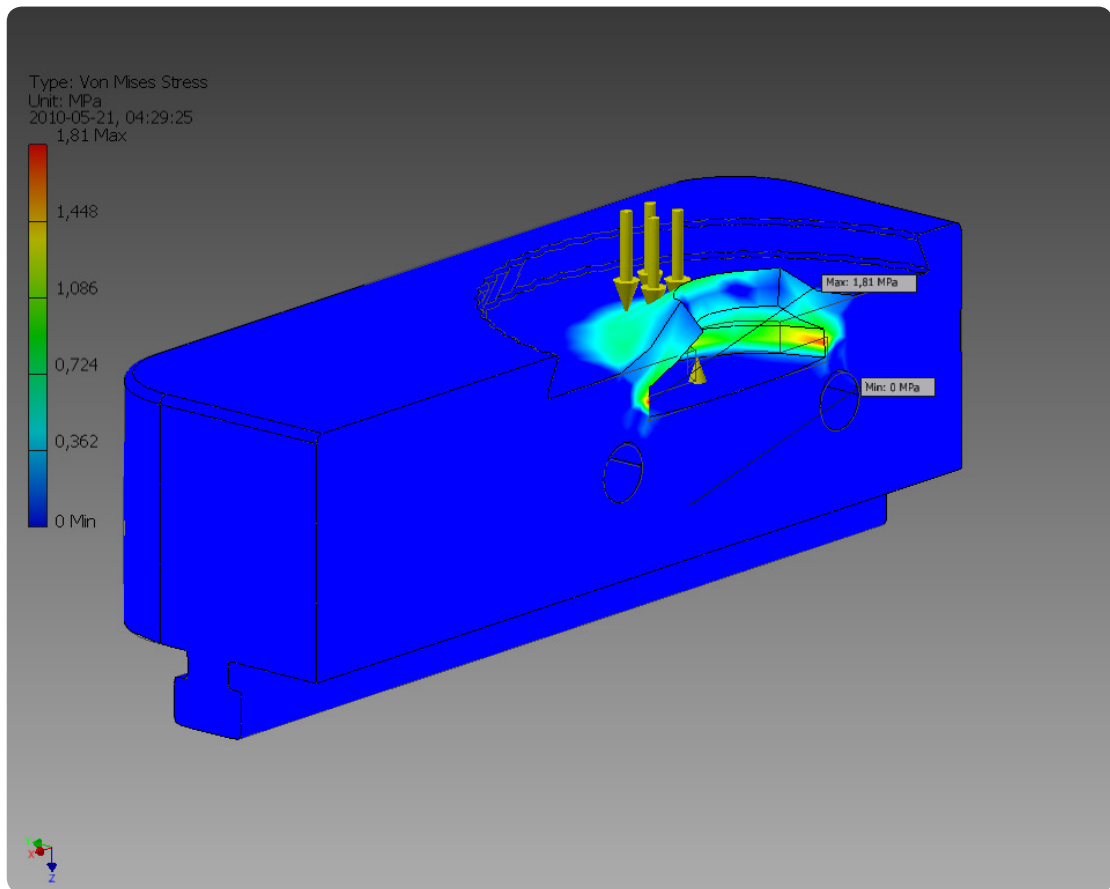
## XV.II. Meshning av Fästet



**Figur 38.** Ena halvan av puckfästet där den utsätts för ett tryck från tillbehöret samt gravitation, i den nedre urgröpningen är den belastad med en 50 N last, som simulerar en vridning av tillbehöret kring x-axeln.



**Figur 39.** FEA av tillbehörfästets armdel; spänningskoncentrationen (170 MPa) kan ses vid det nedre gångjärnet; den gula pilen visar kraftens (100 N) angreppspunkt.



Figur 40. FEA av tillbehörsfästets ena halva av puckfästet; max spänning (1.81 MPa) vid den undre stödplattan

