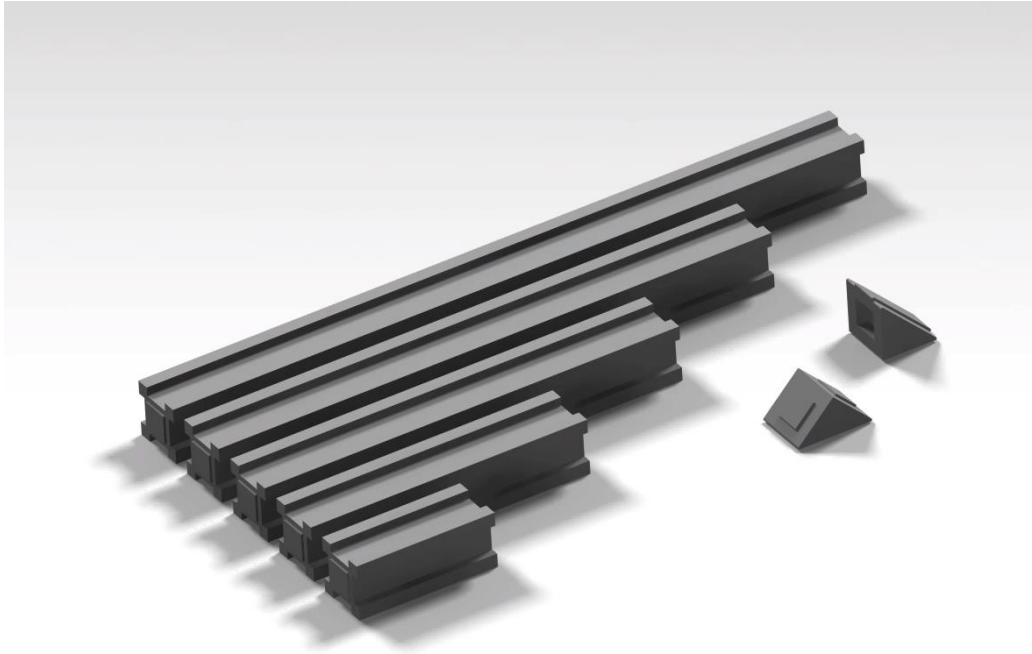




CHALMERS



Fysisk byggsats till fixturer för främjande av idégenerering

En modell av aluminiumprofilsystem

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Design och produktutveckling

STINA ALLANSSON
MATHILDA SVENSSON WALLENTIN

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2023
www.chalmers.se

Fysisk byggsats till fixturer för främjande av idégenerering

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Design och produktutveckling

STINA ALLANSSON,
MATHILDA SVENSSON WALLENTIN



CHALMERS

HANDLEDARE: HANS SJÖBERG
EXAMINATOR: KJELL MELKERSSON

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2023

Fysisk byggsats till fixturer för främjande av idégenerering
STINA ALLANSSON, MATHILDA SVENSSON WALLENTIN

© STINA ALLANSSON, MATHILDA SVENSSON WALLENTIN, 2023

Handledare: Hans Sjöberg, Industri- och Materialvetenskap
Examinator: Kjell Melkersson, Industri- och Materialvetenskap
Handledare på Företaget: Sandra Säfdal

Examensarbete
Institutionen för industri- och materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg, Sweden
Telephone +46 31-772 1000

Omslag: Rendering av komponenter ur den initiala byggsatsen.
Göteborg, Sverige 2023

Abstract

This bachelor's thesis was composed in collaboration with a structural design team at a company active in the defense and security industry. The company has identified potential in the use of aluminum profiles in their structural designs, meaning in their test rigs or racks. Hence, using a profile system would reduce the amount of time and resources spent on production and development. However, there is currently a lack of knowledge regarding the aluminum profile system. Therefore, the aim of this thesis is to research the need of and potentially develop a modular building kit to accommodate the lack of knowledge and educate the users on the aluminum profile system.

Initially, individual interviews were held with engineers at the company (primarily from the team) to establish the structure of the current design process, along with determine the need of, attitude towards and requirements for a modular building kit. Additional information where acquired through observations, one of an "idea generating session" and another of an "assembly session" where a fixture, primary composed out of elements from the aluminum profile system, where assembled. The information gathered where later analyzed with the KJ-method and the conclusion that there is a need for a building kit at the company where then drawn. To establish what pieces out of the profile system where needed, Items were mapped out.

Brainstorming sessions were held in aim to develop concepts for the building kit. The solution groups of fasteners were based on, magnets, fastening clips, velcro, rubber clips and suction cups. The concepts where later assessed with an Elimination matrix, two Pugh matrices and lastly a Kesselring matrix, to be evaluated. The last standing concept used velcro as the fastening method.

The concept was sketched out in CAD. The final concept was also produced as a 3D-printed prototype consisting of models of aluminum profiles, see figure below, however, with a simplified geometry to keep costs down and contribute to faster production. The profiles have recessed rails on the long sides where male parts of Velcro are attached. On the short sides there are small, raised square "plugs" that act as guide pins when fastening. On these raises female parts of velcro is attached, see figure below. The fasteners also consist of similar raised and recessed parts with velcro straps. All parts included in the construction kit are in scale 1:2 in relation to the aluminium profile system.

Finally, the concept was evaluated individually by the structural designers from the structural design team where it was clear that the prototype was successful and that they would like to use it in their daily work.



The 3D-printed building kit

Sammanfattning

Examensarbetet genomfördes i samarbete med en konstruktionsavdelning på ett företag verksamt inom försvarsindustrin. För att spara tid och resurser vid produktion och utveckling av fixturer, det vill säga testriggar eller ställningar, har företaget identifierat möjligheter i att konstruera med hjälp av aluminiumprofiler. Dock saknades kunskap och erfarenhet om aluminiumprofiler på företaget, därför ämnade projektet utveckla ett hjälpmedel för att skapa förståelse för aluminiumprofilsystem i form av en modellbyggsats.

Projektet initierades med intervjuer med konstruktörer på företaget för att kartlägga strukturen av konstruktionsprocessen i dagsläget, men även för att undersöka deras åsikter, önskemål och krav till en modellbyggsats. Intervjuerna kompletterades med en observation av ett idégenereringstillfälle hos konstruktionsteamet och en observation av montering av ett aluminiumprofilsystem. Intervjuerna och observationerna verifierade behovet av en byggsats representerande aluminiumprofilsystemet. Aluminiumprofilförsäljarens sortiment kartlades för att identifiera vilka komponenter som behövdes i byggsatsen.

En idégenerering hölls där koncept alstrades med lösningar på hur komponenter kan monteras. Lösningar såsom magneter, clips, kardborreband och sugkoppar utvecklades. Koncepten utvärderades genom elimineringsmatris, Pughmatriser och Kesselringmatris. Slutligen återstod endast ett vinnande koncept vilket baserades på kardborreband som fästelement.

Konceptet vidareutvecklades i CAD och en förenklad prototyp av slutkonceptet bestående av modeller av aluminiumprofiler och fästelement 3D-printades, se figur nedan. Geometrin hos slutkonceptet var däremot förenklad för att hålla nere kostnaderna och bidra till en snabbare produktion. Profilerna har försänkta skenor på långsidorna där han-delar av kardborreband sitter. På kortsidorna finns små förhöjda kvadratiska ”pluggar” som fungerar som styrcinnsar vid fästning och på dessa förhöjningar sitter hon-delar av kardborreband. Även fästelementen består av liknande förhöjda och försänkta delar med kardborreband. Byggsatsens ingående delar är i skala 1:2 i förhållande till aluminiumprofilsystemet.

Konceptet utvärderades av konstruktörerna i konstruktörsteamet där det framgick att prototypen var lyckad och att de skulle vilja använda den i sitt dagliga arbete.



Den 3D-printade byggsatsen

Förord

Kandidatarbetet har genomförts under våren 2023 på uppdrag av försvarsföretaget. Arbetet på 15 högskolepoäng har skrivits som en del av programmet Design och produktutveckling (180 högskolepoäng) på Chalmers tekniska högskola.

Vi vill rikta ett stort tack till försvarsföretaget som gett oss möjlighet att genomföra studien hos dem. Ett särskilt tack till var och en i konstruktionsteamet som hela tiden stöttat oss, ställt upp på intervjuer, svarat på alla våra frågor och fått oss att känna oss som en del av deras team.

Ett extra stort tack vill vi rikta till Sandra Säfdal som varit vår handledare på försvarsföretaget som från första dagen tog oss under sina vingar och såg till att vi blev inkluderade och välkomnade i konstruktionsteamet. Oavsett vilka problem vi stött på längst arbetets gång har hon stått till vårt förfogande.

Ytterligare ett stort tack till alla medarbetare på försvarsföretaget. Alla nyfikna frågor om vilka vi är, vad vi skriver om och hur det går för oss har gett oss extra motivation då vi märkt att vår byggsats skulle kunna användas på flera avdelningar inom företaget. Stort tack till alla er, ni har fått oss att längta efter att gå till jobbet varje dag.

Vi vill även tacka Catarina Eriksson för en gedigen korrekturläsning av arbetet.

Slutligen vill vi tacka vår handledare Hans Sjöberg, och vår examinator Kjell Melkersson som alltid hjälpt oss framåt då vi stött på hinder eller haft funderingar. Ert engagemang i vårt kandidatarbete har verkligen peppat oss genom projektet.

Innehåll

1.	Inledning.....	1
1.1.	Bakgrund.....	1
1.1.1.	Företaget och avdelningen.....	1
1.1.2.	Projektet.....	1
1.2.	Syfte.....	1
1.3.	Avgränsningar.....	2
1.4.	Frågeställning.....	2
2.	Teoretisk bakgrund och informationsinsamling.....	3
2.1.	Tidigare studier.....	3
2.1.1.	Design prototyping methods.....	3
2.1.2.	Hybrida prototypmetoder.....	3
2.2.	Scanning av det samtida utbudet av byggsatser.....	4
2.3.	Intervju som datainsamlingsmetod.....	5
2.4.	Leverantören av aluminiumprofilssystem.....	6
2.4.1.	Item.....	6
2.4.2.	Item Design Verktyg.....	7
2.4.3.	Items Profilsortiment.....	8
3.	Metoder.....	9
3.1.	Pilotintervju.....	9
3.2.	Intervjuer.....	9
3.3.	Nulägsanalys.....	10
3.3.1.	SWOT-analys.....	10
3.4.	Observation av idégenereringstillfälle.....	11
3.5.	Observation av montering av profiler.....	11
3.6.	KJ-analys.....	11
3.7.	The Okala Ecodesign Strategy Wheel.....	12
3.8.	Funktion och krav.....	12
3.9.	Idégenerering.....	13
3.10.	Konceptutvärdering.....	13
3.11.	Utvärdering av prototyp.....	13
4.	Resultat.....	14
4.1.	Pilotintervju.....	14
4.2.	Intervjuer.....	14
4.3.	Observation av idégenereringstillfälle.....	14
4.4.	Observation av montering av profiler.....	15
4.5.	Nulägsanalys.....	17
4.5.1.	Konstruktionsteamets arbetsgång och process.....	17
4.5.2.	Konkretisering av aluminiumets miljöpåverkan.....	18

4.5.3.	SWOT-analys på företagets produktionsenhet	18
4.6.	KJ-analys	19
4.6.1.	Dagens idégenerering	19
4.6.2.	Idégenerering individuellt, arbeta fysiskt	21
4.6.3.	Teamets syn på en eventuell byggsats och krav som ställs	22
4.6.4.	Varför ska aluminiumprofiler användas och vad gör dessa så bra?	23
4.6.5.	Rädslor och vad som krävs inför konstruktion med aluminiumprofilsystemet	24
4.6.6.	Nackdelar med Aluminiumprofiler	24
4.6.7.	Aluminiumprofiler och Creo	24
4.7.	Behov av byggsats.....	25
4.8.	Element att representera ur aluminiumprofilsystemet.....	25
4.9.	Kravgenerering med Okala Ecodesign Strategy Wheel	26
4.9.1.	Design för innovation.....	26
4.9.2.	Design för minskad materialpåverkan.....	26
4.9.3.	Design för tillverkningsinnovation.....	27
4.9.4.	Design för minskad distributionspåverkan.....	27
4.9.5.	Design för minskad beteende- och användningspåverkan.....	27
4.9.6.	Design för systemets livslängd.....	27
4.9.7.	Design för övergångssystem.....	28
4.9.8.	Design för optimerad End-of-Life.....	28
4.10.	Funktion och krav.....	28
4.10.1.	Funktionslista	28
4.10.2.	Kravspecifikation	29
4.11.	Idégenerering.....	31
4.11.1.	Magneter.....	31
4.11.2.	Kardborreband.....	33
4.11.3.	Clips.....	34
4.11.4.	Lim	36
4.11.5.	Sugkoppar.....	36
4.11.6.	Fästelement av gummi.....	36
4.11.7.	Häftmassa	38
4.12.	Konceptutvärdering	38
4.12.1.	Elimineringsmatris	38
4.12.2.	Pughs relativa beslutsmatris	39
4.12.3.	Kesselringmatris.....	45
4.13.	Vidareutveckling av koncept och prototypframtagning	51
4.14.	Utvärdering av prototyp	54
5.	Slutsats.....	55
5.1.	Hållbarhetsförbättringar	57

6. Diskussion och Rekommendationer	58
6.1. Diskussion	58
6.2. Rekommendationer för vidare arbete	58
Referenser.....	60
Bilagor.....	62

1. Inledning

I detta kapitel presenteras projektet och dess bakgrund. Vidare i kapitlet definieras projektets omfattning genom precisering av frågeställning samt presentation av avgränsningar.

1.1. Bakgrund

Projektet har genomförts under vårterminen 2023 som ett examensarbete under institutionen Industri- och Materialvetenskap på grundnivå på Chalmers tekniska högskola. Rapporten benämner företaget där projektet genomförts som ”företaget” eller ”försvarsföretaget”.

1.1.1. Företaget och avdelningen

Företaget verkar inom försvarsindustrin med fokus på radarlösningar för områdena luft, hav och mark. I skrivande stund står företaget för utveckling såväl som tillverkning av deras produkter och till följd av produkternas komplexitet är utvecklingsprocessen mycket omfattande och tidskrävande. Många iterationer och verifieringar genomförs innan produkterna är redo att lanseras på marknaden.

Projektarbetet riktas mot ett konstruktionsteam, som konstruerar fixturer som ritas upp i Creo Parametric, ett CAD-verktyg. Enligt Svenska Akademiens ordlista definieras fixtur som *“en uppspanningsanordning för arbetsstycken t.ex. i svarv”* (SAOL, 2015a). På avdelningen används begreppet snarare för syftning till ställningar eller testriggar för antenner eller andra komponenter. I rapporten kommer avdelningens definition användas.

1.1.2. Projektet

Företaget besitter omfattande kunskap om aluminium som material och företaget fräser ut majoriteten av fixturerna ur aluminiumämnen. Konstruktionsteamet har uppmärksammat brister med denna tillverkningsteknik, däribland det stora materialspillet som blir vid fräsning, långa produktionstider och omständlig produktionsberedningsprocess, vilket genererar stora ekonomiska kostnader.

För att minska dessa brister har de uppmärksammat Items aluminiumprofilsystem som ett alternativt konstruktionsmaterial. Profilsystemet består av tusentals olika profiler och tillhörande komponenter bland annat fästelement. Profilsystemet passar för enkel som såväl avancerad konstruktion av vagnar, stativ och fixturer.

Då aluminiumprofilsystemet inte har använts i stor utsträckning på företaget saknas kunskap och förståelse för hur det fungerar och vilka möjligheter och begränsningar det medför. Konstruktionsavdelningen har därför kommit med ett förslag om att utveckla en byggsats representerande Items aluminiumprofilsystem med förhoppning att byggsatsen skulle hjälpa dem få en större förståelse för aluminiumprofilsystemets funktioner, möjligheter och begränsningar.

1.2. Syfte

Projektet syftar till att undersöka behovet och utformningen av en fysisk byggsats av aluminiumprofiler vid konstruktion av fixturer, för ökad kunskap och användning.

1.3. Avgränsningar

Initiala avgränsningar för projektet behandlar bland annat leverantör av aluminiumprofiler. Företaget använder Item och Aluflex som leverantör av dessa profilsystem och detta måste tas i beaktande. Företaget har därför ställt krav på att en eventuell byggsats skall kopplas till Items sortiment. Däremot kan andra leverantörer och liknande system användas för inspirationsinsamling. Vidare avgränsas projektet till att behandla ett begränsat utbud av Items sortiment.

Utöver Item kommer eventuella underleverantörers geografiska position, tillverkning av komponenter och material inte tas i beaktande.

Inom projektets ram utvärderas inte hur väl byggsatsen bidrar till ökad kunskap om Items sortiment och om byggsatsen uppmuntrar till användning av Items system eller effekter på produktionskostnader. Vid eventuell framtagning av byggsats tas inga hänsyn till laster proportionella mot verklig konstruktion av fixturer. Rapporten inkluderar eller hanterar inget hemligt material, såsom specifika lösningar eller företagsspecifika produkter.

1.4. Frågeställning

Primärt handlar frågeställningen om hur behovet av ett fysiskt kommunikationsverktyg ser ut på företaget och hur ett sådant idégenereringsverktyg skulle kunna utformas. Den övergripande frågeställningen är:

Finns ett behov av en fysisk byggsats på företaget, och om behovet finns, hur skulle en sådan byggsats kunna utformas?

Andra frågeställningar att besvara längs vägen är:

- F1:** Hur ser arbetsgången ut för att ta fram en konstruktion för en fixtur idag?
- F2:** Vilka alternativa sätt finns idag för att kommunicera vid idégenerering bortsett från en fysisk byggsats?
- F3:** Hur ser miljöpåverkan ut för dagens tillverkningsprocess?
- F4:** Vilka komponenter från aluminiumprofilsystemet behöver finnas med i byggsatsen?
- F5:** Hur skall komponenterna fästas i varandra, vilken typ av fästelement är bäst lämpad?
- F6:** Vilken storlek och skala behöver byggsatsen ha?
- F7:** Vilka hållbarhetsmässiga krav och önskemål bör ställas på byggsatsen?
- F8:** I vilket material och genom vilken tillverkningsteknik borde byggsatsen framställas?
- F9:** Vad skapar en fysisk byggsats för begränsningar och möjligheter?

2. Teoretisk bakgrund och informationsinsamling

I detta kapitel presenteras den teoretiska bakgrunden till arbetet. Syftet med kapitlet är att redovisa och förklara teorier och etablerade metoder som tillämpas i projektet. Först presenteras två tidigare studier som berör arbetet följt av en beskrivning av andra byggsatser på marknaden. I avsnittet 2.3. Intervju redovisas viktiga teorier och upptäckter gällande intervju som datainsamlingsmetod och hur den genomförs för att samla in information som speglar verkligheten. Avslutningsvis presenteras underleverantören till företaget och dess produkter.

2.1. Tidigare studier

I detta avsnitt lyfts två tidigare studier som båda berör olika, relevanta ämnen för detta arbete. Den första studien, Design prototyping methods, handlar om prototypmetoder för designprocessen. Den andra studien, Hybrida prototypmetoder, handlar om hybrida prototypmetoder där ett av exemplen är 3D-printning kombinerat med Lego.

2.1.1. Design prototyping methods

Camburn m.fl. skriver att målet med en prototyp är att visa ett koncept eller en design och dess utseende och funktion innan den går ut i produktion (Camburn m.fl., 2017). Prototyper är något som använts länge, studien lyfter ett exempel på att Michelangelo använde sig av prototyper för att tydliggöra konstruktioner, men även för att sälja in sina idéer till investerare. Vidare lyfter studien prototypens viktiga roll i att utvärdera om krav uppnås men även att det ofta är genom en prototyp som designriskerna upptäcks eller misstänks. Dessutom kan prototypen fungera som verktyg för att testa en produkts *usability* innan den når marknaden. Definitionen av *usability* är enligt ISO 9241-11:2018 ”... extent to which a system, product or service can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use” (International Organization for Standardization, 2018).

Prototyper används främst inom organisationer för att kommunicera idéer och utveckla ett koncept vidare. Det är även vanligt att presentera idéer för intressenter med hjälp av prototyper. Att presentera prototyper för intressenter kan däremot vara svårt då intressenterna förväntar sig prototyper av hög *fidelity*, och i de fall prototypen är av låg *fidelity* tenderar intressenterna att avfärda designen direkt. Enligt Nielsen Norman Group handlar *fidelity* om hur väl en prototyp representerar utseende och känsla av den slutliga produkten (Pernice, 2016).

2.1.2. Hybrida prototypmetoder

Mathias m.fl. (2019) använder en hybrid prototypmetod, vilket innebär att två olika prototypmetoder kombineras. De pekar på att komplementära möjligheter hos de olika metoderna potentiellt möjliggör för minskade begränsningar i prototyparbetet, vilket undersöks genom att kombinera prototypverktygen Lego och 3D-printning (Mathias m.fl., 2019). Resultatet visar att prototypstillverkningstiden minskade med 45% och återanvändningsfrekvensen och möjligheter att göra ändringar ökade med 57%.

2.2. Scanning av det samtida utbudet av byggsatser

Byggsatser finns i utföranden riktade mot både vuxna som barn. Vid kartläggning av byggsatser på dagens marknad, med fokus på monterbara och demonterbara byggsatser, konstaterades att dessa primärt tillverkas för barn. Detta kartlades genom besök på en förskola, butiker såsom leksaksbutiker, större bokhandlare och med hjälp av webbsökningar. Denna marknad utgörs primärt av indexerade byggsatser, exempelvis Lego, se figur 2.1. En indexerad byggsats refererar till att frihetsgraden med vilken byggsatsen kan monteras är begränsad. Legobitarnas ”pluggar” agerar visare för hur bitar kan placeras på varandra, på så sätt begränsas användarens konstruktion av hål-bilder och ”pluggar”. Fler exempel på indexerade byggsatser kan ses på bilderna nedan, se figur 2.2, 2.4 och 2.5.

En annan populär variant av indexerad byggsats är sådana som använder skruvförband och komponenter med olika hål-bilder som sedan kan monteras ihop. Ett exempel på en sådan liknar utförandet av byggsatsen i figur 2.4. Flertalet företag tillverkar liknande lösningar, där frihetsgraden, material och funktioner är vad som skiljer dem åt. Ett av de företag som tillverkar dessa byggsatser är leksaksföretaget Brio.

Det finns ett flertal byggsatser där magneter används som fästelement. Exemplet som visas nedan, figur 2.3, har en annan indexering än Lego och byggsatsen i figur 2.4. Den magnetiska byggsatsen har två olika element, stavar vars ändar är magnetiserade och kulor som kan agera fästpunkter för flera stavar. Den magnetiska byggsatsen i figur 2.3 är indexerad genom att stavarna har bestämda längder och fasta fästpunkter (magneterna i ändarna av stavarna). På så sätt kan stavarna antingen placeras på rad eller monteras i vinkel med hjälp av kulorna. En leverantör av denna sorts byggsats är företaget Geomag.

Ett annat fästelement som används i byggsatser är clips, detta illustreras i figurerna 2.6 och 2.7. I figurerna presenteras en bilbana, vars vägbana kan monteras och demonteras. Vägbaneenheterna skjuts ihop och fixeras med hjälp av ett clipsförband. Clipsförbanden hindrar alltså vägbaneldelarna från att glida isär vid bruk.

Byggsatser som inte är demonterbara är vanligt förekommande på marknaden för vuxna. Dessa byggsatser har högre komplexitet med fler komponenter där lim används frekvent. Avslutningsvis erbjuder även företaget Lego mer komplexa byggsatser för vuxna, men dessa är demonterbara.



Figur 2.1: Lego. Foto: Hans Eriksson.



Figur 2.2: Leksaksbyggsats baserad på klämförband. (<https://pixabay.com/sv/photos/byggsats-spel-barn-2932664/>). Fri bild.



Figur 2.3: Leksaksbyggsats baserad på magneter. (<https://pixabay.com/sv/photos/byggsats-spel-barn-2932664/>). Fri bild.



Figur 2.4: Indexerad teknisk byggsats med skruvförband för barn. Foto: Ulrika Wallentin.



Figur 2.5: Leksaksbyggsats baserad på sugkoppar. (<https://pixabay.com/sv/photos/leksaker-barn-byggsats-design-2935734/>). Fri bild.



Figur 2.6 (Vänster): Bilbana ihop monterad med ett clips. Författarens egen bild.

Figur 2.7 (Höger): Bilbana i delat läge. Författarens egen bild.

2.3. Intervju som datainsamlingsmetod

En intervju är en form av personlig utfrågning (SAOL, 2015b). I huvudsak finns det två typer av intervjuformer, kvantitativa och kvalitativa. Informationen från kvalitativa intervjuer är detaljerad och utförlig, medan kvantitativa intervjuer innebär insamlade data från många olika respondenter. Dalen menar att den intervjuform som är bäst lämpad för att undersöka informanternas egna tankar, erfarenheter och känslor är den kvalitativa intervjun (Dalen, 2015).

Dalen skriver att i alla kvalitativa intervjustudier krävs att intervjuaren utför en eller flera provintervjuer (Dalen, 2015). Genom att utföra dessa provintervjuer ges intervjuaren möjlighet att utvärdera frågorna som ställs, likväl sitt beteende som intervjuare. Efter provintervjun ges tillfälle för intervjuaren att omformulera eller stryka frågor, alternativt lägga till frågor i intervjuguiden med målet att fånga upp den mest intressanta och viktigaste informationen för studien.

Alvesson och Sköldberg pekar på att definitionen av begreppet ”kvalitativ metod” inte är självklar (Alvesson & Sköldberg, 2017). De konstaterar att den kvalitativa metoden bygger på att ”beakta och fokusera på öppen, mångtydig empiri”. Detta indikerar att den kvalitativa intervjumetoden bygger på en öppen och bred intervju. Den öppna intervjun är en av de olika intervjutyperna som beskrivs i *Intervju som metod* (Dalen, 2015). Dalen förklarar att målsättningen med öppna intervjuer är att informanten skall berätta så öppet som möjligt om sina erfarenheter och tankar. Vidare skriver Dalen att den mest använda intervjuformen är den semistrukturerade intervjun. Anledningen är att det kan vara svårt att få till en bra öppen intervju med tanke på att den bygger på att intervjuaren kommer på frågor allt eftersom. Den semistrukturerade intervjun tillåter intervjuaren att förbereda frågor inom valda områden, men även att ställa frågor som uppkommer under intervjun.

Dalen förklarar även att vid en semistrukturerad intervju behöver intervjuaren utforma en intervjuguide innan intervjun kan påbörjas (Dalen, 2015). Intervjuguiden skall innehålla relevanta

ämnen som intervjun skall beröra samt lämpliga frågor inom områdena. Dalen poängterar även att det kan vara svårt att omformulera problemformuleringen till konkreta områden, och tipsar därför om att ha projektets arbetstitel och problemformulering framför sig när intervjuguiden utformas. Dalen nämner även riktlinjer vid utformandet av intervjuguiden, exempel på detta är att börja intervjuguiden med frågor inom ett område som ligger i periferin. Anledningen till detta är att få informanten att känna sig trygg med intervjuaren innan svårare och känsligare ämnen tas upp. I mitten av intervjun, då informanten känner sig trygg med intervjuaren menar Dalen att det är lämpligt att gå in på ämnen och områden som är lite djupare eller känsliga för att sedan i slutet av intervjuguiden återgå till generella och ”lättare” frågor igen.

Dalen förklarar även urvalsmetoden *Teoretiskt urval* vilket innebär att intervjuaren har en ingående förståelse i ämnet och att han eller hon därför kan välja ut informanter på ett sådant vis att så många infallsvinklar till området som möjligt täcks (Dalen, 2015).

Dalen lyfter även ett problem intervjuaren kan stöta på längst arbetets gång, nämligen att stöta på *gatekeepers*. Gatekeepers är aktörer som har kontroll över vägarna fram till informanterna. Det kan vara chefer eller föräldrar som måste godkänna intervjun innan den kan genomföras med informanterna. För att komma i kontakt med fler informanter kan *snöbollseffekten* tillämpas. Metoden innebär att intervjuaren först hittar en informant och genom den hittar fler (Dalen, 2015). Denna metod kan däremot ge upphov till små och skeva urval.

I början av en intervju behöver vissa punkter lyftas av intervjuaren (Dalen, 2015). Dessa punkter är följande:

- Vem intervjuaren är.
- Varför intervjuaren är där.
- Vad intervjuaren vill.
- Vad som ska ske med materialet.
- Vad intervjuaren inte kan ge eller inte kan lova.
- Hur återkopplingen och publiceringen ska ske.

Dalen påpekar vikten av att själv som forskare eller undersökare transkribera sina intervjuer då det ger en unik möjlighet till att bekanta sig med sin data. Dessutom lägger Dalen stor vikt vid att inte bara använda sig av transkriberingarna utan hålla kvar vid ljudfilerna som är råmaterialet.

Informationen från detta avsnitt appliceras på intervjuerna som genomförs under projektarbetet.

2.4. Leverantören av aluminiumprofilssystem

Försvarsföretaget har en etablerad relation med företaget Item via underleverantören Aluflex. Item levererar aluminiumprofilssystem till företaget och nedan presenteras Item som företag och vilka tjänster de erbjuder.

2.4.1. Item

Item har sedan 1976 utvecklat ett sortiment med aluminiumprofiler med tillhörande fästelement för industriella konstruktioner och applikationer (Item & Aluflex, 2023h). De två ingenjörerna, Gerrit Pies och Wolfgang Rixen, startade företaget för att utveckla, bygga och sälja specialmaskiner konstruerade av standardiserade element. Idag är i stället målet att låta omvärlden ta del av sortimentet för att själva utforma tåliga konstruktioner (Item, 2023) (Item & Aluflex, 2023h).

