



CHALMERS



# Framtagning av vinschanordning till drönare för leverans ut till havs

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

Adam Gundersen

Sara Larsson

IMSX20

Institutionen för Industri- och materialvetenskap

---

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2021

[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)

Examensarbete 2021

# Framtagning av vinschanordning till drönare för leverans till havs

Examensarbete inom  
högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

Adam Gundersen  
Sara Larsson



**CHALMERS**

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2021

Framtagning av vinschanordning till drönare för leverans till havs

ADAM GUNDERSEN

SARA LARSSON

©ADAM GUNDERSEN, 2021.

©SARA LARSSON, 2021.

Handledare: ANTAL BOLDIZAR & GERT PERSSON, Institution för Industri- och Materialvetenskap

Handledare: FREDRIK FALKMAN, Svenska Sjöräddningssällskapet

Examinator: ANTAL BOLDIZAR, Institution för Industri- och Materialvetenskap

Examensarbete 2021

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon +46 (0) 31-772 1000

Framsida: Rendering av slutkonceptet.

Göteborg, Sverige 2021

## Sammanfattning

I uppdrag av Svenska Sjöräddningssällskapet, SSRS, har en vinschanordning till en drönare utvecklats för att vid behov möjliggöra transport av föremål ut till havs. Vid larm ska drönaren kunna lastas med uppdragsspecifikt gods för att sedan flyga till destinationen. Där ska den cirkulera kring avlastningszonen för att samtidigt vinscha ner lasten som ska kunna lossas automatiskt när det intagit marknivå alternativt att en person tar emot och lossar lasten manuellt innan det haft kontakt med marken. Därefter ska linan vinschas in och beroende på omständigheterna ska drönaren antingen övervaka platsen eller återvända till land igen.

Då Svenska Sjöräddningssällskapet (SSRS) projekt att utveckla ett komplett leveranssystem med drönare är i ett tidigt stadi, där inget tidigare arbete gjorts inom området för vinschanordningen, var ramarna för projektet få. För att klargöra omfånget och definiera avgränsningarna för arbetet upprättades en funktionsanalys i form av ett flödesschema för leveranssystemets start till slut. På detta sätt kunde det tydliggöras vilka delar av hela processen som skulle behandlas i detta arbete. Av funktionsanalysen fastställdes det att produktutvecklingen för vinschanordningen lämpligen bör delas in i två delar, där del ett skulle bestå av konceptframtagning av fästmekanismen och del två, framtagning av vinschmekanismen. Detta för att förenkla arbetets gång och få en tydlig struktur för hur arbetet skulle läggas upp och tiden disponeras.

Det största fokuset i projektet var att skaffa ett brett underlag för att ge en god grund till framtida arbeten, därför genomfördes konceptframtagning som genererade flera koncept för både fästmekanismen och vinschmekanismen. Konceptframtagningen inleddes med fästmekanismen då det efter resonemang ansågs vara enklare att anpassa vinschmekanismen efter fästmekanismen än tvärt om. Olika delösningar genererade ett antal koncept för fästmekanismen där urvalsmatriser användes för att få fram det bästa urvalet konceptalternativ. De återstående koncepten benämndes som resulterande koncept och vidareutvecklades med enklare prototyper för att få en ännu bättre förståelse om konceptets styrkor och svagheter som beslutsunderlag inför valet av det slutgiltiga konceptet. Det slutgiltiga konceptet för fästmekanismen valdes dock inte förens konceptframtagningen för vinschmekanismen hade inletts och där ett slutgiltigt koncept för denna del av vinschanordningen hade bestämts.

Ett kriterium som valet av slutgiltiga koncepten grundades på var att det skulle vara möjligt att testa med en funktionsmodell för att se så alla moment i arbetets omfång fungerar. Därför gjordes också inköp av elektiska komponenter till vinschmekanismen såsom motor och lastcell för att kunna driva spolen i vinschen samt känna av lasten i linan. En noggrann vidareutveckling och prototyp tillverkning utfördes på de slutgiltiga koncepten tillsammans inför sammanställningen och presentationen av den slutgiltiga vinschanordningen.

Resultatet av de slutgiltiga koncepten presenteras med tydliga renderingar av 3D-modeller samt prototyper av dessa skapade genom additiv tillverkning, både för vinsch- och fästmekanismen var för sig och sammanfogade tillsammans. Diskussion kring resultatet, upptäckter under projektet och vidare rekommendationer avslutar det här arbetet och öppnar upp för vidareutveckling med ett brett underlag.

## Abstract

Commissioned by Swedish Sea Rescue Society, a winch device for a drone has been developed to enable transportation of rescue related supplies at sea. When an incoming alarm occurs, the drone will be loaded with a specific payload and then take-off to the desired destination. When the drone has reached the location, it will circulate around the delivery spot, for example a boat, while hoisting down the payload. The payload will release itself when the ground level is reached, or a person catches it and unloads it manually. When the payload is released, the drone will winch the line up again and the delivery stage is completed. The drone can now either keep monitoring the situation or return to shore again.