## XVI. Slutkonceptet

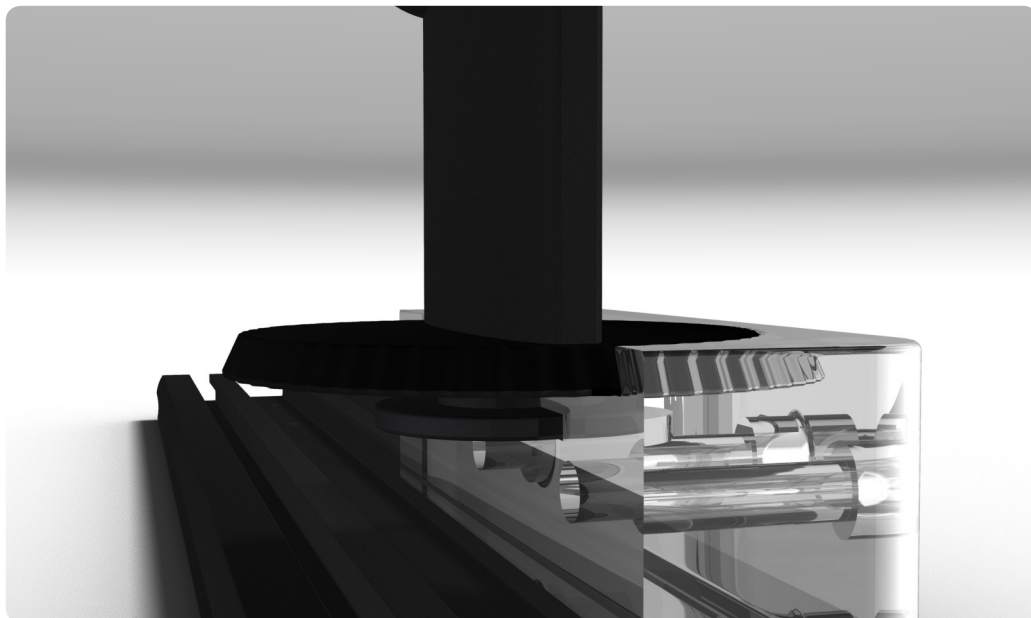


### XVI.I. Övre fäste

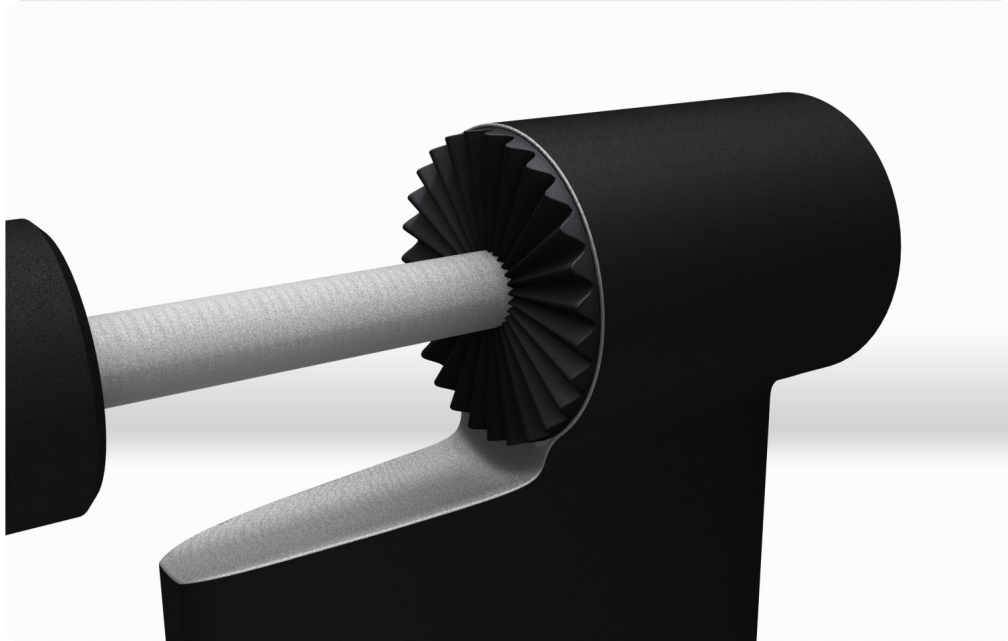




XVI.II. E-profilsfäste



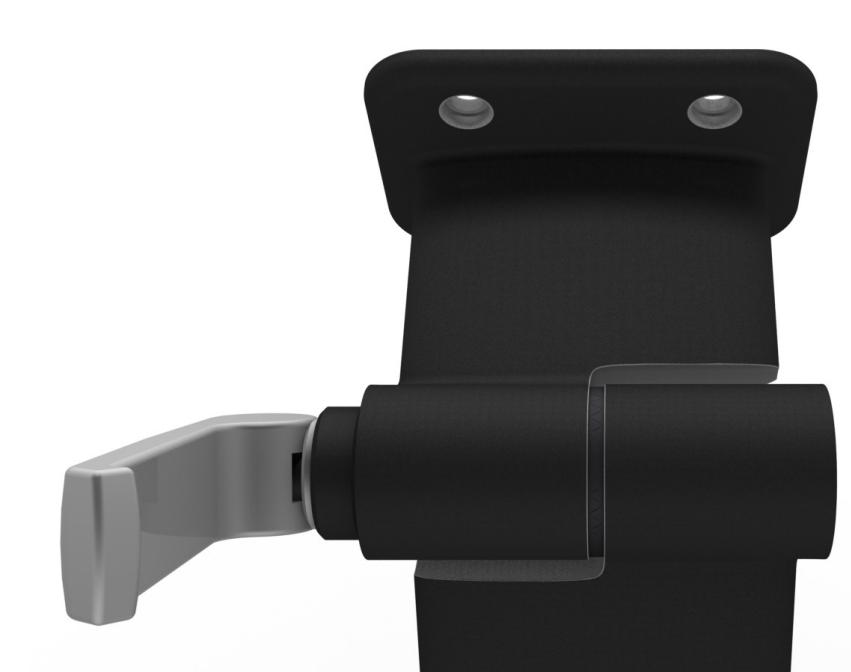
XVI.III. Gånjärn, del A



XVI.IV. Gångjärn, del B



XVI.V. Handtag



XVI.VI. Funktionsmodell









XVI.VII. Sprängskiss