En av de slagkraftiga aspekterna med Items konstruktionssystem är att behovet av invasiva bearbetningsmetoder reduceras. Ett sådant exempel är svetsning som påverkar materialets integritet och försvårar återbruk av komponenter. Några av Items fästelement förutsätter viss

materialbearbetning, men ingen infästning i sortimentet är permanent och demontering eller justering av komponenter är alltid en möjlighet (Item & Aluflex, 2023g).

Dagens sortiment inkluderar mer än bara aluminiumprofiler och fästelement. Item erbjuder ett brett sortiment för konstruktion inom följande områden:

- Maskinbygge
- Arbetsplatssystem
- Lean production-sortiment
- Trappor och plattformar
- Maskinhytter
- Skydds- och skiljeväggar
- Automation-sortiment
- Transportteknik

Items sortiment består idag av över 4000 element. Samtliga element kan laddas ned som CAD-filer och konverteras till de filformat som presenteras i tabell 2.1 (Item & Aluflex, 2023d).

Tabell 2.1: Tillgängliga filformat att konvertera Items CAD-filer till (Item & Aluflex, 2023d).

Filformat (A - J)	Filformat (K - Sk)	Filformat (Sl - Ö)
COLLADA	MICROSTATION DNG	STEP
DWF	OBJ	STL
DWG	PARASOLID	TIFF
DXF	PDF 3D	VRML
HSF	PNG	X3D
IGES	SAT	
JPG	SKETCHUP	

Dessa filer kan också importeras till CAD-projekt i andra CAD-program, exempelvis Creo Parametric (Item & Aluflex, 2023d). För att kunna göra detta krävs en programvara som kallas *Click2CAD*, via denna kan filerna importeras in i projekt eller som nya filer i ett flertal solidmodelleringsprogram (Item & Aluflex, 2023d).

Item erbjuder även personlig rådgivning vid konstruktion med deras sortiment, detta kommer i tre nivåer. På den lägsta nivån gör kunden allt själv och på den högsta nivån assisterar Item genom hela konstruktionsprocessen och skickar projektet monterat till kund efter orderläggning. På nivå 2, erbjuder Item rådgivning och assistans vid planering av projekt och efter orderläggning skickas alla komponenter med monteringsinstruktion till kunden för montering (Item & Aluflex, 2023e).

2.4.2. Item Design Verktyg

Items sortiment finns även att tillgå via deras online CAD-verktyg (Item & Aluflex, 2023i). Item erbjuder ett flertal olika verktyg som hanterar olika delar av sortimentet och som bör användas beroende på vad som ska uppnås. Samtliga verktyg är gratis, kompatibla med alla webbläsare och kan nås på alla enheter.

Verktygen har kännedom för hur elementen kan och ska monteras och utför själva beräkningar och plausibilitets-kontroller för att hindra beställaren från att beställa inkompatibla konstruktioner (Item & Aluflex, 2023i). En plausibilitets-kontroll är vad Item menar att programvarorna förmedlar genom att

komponenterna blir röda om de placeras på platser där de ej kan monteras, på så sätt hindrar programvarorna brukaren från att göra fel genom att programvaran informerar om att. Efter att ett objekt designats i ett av verktygen kan CAD-filen laddas ner eller importeras till andra CAD-program för solidmodellering i samma filformat som de individuella elementen, se tabell 2.1.

Nedan följer korta beskrivningar av konstruktionsverktyg som Item tillhandahåller lämpade för konstruktion av fixturer:

- **Engineeringtool** - Detta är det mest allmänna verktyget för alla sorters konstruktion (Item & Aluflex, 2023i).
- **Machiningtool** - Vid beställning av individuella profiler eller önskan om specifik bearbetning av en profil kan detta visualiseras i Machining tool. Efter att önskad bearbetning specificerats utför Item själva den specificerade bearbetningen på profilen (Item & Aluflex, 2023i).
- **ProjectViewer** - Efter att en konstruktion skapats sammanställer ProjektViewer automatiskt ett flertal olika dokumentationstyper, såsom projektdokument, ritningar, leveransinformation, CAD-fil samt att monteringsinstruktioner erbjuds som video eller i skrift. Projektdokument kan justeras utefter vad beställaren önskar. Detta dokument kan innehålla stycklista, profiltbearbetningsinformation, isometrisk vy, normalprojektion, explosionspresentation och monteringsanvisning (Item & Aluflex, 2023i).

2.4.3. Items Profilsortiment

Item kallar sitt basutbud av aluminiumprofiler och fästelement för MB-systemkoncept. Aluminiumprofilerna kommer i otaligt antal utföranden och varianter som lämpar sig för olika applikationer (Item & Aluflex, 2023g). Profilerna i MB-systemet delas in i sex större underkategorier baserat på dess användningsområden, men det finns även en profilkategori som är kompatibla med samtliga profilgrupper liksom profil accessoarer som kategoriseras för sig men erbjuder accessoarer till stora delar av profilgrupperna.

- Line 5 profiles (20x20 mm)
- Line 6 profiles (30x30 mm)
- Line 8 profiles (40x40 mm)
- Line 10 profiles (50x50 mm)
- Line 12 profiles (60x60 mm)

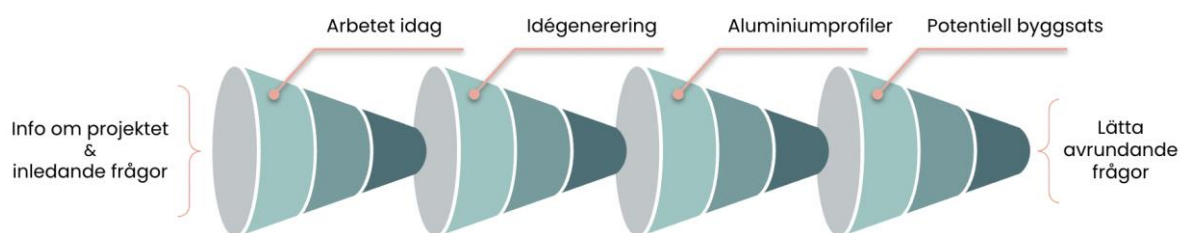
3. Metoder

I detta kapitel presenteras metoderna som använts under studien i kronologisk ordning. Det inkluderar metodiken som användes för samtliga steg i processen, från informationssamling till avslutande utvärdering. Resultatet från metoderna presenteras i kapitel 4.

3.1. Pilotintervju

Baserat på projektbeskrivningen som företaget presenterat inför detta arbete och informationssökningen, formulerades frågor inför en pilotintervju. Pilotintervjun genomfördes med syftet att utvärdera frågor och intervjuteknik, vilket beskrivs i avsnitt 2.3. Efter att en brainstorming kring frågor genomförts och frågorna skrivits ner i ett dokument, sorterades frågorna i områden och strukturerades. Information och tips beskrivet i avsnitt 2.3. tillämpas genom hela pilotintervjun, men även genom intervjuerna.

Den grova strukturen av intervjun illustreras nedan i figur 3.1. För att skapa en bekväm upplevelse för intervjupersonen inleddes intervjun med information om projektet, GDPR och allmänna frågor om respondenten. Intervjun delades upp i fyra huvudområden, där frågorna inom varje område blir smalare och mer djupgående allt eftersom de ställs. Detta illustreras med de fyra trattarna tillhörandes de fyra områdena i figur 3.1. Områdena är även de ordnade från mindre specifikt till mer specifikt. För att avsluta intervjun användes lättare frågor för att runda av och avsluta lätt.



Figur 3.1: Intervjustruktur

Respondenten i pilotintervjun utgjordes av handledaren från företaget, då denne initialt hade en större inblick i projektet och kunde hjälpa till med beslut kring relevans och hög- eller låg-prioritera frågor. Då samtliga frågors kvalitet skulle testas genomfördes denna intervju som en strukturerad intervju. För denna intervju avsattes mer tid och utrymme för diskussion och feedback efter att hela intervjun genomförts. Intervjun genomfördes i ett lugnt mötesrum välkänt för respondenten på företagets anläggning. Då arbetet utförs av två studenter, agerade en intervjuare och den andra sekreterare. Pilotintervjun spelades dessutom in med ljudupptagning med tillåtelse från företaget samt informanten.

3.2. Intervjuer

Efter pilotintervjun korrigeras intervjuguiden, se bilaga 1. Konstruktörer på företaget kallades till intervjuer, varav fyra personer från konstruktionsteamet och en från annat konstruktionsteam. Intervjuerna genomfördes på företagets anläggning i ett mötesrum. Efter att företaget godkände ljudinspelning under intervjuerna tillfrågades respondenterna och efter deras godkännande spelades intervjuerna in. Intervjuerna var semistrukturerade med möjlighet för probing. Probing är en metod som kan appliceras i intervjusammanhang där svaren på intervjufrågorna följs upp utav frågor med målet att låta respondenter utveckla vidare eller berätta mer (Egidius, 2023).

Syftet med intervjuerna var att öka förståelsen för teamets dagliga arbete, där fokus primärt lades på den generella arbetsgången, relationen till aluminiumprofiler och idégenerering. Frågorna formulerades i största möjliga mån öppet, för att skapa diskussion och öppna upp för följdfrågor.

3.3. Nulägsesanalys

Baserat på informationen ur intervjuerna kartlades nuläget på företaget. Inledningsvis undersöktes utvecklingsprocessen med vilken teamet arbetar. Detta krävde överläggningar med handledare via mail liksom fysiskt för att säkerställa innehållets validitet. Baserat på arbetsgången gjordes sedan en fördjupning av just produktionsprocessen där produktionsmaterialet och tillhörande processer går igenom och presenteras. Detta görs med hjälp av programvaran Granta EduPack 2022 R1 (Granta EduPack, 2022).

Granta EduPack är en databas som innehåller information om material och tillverkningstekniker. Databasen är utformad för att användas på högskoleutbildning på grundutbildningsnivå med mål att ge stöd och förbättra materialkunskaper under studenternas utbildning med tre olika nivåer baserade på utbildningsnivå (Granta EduPack, 2023). Avslutningsvis utvärderas produktionsprocessen med hjälp av en SWOT-analys.

3.3.1. SWOT-analys

En SWOT-analys är ett verktyg som appliceras på företag eller områden inom företag för att konkretisera företagets eller avdelningens styrkor, svagheter, möjligheter och hot. Denna analys görs med mål att lokalisera aspekter ur de fyra kategorierna för att ändamålsenligt förbättra arbetet på företaget (Raeburn, 2021).

S står för '*Strengths*', **Styrkor**

Här ligger fokus på att lokalisera interna styrkor, det vill säga saker på enheten som görs bra idag.

W står för '*Weaknesses*', **Svagheter**

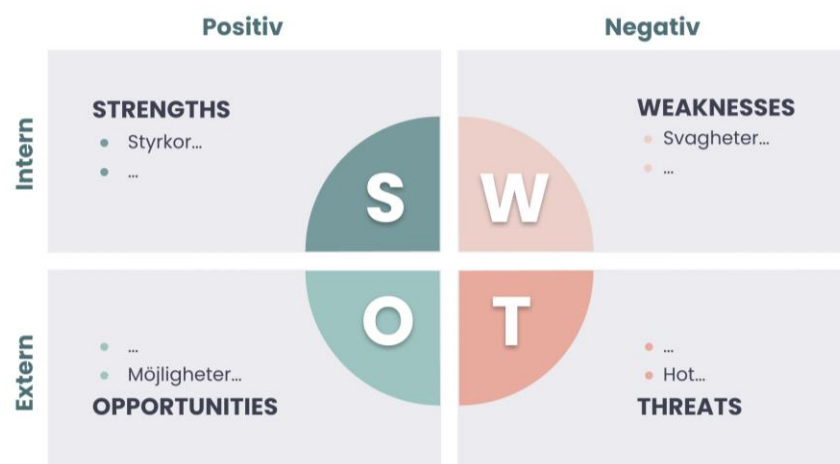
Här ligger fokus på att lokalisera interna svagheter, det vill säga saker på enheten som görs mindre bra och skulle behöva göras bättre.

O står för '*Opportunities*', **Möjligheter**

Möjligheterna lägger fokus externt, utanför enheten. Hur svagheter kan omvandlas till styrkor, hur styrkorna används och i vilken riktning det finns utvecklingspotential.

T står för '*Threats*', **Hot**

Hot inkluderar risker som finns utanför enheten och som kan påverka enheten och dess arbete negativt.



Figur 3.2: Översiktlig beskrivning över hur en SWOT ser ut.

Målet är att omvandla svagheter till styrkor, och hot till möjligheter och styrkor till möjligheter. Dessa skrivs upp i en tabell med två rader två kolumner som kan ses i figur 3.2 och genom att visualisera områdena på detta sätt blir det enklare att lägga upp en handlingsplan för kommande utveckling.

3.4. Observation av idégenereringstillfälle

En naturlig observation genomfördes i syfte att undersöka hur idégenereringstillfällena gick till i konstruktionsteamet. Målet med observationen var att ta reda på hur mötet var upplagt och hur idéer presenterades. Då observationen genomfördes på företagets anläggning, antecknades intressanta upptäckter och iakttagelser.

3.5. Observation av montering av profiler

En naturlig och deltagande observation genomfördes i början av projektet med syftet att skapa en förståelse för hur Items profilsystem används på företaget samt undersöka hur monteringen av profilsystemet går till. Även denna observation genomfördes på företagets anläggning, därav fanns ingen möjlighet till videospelning, ljudupptagning eller fotografering. För att kompensera för detta antecknades viktiga upptäckter även vid detta tillfälle.

3.6. KJ-analys

För att analysera och reducera insamlad information från observationer och intervjuer genomfördes en KJ-analys. Metoden är uppkallad efter professorn Kawakita Jiro, som under 15 år utvecklade metoden och färdigställde den under 1960-talet (Lokman & Kamaruddin, 2010). Med hjälp av metoden kan slutsatser på ett effektivt sätt konstrueras utifrån stora mängder insamlad verbal-data (Lokman & Kamaruddin, 2010). Dessutom hjälper analysmetoden analytikern att bortse ifrån förutfattade meningar och antaganden då fokus läggs på den uppställda informationen. Detta gör i sin tur att datan med hög sannolikhet hanteras på ett vetenskapligt korrekt sätt och således genererar realistiska resultat (Scupin, 1997).

KJ-analysen initierades med transkribering av samtliga intervjuer. Därefter påbörjades en individuell urvalsprocess där respektive projektmedlem individuellt valde ut intressanta citat. Detta för att minska risken för färgning i processen. Projektgruppen diskuterade de individuellt utvalda citaten och ytterligare gallring av citat genomfördes. I detta steg adderades även påståenden och iakttagelser från tidigare observationer. Efter att citaten plockats ut, formaterades dem i ett dokument, skrevs och klipptes sedan ut så att varje utklippt lapp endast innehöll en tanke eller ett påstående.

Efter att lapparna färdigställts, påbörjades grupperingsprocessen. Utan inbördes ordning lästes lapparna upp och utefter överenskommelse placerades ut på lämplig plats av en stor tom yta, se figur 3.3 och 3.4. Om en lapp inte passade in i en av de befintliga grupperna placerades denna för sig. Allt eftersom lapparna placerats ut på ytan skapades grupper och då gruppen ibland utvecklats i en annan riktning flyttades de redan utplacerade lappar på för att skapa nya grupper. När alla lappar placerats ut, namngavs grupperna som skapats. Därefter samlades de grupper med gemensam nämnare inom lämpliga kategorier, detta för att förenkla klassificeringen av informationen.



Figur 3.3 och 3.4: Bilder från genomförandet av KJ-analysen. Författarens egen bild.

Kommentar: Citaten på de små lapparna läses upp och lämplig placering bestäms gemensamt innan Stina sätter upp citaten med hjälp av häftmassa.

Avslutningsvis skapades länkar mellan de olika lapparna där påståenden i en grupp knöts an med påståenden i en annan grupp. För att kartlägga dessa kopplingar och koppla samman liknande information kan "Cause and effect" av problem lättare lokaliseras (Scupin, 1997). Efter att kartan med lappar, grupper, överliggande kategorier och kopplingar hade färdigställts dokumenterades sambanden. Detta kom att ligga till grund för funktion- och kravbilden som innefattar nästa steg i processen.

3.7. The Okala Ecodesign Strategy Wheel

Ecodesignstrategier syftar till att minska en produkts ekologiska påverkan och kan med fördel användas under produktutvecklingsprocessen för att finna nya lösningar, ställa krav och identifiera möjligheter för produkter. I detta arbete har *The Okala Ecodesign Strategy Wheel* (White m.fl., 2013) används som stöd under framtagningen av krav på produkten. Det som gör verktyget kraftfullt är att det tar hänsyn till hela livscykeln hos en produkt och lyfter därmed aspekter såsom påverkan från materialutvinning, produktion, transport, användning och förslitning, livslängd och end-of-life. Utefter produktens olika livsfaser finns åtta olika områden med ett flertal förslag på olika designmål för att minska produktens ekologiska påverkan. De designmål som inom detta arbete ansetts applicerbara har lett till krav eller önskemål som sedan lagts in i kravspecifikationen.

3.8. Funktion och krav

I början av ett designarbete är det viktigt att skapa sig en förståelse för varför designen i fråga behöver finnas (Österlin, 2016). En funktionsanalys hjälper designern att skapa sig en förståelse för det som ska skapas. Målet med funktionsanalysen är att belysa designens huvudsakliga syfte på ett sätt som inte blir begränsande för designern. I de fall designern tidigt begränsar sig riskerar andra bra lösningsförslag falla bort alternativt inte komma på till följd av en begränsad ingångsvinkel. En metod för att genomföra funktionsanalysen är att skriva en funktionslista. I funktionslistan listas alla produktens funktioner samt sorteras efter huvudfunktion, delfunktion och stödfunktion. Syftet med funktionslistan är att dela upp konstruktionsproblemet i färre delproblem för att på så vis enklare ta sig an uppgiften (Johannesson m.fl., 2013). Genom att sedan utveckla idéer för varje enskilt delproblem och sedan kombinera dem med varandra vidareutvecklas koncept. Problemen i funktionslistan formuleras enligt verb + substantiv.

En kravspecifikation fungerar som en målbild för produkten, men även som ett facit under utvärderingsfasen (Österlin, 2016). Då en kravspecifikation arbetas fram är det viktigt att inte precisera kraven och önskemålen för mycket då det skulle leda till begränsat utrymme att undersöka

lösningar, men inte heller låta den vara för öppen då det leder till att designern inte kan luta sig mot något. Kravspecifikationen består av krav och önskemål. Vid utvärdering av koncept fungerar kraven som måsten för koncepten. Uppfyller inte ett koncept ett krav elimineras det. Önskemålen i kravspecifikationen viktas beroende på hur viktiga de är på en skala där 1 är mindre viktigt och 5 är mycket viktigt. Koncepten som inte uppfyller kraven elimineras och de kvarstående koncepten viktas mot varandra med önskemålen som grund.

3.9. Idégenerering

Idégenerering av byggsats spreds ut över ett flertal dagar och inleddes med individuell *Brainstorming*, följt av en presentation av koncepten. Efter presentationen diskuterades fördelar med koncepten och vid oklarheter ställdes frågor om koncepten. Koncepten vidareutvecklades sedan gemensamt. Individuell *Brainstorming* genomfördes i syfte att reducera risken att bli påverkade och influerade av varandras idéer då det skulle kunna leda till att eventuella idéer inte uppstår.

3.10. Konceptutvärdering

För att välja ett vinnande koncept från de idéer som uppkom under idégenereringen genomfördes en konceptutvärdering. Konceptutvärderingen bestod av tre olika metoder, elimineringsmatris, Pughs metod och Kesselrings metod.

Det första steget i konceptutvärderingen är att eliminera lösningar som inte uppfyller kraven, vilket görs med hjälp av en elimineringsmatris (Johannesson m.fl., 2013). Detta innebär att de koncept som uppfyller alla krav går vidare till nästa steg. Om konceptet uppfyller ett krav erhåller det ett plustecken i matrisen, och då det inte uppfylls ett minustecken. Om ett minustecken erhålls elimineras konceptet.

Efter gallringen i elimineringsmatrisen implementerades Pughs metod med målet att sälla bort de svagaste koncepten (Johannesson m.fl., 2013). Pughmatrisens kriterier baserades på önskemålen från kravspecifikationen. Utvärderingen baseras på att koncepten jämförs med en referenslösning. I detta arbete var referenslösningen en av lösningarna. En lösning som är bättre än referenslösningen för ett plustecken, en lösning som är sämre får ett minustecken och de lösningar som är lika bra som referenslösningen får värdet noll. När alla lösningar jämförts med referenslösningen för alla kriterier summeras värdena och resulterar i ett resultatvärde. Lösningen med högst värde är bäst och det med lägst värde är sämst. Resultatet från Pughs relativa beslutsmatris kan vara missvisande då jämförelser enbart görs mellan referenslösningen och de andra lösningarna var för sig. Där av gynnades arbetet av att genomföra matrisen ytterligare en gång, fast med en annan lösning som referens.

För att slutligen välja ut ett slutgiltigt koncept användes Kesselrings metod. Kesselrings metod har en större precision än Pughs metod då den bygger på att alla kriterier rankas mot varandra och får ett viktighetsvärde (Johannesson m.fl., 2013). Detta görs med hjälp av en tabell över kriteriernas viktning. I tabellen bedöms kriterierna vara viktigare, mindre viktiga eller lika viktiga som de som jämförs med. Viktigare resulterar i 1, lika viktig i 0,5 och mindre viktig i 0. Summan för alla kriterier adderas och divideras med antalet kriterier. Det värdet tas vidare till nästa tabell där varje koncept bedöms i hur stor utsträckning de uppfyller kriterierna. Kriteriesumman multipliceras med hur väl konceptet anses uppnå kriteriet och bildar därav ett nytt värde. Alla dessa värden för varje kriterium per koncept skapar medelvärde, median, standardavvikelse och andra värden. Utifrån dessa kan det starkaste konceptet utläsas.

3.11. Utvärdering av prototyp

För utvärdering av slutkonceptet testades prototypen enskilt av konstruktörerna. Under testet uppmanades testdeltagarna att återge både negativa och positiva åsikter om upplevelsen av prototypen och dess användningsområden.

4. Resultat

Avsnittet presenterar resultaten av metoderna som presenterats i föregående kapitel. Resultaten presenteras i kronologisk ordning från pilotintervjun till slutgiltigt koncept.

4.1. Pilotintervju

Pilotintervjun varade i 50 minuter, och både projektgruppen och handledaren på företaget var eniga om att samtliga frågor ur intervjuguiden var relevanta för projektet för att skapa en korrekt kravbild. Utifrån diskussionen beslutade projektgruppen om att behålla intervjuguiden till resterande intervjuer. Den slutgiltiga reviderade intervjuguiden blev resultatet av diskussionen och denna kan läsas i bilaga 1.

Resultatet från svaret i pilotintervjun presenteras tillsammans med resultaten från de andra intervjuerna i avsnitt 4.6 KJ-analys.

4.2. Intervjuer

Intervjuerna genomfördes med den reviderade intervjuguiden som grund, men här användes probing flitigt. Rollerna var uppdelade på samma vis som under pilotintervjun, en agerade intervjuare och en sekreterare. Efter intervjuerna genomfördes transkriberingar för att enklare kunna lyfta ut de viktigaste citaten för att senare kunna göra en KJ-analys. Resultaten presenteras i KJ-analysen och delar av resultatet presenteras även i nulägesanalysen.

4.3. Observation av idégenereringstillfälle

Vid detta observationstillfälle var det en konstruktör från konstruktionsteamet som behövde hjälp och rådgivning gällande konstruktionen av en fixtur. Konstruktören valde att kalla de andra i teamet till ett möte genom att skicka ut ett mail med en inbjudan till möte där tid och plats framgick. Utöver detta skickade konstruktören även med en beskrivning av problemet och förklarande bilder med en uppmaning att mötesdeltagarna skulle komma förberedda och pålästa till mötet. Var och en i teamet tackar då ja, eller nej till mötet samt kollar på bilderna och förklaringarna och börjar redan innan mötet fundera på hur problemet skulle kunna lösas.

När det väl är dags för mötet samlades teamet på den bestämda tiden och platsen. Då teamet arbetar på ett kontor med öppet kontorslandskap, finns ett flertal mötesplatser att tillgå. Det finns olika utformningar på mötesplatserna, dock har alla en TV-skärm gemensamt. Konstruktören i behov av input kopplade upp sin dator mot TV-skärmen vid mötets början, och resterande team tog plats runt mötesbordet. En av deltagarna var inte närvarande på kontoret denna dag, utan arbetade hemifrån. Denna deltagare anslöt till mötet digitalt.

Mötet inleddes med att konstruktören i behov av input presenterade användningsområdet för fixturen samt sin konstruktion muntligt med stöd av en CAD-fil i programmet Creo Parametric. Följaktligen presenterade konstruktören problemet som uppstått och hur denne tänkt lösa det. Deltagarna i mötet lyssnade och kom därefter med idéer eller tankar kring problemet. För att visa hur de menade pekade de på TV-skärmen för att påvisa olika delar av konstruktionen. Majoriteten av idéerna och inputen berör andra delar av konstruktionen och lösningen än det som konstruktören efterfrågade från början.

Teammedlemmen som deltog på distans kom med input under mötets gång, dock blev denna input endast muntlig och mötesledaren fick föra muspekaren till de delar av fixturen hon trodde deltagaren syftade på. Deltagaren bekräftade mötesledarens antaganden då även han såg det som presenterades på TV-skärmen genom att mötesledaren delade sin skärm till honom under mötets gång.

Mötet varade i ungefär 20 minuter och avslutades med att mötesledaren presenterade hur hon tänkte gå vidare med arbetet och tackade för inputen.

4.4. Observation av montering av profiler

En konstruktör från en systeravdelning till konstruktionsavdelningen berättade under en av intervjuerna att han nyligen konstruerat en fixtur i Items profilsystem. Profildelarna hade beställts och levererades under kommande veckor till företaget. På detta vis uppkom möjligheten till en observation av montering av en fixtur konstruerad med profilsystemet.

För att identifiera vilka profiler som var vilka, användes både CAD-filen från Creo Parametric och Items egna Engineering Tool. Dessa digitala verktyg fungerade som guide till hur fixturen skulle monteras ihop.

Ett flertal intressanta observationer gjordes under monteringen. Till att börja med identifierades en del mindre bra ergonomiska ställningar då konstruktionen emellanåt krävde montering underifrån eller långt ner på sidan enligt figur 4.1. För att lyckas med detta blev ställningar såsom liggandes på marken med händerna upp i luften, sitta med mycket böjd nacke eller snedställningar i ryggen aktuella.



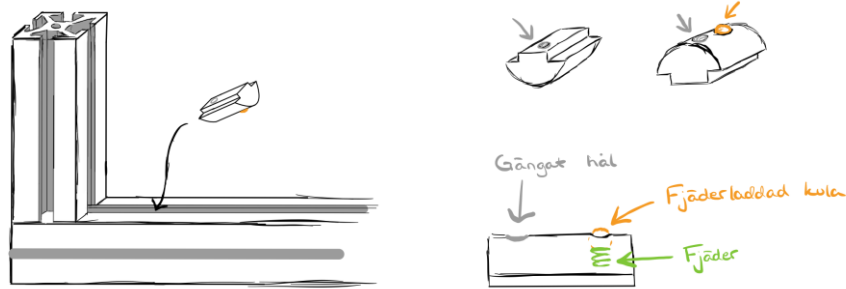
Figur 4.1: Skisser som visar mindre bra ergonomiska ställningar för åtkomst. Författarens egen bild.

Projektgruppen uppmärksammade att konstruktören hade svårigheter med att komma åt alla skruvar med de framplockade verktygen, se figur 4.2. Flertalet gånger fungerade ett verktyg bra genom ungefär halva monteringen. Allteftersom fler profiler monterades, begränsades åtkomligheten för verktyg. Verktyg med samma bits men olika utformningar fick användas om varannat, beroende på vilket av dem som kom åt bäst.



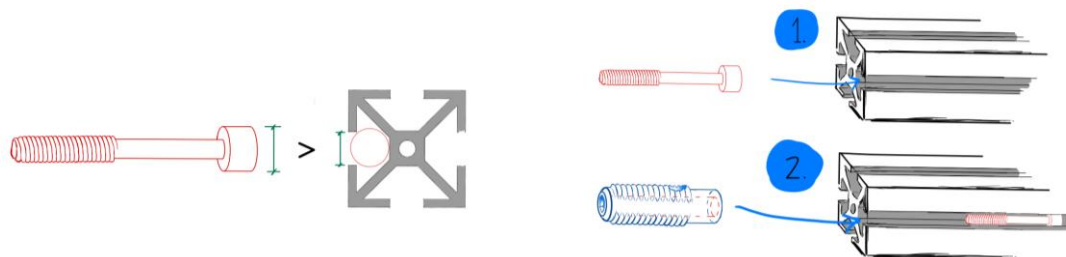
Figur 4.2: Skisser som visar dålig åtkomst med verktyg. Författarens egen bild.

Ytterligare ett problem som uppstod under monteringen var då spårmuttrar skulle föras in i vertikala skenor eller i nedre skenan på en profil. I dessa fall tenderade spårmuttrarna att antingen glida iväg eller ramla ut ur spåren, se figur 4.3. För att monteringen skall vara möjlig krävs därför att muttrarna hålls på plats under monteringsgången.