Since this project by Swedish Sea Rescue Society to develop a complete winch device for a drone is in a very early stage where no previous work is made in the subject yet, very few boundaries were pre-established. To clarify these boundaries and determine what is and what is not included in this thesis, a process schedule all the way from the start to the end of the delivery stage was made. With the help of this scheme, a decision was made to divide the problem into two different sub-problems, one for the concept development of the winch mechanism and one for the fastening mechanism. This facilitates the structure and time allocation of the work.

The main focus in this project was to create best basis possible for the future work in the area. This is done by forming many different concepts for both the fastening- and winch mechanism. The concept development stage began with the fastening mechanism since it after some discussion became clear that it is easier to adapt the winch mechanism to the fastening mechanism than the other way around. Different partial solutions generated several concepts for the fastening mechanism where elimination matrices produced a few resulting concepts. The remaining resulting concepts were developed along with simple prototypes to make a better understanding of the different concept's functions, strengths and weaknesses and also to create a better basis for making a good decision for which concept to continue develop. This decision for the final concept of the fastening mechanism however was put on hold until the final concept for the winch mechanism was determined.

One of the selection parameters that affected the decision-making process of the final concepts was the possibility to test the solutions on a prototype model in order to verify its functions. Therefor a purchase of electric components such as an electric motor and sensors for the winch was made, to power the winch and detect the force in the wire so that the verification could be made. A detailed and accurate development along with prototype manufacturing were made on both of the final concepts to establish the result presented in this report.

The result of the final concepts was presented with distinct pictures of the 3D-models and the prototypes made by additive manufacturing, both for the winch and fastening mechanism apart and combined together. Discussions about the result, detection through the project and further recommendations ended this work and opens for development with a wide base of knowledge.

## Förord

Arbetet med detta projekt har gett oss möjlighet att utnyttja våra kunskaper som vi lärt oss tidigare under utbildningen. Det har också gett oss många bra erfarenheter kring produktutveckling och strategier för att hantera nya projekt.

Vi vill tacka vår handledare Gert Persson och examinator, Antal Boldizar som har hjälpt oss genom arbetets gång med råd och vägledning.

Vi vill också tacka vår kontaktperson Fredrik Falkman på Svenska Sjöräddningssällskapet som tagit fram ett mycket lärorikt examensarbete med många möjligheter.

Tack så mycket.

Adam Gundersen & Sara Larsson

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrund	2
1.2	Syfte	2
1.3	Mål	3
1.4	Avgränsningar	3
1.5	Precisering av frågeställningen	4
<b>2</b>	<b>Teori</b>	<b>5</b>
2.1	Begreppslista	6
2.2	Fästmekanism	6
2.2.1	Befintliga lösningar	6
2.3	Vinschmekanism	7
2.3.1	Drift av vinsch	8
2.3.2	Lastgivare vinsch	9
2.3.3	Lina	9
2.4	Befintlig Helhetslösning	9
2.5	3D modellering	9
2.6	Additiv tillverkning	9
<b>3</b>	<b>Metod</b>	<b>10</b>
3.1	Kundbehovslista	11
3.2	Funktionsanalys	12
3.3	Kravspecifikation	13
3.4	Konceptframtagning för Fästmekanism	14
3.4.1	Fri idégenerering	14
3.4.2	Morfologisk matris	14
3.4.3	Analys och utvärdering av konceptalternativ	21
3.4.4	Resultaterande Koncept	23
3.4.5	Vidareutveckling, prototyp tillverkning och funktionstestning av resulterande koncept	24
3.4.6	Val av slutgiltigt koncept	27
3.4.7	Vidareutveckling av slutgiltigt koncept	28
3.4.8	Prototyp tillverkning och funktionstestning av slutgiltigt koncept	29
3.5	Konceptframtagning för Vinschmekanism	30
3.5.1	Fri idégenerering	30
3.5.2	Morfologiskmatris	30
3.5.3	Val av slutgiltigt koncept	37
3.5.4	Vidareutveckling av slutgiltigt koncept	38
3.5.5	Prototyp tillverkning och funktionstestning av slutgiltigt koncept	38

<b>4</b>	<b>Resultat.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Slutkonstruktion.....</b>	<b>42</b>
4.1.1	Vinschanordningen .....	42
4.1.2	Fästmekanismen .....	45
4.1.3	Vinsmekanismen.....	46
4.1.4	Funktionsmodellen .....	48
<b>4.2</b>	<b>Kravuppfyllelse.....</b>	<b>54</b>
<b>4.3</b>	<b>Svar på frågeställning .....</b>	<b>56</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion och Slutsats .....</b>	<b>57</b>
<b>5.1</b>	<b>Förutsättningar.....</b>	<b>58</b>
<b>5.2</b>	<b>Prototyp tillverkning.....</b>	<b>59</b>
<b>5.3</b>	<b>Rekommendationer vidareutveckling .....</b>	<b>59</b>
<b>5.4</b>	<b>Slutsats.....</b>	<b>60</b>
	<i>Referenser.....</i>	<i>61</i>
	<i>Bilagor .....</i>	<i>62</i>