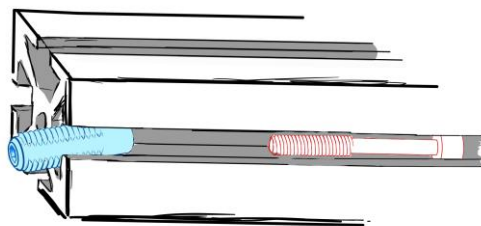


Figur 4.3: Spårmuttrar glider eller ramlar ur skenan vid montering. Författarens egen bild.

Ett av fästelementen, skruvhylsan, krävde gängning som fick göras för hand, vilket var relativt enkelt att utföra, dock framgick det inte tydligt i instruktionerna att skruvarna som sedan skulle placeras i skruvhylsorna var tvungna att placeras i skenorna innan skruvhylsor kunde gängas in. Då skruvskallarna var större än skenornas i profilerna gick det inte att lägga in dem i efterhand, se figur 4.4. Problemet uppmärksammades då första profilen med gängningar skulle monteras. Skruvhylsan fick skruvas ur för att placera skruven i skenan innan den kunde gängas in igen. Ytterligare ett problem som uppmärksammades med gänghylsorna var att en av dem gängades in snett, se figur 4.5. Det medförde att skruven som skulle skruvas i låste sig i profilväggen. För att lösa problemet fick gänghylsan skruvas ur och gängas i på nytt.



Figur 4.4: Större skruvskalle än skenöppning, innebärande att skruven måste skruvas in i skenan innan skruvhylsan gängas in i skenan. Författarens egen bild.



Figur 4.5: Snedgängning av skruvhylsa. Författarens egen bild.

Projektgruppen uppmärksammade att konstruktören använde *Engineering Tool* tillsammans med *Project Viewer* som stöd under monteringen, vilket förenklade processen. *Project Viewer* genererade en rekommenderad *Assembly Guide*. *Assembly Guide* är en animerad video som steg för steg går igenom vilka delar som skall monteras med varandra.

4.5. Nulägesanalys

I nulägesanalysen beskrivs situationen på företaget. Detta inkluderar beskrivning av konstruktionsteamets arbetsgång och produktionens miljöpåverkan. Avslutningsvis presenteras SWOT-analysen som kartlägger produktionens styrkor, svagheter, möjligheter och hot.

4.5.1. Konstruktionsteamets arbetsgång och process

Den del av konstruktionsavdelningen som projektet riktas mot är ett team vars huvudsakliga uppgift är att stötta upp andra avdelningar. Uppdragsgivarna består således av olika avdelningar där medarbetarna konstruerar fixturer till flera olika produktkategorier. Till följd av de olika produktkategorierna är en konstruktion sällan en annan lik. Teamet arbetar i sprintar, vilket är ett sätt att organisera arbetet. En sprint pågår under tre veckor där teamledaren har planerat in vilka uppdrag som skall arbetas med. Trots att uppdrag planeras in behöver det inte nödvändigtvis vara så att de färdigställs inom ramarna för sprinten, utan de kan följa med till kommande sprint, eller läggas åt sidan om det finns oklarheter kring kravställning för att tas upp igen i en senare sprint.

En sprint påbörjas med ett sprintuppstartsmöte där teamet går igenom de uppdrag som ligger i sprinten. Under mötet ser teamet också över hur de tycker det går för dem som team och individuella konstruktörer. Under sprintuppstartsmötet ställer de även upp mål för sprinten. De uppdrag som ligger i sprinten har teamledaren lagt in utefter vilka uppdrag som har kommit in och dess prioritet. Teamledaren planerar inte in uppdrag på ett sätt som täcker hela sprinten. Detta med hänsyn till möjlighet att genomföra brådskande jobb som exempelvis stoppar produktionen eller små jobb som kan genomföras under en kortare tid, ca två veckor. När en av konstruktörerna blir klar med ett uppdrag plockar den ett nytt uppdrag av dem som ligger i sprinten. Om konstruktörerna blir osäkra på vilken storlek av uppdrag de bör ta kan de få hjälp av teamledaren med prioritering. Genom detta arbetssätt uppnås ett flöde i arbetet. Under sprintens gång hålls uppföljningsmöten tre gånger i veckan, så kallade "Daily scrum"-möten. På "Daily scrum"-mötena får var och en i teamet presentera och berätta hur de ligger till i sina projekt, vilka projekt de hunnit avsluta och om det finns några eventuella problem. Syftet med mötena är att teamet skall få inblick i teammedlemmarnas arbete arbete ifall att någon av dem skulle bli sjuk eller av annan anledning inte kunna arbeta. I slutet av en sprint hålls ett sprintavslutningsmöte, där teamet går igenom både bra och dåliga saker som inträffat under sprinten och vad de kan ta med sig i det fortsatta arbetet. De följer även upp om de har nått de satta målen för sprinten.

Den vanligaste arbetsgången startar med att en uppdragsgivare ger teamet uppdrag. Teamledaren ber därefter uppdragsgivaren om ett startmöte där scope och omständigheter presenteras. Uppdragsgivaren kallar därefter till ett uppstartsmöte dit teamledaren tar med sig den eller de konstruktörer som har tidigare erfarenheter av liknande uppdrag, eller rätt kompetens. Teamledaren berättade att teamet består av många nyanställda och för att alla skall få en bra koll på verksamheten och vilka som arbetar med vad, så väljer hon att ta med fler konstruktörer än vad hon egentligen behöver på uppstartsmöten. Detta gör hon för att ge teammedlemmarna möjligheten att träffa personer från olika avdelningar och skapa ett bredare kontaktnät inom organisationen.

Efter uppstartsmötet bedömer teamledaren prioriteten på uppdraget och placerar det i en uppdragslista. När uppdraget når högre upp i listan blir det placerat i en sprint och tilldelat en av konstruktörerna. Konstruktören börjar konstruera fixturen baserat på informationen från startmötet och skriftlig information. Till en början ritar konstruktören upp konstruktionen på ett ungefär för att frekvent kunna stämma av med uppdragsgivaren att fixturen uppnår alla krav. I många fall uppstår nya krav under arbetets gång vilket gör det extra viktigt för konstruktören att ha en öppen och kontinuerlig dialog med uppdragsgivaren. Genom denna dialog undviks arbete som senare måste göras om. Konstruktionsarbetet av en fixtur kan löpa över flera sprintar, beroende på uppdragets omfattning eller krav som uppstår under arbetets gång som medför att konstruktionen måste omarbetas.

En konstruktör arbetar som regel med ett flertal uppdrag samtidigt för att undvika långa väntetider när godkännande behöver ges från uppdragsgivaren. När konstruktionen av fixturen är färdig skickas ritningen på granskning. Om konstruktionen blir godkänd behöver konstruktören lägga in den i företagets produktpårningsprogram, vilket alla konstruktörer under intervjuerna vittnade om var ett svårt och omfattande arbete då det innefattade grundlig dokumentation. Efter att konstruktörerna har dokumenterat fixturen i produktpårningsprogrammet behöver chefen godkänna fixturen för frisläppning, vilket innebär att det går att tillverka den.

4.5.2. Konkretisering av aluminiumets miljöpåverkan

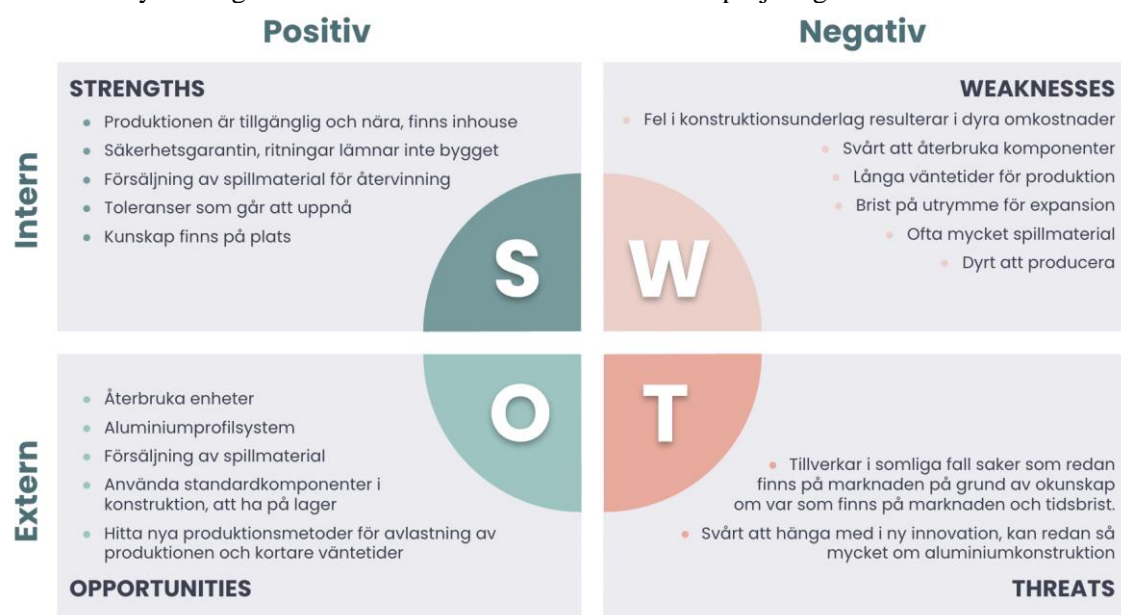
Majoriteten av komponenterna som konstruerats in-house på företaget. Det leder till att transportsträckorna för leverans blir näst intill obefintliga och därmed utsläppen för transport. Företaget har en långt tillbakagående tradition av att använda sig av aluminium i produkterna, samt att de fräser ut produkterna. För att kunna fräsa ut produkterna i aluminium krävs leverans av materialet vilket innebär transporter. Då aluminiumet som används har en densitet på ca 2700 kg/m³ innebär det att utsläppen ökar med vikten för transporterna (*Granta Edupack, 2022*).

Utöver utsläpp från transport har aluminiumet även en hållbarhetspåverkan då det innehåller mer än 5% kritiska material (critical materials risk) (*Granta Edupack, 2022*). Även framställningen av materialet kräver mycket energi. För att producera 1 kg av aluminiumet går det åt ca 120 MJ om det är från delvis återvunnet material och ca 190 MJ om det är jungfruligt material. Det är inte bara energi som går åt till framställningen av materialet, utan det ger även upphov till koldioxidutsläpp. 1 kg material leder till ca 9 kg CO₂ för delvist återvunnet material och 14 kg CO₂ för jungfruligt material. Dessutom krävs 1200 liter vatten för att framställa 1 kg aluminium.

Vid fräsningen av aluminiumet företaget använder förbrukas 12 MJ och 0,9 kg CO₂ per fräst kg (*Granta Edupack, 2022*). Dessutom genererar fräsning mycket spillmaterial som de på företaget samlar ihop för att återvinna. Aluminium har en återvinningsgrad ca 45%, och för att återvinna 1 kg aluminium går det åt ca 34 MJ och 2,6 kg CO₂.

4.5.3. SWOT-analys på företagets produktionsenhet

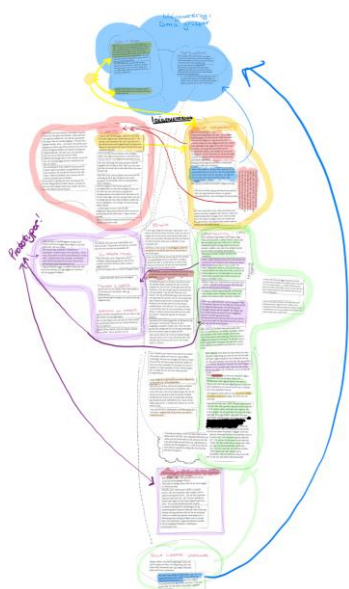
En SWOT-analys gjordes över företagets produktionsenhet för att identifiera styrkor, svagheter, möjligheter och hot med att tillverka fixturerna i fräst aluminium in-house. Se figur 4.6 för resultatet av SWOT-analysen. Figuren illustrerar essensen för varför detta projekt genomförs.



Figur 4.6: SWOT-analys på företagets produktionsenhet, produktion av frästa aluminiumkomponenter

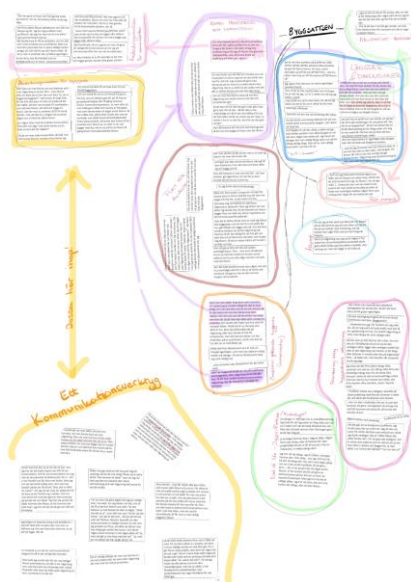
4.6. KJ-analys

Nedan beskrivs resultatet av den genomförda KJ analysen, grupperingarna som skapades och överkategorierna beskrivs. I figur 4.7 till 4.9 visas resultatet av KJ-analysen övergripande. De tre sidorna som visas nedan innefattar en kategori vardera, dessa är: 'Idégenerering', 'Byggsatsen' och 'Aluminiumprofilssystemet'. Dessa återfinns läsbara i bilaga 2.



Figur 4.7: 'Idégenerering' kategorin, KJ-analys

För att läsa, se bilaga 2.



Figur 4.8: 'Byggsatsen' kategorin, KJ-analys

För att läsa, se bilaga 2.



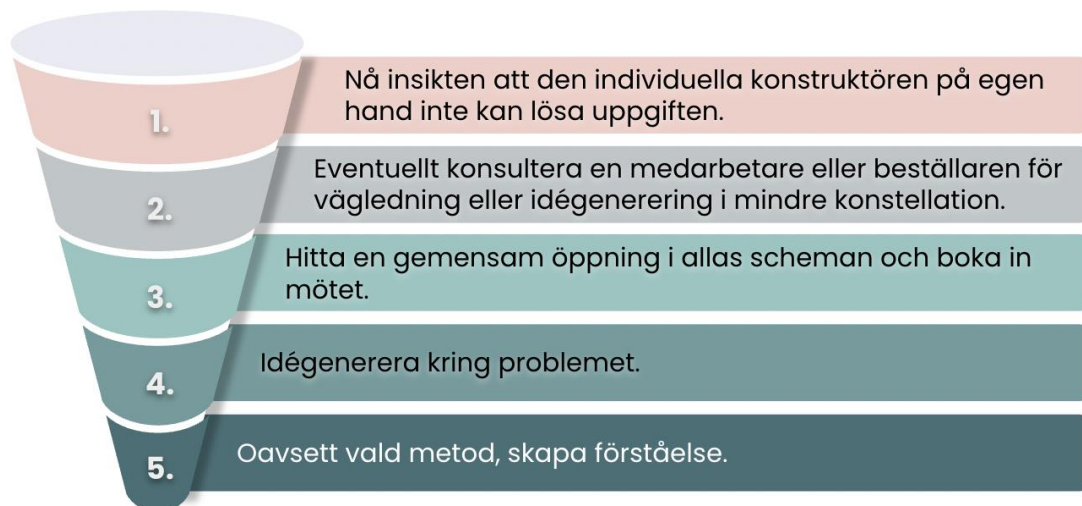
Figur 4.9: 'Aluminiumprofilssystem' kategorin, KJ-analys

För att läsa, se bilaga 2.

Avsnitten som följer kommer innehålla resultatet av KJ-analysen.

4.6.1. Dagens idégenerering

KJ-analysen indikerar att teamet uppskattar idégenerering och att dessa idégenereringstillfällen ofta resulterar i "en lösning direkt", se i bilaga 2. Men enligt KJ-analysen är konstruktörerna överens om att 95% av dagens idégenereringsarbete sker individuellt och de övriga 5% sker i grupp. Det finns flertalet anledningar till detta men den gemensamma essensen för anledningarna landar i att processen för att ta sig till den gemensamma idégenereringen är omständlig och tidskrävande. Processen som genomförs för att nå den gemensamma idégenereringen beskrivs i figur 4.10 nedan.



Figur 4.10: Process från individuell till gemensam idégenerering

Konstruktörerna arbetar med individuella uppgifter och önskar således att lösa problemen på egen hand och ber endast om hjälp då det är absolut nödvändigt. Således hindrar, vad respondenterna i intervjuerna refererade till som ”tjurskallighet”, dem från att kalla in till möten och konsultera andra, se bilaga 2. I KJ-analysen lyfts även det faktum att konstruktörerna är måna om att inte ta upp andras tid.

Inledningsvis arbetar konstruktörerna gärna individuellt för att utveckla idéer och senare konsultera andra vid behov. En anledning till detta är då de inte vill bli färgade av andras idéer och fastna i en box. Det handlar också om att den individuella idégenereringen krävs för att initialt lokalisera problemområden, men också för att ha någonting att basera diskussionen på vid ett idégenereringsmöte. Att ha en idé att utgå ifrån är en förutsättning för att skapa ett effektivt idégenereringsmöte, se bilaga 2.

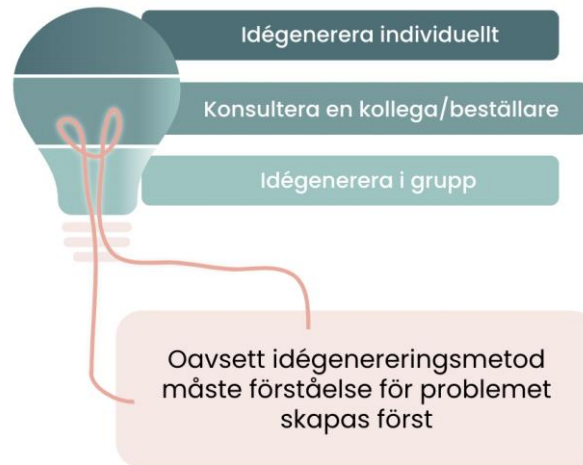
Efter att konstruktören valt att efterfråga hjälp är ett alternativ att söka hjälp i mindre konstellationer vilket uppskattas då detta kan generera en större spridning av idéer. Om fler individer konsulteras individuellt blir dessa inte färgade av varandras idéer, som det lätt blir vid möten där flera individers idéer presenteras. Genom att inte bli färgade så kan de lättare utveckla sina egna idéer och finna spår som kanske aldrig hittats i en större konstellation där ett fungerande koncept redan presenterats.

Konstruktionsteamet involveras i delar av många olika projekt från olika avdelningar på företaget. Där behöver avdelningarna hjälp med att konstruera en fixtur som en del av deras projekt. Ett steg som är återkommande vid konstruktion av fixturer är således att kommunicera med beställaren så att resultatet motsvarar de behov och krav som beställaren har. Beställaren kan vara intern eller extern och har ofta olika sorters befattningar. Ett sätt att idégenerera blir således att involvera beställaren i idégenereringen.

Idégenerering i grupp talas entusiastiskt om bland respondenterna, de påstår att dessa möten ofta leder till ”lösning direkt”, se i bilaga 2. Men att boka in ett möte är en process i sig. När ett problem identifieras behöver konstruktören hjälp i stunden, men att hitta en öppning i allas schema samma dag är sällan möjligt. Mötet i fråga bokas således ofta in flera dagar senare och det finns inte alltid utrymme för att lägga uppgiften åt sidan under ett såpass långt tidsspänn. Ofta väljs därav gemensamma idégenereringsmöten bort för att tiden inte finns.

Vid alla idégenereringsscenarion finns ett stort behov av att skapa förståelse hos de inblandade, se figur 4.11. De som konsulteras behöver förse med information kring problemet ifråga liksom en bild över projektets helhet. Vid varje ny konsultation behöver förståelse för området skapas vilket inte alltid är lätt. Bland annat tenderar fokus hos de konsulterade att vandra i väg till andra delar av

projektet som den ansvariga konstruktören antingen inte än bemött eller generellt inte har ett behov av att diskutera. Att skapa en miljö där endast de efterfrågade problemen hanteras ses som en utmaning bland konstruktörerna i teamet och är en bidragande anledning till att de själva inte kallar in till större möten.



Figur 4.11: Förståelse för problemet är en förutsättning för idégenerering oavsett form

Substitutet till idégenerering i grupp blir således att konsultera en annan konstruktör vilket framkommer i KJ-analysen att det är något många konstruktörer uppskattar. Således har konstruktörerna en i teamet som de arbetar med närmre. Denna konstruktör är redan insatt i projektet och konsulteras för mer spontana frågor och idégenereringar.

4.6.2. Idégenerering individuellt, arbeta fysiskt

Idag används ett fåtal metoder för att utveckla och testa idéer och koncept, se figur 4.12.



Figur 4.12: Önskad metodik från idégenerering till producerat koncept

Dessa verktyg används i olika steg av konstruktionsprocessen. För att idégenerera och ta fram koncept används penna och papper och CREO (modelleringsprogrammet som teamet använder) som skissblock mest frekvent. Senare i processen förekommer framställningen av skissmodeller tillverkade av packmaterial och 3D-printade prototyper, dessa framställs med målet att verifiera koncepten, se bilaga 2.

I de tidiga faserna av idégenerering behöver konstruktören ofta skapa förståelse för idéer, se bilaga 2. För oerfarna inom området konstruktion är en fysisk representation lättare att ta till sig än exempelvis skisser. Således blir snabba skisser och 3D-modelleringsprogram i somliga fall för abstrakt. Dessutom anses det utmanande att diskutera och idégenerera i grupp där spontana idéer kan vara svåra att i stunden presentera ordentligt med hjälp av ett 3D-modelleringsverktyg eller penna och papper då det inte går tillräckligt fort, se bilaga 2. Således konkluderas att de verktyg som används i idégenereringsfasen är otillräckliga.

Vidare i idégenereringsfasen används även Creo Parametric som ett primärt skissblock. Vad som lyfts som möjligheter i programmet är att det har få begränsningar i vad som går att rita upp, där det ibland används för att visa upp fixturer i sin sanna kontext för att enkelt kunna presentera fixturen och dess funktion för andra. Däremot upplevs det som svårt att i ett tidigt stadie snabbt framställa koncept i programmet och svårt att skaffa sig en uppfattning om dimensioner och vikt.

Efter att koncepten tagits fram vill konstruktörerna i vissa fall själva kunna verifiera konceptet. Detta har tidigare gjorts med hjälp av packmaterial och 3D-printade prototyper där 3D-printningen är det mest eftertraktade alternativet. 3D-printern finns tillgängligt i företagets verkstad och hanteras av verkstadspersonalen. Detta upplevs som mer omständligt "då det blir lite av en process av att få det gjort", se bilaga 2. Processen för en utskrift kräver godkännande från beställaren då det är en ekonomisk fråga då personal- och materialkostnaderna läggs på beställaren.

I intervjuerna lyfter konstruktörerna att de många gånger uppmuntrar beställare till att tillåta utrymme för tillverkning av prototyper, då detta tidigare räddat dem från att göra omfattande fel i konstruktionen. Problematiken ligger dock i att den efterfrågan sällan tillgodoses på grund av alla utgifter som då tillkommer. Således testas ofta ett slutkoncept, för första gången, i skarpt läge, se figur 4.13. I somliga fall lokaliserar problemen innan konceptet går vidare till produktion, men i flertalet fall har dolda problem uppkommit vid montering av produkt vilket resulterat i stora ekonomiska förluster och ytterligare arbetstimmar som hade kunnat undvikas genom att använda en prototyp.



Figur 4.13: Faktisk metodik från idégenerering till producerat koncept

4.6.3. Teamets syn på en eventuell byggsats och krav som ställs

Aspekter som lyftes kring hur en potentiell byggsats skulle kunna användas utgjordes inte bara av att den önskades användas som ett verktyg för idégenerering och för att öka förståelsen för aluminiumprofilsystem utan också som ett verktyg för att utveckla gruppdynamiken inom teamet. Byggsatsen önskas användas som ett verktyg för att samla gruppen och gemensamt tänka kreativt, ett sätt att tänka på något annat en stund, men också för att på ett avslappnat sätt öppna upp för diskussion, se bilaga 2.

Det primära användningsområdet som lyftes bland konstruktörerna var hur de önskade använda byggsatsen som ett kommunikationsverktyg för att skapa förståelse bland individer med andra professioner. I dagsläget är det ofta lätt att kommunicera med andra konstruktörer kring idéer, men problem uppkommer då intressenten i fråga har bristfällig förståelse för konstruktion. Att i dessa sammanhang då ha ett verktyg för att kommunicera idéer fysiskt skulle potentiellt öka förståelsen hos intressenter, såsom beställare. Tillfällena då byggsatsen önskas användas för att kommunicera idéer är primärt i tidiga stadier såsom konceptfasen. Detta i hopp om att förhindra missförstånd i konstruktionens förväntade utformning men även skapa en större tillit till konstruktörerna då intressenter får möjlighet att ta del av eller bara en lite bättre inblick i tankeprocessen.

Nedan presenteras de krav som explicit eller implicit preciseras i KJ-analysen, se bilaga 2.

Enkel montering och demontering

Samtliga av de som intervjuades uttryckte något krav kring byggsatsen monter- och demonterbarhet, se bilaga 2. Det handlade om att den inte får ta för lång tid eller vara för pilligt att montera och demontera, för då hade ingen velat använda den. Dessutom behöver byggsatsens komponenter hålla för detta. Byggsatsen ansågs inte intressant om komponenter frekvent går sönder och således måste skickas efter för att byggsatsen skall fungera ordentligt.

Hållfasthet

Uttalade krav på att byggsatsen ska tåla ovarsam hantering så att det inte behövs skrivas ut nya komponenter alltför frekvent på grund utav att de inte håller för att monteras och demonteras, se bilaga 2. Det anges som en förutsättning för att byggsatsen ska vara attraktiv att använda.

Dimensioner

Krav som redan i tidigt stadie ställts på byggsatsen, såsom skalenlighet, byggsatsens expanderbarhet och att den ska kunna representera olika storlekar av profiler betonas ytterligare i KJ-analysen, se bilaga 2. Vidare påtalades även att byggsatsen inte skulle vara för liten och pillig att arbeta med eller vara för stor och otymplig, då dessa utföranden hade resulterat i att byggsatsen inte hade varit attraktiv att använda. Kopplat till byggsatsens skalenlighet och förståelse för dimensionerna på i synnerhet profilerna, efterfrågades markeringar på profilerna som motsvarar verkliga längdenheter.

Längder

Normalt konstruerar teamet fixturer vars längsta sida oftast ligger inom spannet mellan 0,5 och 3 meter, se bilaga 2. Men en efterfrågan på justerbara längder preciseras på ett flertal olika sätt i KJ-analysen. Detta lyfts då somliga konstruktörer vill se till att de längder på profiler som behövs alltid ska finnas tillgängliga och att avsaknad av rätt längder på profiler inte skall vara en anledning till att byggsatsen inte brukas.

Prioritering kring byggsatsens utformning

I KJ-analysen framgår det att det finns blandade åsikter gällande hur väl byggsatsen ska spegla verkligheten. Men genom att summera åsikterna hos vardera respondenten kan konkluderas att fyra av de sex respondenterna ansåg det viktigare att efterlikna utseendet av profilerna. De övriga två ansåg att funktionen där även fästelementen, lastbarhet och profilerna helst ska kunna presenteras proportionerligt till byggsatsens skala.

Önskemål gällande komponenter i Byggsatsen

Vikten av en bred variation av komponenter lyfts fram i KJ-analysen, en sådan komponent är exempelvis triangulära fästelement från aluminiumprofilssystemet som tillåter för konstruktion av bland annat tvär-stag, se bilaga 2. För att skapa en verklighetskoppling mellan byggsats och aluminiumprofilssystemet och då många fixturer förses med fötter eller hjul, lyftes dessa komponenter som ett förslag på vad som skulle vara av intresse att se i en potentiell byggsats, se bilaga 2.

4.6.4. Varför ska aluminiumprofiler användas och vad gör dessa så bra?

Teamet arbetar primärt med konstruktion på fri hand i programvaran Creo Parametric. Komponenterna fräses sedan ut och detta möjliggör komplexa konstruktioner. Vad som inte erbjuder samma nivå av fri konstruktion är aluminiumprofilssystem. De intervjuade ger uttryck för att aluminiumprofilssystemet har ett smalt användningsområde och kan bara användas en liten del av tiden, men de gånger de går att använda kan de spara mycket tid och pengar, se bilaga 2. Användningsområden är exempelvis enklare geometrier och om lättviktiga konstruktioner efterfrågas, enligt konstruktörerna som intervjuats.

Ur KJ-analysen, se bilaga 2, kan många positiva aspekter kring aluminiumprofils-centrerad konstruktion utläsas. Konstruktörerna ger där uttryck för att aluminiumprofiler effektiviserar deras arbetsgång, se bilaga 2. Att fritt konstruera i exempelvis Creo är mer kostsamt på grund av tidskrävande moment såsom utformning, granskning och upprättning av ritningar. Dessutom genererar

denna form av modellering höga materialkostnader då komponenter ofta fräses ut ur stora ämnen och det genererar även långa produktionstider eftersom fina toleranser frekvent används.

Genom att konstruera med aluminiumprofiler behöver inte ritningar upprättas i samma utsträckning och på så sätt kan konstruktörernas tid läggas på annat. Dessutom köps komponenterna från hyllan, detta sparar in på produktionens tid samt drar ner på rå-materialåtgången. Aluminiumprofilernas justerbarhet tillåter också korrigeringar vid felkonstruktioner på sätt som inte utfästa komponenter gör. Samtliga av ovan nämnda fördelar med aluminiumprofiler sparar i slutändan stora mängder pengar, se bilaga 2.

4.6.5. Rädslor och vad som krävs inför konstruktion med aluminiumprofilsystemet

För att konstruktörerna skulle kunna tänka sig att börja arbeta med aluminiumprofilssystem uttrycktes vissa önskemål som potentiellt skulle påskynda inläringen, se bilaga 2. Ett av dessa var att en föreläsare skulle tas in, en person som kan systemet och kan förklara hur det fungerar, hur det kan användas och beskriva dess möjligheter och begränsningar. Ett annat alternativ som lyftes var att konstruktörerna skulle kunna mjukstarta med profilerna i mindre projekt för att långsamt bygga upp kunskapen kring systemet utan att ta sig vatten över huvudet.

De rädslor och okunskaps-områden som lokaliserats har en tydlig koppling till avsaknad av förståelse för systemet och vad som kan vara en lämplig applikation. En tydlig oro för att göra dyra fel i konstruktionen vid användning av främmande konstruktionsmaterial uttrycks och det används som en anledning till att avstå från användning av systemet. Frågor såsom, Vad går att göra? Vad tål komponenterna för belastningar? Hur fästs profilerna mot varandra? Ingenjörer överdimensionerar ofta, vad är då tillräckligt för så lätt konstruktionsmaterial som aluminiumprofiler är?

4.6.6. Nackdelar med Aluminiumprofiler

Konstruktörerna lyfter systemets begränsade frihetsgrader och utseende som två nackdelar med aluminiumprofilsystemet. De anser inte att konstruktionerna blir särskilt ”snygga” då profilsystemet används, dessutom upplevs det svårt att få till en ”personlig touch” på fixturen om den konstrueras av aluminiumprofiler, deras kreativitet begränsas. En funktionell aspekt som lyftes gällande systemet var det faktum att det använder sig frekvent av gängat aluminium. Företaget uppskattar och använder aluminium som material men väljer ofta att gänga i stål.

4.6.7. Aluminiumprofiler och Creo

Ett av problemen som lyfts är hur aluminiumprofilerna skall kunna infogas i det etablerade filsystemet som konstruktörerna använder när de konstruerar i Creo Parametric. Profilernas längder är fritt valbara och beställs i exakta längder efter behov. För att möjliggöra konstruktion med profilerna i Creo Parametric behöver varje profiltyp och samtliga möjliga profillängder läggas in i företagets filsystem. Men då profilerna måttbeställs så skulle detta generera otaliga antal filer att lägga in i filsystemet för att konstruktörerna skulle kunna applicera samma processteg som de normalt använder vid konstruktion av en fixtur. Detta ger således konstruktörerna avsmak från att använda profilerna i systemet. Frågor som också ställs är: Hur fungerar då samarbetet med verkstaden? Måttsättning? Belastningsanalyser?

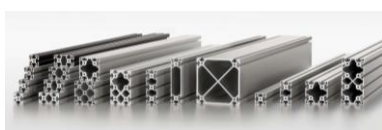
En oro över att det inte lika lätt går att justera en fixtur av aluminiumprofiler uppritad i CAD uttrycktes. Ytterligare att hinder är att det kan upplevas svårt eller oklart hur aluminiumprofiler kopplas samman med exempelvis en fräst komponent. Det är sällan en fixtur kan konstrueras av enbart aluminiumprofiler, således skulle det vara fördelaktigt att kombinera profiler och frästa komponenter, vilket är något det idag saknas kunskap kring.

4.7. Behov av byggsats

Utifrån resultaten ur KJ-analysen fastslogs att det fanns ett behov och intresse för en fysisk byggsats inom konstruktionsteamet.

4.8. Element att representera ur aluminiumprofilsystemet

Baserat på förstudien, observationer och intervjuer har element ur Items aluminiumprofilsystem valts ut för att bli representerade i byggsatsen. Grunden för val av profilserie ligger i vad Item själva rekommenderar, vilken serie som är kompatibel med flest element och erbjuder störst utbud samt vilken serie som redan används på företaget. Således väljs *'Product line 8'* ut och som byggsatsen kommer att representera, se figur 4.14. Denna produktserie innehåller åtta primära profilgrupper, men för den initiala byggsatsen kommer endast en av de åtta underkategorierna att representeras, detta för att inte överväldiga brukarna med alternativ, för att avgränsa arbetet och för att behovet av varierat utbud i dagsläget inte sträcker sig utanför den valda kategorin.



Figur 4.14: Line 8 construction profiles

Kommentar: Från Line 8 profiles, av Item, & Aluflex, 2023, <https://se-product.item24.com/sv/katalog/product/s/line-8-profiles-1001009638/>. Återgiven med tillstånd.

Underkategorin som valts är standardprofilerna *'Construction profiles'*. Profilerna kommer med måtten 40x40, 40x80 och 80x80 mm och var och en av dessa kommer med minst tre olika utföranden av inre struktur för optimerad lastkapacitet.

Skenorna i *'Product line 8'* är utformade för M8-skruvförband och klarar en dragbelastning på 5 000 N per skruvförband med M8-skrivar, se figur 4.14. Hemsidan uttrycker att denna produktlinje är den vanligaste att använda bland designingenjörer, dessutom är serien kompatibel med *line 6*, *10* och *12* (Item & Aluflex, 2023f).

Vad gäller fästelementen har *'Product line 8'* även här ett större utbud än de andra sortimenten. Under observationer och intervjuer konkluderades dock att endast fästelement som inte kräver förberedelse med invasiv bearbetning av profilerna, exempelvis för borrarade hål, används av konstruktörerna. Således har fästelement vars montering inte kräver förberedande bearbetning av profilerna, valts ut för att representeras. Dessa fästelement kan ses i figurerna 4.15, 4.16 och 4.17.

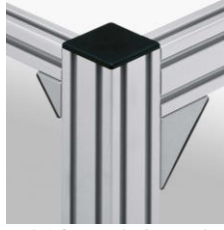
4.14, 'Automatic-fastening sets'. Förbandet bygger på tre delar: en spårmutter, en utvändigt gängad distans det vill säga skruvhylsa och en skruv. Först placeras skruven i skenan, sedan skruvas den gängade distansen in i godset kring skenan i den mötande profilens ände, skruven skjuts sedan in genom distansen och spårmuttern placeras i det mötande spåret och därefter skruvas skruven i spårmuttern (Item & Aluflex, 2023c).

4.15, 'Angled brackets Zn'. Dessa monteras med skruvar och spårmuttrar i båda profilerna och finns i olika utföranden lämpade för profiler med en individuell skena liksom de profiler som har två skenor. De skapar extra stöd för rätvinkliga profilmöten och kan monteras i efterhand (Item & Aluflex, 2023a).

4.16, 'Angle elements'. Dessa element möjliggör 45-gradiga möten mellan profiler, exempelvis i form av stag. Där profiländan möter elementet gängas en skruv in i centrum av profiländan och andra sidan av elementet som möter profilskenorna monteras med skruv och spårmutter (Item & Aluflex, 2023b).



Figur 4.15: Automatic-fastening sets. (<https://se-product.item24.com/sv/katalog/products/line-8-profiles-1001009638/>). Återgiven med tillstånd.



Figur 4.16: Angled Brackets Zn. (Item & Aluflex, 2023, <https://se-product.item24.com/sv/katalog/products/angle-brackets-zn-1001046547/>). Återgiven med tillstånd.



Figur 4.17: Angle elements. (Item & Aluflex, 2023, <https://se-product.item24.com/sv/katalog/products/angle-elements-1001012037/>). Återgiven med tillstånd.

4.9. Kravgenerering med Okala Ecodesign Strategy Wheel

För att kunna ställa upp en kravspecifikation med såväl krav på produktens funktion och prestanda, såväl som dess ekologiska påverkan, genomfördes en kravgenerering baserat på Okala Ecodesign Strategy Wheel som komplement till genomförda intervjuer, observationer och övrig informationsinsamling. Designförslagen från denna metod appliceras på detta arbete i de fall de anses uppnåeliga. Denna kravgenerering presenteras i detta avsnitt.

Okala Ecodesign Strategy Wheel är uppdelat utefter en produkts faser i livscykeln (White m.fl., 2013), därav framkom krav från olika faser. Faserna presenteras i kronologisk ordning där de designmål som ansetts applicerbara på produkten presenteras och formas till krav eller önskemål.

4.9.1. Design för innovation

Skapa möjlighet för lokal produktion

Genom att uppnå detta designmål skulle de sociala och miljömässiga förutsättningarna förbättras då det skulle leda att gynna den lokala arbetskraften och samtidigt minska transportsträckor. Därför skapades ett önskemål kring lokal produktion.

Designa flexibilitet för teknologiska förändringar

För att hålla byggsatsen aktuell parallellt med teknikens utveckling för att undvika att den kasseras, behöver möjlighet finnas för uppdatering. För att det skall vara möjligt att göra uppdateringar på profilen och kunna utvidga sortimentet, krävs ett filbibliotek, ett ställe där alla CAD-filer lagras som kan nås av alla konstruktörer på företaget. Detta designkrav ledde därför till ett önskemål om ett filbibliotek.

Dela med flera användare

För att skapa ett mer frekvent användande av produkten finns möjligheter i att designa för grupp-ägande i stället för individuellt ägande. Även detta designmål ledde till ett önskemål om att produkten skall kunna ägas gemensamt och användas av olika konstruktionsteam.

4.9.2. Design för minskad materialpåverkan

Undvik material som skadar mänsklig eller ekologisk hälsa

Målet handlar om att använda sig av material som inte äventyrar mänsklig eller ekologisk hälsa. Utifrån detta designmål formulerades ett önskemål om material med låg miljöpåverkan.

Minimera kvantitet av material

Genom att minimera både antalet material, materialvolymen och materialsplet vid produktion i en komponent minskas såväl ekonomiska utgifter som ekologiska utgifter. En extra fördel är att

produktionstiderna minskar. Därav ledde detta designmål till två önskemål, låg materialvolym och lågt materialspill. Ett krav uppkom även från detta designmål, att ha ett material per komponent.

Använd återvunna material

Genom att använda återvunna material i stället för jungfruligt material minskar den ekologiska påverkan. Använd återvunna material blev därav även det ett önskemål. Detta gäller även för att materialen i produkten skall kunna återvinnas, därav skapades ett önskemål om att använda återvinningsbara material.

Använd förnyelsebara resurser

Den ekologiska påverkan minskar då förnyelsebara resurser används framför icke förnyelsebara. Detta designmål ledde till ett önskemål om låg energiåtgång vid produktion. Tanken bakom önskemålet är att ju mindre energi som går åt, ju mindre icke förnyelsebara resurser går åt.

4.9.3. Design för tillverkningsinnovation

Minimera tillverkningsspill

Detta designmål bidrar även till ett tidigare önskemål som uppkom under 4.9.2. Design för minskad materialpåverkan, Minimera kvantitet av material.

Minimera antalet komponenter/material

Även detta designmål bidrar till ett tidigare krav som uppstått under kravgenereringen under 4.9.2. Design för minskad materialpåverkan, Minimera kvantitet av material. Kravet var att ha ett material per komponent, vilket även är relevant under detta designmål då det handlar om att minska antalet material i produkten. Utöver detta ledde även detta designmål till ett önskemål om tillverkning i ett stycke med tanke på att detta designmål även handlar om att minska antalet komponenter.

4.9.4. Design för minskad distributionspåverkan

Minska volym och vikt för produkt och paketering

Med tanke på att målet är att tillverka produkten in-house samt användas in-house formulerades ett mål kring att inte behöva någon paketering alls.

Använd transportsystem med lägsta miljöpåverkan

Givet målet med lokal produktion ställs här ett önskemål om inköp med korta transportsträckor för att på så sätt dra ner på miljöpåverkan till följd av transport.

4.9.5. Design för minskad beteende- och användningspåverkan

Minska materialåtgången under användning

För byggsatsen skulle materialåtgången under användning resultera i att en komponent behöver produceras på nytt på grund av förslitning. För att fånga upp detta designmål ställdes ett önskemål angående att minimera behovet av merproduktion.

4.9.6. Design för systemets livslängd

Design för livslängd

För en lång livslängd hos produkten krävs material som är fysiskt hållbara, likväl en design som håller över tid. Detta resulterade i ett önskemål om slittåliga komponenter.

Främja känslomässig koppling till produkten

Om användarna inte anser produkten lättanvänd och trevlig att använda, finns det risk för att de väljer att inte använda den fler gånger. Det leder i sin tur till en kortare livslängd. Därav uppstod önskemål om att produkten skall vara behaglig att använda.

Design för underhåll och enkel reparation

I de fall då komponenter går sönder eller slits ut behövs möjlighet finnas för att byta ut dessa komponenter. Om en sådan möjlighet inte skulle finnas skulle det kunna leda till att byggsatsen blir obrukbar. Utifrån detta designmål uppstod ett krav på att komponenter skall kunna tillverkas på nytt utifrån fil-biblioteket.

Design för återanvändning och utbyte av produkter

Ytterligare ett designmål är att återanvända och byta ut produkter. Det tidigare önskemålet som uppkom i designmålet Design för underhåll och enkel reparation, att produkten skall kunna tillverkas på nytt utifrån fil-biblioteket, får även stöd från detta designmål. Utöver det önskemålet formulerades även ett önskemål gällande att byggsatsen skall kunna återanvändas, alltså inte vara en engångsprodukt.

Skapa tidlöst estetiskt uttryck

Designmålet kring tidlöst och estetiskt uttryck handlar om att skapa en produkt med klassiska material, proportioner och linjer. Detta designmål kom att leda till ett krav på att byggsatsen skall efterlikna aluminiumprofilssystemet då dess material och proportioner anses vara klassiska.

4.9.7. Design för övergångssystem

Design för uppgraderingsbara produkter

Designmålet behandlar vikten av att designa produkter på ett sådant sätt så att de kan uppgraderas parallellt med den tekniska utvecklingen och nya innovationer. För detta arbete innebär det att komponenterna ska kunna uppdateras och tillverkas på nytt. Utifrån detta styrks det tidigare önskemålet om att komponenter skall kunna tillverkas på nytt utifrån fil-biblioteket. Fil-biblioteket ger också möjlighet att modifiera komponenter då nya lösningar dyker upp i aluminiumprofilssystemet.

Design för återanvändning av komponenter

För att förlänga produktens livslängd skapar design för återanvändning goda förutsättningar för detta. Därav styrker även detta designmål tidigare nämnda önskemål om återanvändning som uppkom under 4.9.6. Design för systemets livslängd, Design för återanvändning och utbyte av produkter.

4.9.8. Design för optimerad End-of-Life

Design för snabb manuell alternativt automatiserad demontering

Detta designmål lyfter att en produkts ekologiska påverkan minskar då produkten kan demonteras på ett sådant sätt att materialen kan sorteras ut var för sig. Detta ledde till såväl ett krav som ett önskemål på att produkten skulle kunna demonteras.

Design för säkert omhändertagande

Sista designmålet behandlar säkert omhändertagande, alltså att det finns en säker process för produkten när den förbrukats. I detta arbete leder detta till ett önskemål på att det skall finnas ett etablerat system för förbrukade komponenter på företaget. Det innebär exempelvis att det finns insamling för varje enskilt material i komponenten.

4.10. Funktion och krav

Utifrån KJ-analysen och Okala Ecodesign Strategy Wheel kunde funktioner och krav för byggsatsen identifieras. Dessa presenteras i detta avsnitt i form av funktionslista och kravspecifikation.

4.10.1. Funktionslista

Funktionslistan gjordes i syfte att precisera och ringa in byggsatsens funktioner, samt för att definiera vilka funktioner som är huvudfunktioner, delfunktioner respektive stödfunktioner. Genom funktionslistan skapas en överblick över produkten och dess funktioner, se tabell 4.1. Genom att dela

upp funktioner i delfunktioner skapas ett större utrymme för att idégenerera en funktion i taget. Funktionslistan består av huvudfunktioner (HF), delfunktioner (DF) och stödfunktioner (SF). Funktionerna är framtagna utifrån KJ-analysen och observationerna som genomförts.

Tabell 4.1: Funktionslista för byggsats

Verb (Att)	Substantiv (En/Ett)	Gränser	Klass
Kommunicera	Idéer	Samtliga yrkesroller	HF
Främja	Idégenerering	I grupp	DF
Främja	Idégenerering	Individuellt	DF
Skapa	Förståelse	För aktuell konstruktion	DF
Uppmärksamma	Problemområden	För aktuell konstruktion	SF
Påvisa	Helheten	Hos fixturen	DF
Representera	Aluminiumprofilssortiment	I stor utsträckning	DF
Uppmuntra	Effektivitet	Vid Idégenereringsmöten	SF
Uppmuntra	Effektivitet	Montering och demontering av modell	DF
Medge	Stabilitet	Byggsatsen	DF
Möjliggöra	Återanvändning	Byggsatsen	SF
Motstå	Slitage	Byggsatsen	SF
Möjliggöra	Utvidgning	Tillförsel av nya komponenter	SF
Representera	Möjligheter	Med aluminiumprofilsystemet	SF
Representera	Begränsningar	Med aluminiumprofilsystemet	SF
Medge	Komfort	Vid hantering	SF
Möjliggöra	Demontering	Smidigt, Enkel, Snabbt	SF
Möjliggöra	Montering	Smidigt, Enkel, Snabbt	DF
Möjliggör	Återvinning	Av förbrukade komponenter	SF
Erbjuda	Flexibilitet	I fästpunkter	SF
Optimera	Livslängd	Slittålig	SF
Medge	Mobilitet	Flyttbar	DF
Medge	Bordsbruk	Montering skall kunna utföras på bord	DF
Bibehålla	Komponenter	Byggsatsen ska uppmuntra till att bibehållas komplett, alla komponenter ska returneras.	SF
Erbjuda	Förvaring	I ett platseffektivt utförande	SF
Kommunicera	Dimensioner		DF
Möjliggör	Längdreglering		SF
Illustrera	Åtkomst	För montage	DF

4.10.2. Kravspecifikation

Till grund för kravspecifikationen ligger KJ-analysen, observationer och kravgenereringen utifrån Okala Ecodesign Strategy Wheel. Kravspecifikationen har delats upp i olika områden, se tabell 4.2.

Tabell 4.2: Kravspecifikation för byggsats

Nr	Krav	K/Ö
1.1.	Ska representera Items aluminiumprofilsystem	K
1.2.	Ska fungera för individuellt bruk	K
1.3.	Ska fungera för bruk i grupp	K
1.4.	Ska vara gemensam, brukbar oavsett befattning	Ö
1.5.	Medge förståelse oavsett befattning	Ö
1.6.	Visa på möjligheter och begränsningar med aluminiumprofiler	Ö
1.7.	Byggsatsen skall tydliggöra åtkomst vid montering	Ö
2.1.	Ska gå att bygga ihop hel fixtur	K
2.2.	Möjlighet att bygga ihop del av fixtur	Ö
2.3.	Byggsatsen skall vara snabb att montera	Ö
2.4.	Byggsatsen skall kunna demonteras	K
2.5.	Byggsatsen skall vara snabb att demontera	Ö
2.6.	Byggsatsen skall kunna återanvändas	Ö
3.1.	Brett innehåll av komponenter	Ö
3.2.	Byggsatsen skall erbjuda stor variation i konstruktionsmöjligheter	K
3.3.	Byggsatsen kan innehålla fot-element	Ö
3.4.	Byggsatsen kan innehålla hjul	Ö
3.5.	En mångfald av fästelement skall vara representerade	Ö
3.6.	Byggsatsen representerar funktionen av triangulära fästen	K
4.1.	Fästanordningar skall vara stabila	K
4.2.	Fästanordningar skall vara stabila [Nm]	Ö
4.3.	Slittåliga komponenter	Ö
4.4.	Ska kunna utvidgas med fler komponenter	K
4.5.	Ska kunna utvidgas med fler komponenter [Tillgänglighet]	Ö
5.1.	Byggsatsen skall vara skalenlig	K
5.2.	Utförandet av byggsatsen skall vara i skala mellan 1:2 till 1:10	Ö
5.3.	Komponenternas dimensioner framgår	Ö
5.4.	Profiler, 40x40, 40x80 och 80x80 mm skall vara representerade	K
5.5.	Erbjuda basutbud på standardlängder	Ö
5.6.	Längder skall kunna väljas fritt	Ö
6.1.	Byggsatsen ska vara säker att använda	K
6.2.	Byggsatsen ska vara säker att använda, kanter > 0,5 mm radie	Ö
6.3.	Byggsatsen skall vara behaglig att använda	Ö
6.4.	Byggsatsen ska ej skada sin omgivning	K
7.1.	Byggsatsen skall vara mobil	K
7.2.	Byggsatsen skall vara så lätt som möjligt	Ö
7.3.	Byggsatsen skall vara bordsanpassad	K
7.4.	Byggsatsens längsta profil skall max vara 0,6 m lång	Ö
7.5.	Byggsatsen kan förvaras platseffektivt	Ö
8.1.	Lokal produktion	Ö
8.2.	Låg materialvolym i komponenter	Ö

8.3.	Lågt materialspill vid produktion	Ö
8.4.	Tillverkning av komponenter i ett stycke	Ö
8.5.	Lågt behov av merproduktion	Ö
8.6.	Korta leveranstider	Ö
8.7.	Låga produktionskostnader	Ö
8.8.	Låga transportkostnader	Ö
8.9.	Låg energiåtgång vid produktion	Ö
8.10.	Komponenterna ska vara demonterbara ned till ett material per del	K
9.1.	Fil-bibliotek (databas) med möjlighet till expansion av filer	Ö
9.2.	Tillverkning av fler komponenter utifrån fil-biblioteket	Ö
10.1.	Ett material per komponent	K
10.2.	Material med låg miljöpåverkan	Ö
10.3.	Återvunna material	Ö
10.4.	Återvinningsbara material	Ö
10.5.	System för förbrukade komponenter	Ö
10.6.	Inköp med korta transportsträckor	Ö

4.11. Idégenerering

För att ta fram en byggsats till konstruktionsteamet genomfördes inledande idégenerering med fokus på olika lösningar för att fästa profilerna mot varandra. Originalutförandet på fästelementen till aluminiumprofilerna bygger på skruvar och muttrar. Då byggsatsen behövde vara i skala blev det därför aktuellt att titta på andra lösningar för fästelementen. Nedan presenteras idéer som ackumulerats och diskuterats under den initiala idégenereringsperioden. Idégenereringen lägger inte fokus på att presentera de triangulära fästelementen, utan fokus primärt lades på att generera fästalternativ.

Eftersom byggsatsen skulle efterlikna aluminiumprofilssystemet lades fokus på fästelement som inte skulle kräva indexerad infästning. Detta med anledning att efterlikna det fullskaliga systemet som i sig innehar fri justerbarhet så länge fästelement som inte kräver invasiv bearbetning av profilerna används.

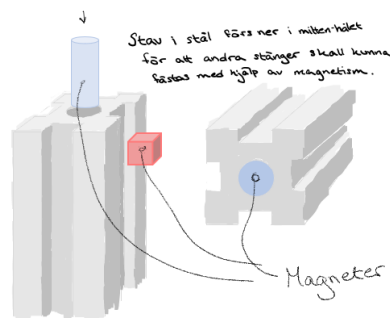
Vad gäller profilernas utformning konstaterades fort att de får anpassas efter val av fästelement. Detta med anledningen att olika sorters fästelement ställer olika krav på profilernas utformning. Fokuset lades således på att lokalisera lämpliga och möjliga sorters infästningar.

4.11.1. Magneter

Den första gruppen av fästelement faller under kategorin 'Magneter'. Idéerna bygger på flera magneter som fäster mot varandra och ett flertal idéer med detta fästelement genererades under den individuella liksom de gemensamma idégenereringstillfällena.

Koncept 1.1: Stavmagnet

Konceptet bygger på att hålet som finns i de befintliga aluminiumprofilssystemen görs större för att trä igenom en magnetstav som illustreras som en blå cylinder i figur 4.18. För att enkelt kunna fästa samman profiler finns små magnetkuber att tillgå som illustreras som en röd kub i figur 4.18. Profilerna har i detta koncept fått en ny geometri med användarvänligheten i åtanke. Genom att ta bort överhänget över skenorna som originalsystemet har, blir det lättare för användaren att plocka bort och sätta dit magnetkuben efter önskemål.



Figur 4.18: Magnetstav med magnetkub. Författarens egen bild.

För att stavarna skall fästa i profilens mitt finns ett antal alternativa lösningar:

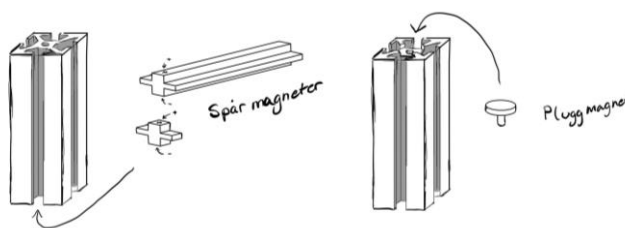
- Presspassning – presspassning mellan staven och hålet utformas så pass litet att friktionen får staven att sitta på plats.
- Lim – staven limmas fast i profilen.
- Tejp – staven tejpas fast i profilen i ytterkant.
- Snäppfäste – staven hålls på plats genom att platsplattor (3D-printade lock) snäpps på kortsidorna av profilen.

Tillverkningsprocessen för detta koncept är tänkt att genomföras med hjälp av de 3D-printar företaget har till sitt förfogande, alltså att profilerna skulle produceras in-house. Vidare skulle magnetstavar och kuber behöva köpas in från underleverantör i förbeställda dimensioner.

Koncept 1.2: Spår- och pluggmagnet

Till skillnad från koncept 1.1 som presenterades ovan i figur 4.18 är detta koncept baserat på de befintliga geometrierna hos originalprofilerna. I stället för att föra in en stav i centrum av profilen, förs istället en 'spår magnet' i kort eller långt utförande, in i skenan på profilen, se figur 4.19.

Spår magneten är utformad på ett sådant sätt att den låses fast i spåret tack vare de utstickande vingarna på magneten som hindrar den från att ramla ut från spåret. För att kunna använda kortsidan som fästelement har även en pluggmagnet infogats. Pluggmagnetens huvud förs in i det centrala hålet i profilen, men hindras från att åka in i profilen och fastna i mitten tack vare pluggens huvud. Spår magneterna gör det möjligt att endast föra in magnet i sidorna av profilen som behöver fästelement, detsamma gäller för pluggmagneterna.



Figur 4.19: Spår magnet och plugg magnet. Författarens egen bild.

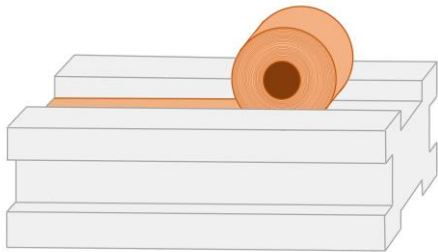
För att spår magneterna skall fästa i profilen och inte kanna ut då profilen med fästelement är vertikalt orienterad, finns även här lösningsförslag:

- Presspassning – presspassning mellan staven och hålet utformas så pass litet att friktionen får staven att sitta på plats.
- Lim – staven limmas fast i profilen.
- Tejp – staven tejpas fast i profilen i ytterkant.
- Snäppfäste – staven hålls på plats genom att platsplattor (3D-printade lock) snäpps på kortsidorna av profilen.

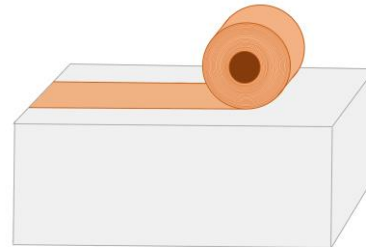
Likt koncept 4.1 är även här tillverkningsprocessen för dessa profiler tänkt att genomföras med de 3D-printar företaget innehar. Återigen krävs det att företaget köper in de magnetiska komponenterna från en underleverantör.

Koncept 1.3: Slingmagnet med lim eller dubbelhäftande tejp

Precis som de tidigare koncepten med magneter bygger detta koncept på magnetism som fästelement. Skillnaden är att magneterna är utformade likt tejp, det vill säga att magneterna är utformade i långa remsor med klister på baksidan som gör att de går att fästa mot en profil. Till denna lösning finns två varianter på utformningen av profilerna. Första varianten är utformad likt profilen i Koncept 1.1, på så vis att det inte finns några överhäng. För att underlätta monteringen arbetas överhängen bort. Överhängen skulle medföra en pilligare montering då tejp eller limmet inte får fästas på överhängen, men ändå inte skall skrynklas innan den kan fästas längst ner i skenan. Med geometrin i figur 4.20 elimineras detta problem genom att användaren enkelt kan applicera magnetremsan längst in i skenan. Skenan fungerar även som ett monteringshjälpmedel så att den monteras rakt. Det andra alternativet på geometri för profilerna är en kubisk geometri, se figur 4.21. På denna geometri får användaren själv tejp eller limma på magnetslingorna.



Figur 4.20: Slingmagnet i sken-profil. Författarens egen bild.



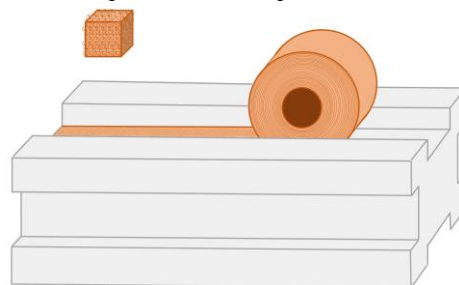
Figur 4.21: Slingmagnet på kubisk profil. Författarens egen bild.

4.11.2. Kardborreband

Nästa konceptkategori använder kardborreband som fästelements lösning. Kardborre innefattar två sidor som fäst mots varandra genom att ena sidan krokas i looparna på andra sidan. Sidorna refereras nedan till som hona och hane, där honan i detta fall utgörs av den lurvigare delen med loopar och hanen utgör den taggigare sidan bestående av små krokas.

Koncept 2.1: Kardborreband

Detta koncept har likheter med koncept 1.3, men i stället för magneter används kardborreband. Koncept 2.1. består av fästelement och profiler. Fästelementen är små kuber som täcks av hon-sidan av kardborren, se den lurviga kuben i figur 4.22. Profilerna hade förenklade tvärsnitt där skenorna, liksom koncept 1.1, inte har något överhäng, se figur 4.18. Tanken var således att fästa han-sidan av kardborren i botten av skenan och med det förenklade tvärsnittet av profilen kan fästelementet enkelt placeras på önskad plats i skenan utan att den behöver lirkas in eller föras in genom profilens ände. Med kardborren kommer fästelementen inte kunna glida runt i skenorna då fästelementet krokas fast på platsen den placeras på. Kuberna och profilerna 3D-printas, och därefter appliceras kardborreband.



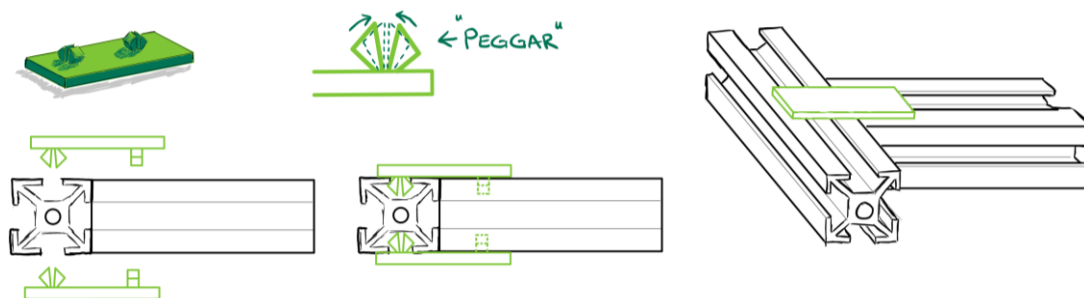
Figur 4.22: Dubbelhäftande kardborreband. Författarens egen bild.

4.11.3. Clips

Denna idékategori inkluderar fästelement i form av clips alternativt efterliknar lösningen.

Koncept 3.1: Snapp-clips, Bilbanekoppling

Clipsen är inspirerade av clips som används för att koppla samman vägkomponenterna av en bilbana, se figur 2.6 och 2.7 i kapitel 2. Dessa är normalt formsprutade i plast och trycks in i hål-bilder där de fjädrande peggarna pressas mot varandra då de trycks in i hålet och sedan fjädrar ut igen när de är helt inskjutna, se figur 4.23. I denna lösning används en profil med samma tvärsnitt som det ursprungliga aluminiumprofilsystemet, med överhänget. Peggarna kommer således att tryckas ned i profilernas skenor, se figur 4.23 och med hjälp av formen och friktion kommer det hela hållas ihop. För att skapa stabilitet i fästpunkterna kommer det, liksom på en bilbana, behövas två snapp-clips per fästpunkt.



Figur 4.23 Snapp-clips

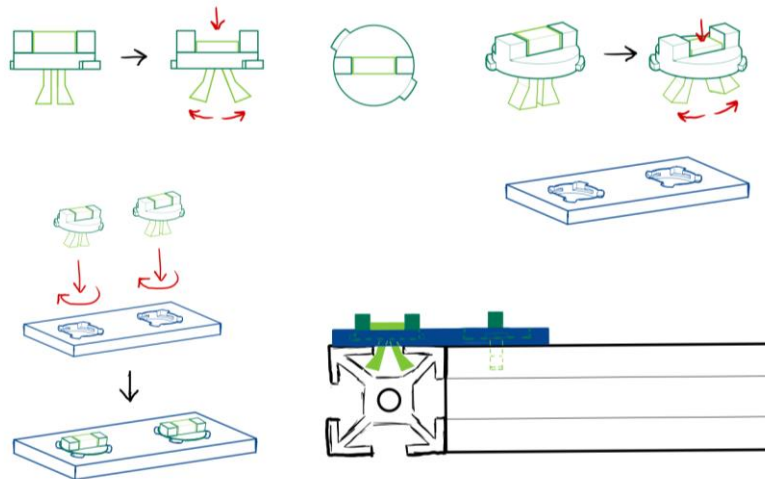
I denna applikation förväntas snapp-clips liksom profilerna vara 3D-printade och med en tillräckligt snäv passning är förhoppningen att tillräckligt med friktion uppstår för att hålla samtliga komponenter fixerade på platsen de fästs. Nackdel och risk med detta är att de formsprutade kopplingarnas peggar tenderar att gå sönder efter att de monterats och plockats isär ett flertal gånger. Detta tyder på att de 3D-printade kopplingarna kommer hålla ännu sämre än de formsprutade kopplingarna då 3D-printningsskikten skapar naturliga brottanvisningar. För att detta ska gå måste alltså vidare undersökningar genomföras. Anledningen till att de ska 3D-printas är då komponenterna önskas produceras *in-house* och för att projektet inte hinner utreda vilka leverantörer av precis rätt utförande av komponenterna som finns och som kan tänkas användas.

Koncept 3.2: Grod-clips (Vidareutveckling av koncept 3.1)

Detta utförande av clips bygger på bilbanskopplingarna i koncept 3.1. Konceptet består av tre komponenter enligt figur 4.24, en platta med två hål med bajonettfattningar i och två grod-liknande clips. Grodorna har ett yttre hölje, de mörkgröna delarna i figur 4.24, som är till för att skapa stadga i komponenter, hålla i de rörliga delarna och denna del har även han-delen av bajonettfattningen, i form av peggarna som sticker ur på sidan. De ljusgröna delarna på grodan är en knapp och "benen" av grodan är själva clipsaspekten. Då knappen trycks ned kommer "benen" att dela på sig och hakar således fast sig i profilen.

Monteringen av Grod-konceptet görs genom att först placera grodorna i plattan och låsa dem på plats, se figur 4.24. Efter det placeras plattan med clips i skenor som de ska fästas i, därefter trycks knapparna ned på grodorna varpå benen låser profilerna på plats.

Tanken är att plattan och clipsen behöver produceras av styvare material än 3D-printarna erbjuder, dessutom kommer detta koncept inte kunna produceras i ett stycke och kommer behöva bestå av flera olika material för att få knappfunktionen att fungera. Knappen är tänkt att fungera likt en kulspetspenna. Vidare hade detta koncept behövt förenklas ned till att ha färre element i grodan för att uppnå kraven i kravspecifikationen.

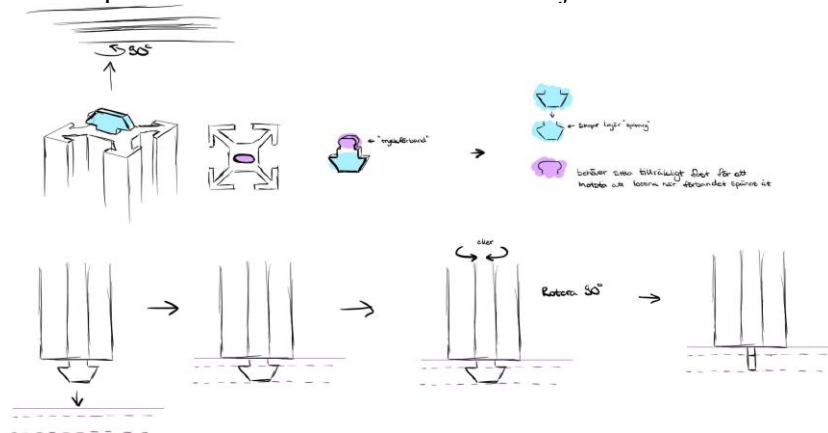


Figur 4.24: Grod-clips

Koncept 3.3: Vridlåsning

Koncept 3.3 består av två komponenter, fästelement och profiler. Profilerna i konceptet baseras på original-profilernas tvärsnitt, med överhäng och ett centrumhål. Vad som skiljer dessa profiler från original-profilerna är att hålet i mitten av tvärsnittet är ovalt och inte helt cirkulärt, anledningen till detta är för att skapa ett vridstyvt fäste för fästelementet som trycks ned i hålet i profilens mitt, se figur 4.25, där den lila delen av fästelementet pressas ned i profilens mitthål. Fästelementet består av två sidor, ena i form av en parallelltrapets och andra i form av en liggande oval form. Den liggande lila ovala formen i figur 4.25 fästs i änden av profilen medan det blå parallelogrammet i figur 4.25 fästs i skenan på den mötande profilen. Ordning med vilken fästelementet fästs skall vara flexibel, det vill säga att fästelementet antingen vrids på plats i skenan först och sedan fästs i änden på mötande profilen eller så fästs den i änden på profilen först och sedan förs ned i skenan som i figur 4.25. Detta så att profilen inte alltid behöver vridas på plats då detta kan försvåra monteringsprocessen.

Tanken med detta koncept är att båda komponenterna ska 3D-printas. Detta resulterar i att allt kan tillverkas in-house och på så sätt blir det enkelt för konstruktörerna att producera mer. En negativ aspekt med konceptet är dock att fästelementen blir för små och svaga och således att det kommer resultera i stora mängder merproduktion. Frågan blir också hur väl den ovala delen av fästelementet fästs i profilens ände, det vill säga hur denna del utformas så att den går att montera och demontera men samtidigt sitta stabilt under tiden den sitter där. Lego är ett bra exempel där detta uppnås, men lego är inte 3D-printat och således måste detta undersökas vidare. En vidareutveckling hade varit att producera profiler och fästelementet som en detalj.



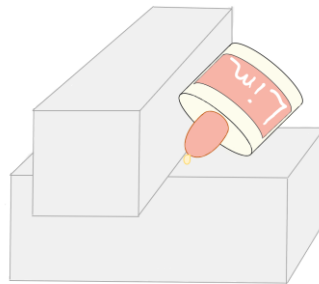
Figur 4.25: Vridclips

4.11.4. Lim

Lim är ett fästelement som oftast förekommer i applikationer där komponenterna inte kommer demonteras, men med lösningsbara limsorter så hade det varit möjligt att använda lim som ett fästelement.

Koncept 4.1: Lim

Detta koncept bygger på att geometrin hos profilerna är rektangulära och utan några extra fästelement. För att fästa profilerna mot varandra limmas de ihop, se figur 4.26. Ett alternativ som skulle vara aktuellt hade varit om limmet hade varit vattenlösligt och att efter att något modellerats och limmats ihop så placeras hela i vatten och limmet löses upp. Ett annat alternativ hade varit att limmet inte var vattenlösligt och att modellen således inte går att demontera. Däremot kan limmet skapa starka fästpunkter.



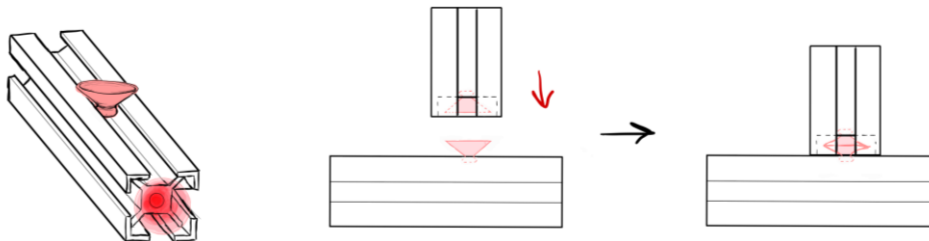
Figur 4.26: Lim som fästelement

4.11.5. Sugkoppar

I kapitel 2 avsnitt 2.2 presenteras figur 2.5 som visar en byggsats baserad på sugkoppar. Koncepten i denna kategori tog inspiration från byggsatsen i figur 2.5.

Koncept 5.1: Leksaksbyggsatsen

I figur 2.5 i kapitel 2, presenteras ett utförande av en byggsats som baseras på sugkoppar som fästelement. Detta koncept efterliknar konceptet i 2.5, men i stället för att ha sugkoppar som sitter helt öppet på ytan försänks dessa ned i profilen något för att skapa stabilare fästpunkter med stöd från profilens försänkta spår, se figur 4.27.



Figur 4.27: Sugkoppsfästen

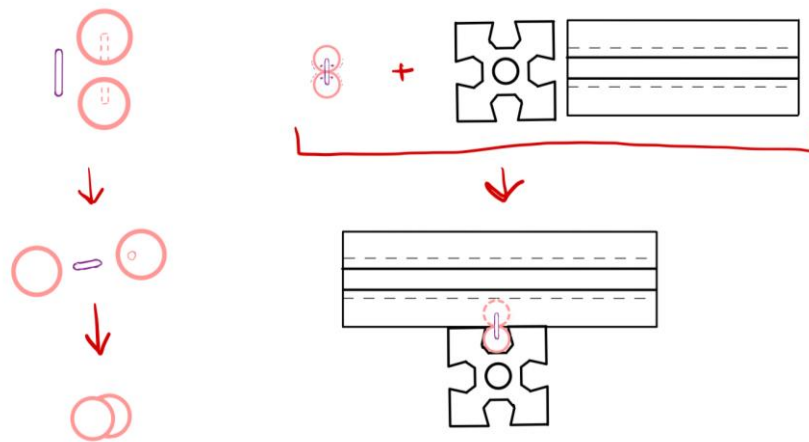
Konceptet bygger på att geometrin från de ursprungliga aluminiumprofilerna behålls. För att fästa profiler mot varandra används i stället sugkoppar som med hjälp av undertrycket som bildas fäster profilerna mot varandra. Tanken är att baksidan av sugkoppen, den lilla ”pluppen”, trycks in i en skena och fastnar där tack vare friktion, pluppen är således större än öppningen av skenan.

4.11.6. Fästelement av gummi

Koncept 6.1, Gummipärlor med plugg

Detta koncept består av två gummikulor och en plugg av metall. När metallpluggen förs in i gummikulorna trycker den på gummikulorna inifrån så att de expanderar. På så sätt kan gummikulorna placeras ned i skenorna och sedan fästas genom att sätta i pluggen. I detta utförande är gummikulornas hål inte genomgående utan hålen går endast till kulans mittpunkt. Profilernas utförande kan ses i figur

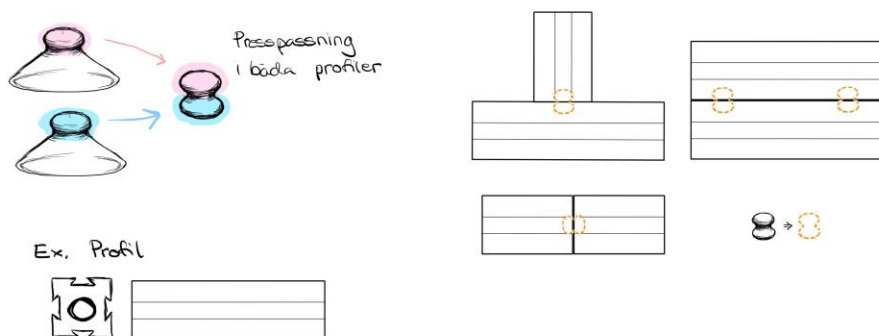
4.28 och för att kunna placera en profils ände mot en annan profils sida har profilerna ett genomgående hål där en av kulorna kan placeras, medan den andra placeras i skenan. I detta koncept kommer profilerna att 3D-printas.



Figur 4.28: Koncept 6.1, Gummipärlor med plugg.

Koncept 6.2: Gummipluppfäste

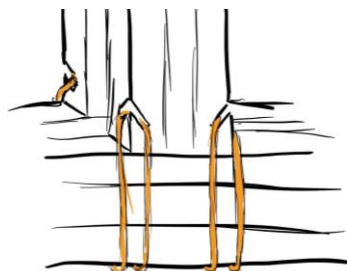
Detta koncept är en variant av koncept 6.1, se figur 4.28, i kombination med konceptet med sugproppar, koncept 5.1 enligt figur 4.27. I detta koncept smälts två ändar av sugpropparnas ändar ihop till en, för att uppnå rätt form se figur 4.29. Sedan fästs elementen på liknande sätt som i koncept 6.1, de trycks ned i skenorna alternativt i änden av profilen beroende på hur profilerna önskas fästas mot varandra.



Figur 4.29: Gummipluppfäste med presspassning

Koncept 6.3: Gummiband

Avslutningsvis i denna kategori kommer gummibandskonceptet. Detta koncept bygger på originalprofilerna men att ett vinklat jack sågas ut för att skapa en krok-funktion i änden av profilerna. I jacken fästs gummiband som sträcks ut runt den liggande profilen, se figur 4.30 i detta fall.



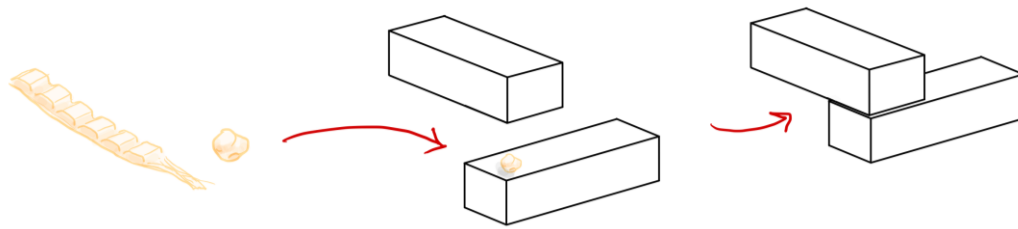
Figur 4.30: Gummiband och hak-fästen

4.11.7. Häftmassa

Häftmassa är ett fästelement som används för att under en period fästa ett lättare objekt på exempelvis en vägg.

Koncept 7.1, Häftmassa

Häftmassa konceptet bygger på häftmassa och rätblock. I detta koncept kommer profilerna att behöva ha formen av ett rätblock för att tillgodose en maximal vidhäftningsyta för häftmassan. För att montera detta koncept tas en bit häftmassa och denna bit placeras på en av profilerna och den andra profilen läggs ovan på. Slutligen trycks dessa ihop och häftmassan fäster profilerna mot varandra, se figur 4.31. För att demontera dras profilerna isär och häftmassan pillas bort. Vid vidareutveckling av detta koncept behöver det säkerställas att samtlig häftmassa skall kunna avlägsnas från profilernas ytor. Vidare är häftmassans kraftupptagande förmåga begränsad.



Figur 4.31: Häftmassa som fästelement

4.12. Konzeptutvärdering

Koncepten som tagits fram under idégenereringen utvärderas, sällas bort och ett slutgiltigt koncept väljs ut under konceptutvärderingen. Detta gjordes med hjälp av matriser; elimineringsmatris, Pughmatris och Kesselringmatris.

4.12.1. Elimineringsmatris

Koncepten från idégenereringen utvärderades i elimineringsmatrisen, se tabell 4.3. I elimineringsmatrisen eliminerades sju koncept då de inte uppfyllde kriterierna. Av lösningarna som behölls fanns det några där ytterligare information behövde samlas in. För 1.2 och 1.3 krävdes det att ta reda på vilken typ av hårddisk som konstruktörernas datorer hade. Anledningen till detta är att om det skulle vara magnetiska hårddiskar skulle hårddiskarna kunna ta skada av magneterna och i värsta fall förstöras. Om hårddiskarna är magnetiska uppfyller koncepten inte kravet 6.4 Byggsatsen skall ej skada sin omgivning.

Gällande koncept 2.1 behövde information inhämtas om hur starka kardborreband är och hur stabilt det skulle bli med dem som fästelement. Vid bristande stabilitet skulle konceptet inte uppnå kriterium 4.1 fästanordningar ska vara stabila.

Tabell 4.3: Elimineringssmatris

Elimineringsmatris för: Byggsats														Skapad: 2023-04-24		Sid 1		
Utfärdad av: Stina Allansson & Mathilda Svensson Wallentin																		
Elimineringskriterier																		
	Ska fungera för individuellt bruk	Ska fungera för bruk i grupp	Ska gå att bygga ihop hel fixtur	Byggsatsen skall kunna demonteras	Byggsatsen skall erbjuda stor variation i konstruktionsmöjligheter	Byggsatsen representera funktionen av triangulära fästen	Fästaneländningar skall vara stabila	Ska kunna utvidgas med fler komponenter	Byggsatsen skall vara skalbar	Profiler, 40x40, 40x80 och 80x80 skall vara representerade	Byggsatsen ska vara säker att använda	Byggsatsen ska ej skada sin omgivning	Byggsatsen skall vara mobil	Byggsatsen skall vara bordsanpassad	Det ska gå att tillverka en prototyp av konceptet	Komponenterna ska vara demonterbara ned till ett material per del	+ Ja	+ Behåll lösning
																	- Nej	- Eliminera lösning
																	? Information saknas	? Sök information
																	! Kontrollera kravspec.	! Kontrollera kravspec.
Lösning	1.1	1.2	2.1	2.4	3.2	3.6	4.1	4.4	5.1	5.4	6.1	6.4	7.1	7.3	8.10	10.1	Kommentar	Beslut
1.1	+	+	?	+	?	+	+	+	+	+	+	?	+	+	-		? - Oklart om attraktion alltid kan fås som önskat. ? - Oklart om attraktion alltid kan fås som önskat. ? - Ta reda på typen av hårdisk, magnetisk eller solidstate som används på företagets datorer	Eliminera lösning, Lösningen kräver extra undersökning, specialbeställning av magneter.
1.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	? - Ta reda på typen av hårdisk, magnetisk eller solidstate som används på företagets datorer	Behåll lösning
1.3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	? - Ta reda på typen av hårdisk, magnetisk eller solidstate som används på företagets datorer	Behåll lösning
2.1	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	? - Beror av styrkan på karborren.	Behåll lösning
3.1	+	+	-															Eliminera lösning, Som individuellt koncept erbjuds inte tillräckligt många monteringsmöjligheter
3.2	+	+	+	+	-													Eliminera lösning, Erbjuder ingen åtkomst vid vinklade fästen
3.3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		Behåll lösning
4.1	+	+	+	-														Eliminera lösning, Kan ej demonteras
5.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-			Eliminera lösning, bristande yttjämnhet för att vakuum ska uppnås.
6.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		Behåll lösning
6.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		Behåll lösning
6.3	+	+	-															Eliminera lösning, Erbjuder inte tillräckligt många monteringsmöjligheter
7.1	+	+	+	+	+	+	-											Eliminera lösning, Väldigt elastiskt, vidstår ej dragkrafter väl

Information om hårddiskarna hämtades från handledaren på företaget och en IT-specialist på företaget. Hårddiskarna visade sig inte vara magnetiska utan SSD, *Solid State Drive*. Däremot belystes det faktum om att känsliga elektriska apparater skulle kunna ta skada av magneterna om de skulle komma i kontakt. Däremot är det inte ofta dessa apparater placeras i närheten av arbetsborden där byggsatsen skulle användas. Detta behöver därmed tas i beaktande, att det finns en risk, men att den dock är relativt liten men dock med stora konsekvenser.

4.12.2. Pughs relativa beslutsmatris

För att sälla bort de svagaste av de kvarstående koncepten användes Pughs relativa beslutsmatris. Viktning där information inte funnits har antagits efter bästa förmåga. Däremot gick det inte att anta hur företagets möjligheter och system för återvinning såg ut. Detta togs därför reda på med hjälp av en intervju med en produktionschef. Informationen som inhämtades från intervjun var:

- Materialet i 3D-printern är ABS plast. Stödmaterialet vid 3D-printningen löses upp i ett lutbad där lutbadet sedan tas om hand.

- Det finns insamlingar av spillmaterial för de flesta metaller, exempelvis rostfritt stål, aluminium, koppar med fler. Det finns även insamling för många polymerer, exempelvis nylon. Dessa insamlingar skickas sedan vidare för återvinning.

Efter att den första matrisen färdigställts, se tabell 4.4, noterades att referenslösningen var sämst rankad. Med tanke på att Pughs relativa beslutsmatris kan vara missvisande då alla koncepten jämförs med ett och samma referenskoncept som i detta fall var sämst gjordes ytterligare en matris med ett annat referenskoncept för att säkerställa att resultatet i den första matrisen stämde.

Tabell 4.4 Pugh-matris 1 med Koncept 1.2 som referens

Kriterium		Lösnings alternativ					
		1.2	1.3	2.1	3.3	6.1	6.2
1.4.	Ska vara gemensam, brukbar oavsett befattning	0	0	0	-	0	
1.5.	Medge förståelse oavsett befattning	0	0	-	+	0	
1.6.	Visa på möjligheter och begränsningar med aluminiumprofiler	0	0	-	+	0	
1.7.	Byggsatsen skall tydliggöra åtkomst vid montering	0	0	0	0	0	
2.2.	Möjlighet att bygga ihop del av fixtur	0	0	0	0	0	
2.3.	Byggsatsen skall vara snabb att montera	0	0	-	-	0	
2.5.	Byggsatsen skall vara snabb att demontera	0	0	-	-	0	
2.6.	Byggsatsen skall kunna återanvändas	0	0	-	0	0	
3.1.	Brett innehåll av komponenter	0	0	0	0	0	
3.3.	Byggsatsen kan innehålla fot-element	0	0	0	0	0	
3.4.	Byggsatsen kan innehålla hjul	0	0	0	0	0	
3.5.	En mångfald av festelement skall vara representerade	0	0	0	0	0	
4.2.	Fästanordningar skall vara stabila [Nm]	-	+	0	+	+	
4.3.	Slittåliga komponenter	0	0	-	+	+	
5.2.	Utförandet av byggsatsen skall vara i skala mellan 1:2 till 1:10	0	0	0	0	0	
5.3.	Komponenternas dimensioner framgår	0	0	0	0	0	
5.5.	Erbjuda basutbud på standardlängder	0	0	0	0	0	
5.6.	Längder skall kunna väljas fritt	0	0	0	0	0	
6.2.	Byggsatsen ska vara säker att använda, kanter > 0,5mm radie	0	0	0	0	0	
6.3.	Byggsatsen skall vara behaglig att använda	0	0	0	0	+	
7.2.	Byggsatsen skall vara så lätt som möjligt	+	+	+	+	+	
7.4.	Byggsatsens längsta profil skall max vara 0,6 m lång	0	0	0	0	0	
7.5.	Byggsatsen kan förvaras platseffektivt	0	0	0	0	0	
8.1.	Lokal Produktion	0	+	+	+	+	
8.2.	Låg materialmängd/materialvolym i komponenter (profiler)	0	0	0	0	0	
8.3.	Lågt materialspill vid produktion	0	0	0	0	0	
8.4.	Tillverkning av komponenter i ett stycke	+	+	+	+	+	
8.5.	Lågt behov av merproduktion	+	0	-	+	+	
8.6.	Korta leveranstider	0	0	+	0	-	
8.7.	Låga produktionskostnader	0	+	+	+	+	
8.8.	Låga transportkostnader	0	+	+	+	+	
8.9.	Låg energiåtgång vid produktion	-	+	+	+	+	
9.1.	Fil-bibliotek (databas) med möjlighet till expansion av filer	0	0	0	0	0	
9.2.	Tillverkning av fler komponenter utifrån fil-biblioteket	0	0	0	0	0	
10.2.	Material med låg miljöpåverkan	0	+	+	+	+	
10.3.	Återvunna material	0	0	0	0	0	
10.4.	Återvinningsbara material	0	0	+	0	0	
10.5.	System för förbrukade komponenter	0	+	+	+	+	
10.6.	Inköp med korta transportsträckor	0	+	+	0	0	
Σ +			3	10	11	13	12
Σ 0			-	-	-	-	-
Σ -			2	0	7	3	1
Nettovärde		0	1	10	4	10	11
Rangordning		5	4	2	3	2	1
Vidareutveckling?		-	-	+	-	+	+

Som framgår i matriserna, se tabell 4.4 och 4.5, gavs ett annat resultat då ett annat referenskoncept användes. De koncept som togs vidare i bägge matriserna var 2.1. Kardborreband och 6.2. Gummipluppsfäste med presspassning. Dessa blev de två självklara koncepten att arbeta vidare med.

Tabell 4.5: Pugh-matris 2 med koncept 3.3 som referens

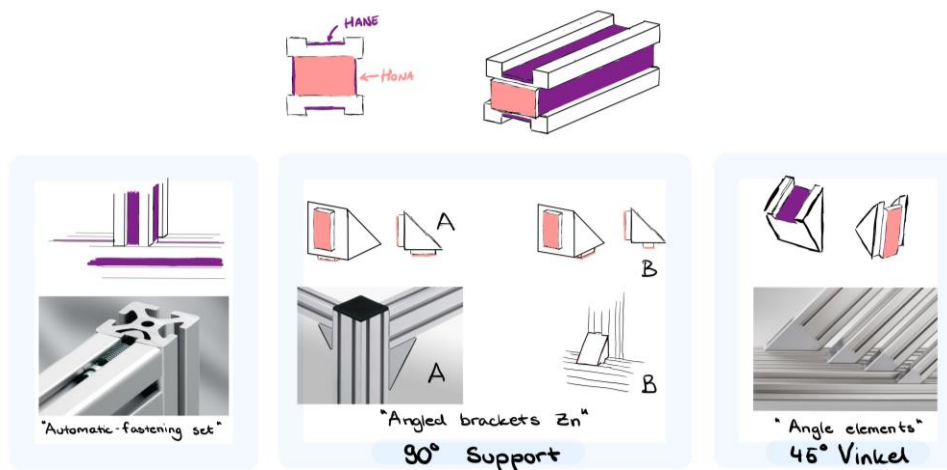
Kriterium		Lösnings alternativ					
		1.2	1.3	2.1	3.3	6.1	6.2
1.4.	Ska vara gemensam, brukbar oavsett befattning	0	0	0		0	0
1.5.	Medge förståelse oavsett befattning	+	+	+		+	+
1.6.	Visa på möjligheter och begränsningar med aluminiumprofiler	+	+	+		+	+
1.7.	Byggsatsen skall tydliggöra åtkomst vid montering	0	0	0		0	0
2.2.	Möjlighet att bygga ihop del av fixtur	0	0	0		0	0
2.3.	Byggsatsen skall vara snabb att montera	+	+	+		0	+
2.5.	Byggsatsen skall vara snabb att demontera	+	+	+		0	+
2.6.	Byggsatsen skall kunna återanvändas	+	+	+		+	+
3.1.	Brett innehåll av komponenter	0	0	0		0	0
3.3.	Byggsatsen kan innehålla fot-element	0	0	0		0	0
3.4.	Byggsatsen kan innehålla hjul	0	0	0		0	0
3.5.	En mångfald av festelement skall vara representerade	0	0	0		0	0
4.2.	Fästanordningar skall vara stabila [Nm]	0	-	+		+	+
4.3.	Slittåliga komponenter	+	+	+		+	+
5.2.	Utförandet av byggsatsen skall vara i skala mellan 1:2 till 1:10	0	0	0		0	0
5.3.	Komponenternas dimensioner framgår	0	0	0		0	0
5.5.	Erbjuda basutbud på standardlängder	0	0	0		0	0
5.6.	Längder skall kunna väljas fritt	0	0	0		0	0
6.2.	Byggsatsen ska vara säker att använda, kanter > 0,5mm radie	0	0	0		0	0
6.3.	Byggsatsen skall vara behaglig att använda	0	0	0		0	+
7.2.	Byggsatsen skall vara så lätt som möjligt	-	-	+		0	0
7.4.	Byggsatsens längsta profil skall max vara 0,6 m lång	0	0	0		0	0
7.5.	Byggsatsen kan förvaras platseffektivt	0	0	0		0	0
8.1.	Lokal Produktion	-	-	-		-	-
8.2.	Låg materialmängd/materialvolym i komponenter (profiler)	0	0	0		0	0
8.3.	Lågt materialspill vid produktion	0	0	0		0	0
8.4.	Tillverkning av komponenter i ett stycke	-	-	-		0	0
8.5.	Lågt behov av merproduktion	+	+	+		+	+
8.6.	Korta leveranstider	-	-	-		-	-
8.7.	Låga produktionskostnader	-	-	-		-	-
8.8.	Låga transportkostnader	-	-	-		-	-
8.9.	Låg energiåtgång vid produktion	-	-	-		-	-
9.1.	Fil-bibliotek (databas) med möjlighet till expansion av filer	0	0	0		0	0
9.2.	Tillverkning av fler komponenter utifrån fil-biblioteket	0	0	0		0	0
10.2.	Material med låg miljöpåverkan	-	-	-		-	-
10.3.	Återvunna material	0	0	0		0	0
10.4.	Återvinningsbara material	-	-	-		-	-
10.5.	System för förbrukade komponenter	-	-	0		-	-
10.6.	Inköp med korta transportsträckor	-	-	-		-	-
Σ +		7	7	9		6	9
Σ 0		-	-	-		-	-
Σ -		11	12	9		9	9
Nettovärde		-4	-5	0	0	-3	0
Rangordning		3	4	1	1	2	1
Vidareutveckling?		-	-	+	+	-	+

Koncepten ritades noggrant upp och mättsattes. Ganska fort konkluderades att profilernas tvärsnitt skulle lämpas bäst som 20x20 mm för att hålla byggsatsen skalenlig och inte göra den för skör och pillig. Måtten förutsatte att samtliga fästelement skulle passa till detta, vilket de inte gjorde. Fästelementen blev för små. Detta beslut togs i samråd med handledare på företaget som ansåg att de lösa blocken som utgjorde fästelementen i koncept 6.2, 6.1, 1.3 och 1.2, inte skulle vara lämpligt på grund av att de skulle bli för pilligt och komponenter skulle försvinna för lätt, således sållades dessa snabbt bort.

Vid vidareutveckling av koncept 2.1: Kardborre

Vid vidareutvecklingen av koncept 2.1 eliminerades de lösa fästelementen. Fästelementen fixerades i stället på profilerna. I detta steg konkretiserades samtliga komponenter som skulle ingå i konceptet vilket kan ses i figur 4.32 nedan. I avsnitt 4.4 beskrivs vilka fästelement som skulle representeras i byggsatsen. Dessa är "Automatic-fastening set" ett standard 90-graders fästelement, "Angled Brackets Zn" även kallat "90° Support" ett fästelement som förser 90-graders möten av profiler men extra stabilitet och slutligen fästelementet "Angle elements" även kallade "45° Vinkel" som möjliggör 45-gradiga möten. Fästelementets utformning för koncept 2.1 presenteras i figur 4.32.

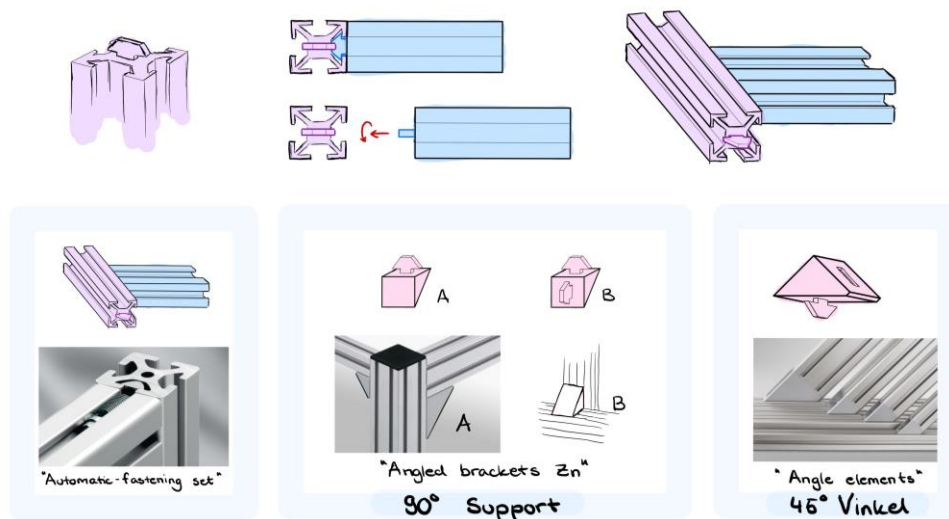
Standardkopplingen för 90-gradiga möten löses genom att honan på profiländen placeras i spåret på den andra profilen där hanan hakar fast honan. För 90° Support finns i detta koncept två utföranden för att tillgodose hur original-elementet kan monteras, se rutan med namnet 90° Support utförande A och utförande B i figur 4.32. Samtliga skåror innehåller han-sidan av kardborreband och således har fästelementen honsidan av kardborren. Kardborren kan antingen fästas med lim eller dubbelhäftande tejp.



Figur 4.32: Vidareutveckling av koncept 2.1, med tillhörande fästelement.

Vidareutveckling av koncept 3.3: Vridlåsning

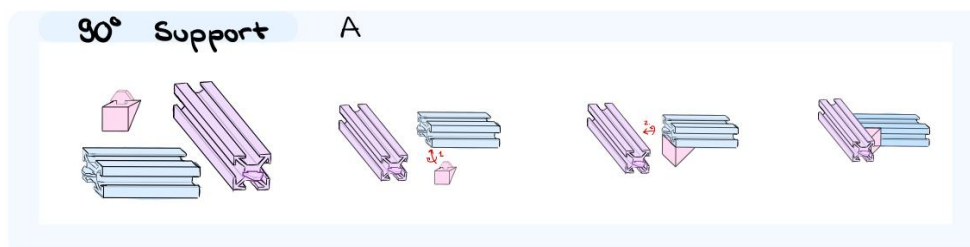
Efter överläggning vidareutvecklades koncept 3.3 med fasta fästelement i åtanke. Detta för att möjliggöra iterering och säkerställa att mest lämpat koncept väljs. För att eliminera de lösa fästelementen fixeras dem i ändarna av de 3D-printade profilerna, se figur 4.33. Vidare ritades de övriga elementen upp i detalj, liksom gjordes för konceptpresentationen av kardborren ovan, se figur 4.32.



Figur 4.33: Redovisning av ingående element i Vidareutveckling av koncept 3.3: Vridlåsning

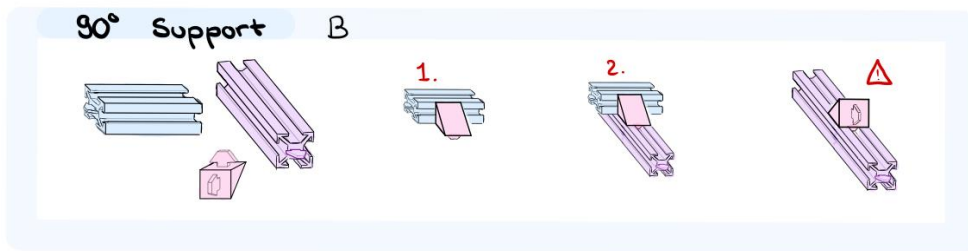
Vid konkretisering av fästelementens utformning konstaterades att monteringen av fixturer med dessa fästelement kommer med ett flertal utmaningar och restriktioner vilket illustreras i figur 4.34, 4.35 och 4.36 nedan.

90° Support utförande A har en utformning med endast ett vrid-fäste enligt figur 4.34. Anledningen till att 90° Support endast har ett vidfäste är att det tredje steget från vänster i figur 4.34 inte hade varit möjligt om det funnits vridfästen på båda vinkelräta sidor. Om den blå profilens vrid-fäste förs ned i skenan först skulle vid rotering det rosa vridfästet kollidera med sidan av den lila profilen. Således används endast ett vrid-fäste på detta fästelement. Detta fästelementet måste monteras på en den blå profilen innan profilerna monteras ihop. Detta på grund av att fästelement måste vridas på plats och när det vridits på plats kan det inte skjutas i sidled. Utförande A är alltså ett visuellt fästelement i denna byggsats då elementet i sak inte låser profilerna på plats.



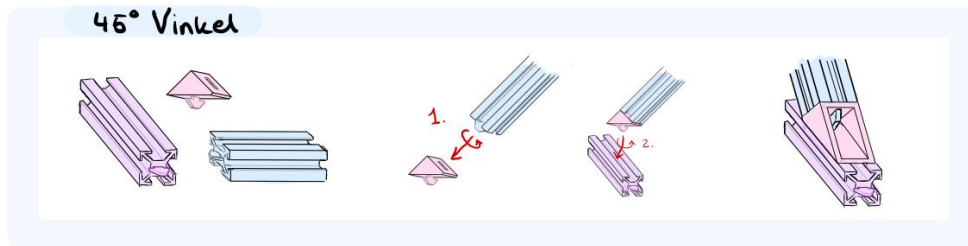
Figur 4.34: Monteringsinstruktioner för 90° Support i utförande B

I utförande B har fästelementet två vrid-fästen enligt figur 4.35. Dessa är riktade i var sin riktning för att två profiler skall kunna korsas, det vill säga att ingen av profilernas ändar behöver vara inblandade för att montera ihop dem. Detta element kräver också att det monteras i rätt ordning. Den blå profilen måste monteras först annars försätts brukaren i scenariot längst till höger i figur 4.35. I detta läge kan inte den blå profilen roteras på plats eftersom den lila profilen är i vägen för den blå rotation. Enligt figuren nedan kommer den blå profilen roteras på plats genom att starta i lodrätt läge och sedan roteras till vågrätt läge, medan för att montera den lila profilen behöver den endast roteras i det horisontella planet. Således kommer den blå profilen inkräkta på den lila profilens rymd i monterat läge men den lila kommer inte att inkräkta på den blå profilens rymd vid montering.



Figur 4.35: Monteringsinstruktioner för 90° Support i utförande B

Slutligen, fästelement som möjliggör montering av profiler i en 45° vinkel och kallas därför 45° Vinkel. En monteringsprocess illustreras i figur 4.36 men elementen kan monteras utan inbördes ordning utan att en kollision sker. I figur 4.36 fästs änden av den blå profilen i fästelementet och sedan vrids hela paketet på plats i skenan av den lila profilen.

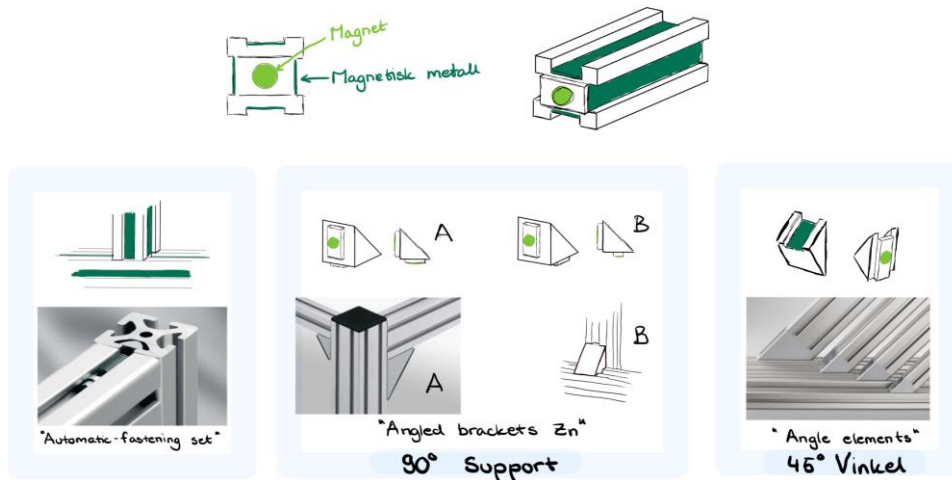


Figur 4.36: Monteringsinstruktioner för 45° Vinkel

I figur 4.36 visualiseras hur 45° Vinkel monteras ihop med två profiler. Utifrån det som konstateras ovan går det att montera ihop en del av ett koncept. I de fall det är fler än tre element som skall monteras kan det uppstå problem då de behöver vridas på plats i en viss ordning till följd av åtkomst, som inte är direkt representativt för aluminiumprofilsystemet. Vidare skulle detta kunna leda till att en hel fixtur inte kan monteras ihop, då kollisioner uppstår. På grund av detta uppfyller konceptet inte alla krav uppställda i kravlistan, se tabell 4.2, eftersom krav "2.1. Ska gå att bygga ihop hel fixtur" inte uppfylls. Eftersom konceptet med det nya utförandet inte kommer att uppfylla samtliga krav som ställs på byggsatsen sållas även detta koncept bort.

Korsbefruktning, Koncept Magnet

Efter att koncepten konkretiserats och ytterligare ett koncept eliminerats växte en ny konceptidé fram. Detta koncept är en korsbefruktning mellan 1.3 Slingmagnet och 2.1 Kardborre. Med samma utformning som det vidareutvecklade kardborrebandskonceptet, se figur 4.32, ersätts kardborren med magneter och en magnetisk metallist som ersätter magnetremsan från koncept 1.3. Magneterna ersätter kardborrens hon-element och metallisten ersätter han-elementen. Montering i detta koncept kan ske utan inbördes ordning och innehåller samma fästelement som nämns ovan.



Figur 4.37: Redovisning av ingående element i Korsbefruktning, Koncept Magnet

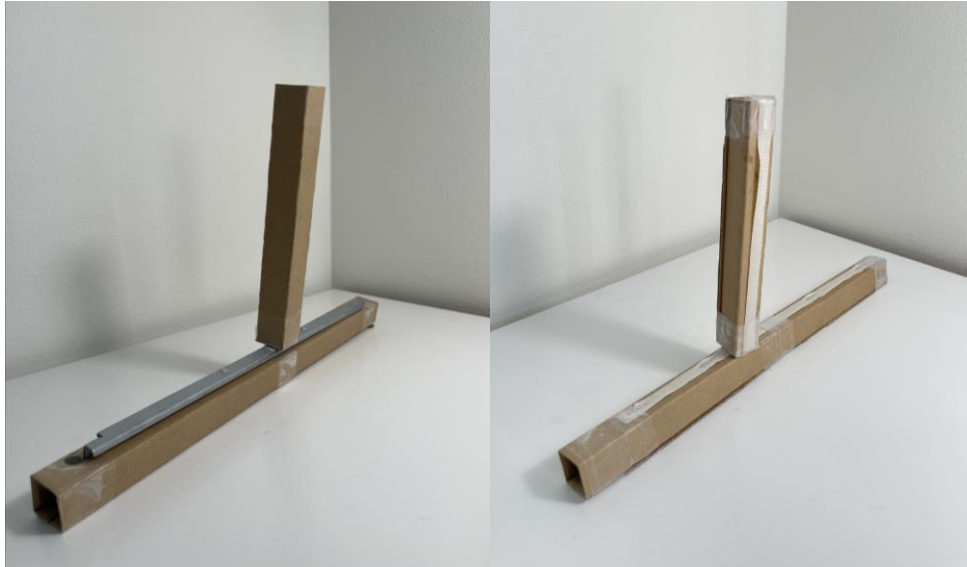
Efter att koncepten konkretiserats och validerats mot kravspecifikationen fanns alltså två kvarvarande koncept. De koncept som lyfts vidare in i Kesselringmatrisen är alltså magnet- och kardborrekoncepten från vidareutvecklingen av koncept. Magneterna och plåten kommer i detta utförande att fästas med lim.

4.12.3. Kesselringmatris

För att jämföra de två kvarstående koncepten, Kardborrekonceptet och Magnetkonceptet, med varandra användes Kesselring metod. För att genomföra metoden och skapa en matris, behöver kriterierna först viktas mot varandra. I detta fall har kriterierna valts till att vara önskemålen från kravspecifikationen. I tabell 4.6 presenteras viktningen kriterier emellan. Då ett kriterium bedöms vara viktigare än det som jämförs med skrivs en etta in. Då det är lika viktigt som det kriteriet som det jämförs med skrivs 0,5 in, och slutligen om det anses mindre viktigt än det som det jämförs med skrivs en nolla in. Summan för varje kriterium (rad) läggs ihop och presenteras under Σ . Under Σ_{rel} presenteras viktningen för varje kriterium, alltså Σ dividerat med antalet kriterier, i detta fall 40. Σ_{rel} används senare för att utvärdera koncepten mot varandra.

Tabell 4.6: Tabell över kriteriernas viktning

Kriterium	1.4.	1.5.	1.6.	1.7.	2.2.	2.3.	2.5.	2.6.	3.1.	3.3.	3.4.	3.5.	4.2.	4.3.	4.5.	5.2.	5.3.	5.5.	5.6.	6.2.	6.3.	7.2.	7.4.	7.5.	8.1.	8.2.	8.3.	8.4.	8.5.	8.6.	8.7.	8.8.	8.9.	9.1.	9.2.	10.2.	10.3.	10.4.	10.5.	10.6.	Σ	Σ_{rel}		
1.4.	-	0	0	1	0	0	0	0	0	0,5	0,5	1	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0	0,5	8,5	0,21	
1.5.	1	-	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	31,5	0,79
1.6.	1	0,5	-	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	33	0,83	
1.7.	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,10		
2.2.	1	0,5	0	1	-	1	1	0,5	1	1	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	32,5	0,81	
2.3.	1	0,5	0,5	1	0	-	1	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	31	0,78		
2.5.	1	0,5	0,5	1	0	0	-	0	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	0	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	20,5	0,51		
2.6.	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	-	0,5	1	1	0,5	1	0,5	1	0	1	0,5	1	0	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	25,5	0,64		
3.1.	0,5	0	0	1	0	0	0	0,5	-	1	1	0,5	0	0	0,5	0	1	0	1	0	0	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	16	0,40	
3.3.	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0,04		
3.4.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	
3.5.	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	1	1	-	0	0	0	0	1	0	1	0	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	1	16,5	0,41	
4.2.	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0	1	1	1	1	-	1	0,5	0,5	1	0,5	1	0	0,5	1	0,5	1	0,5	1	1	0,5	0,5	0	0	1	0,5	0,5	1	1	1	0,5	1	1	26,5	0,66		
4.3.	1	0	0	1	0	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0	-	1	0,5	1	0,5	1	0	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0	0	0,5	1	0,5	0,5	0,5	19,5	0,49			
4.5.	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0	-	0,5	1	0	1	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	16	0,40				
5.2.	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	-	1	1	1	0,5	1	0	0,5	1	0	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	1	27,5	0,69			
5.3.	1	0	0	0,5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	-	1	0	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0,5	10	0,25			
5.5.	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	1	0	1	-	1	0	1	1	1	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	0,5	1	29,5	0,74				
5.6.	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0	0,5	4,5	0,11				
6.2.	1	0,5	0,5	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	37,5	0,94			
6.3.	1	0,5	0,5	1	0	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0	1	0	0	-	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	13	0,33			
7.2.	0,5	0	0	1	0	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0	0	0	0	1	0	1	0	0,5	-	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0	0,5	0,5	1	14	0,35				
7.4.	0,5	0	0	1	0	0	0,5	0	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	0	1	0	1	0	1	-	0,5	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	15,5	0,39		
7.5.	0,5	0	0	1	0	0	0	0,5	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0,5	0	1	0	1	1	0,5	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0,5	11	0,28			
8.1.	1	0,5	0,5	1	0	0	0,5	0	0	1	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0	1	1	1	-	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	24,5	0,61			
8.2.	1	0	0	1	0	0	0,5	0,5	1	1	0,5	0	0,5	0,5	0,5	1	0	1	0	1	0,5	0,5	1	0	-	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0	1	17	0,43				
8.3.	0,5	0	0	1	0	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	1	0	1	0,5	0,5	0	1	-	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0	1	16,5	0,41					
8.4.	1	0	0	1	0	0	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	0	1	1	1	1	0,5	1	1	-	1	1	0	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	24	0,60					
8.5.	1	0	0	1	0	0	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	0	1	1	1	1	0,5	1	1	0	-	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	23,5	0,59				
8.6.	1	0,5	0	1	0,5	0,5	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	0	1	1	1	1	0,5	1	1	0	0,5	-	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	1	29	0,73				
8.7.	1	0,5	0	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	-	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	28,5	0,71					
8.8.	1	0	0	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0	-	1	0,5	0,5	0,5	0	0	26,5	0,66				
8.9.	0,5	0	0	1	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0	0,5	0,5	1	0	0,5	0	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	-	0	0	0,5	0,5	0	0,5	14	0,35				
9.1.	1	0,5	0,5	1	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	1	0	1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	-	0	0	0	0,5	20	0,50				
9.2.	1	0,5																																										



Figur 4.38: Skissmodell av magnetkoncept.
Författarens egen bild.

Figur 4.39: Skissmodell av kardborrekonceptet
Författarens egen bild.

För kriteriet 8.1. Lokal produktion saknades information, därför gjordes en informationssökning. Då en av arbetets avgränsningar varit att inte undersöka eventuella leverantörer och dess produktioner vägdes inte produktionen av magneterna respektive kardborrebanden in i kriteriet. Då de kvarstående komponenterna i produkterna är de delar som produceras genom 3D-printning in-house för bägge koncepten anses de uppnå kriteriet i lika stor utsträckning. Men då koncepten inte uppnår kriteriet till fullo, med tanke på att de bägge innehåller komponenter som köps in av en underleverantör viktas de inte som att de uppnår kriteriet felfritt som framgår i tabell 4.13.

Vid bedömningen av i hur stor utsträckning koncepten uppnådde kriterium ”8.6. Korta leveranstider” uppstod återigen brist på information för att genomföra bedömningen. Återigen söktes inte denna information upp med hänsyn till arbetets avgränsningar, att undersökning och val av eventuella leverantörer och dess produktioner inte tas i beaktning. Leveranstiderna för beställning och leverans av magneter och kardborreband vägs därmed inte in i bedömningen. Däremot bygger båda koncepten på att resterande komponenter 3D-printas in-house. För att ta reda på leveranstiderna genomfördes ett besök hos produktionsverkstan på företaget där frågor ställdes till en av de ansvariga för 3D-printarna. Svaren på frågorna bekräftade att det var olika långa leveranstider beroende på period, ibland var det ingen som beställde 3D-printade delar, och ibland kom en stor volym med olika beställningar på 3D-printade delar. Dock var det allra vanligaste att de beställda delarna kunde börja 3D-printas samma dag eller dagen efter och levereras inom en vecka, beroende på komponentens storlek. På så vis uppnår inget av de två koncepten, varken magnet eller kardborre, kriteriet om lokal produktion helt då de innehåller komponenter som behöver beställas in från en underleverantör. Däremot finns möjlighet att tillverka stora delar av koncepten in-house med kort leveranstid. Därav blir det inte den högsta viktningen, men med tanke på den korta leveranstiden för komponenterna som produceras in-house anses de uppnå en 4:a i bedömningen, se tabell 4.13.

Likt ovan nämnda kriterier berörs även kriterium 8.8. Låga transportkostnader av arbetets avgränsning om att inte undersöka möjliga underleverantörer och dess produktioner. Detta innebär att transportkostnaderna för leverans av magneter och kardborreband inte vägs in i viktningen. Däremot produceras resterande komponenter i koncepten som tidigare nämnt in-house i en 3D-skrivare. Transportkostnaderna från produktion till konstruktionsavdelningen blir därav minimal då produktionen av komponenterna ligger i samma hus som konstruktionsavdelningen. Därav anses bägge koncept uppnå kriteriet bra, men inte fläckfritt vilket resulterar i fyror, se tabell 4.13.

Vid bedömning av kriterium ”10.2. Material med låg miljöpåverkan” saknas återigen information för att genomföra en korrekt bedömning. Material i magneter och kardborreband behöver fastställas först.

Magneterna som använts i prototyperna och som planerats användas i produkten var neodymmagneter, vilka innehåller ämnet neodym till 30 % och andra metaller, däribland andra sällsynta jordartsmetaller (Stena Metall, u.å.). Enligt patentet Nylon Velcro Strap består ett kardborreband av nylon och polyester (Chen, 2017). För att ta reda på respektive materialmiljöpåverkan användes programvaran Granta EduPack 2022. Som framgår i tabellerna 4.7, 4.8 och 4.9, resulterade sökningen i Granta EduPack 2022 i att neodym har ett mindre koldioxidavtryck än nylon och polyester.

Tabell 4.7: Miljöpåverkan Neodym; Granta EduPack

Neodymium (Nd)				
Datasheet view: Elements				
Eco properties				
Embodied energy, primary production	i	* 80,8	- 89,1	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	i	* 4,8	- 5,29	kg/kg
Water usage, pure element	i	45,2	- 50	l/kg

Tabell 4.8: Miljöpåverkan Polyamid (Nylon); Granta EduPack

Polyamides (Nylons, PA)				
Datasheet view: All properties				
Primary material production: energy, CO2 and water				
Embodied energy, primary production	i	129	- 158	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	i	6,09	- 8	kg/kg
Water usage	i	* 176	- 820	l/kg

Tabell 4.9: Miljöpåverkan Polyester; Granta EduPack

Polyester (UP)				
Datasheet view: All properties				
Primary material production: energy, CO2 and water				
Embodied energy, primary production	i	84,3	- 93	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	i	4,99	- 5,51	kg/kg
Water usage	i	* 190	- 210	l/kg

Dock är det viktigt att hålla ordning på att vikten kardborreband som krävs för att fästa är en tiondel av vikten hos magneten. Detta framkom då en magnet med radie på 8 millimeter respektive kardborreband på 10x20 millimeter vägdes. Måtten är de som planerats användas i konceptens fästpunkter. Vägningen gav mätvärdet 1 gram för magneten och 0,1 gram för kardborrebandet. Med detta i åtanke blir koldioxidavtrycket för kardborrebandsmaterialen en tiondel av magnetens. Då ett antagande görs att kardborrebandet består till hälften av nylon och till hälften polyester medför detta resonemang att:

$$\text{Neodym CO}_2 \text{ footprint, primary production} = 5,29 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

Kardborreband

$$= \left(\frac{1}{10}\right) \left(\frac{(\text{Polyamid CO}_2 \text{ footprint, primary production} + \text{Polyester CO}_2 \text{ footprint, primary production})}{2}\right)$$

$$= \left(\frac{1}{10}\right) \left(\frac{8 + 5,51}{2}\right) = 0,1 \left(\frac{13,51}{2}\right) = 0,6755 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

Återigen är inget av dessa alternativ ett självklart val, och med hänsyn till resterande komponenter i koncepten där materialet är ABS-plast, är inget av dem bra i miljösynpunkt. Däremot framgår av uträkningen att kardborrebanden har ett betydligt mindre koldioxidavtryck per fästpunkt än

magneterna har. Där ansågs magneterna rankas som en tvåa i hur väl de uppfyllde kriterierna och kardborrebanden ansågs rankas som en trea, se tabell 4.13.

Kriteriet 10.4. Återvinningsbara material blev också svårt att bedöma då information om materialens återvinningsbarhet fattades. För att söka upp information användes återigen Granta Edupack 2022. För polymererna i kardborreband hittades information om återvinningsbarhet, se tabell 4.10 och 4.11. Då det inte går att separera på de olika polymererna i kardborrebandet innebär det att de skulle behöva återvinnas tillsammans. Nylon kan återvinnas, dock kan inte polyester återvinnas. Detta leder till att kardborrebandet inte kan återvinnas, däremot är bägge polymererna föremål för downcycling. Downcycling innebär att materialet återvinnas men till en sämre kvalitet än ursprungsmaterialet. Polymererna är även föremål för förbränning, alltså när de har återvunnits så pass många gånger att kvalitén hos materialet inte längre är acceptabel, förbränns materialet och genererar energi. Då återvinningsgraden inte är perfekt uppnådde bedömningen inte högsta betyg, utan kardborrebandet fick en trea i bedömning, se tabell 4.13.

Tabell 4.10: Återvinningsbarhet för Polyamid (Nylon)

Polyamides (Nylons, PA)				
Datasheet view: All properties				
Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction				
Recycle				
Embodied energy, recycling		+ 41,3	- 45,6	MJ/kg
CO2 footprint, recycling		+ 2,89	- 3,19	kg/kg
Recycle fraction in current supply		0,672	- 0,742	%
Downcycle				
Combust for energy recovery				
Heat of combustion (net)		+ 30,1	- 31,6	MJ/kg
Combustion CO2		+ 2,28	- 2,39	kg/kg
Landfill				
Biodegrade				
Toxicity rating				
A renewable resource?				

Tabell 4.11: Återvinningsbarhet för Polyester

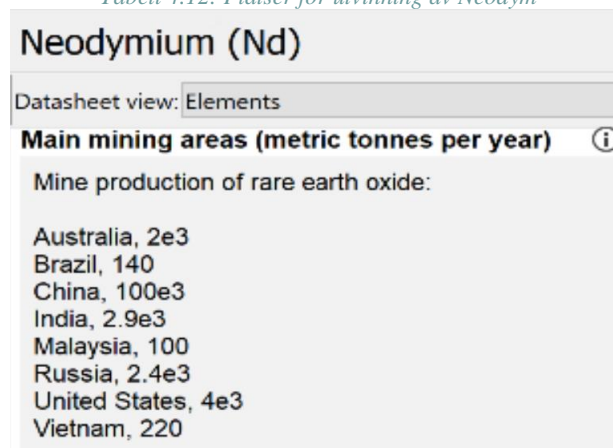
Polyester (UP)				
Datasheet view: All properties				
Material recycling: energy, CO2 and recycle fraction				
Recycle				
Recycle fraction in current supply		0,1		%
Downcycle				
Combust for energy recovery				
Heat of combustion (net)		+ 28	- 29,4	MJ/kg
Combustion CO2		+ 2,49	- 2,62	kg/kg
Landfill				
Biodegrade				
Toxicity rating				
A renewable resource?				

Enligt Stena Metall återvinns bara en liten andel av alla neodymmagneter idag till följd av komplexiteten i dess återvinningsprocess (Stena Metall, u.å.). Stena Metall skriver att orsaken till att det är svårt att återvinna magneter är att de är spröda och magnetiska, vilket leder till att de fastnar i utrustningen som används under återvinningsprocessen. Stena Metall skriver dock att ett projekt har

påbörjats där de letar nya återvinningsprocesser för att kunna utvinna neodymmagneter effektivt, därav ser återvinningsgraden för framtiden ljusare ut. Neodymmagneterna bedöms därför uppnå kriteriet till en tvåa med motiveringen att de går att återvinna till ytterst liten grad.

Inför bedömningen av hur väl kriteriet 10.6. uppfylls saknades information. Med hänvisning till avgränsningen om att inte undersöka potentiella underleverantörer och dess produktioner kvarstod enbart möjligheten att undersöka vart ämnena till materialen bryts och bedöma de olika koncepten utifrån hur långt bort råämnen bryts. Till detta användes Granat Edupack 2022 ytterligare en gång, se tabell 4.12.

Tabell 4.12: Platser för utvinning av Neodym



Neodymium (Nd)	
Datasheet view: Elements	
Main mining areas (metric tonnes per year) ⓘ	
Mine production of rare earth oxide:	
Australia	2e3
Brazil	140
China	100e3
India	2.9e3
Malaysia	100
Russia	2.4e3
United States	4e3
Vietnam	220

Då polyamid (nylon) och polyester inte är grundämnen, finns det inte möjlighet att med hjälp av Granta Edupack 2022 undersöka vart materialen utvinns. Men med tanke på att de bägge två är polymerer framställs de av fossil olja och enligt IG är de största oljeproducenterna i världen (Killian, 2021):

- USA: 19,51 miljoner bpr
- Saudiarabien: 11,81 miljoner bpr
- Ryssland: 11,49 miljoner bpd
- Kanada: 5,50 miljoner bpd
- Kina: 4,89 miljoner bpd
- Irak: 4,74 miljoner bpr
- Förenade Arabemiraten: 4,01 miljoner bpd
- Brasilien: 3,67 miljoner bpd
- Iran: 3,19 miljoner bpd
- Kuwait: 2,94 miljoner bpd

Då det är långa avstånd till alla utvinningsplatser blir transportsträckorna därav långa då sträckorna enbart räknas från ämnesutvinningsplatserna. Därav värderas båda koncepten till tvåor, se tabell 4.13.

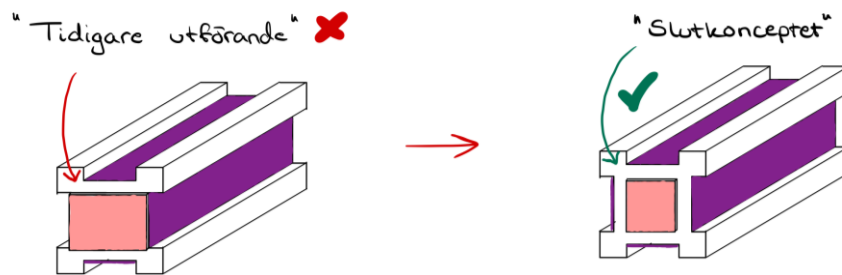
Tabell 4.13: Kesselringmatris

Chalmers Kesselringmatris:							
Allansson & Mathilda Svensson Wallentin		Skapad: 8/5-2023		Modifierad: yyyyyy		Sid 1	
Kriterier		Alternativ					
		Ideal		Magnet		Kardborre	
Namn	w	v	t	v	t	v	t
1.4.	0,21	5	1,06	5	1,06	5	1,06
1.5.	0,79	5	3,94	4	3,15	4	3,15
1.6.	0,83	5	4,13	3	2,48	3	2,48
1.7.	0,10	5	0,50	1	0,10	1	0,10
2.2.	0,81	5	4,06	3	2,44	3	2,44
2.3.	0,78	5	3,88	5	3,88	4	3,10
2.5.	0,51	5	2,56	5	2,56	5	2,56
2.6.	0,64	5	3,19	5	3,19	5	3,19
3.1.	0,40	5	2,00	3	1,20	3	1,20
3.3.	0,04	5	0,19	1	0,04	1	0,04
3.4.	0,00	5	0,00	1	0,00	1	0,00
3.5.	0,41	5	2,06	3	1,24	3	1,24
4.2.	0,66	5	3,31	3	1,99	2	1,33
4.3.	0,49	5	2,44	4	1,95	3	1,46
4.5.	0,40	5	2,00	4	1,60	4	1,60
5.2.	0,69	5	3,44	5	3,44	5	3,44
5.3.	0,25	5	1,25	3	0,75	3	0,75
5.5.	0,74	5	3,69	4	2,95	4	2,95
5.6.	0,11	5	0,56	1	0,11	1	0,11
6.2.	0,94	5	4,69	3	2,81	4	3,75
6.3.	0,33	5	1,63	3	0,98	3	0,98
7.2.	0,35	5	1,75	3	1,05	4	1,40
7.4.	0,39	5	1,94	5	1,94	5	1,94
7.5.	0,28	5	1,38	4	1,10	4	1,10
8.1.	0,61	5	3,06	3	1,84	3	1,84
8.2.	0,43	5	2,13	3	1,28	4	1,70
8.3.	0,41	5	2,06	4	1,65	4	1,65
8.4.	0,60	5	3,00	1	0,60	1	0,60
8.5.	0,59	5	2,94	4	2,35	4	2,35
8.6.	0,73	5	3,63	3	2,18	3	2,18
8.7.	0,71	5	3,56	2	1,43	4	2,85
8.8.	0,66	5	3,31	4	2,65	4	2,65
8.9.	0,35	5	1,75	1	0,35	3	1,05
9.1.	0,50	5	2,50	5	2,50	5	2,50
9.2.	0,59	5	2,94	5	2,94	5	2,94
10.2.	0,39	5	1,94	2	0,78	3	1,16
10.3.	0,30	5	1,50	1	0,30	1	0,30
10.4.	0,59	5	2,94	2	1,18	3	1,76
10.5.	0,70	5	3,50	2	1,40	4	2,80
10.6.	0,35	5	1,75	2	0,70	2	0,70
T (Totalt viktat värde)		200,00	98,13	125,00	66,09	133,00	70,38
T / Tideal		1,00	1,00	0,63	0,67	0,67	0,72
Medel		5,00	2,45	3,13	1,65	3,33	1,76
Std-avvikelse		0,00	0,96	1,10	0,87	1,03	0,87
Median		5,00	2,47	3,00	1,51	3,50	1,68
Antal svaga punkter		0		7		6	
Rangordning		-		2		1	
Beslut		Koncept Kardborre väljs					

Efter genomförd Pughmatris kunde det konstateras att koncept Kardborre är något bättre än koncept Magnet. Både medelvärdet och medianvärdet får bättre resultat för Kardborre. Därför tas kardborre konceptet vidare som det slutgiltiga konceptet. Anledningen till att kardborre får ett högre betyg beror av de många miljökraven som ställs i kravlistan.

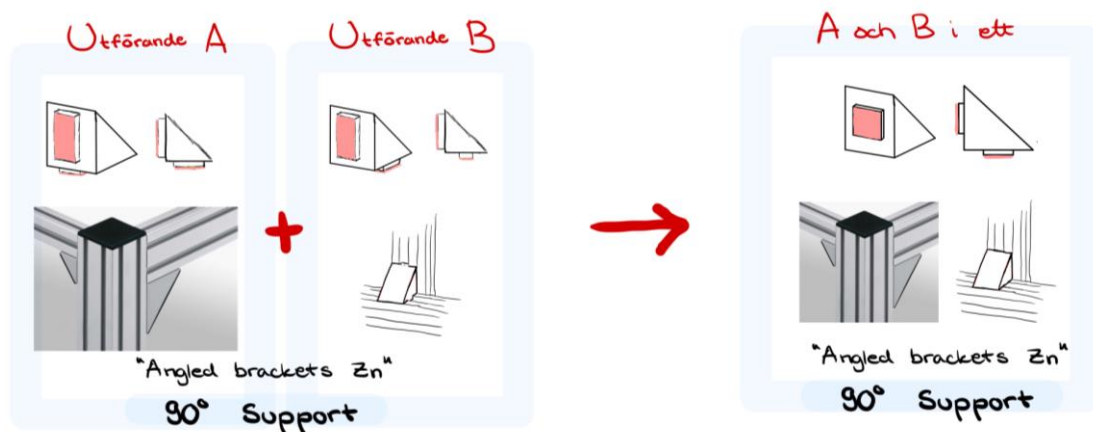
4.13. Vidareutveckling av koncept och prototypframtagning

Efter att det slutgiltiga konceptet fastställdes, vidareutvecklades det ytterligare. Vid fastställning av kardborrekonceptets dimensioner framkom det hur konceptets utformning begränsar konstruktionsmöjligheterna i byggsatsen på ett sätt som inte överensstämmer med original aluminiumprofilssystemet. Fästytan på profilernas ändar var i tidigare utförande rektangulärt där rektangeln är lika riktad på båda ändar. Om en profils ändar ska fästas i skenorna av två andra profiler måste dessa andra profiler vara riktade på samma sätt som rektanglarna på mitt-profilens ändar för att rektanglarna ska kunna sänkas ned i skenorna. Om en av profilerna i stället vrids 90-grader kommer inte den fästas mot änden av profilen eftersom rektangeln inte faller in i skenan. Om ett kvadratisk tvärsnitt appliceras, i stället för det rektangulära, se figur 4.40, kommer detta scenario inte längre uppstå och utgöra ett problem och överensstämmer bättre med originalaluminiumprofilssystemet. Profilernas ändar fick således en ny form som kan ses i figur 4.40 nedan.



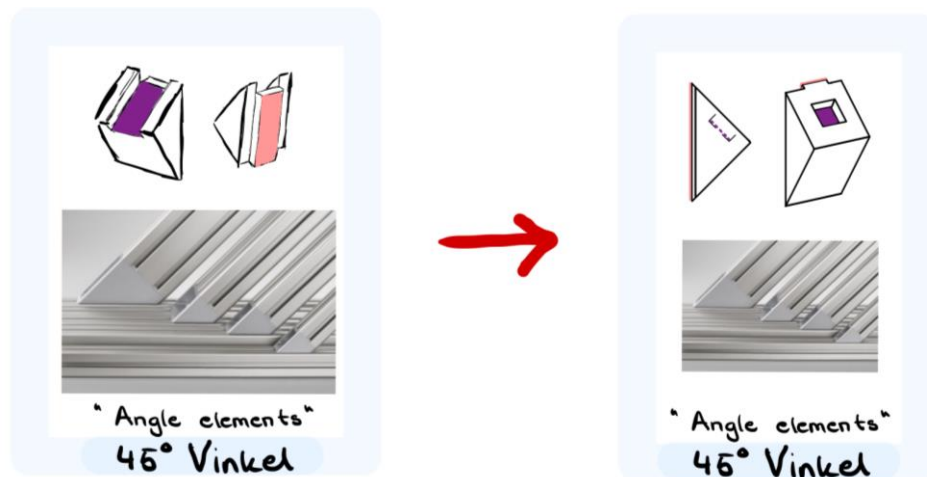
Figur 4.40: Illustrerande skisser som visar utveckling av ändarna på slutkonceptets profiler

Det kvadratiske tvärsnittet appliceras igen på fästelementet "90° Support" och ersätter de rektangulära fästytorna. Genom att ersätta de rektangulära fästytorna med kvadratiske blir utförande A och utförande B identiska. Således reduceras de olika utförandena och bildar ett element applicerbart i båda monterings scenarierna, se figur 4.41.



Figur 4.41: Illustrerande skisser som visar reducering och utveckling av slutkonceptets fästelement "90° Support"

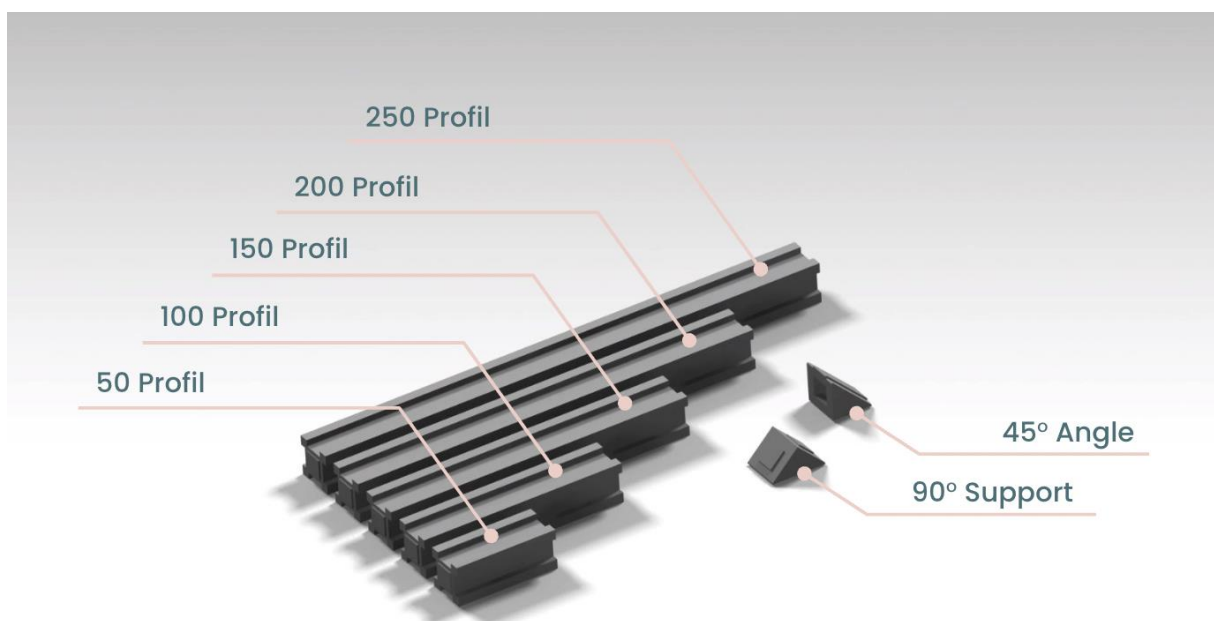
Med denna förändring av fästytornas tvärsnitt uppdaterades även utförandet av *Angle elements*, det vinklade fästelementet som möjliggör 45-gradiga möten av profiler. Denna anpassades även den efter det nya tvärsnittet på fästytan, vilket kan ses i figur 4.42 nedan. Den lila försänkningen där hanen av kardborren placeras, fick ett kvadratisk tvärsnitt medan det rektangulära tvärsnittet på delen som ska försänkas ned i skenan behölls. Anledningen till att utförandet behölls här var då original-elementet endast kan fästas i en riktning, i linje med profilens längd.



Figur 4.42: Illustrerande skisser som visar utveckling av slutkonceptets fästelement "45° Vinkel".

Efter att samtliga element konkretiserats diskuterades vilka längder som skall erbjudas. Eftersom ett utförande på profiler där profilerna kan monteras i serie, (det vill säga att två profilers ändar monteras mot varandra och skapar en, homogen och längre profil) inte har utformats, påverkar detta urval av standardlängder som ingår i den initiala byggsatsen för konceptutvärdering. Andra aspekter som påverkar urvalet längder är 3D-printerns begränsningar där dess maximått är 254x254x300 mm. Där avrådde produktionen från längder större än 254 mm eftersom profilerna skrivs ut liggande och av effektiviseringskäl. Att skriva ut profilerna stående var inget alternativ enligt produktion då detta tar mer tid, skapar brytpunkter i en ogynnsam riktning och kräver mer stödmaterial än gynnsamt. Längsta profilen blev således 250 mm exklusive de extruderade fästytorna på 1 mm styck. Totalt blir profilen 252 mm med en effektiv längd på 250 mm.

Baserat på den insamlade informationen fanns inga preferenser för exakta länder på profilerna angivna och således valdes profillängder ut med 50 mm inkrement. Anledningen till att 50 mm inkrement valdes var för att förenkla konverteringen till verkliga mått och detta görs genom att multiplicera med två då profilerna produceras i skala 1:2. De slutgiltiga profillängderna blev således följande: 50, 100, 150, 200 och 250 mm, se figur 4.43.



Figur 4.43: Samtliga komponenter som ingår i den initiala byggsatsen, renderade i CatiaV5.

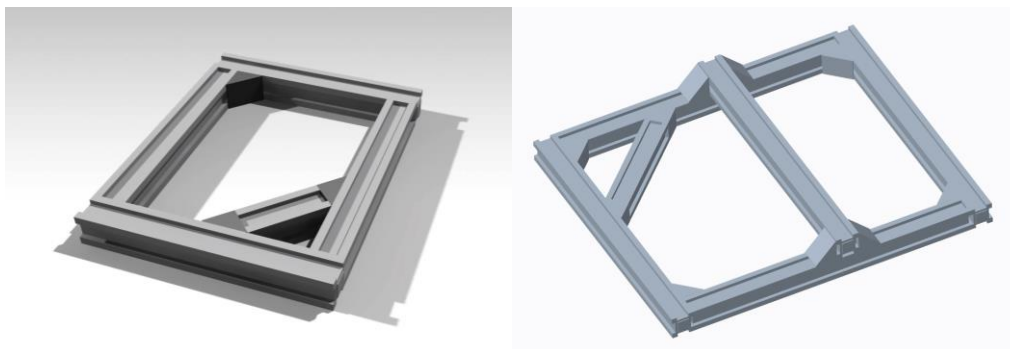
I den initiala byggsatsen för test representerades inte profiler ur *Product line 8* med tvärsnitten 40x80 mm och 80x80 mm på grund av tidsbrist och för att minska risken för överproduktion inför test av den initiala byggsatsen. Således innehåller den initiala byggsatsen följande element, elementen med tillhörande namn kan ses i figur 4.43.

Innehållet i den initiala byggsatsen:

Profilerna:	4st	50 mm profiler
	1st	100 mm profil
	1st	150 mm profil
	1st	200 mm profil
	4st	250 mm profiler

Fästelement:	4st	45° Vinkel
	4st	90° Support

Nedan i figur 4.44 och 4.45 visas rendering respektive CAD-modell över hur byggsatsen skulle kunna monteras med fästelementen.



Figur 4.44 och 4.45: Exempel på monterade fixturer gestaltade i 3D-modelleringsprogram

Efter modelleringen i CAD 3D-printades byggsatsen för att kunna testa dess funktioner, men även för att låta konstruktörerna testa den för utvärdering, se figur 4.46 och 4.47. Utvärderingen presenteras i nästa avsnitt.



Figur 4.46 och 4.47: Bild på den utskrivna byggsatsen med kardborreband monterat. Författarens egen bild.

4.14. Utvärdering av prototyp

För att utvärdera konceptet genomfördes test av prototypen som förklaras i kapitlet ”3. Metod”. Konstruktörerna lyfte under dessa tester sina tankar och funderingar. Den första konstruktören som testade prototypen sa att det knappt märktes att det var ett nytt tillskott till kontoret med tanke på att färgen och formen på prototypen smälte in så väl och såg så mekanisk ut.

En negativ aspekt som lyftes var att prototypens fästelement kunde upplevas instabila och konstruktörerna påpekade även att de inte visste hur prototypen skulle hålla i längden. Samtidigt var de alla eniga om att stabiliteten trots allt kanske inte skulle vara ett bekymmer med tanke på att målet med byggsatsen är att visa sina idéer för andra genom att bygga små prototyper, samt att själv sitta och klura ut nya idéer med den. Ytterligare en kommentar från en av konstruktörerna var att de små fästelementen kanske var för små så att de lätt tappas bort.

Flera av konstruktörerna nämnde även att de tyckte det var kul att sitta och leka med byggsatsen och att de gärna skulle sitta med den mycket. Ett uttryck som uppkom här var ”kul att ha något fysiskt att arbeta med”.

Slutligen ställdes en fråga till konstruktörerna kring om de tror att byggsatsen skulle användas och i sådana fall till vad. Alla trodde att den skulle komma att användas och näst intill alla uttryckte att de själva gärna ville använda den. Förslag som togs upp på hur den skulle kunna användas var som ett kommunikationsverktyg, individuellt idégenereringsverktyg men framförallt som ett verktyg som skulle kunna användas för att stärka gruppdynamiken.

5. Slutsats

Under detta kapitel presenteras svaren på de undersökningsfrågor som ställdes i samband med projektets start. Först presenteras slutsatserna till delfrågorna och slutligen presenteras slutsatsen till huvudfrågan.

F1: Hur ser arbetsgången ut för att ta fram en konstruktion av en fixtur idag?

Som nämns i 4.5.1. Konstruktionsteamets arbetsgång och process inleds med att ett uppdrag kommer in till teamet från en uppdragsgivare. Uppdragsgivaren håller i ett startmöte och specificerar vilka krav som finns. Efter detta tar en konstruktör vid och påbörjar konstruktionsarbetet. Då konstruktören stöter på problem är det vanligt att kommunicera med uppdragsgivaren för att få klarhet. Här uppstår dock ibland problem då uppdragsgivaren inte förstår CAD-modellen eller snabba enkla skisser konstruktören ritat upp. I vissa fall kallar även konstruktören till ett möte med de andra konstruktörerna i teamet för att idégenerera lösningar med dem. När konstruktören anser konstruktionen vara färdig utifrån de ramar som givits skickas den i väg för granskning. Om granskningen blir godkänd frisläpps konstruktionen och kan produceras.

F2: Vilka alternativa sätt finns idag för att kommunicera vid idégenerering bortsett från en fysisk byggsats?

Det vanligaste kommunikationsverktyget är CAD-modeller, men i vissa fall används även skisser med Papper, penna och kartongmodeller.

F3: Hur ser miljöpåverkan ut för dagens tillverkningsprocess?

I avsnittet 4.5.2. Konkretisering av aluminiumets miljöpåverkan konstaterades att det fanns aspekter med god hållbarhetspåverkan likväl med dålig miljöpåverkan. De med positiv inverkan var exempelvis att produkterna producerades in-house. Och de med negativ påverkan var inköpet och transportsträckan för aluminium samt aluminiumets relativt höga densitet. Vidare visade det sig att det aluminiumet företaget använder sig av innehåller mer än 5% kritiska material, samt att framställningen och fräsningen av det kräver mycket vatten och energi, samt genererar stora utsläpp.

F4: Vilka komponenter från aluminiumprofilsystemet behöver finnas med i byggsatsen?

I avsnitt 4.8. Element att representera ur aluminiumprofilsystemet konstaterades vilka element från aluminiumprofilsystemet som behövde finnas i byggsatsen. Till att börja med profiler från Line 8 där tvärsnittet 40x40 användes. Vidare konstaterades att elementen *automatic-fastening sets*, *angled brackets Zn* och *angle elements* behövde finnas med i byggsatsen.

F5: Hur skall komponenterna fästas i varandra, vilken typ av fästelement är bäst lämpad?

Under idégenereringen uppkom bland annat idén om kardborreband som fästelement. Under konceptutvärderingen konstaterades detta fästelement vara bäst lämpat för ändamålet, tidsramen och resurserna som stod till förfogande.

F6: Vilken storlek och skala behöver byggsatsen ha?

Byggsatsen behöver få plats på ett bord, därav begränsas dess storlek av detta. Detta i kombination med att skalan hos byggsatsen skulle vara enkel för användarna att omvandla ledde till skalan 1:2. Vidare begränsades detaljernas storlek av den tillgängliga tillverkningsmetoden, 3D-printning. 3D-printern på försvarsföretaget kunde som störst skriva ut komponenter med längd 254 mm.

F7: Vilka hållbarhetsmässiga krav och önskemål bör ställas på byggsatsen?

Detta undersöktes med Okalas Ecodesign Strategy Wheel som stöd. De hållbarhetsmässiga krav och önskemål som bör ställas på byggsatsen är:

- Lokal produktion
- Möjlighet för uppdateringar

- Design för gruppägande
- Material med låg miljöpåverkan
- Ett material per komponent
- Återvunna material
- Låg materialkvantitet
- Förnyelsebara resurser
- Ej paketering
- Korta transportsträckor
- Lågt behov av merproduktion
- Slittåliga komponenter
- Behaglig att använda
- Möjlighet för tillverkning av fler komponenter utifrån fil-bibliotek
- Skall kunna återanvändas i stor utsträckning
- Utseendemässigt efterlikna aluminiumprofilssystemet
- Demonterbart
- Etablerat system för omhändertagande av restmaterial och förbrukat material.

F8: I vilket material och genom vilken tillverkningsteknik borde byggsatsen framställas? De tillgängliga tillverkningsteknikerna på företaget var 3D-printning i PVC och fräsning i aluminium. Kravet att komponenterna till byggsatsen skulle ha korta leveranstider resulterade i att 3D-printningen blev den tillverkningsteknik som valdes.

F9: Vad skapar en fysisk byggsats för begränsningar och möjligheter? Denna byggsats representerar som tidigare nämnts genom rapporten endast en bråkdel av Items sortiment. Därav kan den inte användas som konstruktionsunderlag. Däremot underlättar den under kommunikation mellan intressenter och konstruktörer av olika professioner. Genom att använda sig av medierande verktyg som byggsatsen blir, blir det lättare att förklara för sin omgivning hur konstruktören tänker. Men byggsatsen som en modell av aluminiumprofilssystemet, kan komma att begränsa konstruktörerna i deras kreativa tänkande eftersom aluminiumprofilerna i sig inte har en lika stor frihetsgrad som frästa komponenter kan designas med. Genom att då endast erbjuda en fysisk byggsats av aluminiumprofilssystemet finns risken att endast idéer kring systemet genereras och att idéer som går utanför aluminiumprofilssystemets ramar faller i glömska.

Finns ett behov av en fysisk byggsats på företaget, och om behovet finns, hur skulle en sådan byggsats kunna utformas?

I avsnitt ”4.7. Behov av byggsats” konstaterades med informationsinsamlingen och KJ-analysen som grund att det fanns ett behov av en byggsats på försvarsföretaget. Idégenereringen och konceptutvärderingen ledde fram till en utformning av kardborreband och enkla modeller av profilerna och dess fästelement, se figur 5.1.



Figur 5.1: Den 3D-printade byggsatsen. Författarens egen bild.

5.1. Hållbarhetsförbättringar

Som tidigare nämnts genom rapporten skulle en byggsats uppmuntra till användning av aluminiumprofiler i stället för att använda företagets traditionella process. Mycket tyder på att större användning av aluminiumprofiler och mindre användning av fräst aluminium skulle leda till ett flertal hållbarhetsförbättringar. Då aluminiumprofiler är ett mer sparsamt sätt att bruka hela ämnet på än om stora volymer fräses bort. Dock har studien ej mätt eller uppskattat i hur stor grad användningen av aluminiumprofilsystemet skulle öka, därav är det svårt att säga något om dess potentiella hållbarhetsförbättring.

En möjlighet med byggsatsen är att konstruktörerna kan prova koncept i ett tidigt stadie och därmed upptäcka felaktigheter i konstruktionen i ett tidigare skede. Då det i nuläget är vanligt att koncepten till fixturerna prövas för första gången i skarpt läge, händer det att felaktigheter upptäcks först då. Detta kan i värsta fall leda till att fixturen som tillverkats behöver slängas, revideras och tillverkas på nytt. Genom att använda byggsatsen i ett tidigt stadie skulle detta förlopp kunna elimineras och spara på material såväl som energiåtgång och kostnader vid tillverkning.

Av de två kvarvarande koncepten vägdes dess hållbarhetsaspekter mot varandra i Kesselringmatrisen. I detta fall vann lösningen med kardborrebandet. Om större vikt lagts vid lång livslängd skulle troligen lösningen med magneter vunnit i alla fall. De slits inte ut på samma sätt som kardborreband och därmed blir dess livslängd längre. Hursomhelst gjordes antagandet att byggsatsen regelbundet skulle komma att byta ut delar allt eftersom aluminiumprofilsystemet uppdateras och därmed vann lösningen med kardborreband.

6. Diskussion och Rekommendationer

I detta kapitel presenteras diskussionen av projektet och även projektets vidare rekommendationer.

6.1. Diskussion

Under vår tid på försvarsföretaget har vi uppmärksammat att fler och fler konstruktörer börjat använda sig av aluminiumprofilsystemet. En bidragande faktor till detta skulle kunna vara att projektarbetet har talats om på raster och då nyfikna medarbetare undrat vad examensarbetet handlat om. Ett antagande är att dessa samtal har satt i gång medvetenhet om aluminiumprofiler men även tankeverksamhet kring hur och till vad de skulle kunna användas till. Detta styrker i sådana fall teorin om att byggsatsen skulle bidra till ökad användning av profilsystemet genom att finnas på plats och väcka nyfikenhet bland personer som får syn på det.

Det kan finnas en risk med att konstruktörerna övergår helt eller till stor grad till konstruktion med aluminiumprofiler. Det traditionella arbetssättet för att utveckla en konstruktion i Creo Parametric ger konstruktörerna stor frihet i konstruktionens uppbyggnad. Aluminiumprofilerna ger inte konstruktörerna en hög nivå av frihet eller individuellt uttryck. Det individuella uttrycket lyftes under intervjuerna som en anledning till att konstruktörer hellre arbetade i Creo Parametric än med aluminiumprofilsystemet. Det skulle kunna anses vara en mindre relevant orsak till att övergå till aluminiumprofilsystemet med tanke på att estetiken hos de produkter de utvecklar inte är av stor betydelse. Däremot att konstruktörerna blir mer begränsade och låsta i sitt utvecklande skulle kunna vara en risk med att övergå till aluminiumprofilsystemet i för stor grad. I värsta fall skulle det kunna leda till en lägre innovationshöjd.

6.2. Rekommendationer för vidare arbete

Då byggsatsen skulle vidareutvecklas skulle det öppna upp för ytterligare förbättringar och förhoppningsvis ett mer frekvent användande av aluminiumprofiler. En sådan rekommenderad vidareutveckling är att ta fram en lösning på hur konstruktörerna själva enklare skulle kunna välja precisa längder. Önskan om detta lyftes i flera av intervjuerna där de uttryckte att det skulle vara enklare att pröva mer specifika lösningar och konstruktioner då. Det skulle även kunna bidra till färre bestämda längder på profiler som ligger oanvända då det skulle vara enklare att förkorta dem eller förlänga dem allt efter behov. Det i sin tur skulle vara mer resurseffektivt.

Ett informationsblad för byggsatsen och hur den är kopplad och representerar delar ur aluminiumprofilsystemet rekommenderas för ett vidare arbete. Ett sådant informationsblad skulle ytterligare öka förståelsen för profilsystemet och dess komponenter. Informationsbladet hade behövt redovisa för vilka fästelement som översätter originalen från aluminiumprofilsystemet. Förslagsvis skrivs informationsbladet digitalt då konstruktörerna huvudsakligen arbetar digitalt, men även för att göra det möjligt att hålla informationsbladet uppdaterat. Det skulle skapa möjlighet för att lägga in information om nya komponenter byggsatsen utökas med.

Ytterligare en rekommendation för vidare arbete är att utveckla ett hjälpmedel för konstruktörerna att undersöka åtkomsten vid montering av aluminiumprofilerna. Byggsatsen består inte av några skruvförband och verktyg för att montera dem som det verkliga aluminiumprofilsystemet innehåller. Detta gör att vid användning av byggsatsen kan konstruktioner som går att byggas ihop, inte alltid vara möjliga att montera med det verkliga aluminiumprofilsystemet. Samma problem kan uppstå då en konstruktion ritas upp i datorn där heller inga verktyg krävs för att montera delarna. Ett förslag är att undersöka hur åtkomsten för dessa verktyg skulle kunna presenteras i byggsatsen, exempelvis genom att visa på volymen som krävs för frihetsgrader alternativt små modellverktyg.

Försvarsföretagets intresse att genomföra projektet var att skapa en byggsats av aluminiumprofilsystemet för att underlätta idégenereringen. Efter detta projektarbete kan det

konstateras att byggsatsen även skulle fungera som ett kommunikationsverktyg för att kommunicera idéer mellan olika intressenter. Under förstudien lyftes också önskan om att använda byggsatsen för teambuilding. Därmed finns det möjlighet att använda byggsatsen inom fler områden än idégenerering.

Vi rekommenderar även en vidareutveckling av toleranser vid hålpasning för att byggsatsen skall bli mer stabil i fästena. Detta kan antingen göras då kardborrebanden behålls, alternativt om det går att uppnå så pass fina toleranser att komponenterna sitter ihop utan kardborreband. Fördelen som skulle följa med det sistnämnda är att andelen material i byggsatsen minskar vilket bidrar till en förbättrad hållbarhet.

Referenser

- Alvesson, M., & Sköldberg, K. (2017). *Tolkning och reflektion: vetenskapsfilosofi och kvalitativ metod*.
- Camburn, B., Viswanathan, V., Linsey, J., Anderson, D., Jensen, D., Crawford, R., Otto, K., & Wood, K. (2017). *Design prototyping methods: state of the art in strategies, techniques, and guidelines*. <https://doi.org/10.1017/dsj.2017.10>
- Chen, Y. (2017). *Nylon velcro strap* (Patent Nr CN106723695A).
- Dalen, Monica. (2015). *Intervju som metod* (2:a uppl.). Gleerups utbildning.
- Egidius, H. (2023). *Natur & Kulturs Psykologilexikon*. Psykologiguiden.
<https://www.psykologiguiden.se/psykologilexikon/?Lookup=probing>
- Granta Edupack. (2023). *Ansys Granta EduPack, Software for Materials Education*.
<https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>
- Granta Edupack (2022 R1). (2022).
- International Organization for Standardization. (2018). *Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts* (Patent Nr ISO 9241-11:2018). International Organization for Standardization.
- Item. (2023). *Historia*.
https://timeline.item24.com/index.php/se?_ga=2.215499991.1327974459.1683619595-1412548228.1682342286
- Item, & Aluflex. (2023a). *Angle brackets Zn*. <https://se-product.item24.com/sv/katalog/products/angle-brackets-zn-1001046547/>
- Item, & Aluflex. (2023b). *Angle elements*. <https://se-product.item24.com/sv/katalog/products/angle-elements-1001012037/>
- Item, & Aluflex. (2023c). *Automatic-fastening sets*. <https://se-product.item24.com/sv/katalog/products/automatic-fastening-sets-1001012019/>
- Item, & Aluflex. (2023d). *Detaljer*. <https://se-product.item24.com/sv/detaljer/products/line-5-construction-profiles-1001042368/profile-5-20x20-natural-37003/>
- Item, & Aluflex. (2023e). *Kundlösningar*. <https://se.item24.com/sv/kundloesningar/>
- Item, & Aluflex. (2023f). *Line 8 profiles*. <https://se-product.item24.com/sv/katalog/products/line-8-profiles-1001009638/>
- Item, & Aluflex. (2023g). *MB-modulsystem*. <https://se.item24.com/sv/produktsortiment/MB-byggsystem/>
- Item, & Aluflex. (2023h). *Om oss*. <https://se.item24.com/sv/om-oss/>
- Item, & Aluflex. (2023i). *Tekniska program för maskin- och fabriksutrustning*.
<https://se.item24.com/sv/kundloesningar/konfiguratorer/>
- Johannesson, H., Persson, J.-G., & Pettersson, D. (2013). *Produktutveckling: effektiva metoder för konstruktion och design* (2:a uppl.). Liber.
- Killian, A. (2021). *Världens största oljeproducenter*.
<https://www.ig.com/se/tradingstrategier/varldens-storsta-oljeproducenter-201005>
- Lokman, A. M., & Kamaruddin, K. A. (2010). Kansei affinity cluster for affective product design. *Proceedings - 2010 International Conference on User Science and Engineering, i-USEr 2010*, 38–43. <https://doi.org/10.1109/IUSER.2010.5716719>
- Mathias, D., Snider, C., Hicks, B., & Ranscombe, C. (2019). Accelerating product prototyping through hybrid methods: Coupling 3D printing and LEGO. *Design Studies*, 62, 68–99.
<https://doi.org/10.1016/j.destud.2019.04.003>
- Pernice, K. (2016, december 18). *UX Prototypes: Low Fidelity vs. High Fidelity*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/ux-prototype-hi-lo-fidelity/>
- Raeburn, A. (2021, juli 1). *SWOT-analys*. <https://asana.com/sv/resources/swot-analysis>
- SAOL. (2015a). *Fixtur*. <https://svenska.se/saol/?id=0690531&pz=5>
- SAOL. (2015b). *Intervju*. <https://svenska.se/saol/?sok=intervju&pz=1>
- Scupin, R. (1997). The KJ method: A technique for analyzing data derived from Japanese ethnology. *Human Organization*, 56(2), 233–237.
<https://doi.org/10.17730/humo.56.2.x335923511444655>

Stena Metall. (u.å.). *Neodymmagneter* . Hämtad 11 maj 2023, från
<https://www.stenametall.se/forskning-och-utveckling/aktuella-projekt/neodymmagneter/>
White, P., St. Pierre, L., & Belletire, S. (2013). *Okala practitioner : integrating ecological design*. IDSA.
Österlin, K. (2016). *Design i fokus: varför ser saker ut som de gör?* (4:1). Liber.

Bilagor

Bilaga 1: Reviderad intervjuguide

Officiell intervjuguide för initial användarstudie

Målet med denna intervjuguide är att genomföra en nulägesanalys på företaget. Denna intervju skall hjälpa oss svara på frågan: 'Hur ser situationen på företaget ut idag?'

Färgkodning av frågor i Intervjuguiden:

Fetmarkerade frågor

Frågor med formatet 'vanlig text'

Frågor med en ljusgrå textfärg

Representerar frågor med hög prioritet

Representerar frågor med medel prioritet

Representerar frågor med låg prioritet

Inledning

1. Går det bra att spela in detta möte?
2. Enligt GDPR måste vi fråga om det är okej för dig om vi sparar dina svar på frågorna fram till och med att arbetet lämnats in och även använder dessa som ett underlag i denna studie?
3. Den intervjuade kommer att få vara anonym i rapporten

Kort om intervjupersoner och projektarbetet

Vi är Mathilda och Stina, läser vårt sista år på programmet Design och produktutveckling på Chalmers. Det innebär att vi under denna termin skriver vårt kandidatarbete här på försvarsföretaget.

- Mathilda: 24 år, bor för tillfället strax utanför Lindome i Hällesåker. På fritiden gillar jag att cykla, måla, sy och umgås med vänner.
- Stina, 21 år, 22 i maj. Bor och är uppvuxen i Ytterby. Pappa jobbat på försvarsföretaget under hela mitt liv. På denna våningen till och med :) På fritiden spelar jag tvärflöjt, både själv men även i orkester. Jag syr, gymmar och promenerar mycket. Det bästa jag vet är att vara ute på havet på sommaren.

Sandra har ju som du kanske vet om uppmärksammat potentialen i att använda aluminiumprofiler i konstruktion av fixturer. Detta ska vi undersöka och se om det finns möjlighet att underlätta idégenereringen kring fixturer där aluminiumprofiler systemet kan tänkas användas.

Vi ska med detta projekt mer exakt undersöka potentialen och begränsningarna en fysisk byggsats kan ha vid idégenerering kring fixturer hos konstruktionsteamet.

Inledande frågor

1. **Vem är du?**
 - a. Hur gammal är du?
 - b. Vad gillar du att göra på fritiden?
2. Vad är din bakgrund?
 - a. Både arbetslivserfarenhet och utbildning?

3. Hur länge har du arbetat på försvarsföretaget?
4. **Vilka är dina huvudsakliga arbetsuppgifter?**

Generella arbetsfrågor:

5. **Hur ser en typisk arbetsgång ut vid konstruktion av en fixtur?**
 - a. Vilka är de ingående stegen i konstruktionsprocessen översiktligt?
6. När du lämnar ifrån dig projekt, är de helt klara för tillverkning då, eller kontrolleras de av någon annan avdelning/kollega eller liknande?
 - a. Vilka kriterier är det i så fall som måste uppnås?
7. **Arbetar du bara digitalt eller också fysiskt när du konstruerar?**
8. **Finns det sätt att testa dina koncept på innan de produceras?**
9. Delar som har tillverkats, men sedan inte visar sig passa, vad händer med dem? Alternativt gamla delar som förbrukats (åldrats, inte passar längre).
10. Hur arbetar ni med iterering, alltså att förbättra produkten genom att genomföra steg i processen flera gånger?

Idegenerering Idag

11. Hur mycket idegenererar ni i grupp vs. individuellt? fördelar vs nackdelar?
12. Hur ser det ut när du/ni idegenererar?
 - a. Använder ni er av några idegenereringsverktyg idag? I så fall vilka?
 - b. Hur tycker du att de fungerar att använda?
 - c. Styrkor och svagheter?
13. **Har du någon gång upplevt det svårt att beskriva eller visa en idé eller ett koncept du kommit på för dina medarbetare?**
 - a. **Ge gärna exempel i så fall, Scenario, vad var utmanande att beskriva, Något som återkommer?**

Allmänt, Aluminiumprofiler

14. **Har du arbetat något med aluminiumprofiler innan?**
15. **Hur ser du på att arbeta med aluminiumprofiler, fördelar/nackdelar som du ser?**
16. Vad skulle behövas för att du skulle använda dig mer av aluminiumprofiler?
 - a. Någon oro?
 - b. Förutfattade meningar?

Aluminiumprofiler frågor (för de som har arbetat med dem innan)

17. **Hur är det att konstruera något med aluminiumprofiler kontra att konstruera något på "fri hand"?**
18. Skulle du säga att projekttiden ökar eller minskar då man tillämpar aluminiumprofiler i fixturen? Varför?
19. **Finns det "vanliga problem" du stöter på när du använder aluminiumprofiler?**
 - a. **Vad tror du att de problemen beror på?**
 - b. **Hur hade du kunnat undgå de problemen?**
20. Finns det några delar av ITEMs sortiment som du verkligen tycker att vi borde ta med i en byggsats?
 - a. Några delar du använder mer frekvent än andra? En speciell serie?

Frågor kring eventuell byggsats vid idégenerering

21. Hur tror du att konstruktionen av fixturer med aluminiumprofiler hade förändrats av att ha en byggsats vid idégenereringen?
 - a. Ungefär som LEGO fast representationer av aluminiumprofilerna, fästansordningar och liknande? Varför?
22. Vilken inverkan på designprocessen tror du att en fysisk byggsats skulle ha?
23. Vilka krav skulle du ställa på en sådan byggsats?
24. Hur verklighetstrogen tänker du att byggsatsen hade behövt vara? Alltså på en skala "hela aluminiumprofilssystemet i miniatyr - enstaka delar representerade".
25. Tror du materialet byggsatsen är tillverkad av hade spelat in på användandet av byggsatsen?
 - a. Varför tror du det?
26. Om du hade haft tillgång till en byggsats nu, tror du att du hade använt dig av den?
 - a. Hur ofta eller hur mycket?
 - b. **Av vilken anledning skulle du använda den?**
 - c. För din egen skull? För andras skull?
27. Vet du om en sådan byggsats skulle kunna användas av andra team eller grupper på försvarsföretaget? Vilka då och varför just dem?
28. Om du skulle använda dig av en byggsats, skulle du vilja gå till ett grupprum, sitta vid din arbetsplats eller vart hade du önskat använda den?
29. Vart tänker du att den skulle kunna förvaras? Finns det plats någonstans?
30. I vilket ändamål hade du velat använda byggsatsen, vilka hade du visat den för?
 - a. Vad är viktigast för dig: att påvisa fixtures utseende (uppbyggnad) eller dess funktion?

Avslut

Vad tycker du är mest utmanande med ditt jobb?

Vad tycker du är roligast med ditt jobb?

Är det något mer du skulle vilja berätta? Något vi glömt ta upp eller något mer du skulle vilja dela med dig av?

Om det är något du kommer på i ett senare skede är det bara att höra av dig till oss, antingen via mail eller om du ser någon av oss här på kontoret.

Tack för att du tagit dig tiden.

Prototyper!

3D-print

Vi har inga riktigt bra ritlinjer, inga tester, men det är där 3D skrivaren kommer in då. Om det är något man konstruerar med mycket delar som sitter mot varandra, då hade det inte varit fel att få sätta ihop det. Man kan se Jätteku i Creo också då men.

Det finns ju här också, men då lågger ju det hos produktion och då blir det lite av en process av att få det gjort.

Men här på SAB så saknar jag att till exempel när jag jobbade på Arcam så hade vi ju egna 3D skrivare där vi kunde skriva ut saker, titlar, kanna och lämnna, så att man inte behövde beställa hem 3D-projekt och så.

När man gör prototyper och annat så skulle man ju kunna printa dem men oftast så är det ju tidibäst.

Så då gjorde jag en prototyp i bara 3D-printer för det går oftast snabbast för det är inte så många som 3D-printar. Så det går alltid att fixa till liksom. Och sen så gick jag och provade den och bara såhär "nej, det här kommer inte funka". Och då, då började jag ju att rita på den som jag hade 3D-printat och så. Och så gick jag upp, konstruerade lite till, ändrade lite mått, fixade till och så blev det en till 3D-printad modell liksom. Och då bara "ah, men det här... nu är det bara det här som ska ändras, så okej, då kan vi nästan ändra det direkt och sen köra det skarpt". Så gjorde jag det och det gick jättebra.

Jag tänker på en grej jag gjorde, så då gjorde jag prototyper i 3D-printat, fast att den slutliga produkten skulle vara i stål. Och det gjorde det väldigt lätt för att jag skulle göra, det fanns liksom inga ritningar på det.

Men det är oftast när vi har ett flyfast fysiskt koncept liksom som vi kan 3D-printa det. Och att det inte är för stort då. Om vi vill ha det i skala 1:1 liksom.

Som Fredrika som hade en produkt som skulle fitta på ett ställe som inte var upp-cadad ordentligt. Så hon var tvungen att skriva ut den i 3D-print för att testa den på det stället för att se om den passade, för det gick inte att se i cadden om den passade. Så hon ville inte göra den i metall förs än att hon visste att den funkade liksom.

Nästa steg som vi gör då för att testa någonting är att skriva ut i 3D-printer först.

Men det var så bra, att kunna skida modellen till 3D skrivaren och skriva ut modellen och testa. Det spar min så mycket pengar på. De 3d skrivarna var ganska enkla de kanske kostade 30 000 kronor styck men en sådant här västing grej kanske kostar 300 000 kronor styck. Det är

genomgå ut att se sig in i någon annans projekt. Det tar ändå lite energi att hitta en tid som funkar och boka in den.

Och då kan man etta och mäta på den och kanna på den. Titra på hur stor den är, vart den ska sitta och vad den ska användas till.

VILL ARBETA FYSISKT

Ohja, det hade varit riktigt skönt, det är verkligen någonting jag saknar. Det blir så mycket teoretiskt att bara jobba i datorn. [lobba fysiskt]

Det skulle jag tycka var jätteku [bygga fysiskt]

fysiskt testa det. Då är det överlägset.

PAPPER & PENNA

Jag var inte en del räknas, men man tycker ju om att sitta och rita liksom. [När jag idigenererar]

Jag använder gärna papper och penna [när jag idigenererar]

KARTONG och PAPPER

Jag har använt kartong liksom för att mäta ut typ håll mellan skrivar egentligen.

Sist var det någon som satt ihop en liten modell av packmaterial bara för att vi skulle förstå hur han tar sig fram.

Jag har liksom ibland suttit och klippt i papper, för att såhär "har ar ett här" och så.

men jag använder cadden mycket som skisblock

Sedan i själva designarbetet så är det kanske lika mycket att man funderar eller skissar på papper eller skriver sedan liksom finns ju CAD. För bara på mycket men ofta så tar det ju mer tid att komma igenom en hel idé ledig om man ska liksom rita upp det hela i CAD, man kan ju liksom inte kolla i CAD.

Så att ja, både och, ibland så kan man vara i cadden, när det är större grejer. Då är det så svårt att liksom göra prototyper.

kan jag inte förstå någonting själv, så ritas jag bara snabba enkla modeller, bara kulor och sådant och sedan pusslar ihop dem i datorn.

Sedan gör jag prototyper, det har jag gjort idag till exempel, jag har en stor låda och så ska det få ner några komponenter, och då gick jag lite ritningar på dem på ett ungefär då. Då gör jag en snabb ritning men bara som en byggkloss bara och så kan jag placera dem i byggkloss (komponenterna) så att de sitter bra och så kan man se att ja det här får plats, trots att inte var så bra på att det skulle få plats.

Men man kan använda exempelvis göra den som en solid bit som en detalj, och sedan så kan man gräpa ut den CAD-mässigt, så kan man skida den liksom på beräkning. Det är en typ av idigenerering (som används). För då kan man ju tänka sig att det motsvarar att man har svetsat ihop delarna exempelvis så att det blir i princip sold.

Mest digitalt, men även så vissa delar när man ska göra någonting så, man ska ner till ett labb och eller någonting så, är det väldigt bra att se var den här detaljen ska sitta eller det jag jobbar med, kanna på grejerna fysiskt för att få någon känsla av hur mycket plats man har att arbeta på och så vidare. Så i så fall då, men inte efteråt direkt.

Men **meddelena** - ju att man aldrig får någon känsla för vikt och storlek, alltså... i förhållande med någonting får man det ju. Ibland kan man titta på någonting och tycka att den är jättestor och när du väl får den i handen så är den pytteliten liksom.

det negativa med cad kan vara att det är väldigt osmidigt att göra ändringar, för man har ett cad-trad

vi testat det är ju att lägga ihop det med det som det ska användas till i cadden liksom och då ser vi hur den passar. (...) mäter på det och då sitta och mäter på cadden och ser så att det inte finns, ibland stämmer inte cadden helt överrens med verkligheten.

Då kan man göra allting i en klump bara som kanske bara tar några timmar. Så kan man presentera lite olika koncept och sedan kolla vi bestämmer att vi köra på den och då kan man börja cadda upp i mindre delar.

minna verktyg är egentligen bara någon slags skissa, skissa på det i cadden liksom. Skissa upp det och testa och se hur det ser ut. Folk har skrämt, åt mig för att jag sitter och snurrar mycket i cadden, men det är ju väldigt mycket att man sitter och tänker bara liksom.

Men jag använder cadden mycket som skisblock

Sedan i själva designarbetet så är det kanske lika mycket att man funderar eller skissar på papper eller skriver sedan liksom finns ju CAD. För bara på mycket men ofta så tar det ju mer tid att komma igenom en hel idé ledig om man ska liksom rita upp det hela i CAD, man kan ju liksom inte kolla i CAD.

Så att ja, både och, ibland så kan man vara i cadden, när det är större grejer. Då är det så svårt att liksom göra prototyper.

kan jag inte förstå någonting själv, så ritas jag bara snabba enkla modeller, bara kulor och sådant och sedan pusslar ihop dem i datorn.

Sedan gör jag prototyper, det har jag gjort idag till exempel, jag har en stor låda och så ska det få ner några komponenter, och då gick jag lite ritningar på dem på ett ungefär då. Då gör jag en snabb ritning men bara som en byggkloss bara och så kan jag placera dem i byggkloss (komponenterna) så att de sitter bra och så kan man se att ja det här får plats, trots att inte var så bra på att det skulle få plats.

Men man kan använda exempelvis göra den som en solid bit som en detalj, och sedan så kan man gräpa ut den CAD-mässigt, så kan man skida den liksom på beräkning. Det är en typ av idigenerering (som används). För då kan man ju tänka sig att det motsvarar att man har svetsat ihop delarna exempelvis så att det blir i princip sold.

Mest digitalt, men även så vissa delar när man ska göra någonting så, man ska ner till ett labb och eller någonting så, är det väldigt bra att se var den här detaljen ska sitta eller det jag jobbar med, kanna på grejerna fysiskt för att få någon känsla av hur mycket plats man har att arbeta på och så vidare. Så i så fall då, men inte efteråt direkt.

Men **meddelena** - ju att man aldrig får någon känsla för vikt och storlek, alltså... i förhållande med någonting får man det ju. Ibland kan man titta på någonting och tycka att den är jättestor och när du väl får den i handen så är den pytteliten liksom.

det negativa med cad kan vara att det är väldigt osmidigt att göra ändringar, för man har ett cad-trad

men jag använder cadden mycket som skisblock

Sedan i själva designarbetet så är det kanske lika mycket att man funderar eller skissar på papper eller skriver sedan liksom finns ju CAD. För bara på mycket men ofta så tar det ju mer tid att komma igenom en hel idé ledig om man ska liksom rita upp det hela i CAD, man kan ju liksom inte kolla i CAD.

Så att ja, både och, ibland så kan man vara i cadden, när det är större grejer. Då är det så svårt att liksom göra prototyper.

kan jag inte förstå någonting själv, så ritas jag bara snabba enkla modeller, bara kulor och sådant och sedan pusslar ihop dem i datorn.

Sedan gör jag prototyper, det har jag gjort idag till exempel, jag har en stor låda och så ska det få ner några komponenter, och då gick jag lite ritningar på dem på ett ungefär då. Då gör jag en snabb ritning men bara som en byggkloss bara och så kan jag placera dem i byggkloss (komponenterna) så att de sitter bra och så kan man se att ja det här får plats, trots att inte var så bra på att det skulle få plats.

Men man kan använda exempelvis göra den som en solid bit som en detalj, och sedan så kan man gräpa ut den CAD-mässigt, så kan man skida den liksom på beräkning. Det är en typ av idigenerering (som används). För då kan man ju tänka sig att det motsvarar att man har svetsat ihop delarna exempelvis så att det blir i princip sold.

Mest digitalt, men även så vissa delar när man ska göra någonting så, man ska ner till ett labb och eller någonting så, är det väldigt bra att se var den här detaljen ska sitta eller det jag jobbar med, kanna på grejerna fysiskt för att få någon känsla av hur mycket plats man har att arbeta på och så vidare. Så i så fall då, men inte efteråt direkt.

Men **meddelena** - ju att man aldrig får någon känsla för vikt och storlek, alltså... i förhållande med någonting får man det ju. Ibland kan man titta på någonting och tycka att den är jättestor och när du väl får den i handen så är den pytteliten liksom.

det negativa med cad kan vara att det är väldigt osmidigt att göra ändringar, för man har ett cad-trad

Ark 1, del 3/3:

grej kanske kostar 300 000 kronor styck. Det är något jag saknar, vi skulle haft nästan var sin 3D skrivare här.

men på min förra arbetsplats textilföretaget giro då hade vi sådana här 3D printrar, och det är fantastiskt bra.

lösning det hade ju varit om det hade funnits sådana här CAD filer i ett uppställt bibliotek och sedan att det hade stått en 3D skrivare här där man själv hade kunnat skriva ut, jag behöver x-antal av de här längderna. [...] Det tar ju lite tid men det är ju ganska trevligt sätt att använda tekniken lite grann.

Nej inte när man har CREO. Det gör jättemycket när man kan rita upp det. Jag var på ett möte för 3 till 4 veckor sedan med den här vagnen. Då hade jag gjort så att jag hade ritat upp våningen, jag hade ritat upp hissen, jag hade ritat upp utrymmet utanför hissen och hela rummet

CREO kan man dra saker fram och tillbaka och så kunde man se om saker krockade i väggen. Och han som är ansvarig för det här projektet, han sa i mötet att "Har ni konstruktörer alltid så tufft?". För annars är de vana vid att sitta vid mötet och bara kolla på en vanlig text. Men jag kan visa 3Dimensionellt, antennen, men, att man drar den och att vet krockar den hissen och där. Jag tror att vi konstruktörer inte kan fatta hur bra vi har det när vi kan visa det såhär 3Dimensionellt.

Prototyper är bra, men tid saknas

det händer ju att vi får testa det först när de används första gången liksom. Men det är väldigt sällan folk vill att man bygger en Mockup idag.

Ofta får, just i vårt team, så får vi projekt, jamen, där det är ganska snäv budget, det är påkommet ganska sent [...] Så att det är ganska ofta som det sker att... att vi liksom aldrig ens skulle haft någon tid att testa någonting innan, ehm... för att det skulle kosta för mycket.

Ja alltså, prototyper är stenviktiga och de senaste grejerna jag har hållit på med så har jag lyckats att argumentera för att ha en prototyp vilket har räddat oss ganska ordentligt och vi hittade ganska många problem som vi kunde lösa. Och då förde vi inga mönsterkort på det. Så vid möjlighet försöker vi alltid göra prototyper men.

Kolla Liknande Lösningar

Jag gör såhär, och det är egentligen bäst, att man ska göra en fixtur till någonting, att man kollar efter liknande letar upp något liknande jobb, som finns i systemet.

Man gör nog väldigt mycket själv, men när man stöter på bekymmer, så får man ju få en så kallad second opinion. [...] Det finns någon liknande lösning någonstans så kolla i Creo och gamla filer för att samla inspiration. Uppfinn inte hjulet igen.



CHALMERS