## 1 Inledning

---

*I detta avsnitt inleds projektet med att fastställa bakgrunden till arbetet, syftet, avgränsningarna samt precisering av frågeställningen. Detta görs för att underlätta arbetsgången under projektet.*

---

## 1.1 Bakgrund

Svenska Sjöräddningssällskapet, SSRS, är frivilliga sjöräddare sedan 1907 och har just nu 73 räddningsstationer längst kusterna och de största sjöarna med fler än 260 räddningsenheter. Därtill 2300 frivilliga sjöräddare som står redo att rycka ut vid larm dygnet runt (Svenska Sjöräddningssällskapet, n.d.).

I dagsläget har SSRS en drönare som ska användas för att undersöka olycksplatser visuellt. Detta genom att en drönare står redo i på en given plats som sedan kan flyga i väg till den angivna platsen när ett larm inkommer. Där kan den med sin utrustning ge en överblick åt livräddarna hur händelsen ser ut och de kan då förbereda sig utefter detta när de åker ut på samma larm.

Nu utforskar SSRS även möjligheten att leverera viktiga hjälpmedel ut till sjöss vid nödsituationer och detta arbete blir därför en start för det målet. För att möjliggöra leveranser med drönaren krävs en grundlig genomgång av vilka krav som ska ställas på både drönaren och på det som ska möjliggöra att drönaren kan transportera ett externt paket. Lösningen ska kunna fira ned lasten och möjliggöra en säker och smidig leverans med hög precision. Det krävs därför en slags vinsch med en lina för att denna ska kunna spola upp och ner lina för att leverera paketet. Vinschmekanismen i kombination med en fästmekanism som sammanfogar lasten med linan ska tillsammans lösa de problem som behövs för att leverera utrustning ut till larm med avseende på leveransmomentet.

Då bakgrunden till problemet är relativt tunn eftersom det är ett nytt område för SSRS medför detta att en del av projektet blir att tillföra bakgrund åt nästkommande arbeten för vidareutveckling.

## 1.2 Syfte

Detta projekt som idag befinner sig i startskedet ställs inför ett utforskat område från företagets sida. Uppgiften är huvudsakligen att finna olika lösningsalternativ för en fästmekanism tillsammans med vinschmekanism som ska användas för att transportera och leverera olika specifika paketet på ett snabbt och säkert sätt. I mån av tid kommer därefter möjligheterna ses över hur anordningen i sin helhet kan integreras med en drönare och elektriska komponenter för att fungera som underlag vid vidare arbete med projektet.

Syftet med de underlag som genereras i denna rapport är att ge goda förutsättningar för vidareutveckling på en slutgiltig lösning som ska kunna kompletteras med noggrant utvalda elektroniska sensorer och motorer som ska programmeras samt integreras med en drönare för att uppnå en komplett helhetslösning. Vidare kommer stort fokus i projektet ligga på att belysa viktiga aspekter som kan beaktas ur ett mekaniskt perspektiv och motivera olika lösningsalternativ till problemet som tar hänsyn till dessa aspekter.

### 1.3 Mål

Det som önskas åstadkommas i det här projektet är att framföra en bra grund med vad som behöver beaktas i projektet som till exempel konkreta kriterium och en tydlig bild av hur händelseförloppet ser ut från start till slutförd leverans. Även att generera en bred bas av koncept för vinschanordningen med tillhörande digitala 3D modeller för de som visar sig vara mest intressanta. För de olika koncepten även skapa prototyper genom additiv tillverkning för att ännu närmare kunna undersöka dess för- och nackdelar. Ännu ett mål är att förverkliga en prototyp med vinsch och fästmekanism genom additiv tillverkning och sedan applicera de nödvändigaste elektriska komponenterna för att sedan testa lösningen genom en funktionsmodell för att direkt visa att hela idén är realiserbar. Därefter kunna ge goda rekommendationer och diskussioner för vad som bör beaktas i vidareutveckling med projektet.

### 1.4 Avgränsningar

För att kunna skapa ett värdefullt underlag till SSRS under den tidsramen som gäller kommer projektets omfattning att begränsas. En del moment som medför en högre detaljrikedom såsom noggranna beräkningar och materialval på helhetslösningen kommer inte att prioriteras, detta eftersom projektet befinner sig i sådant tidigt stadie och hög detaljrikedom på komponenter som med hög sannolikhet kommer omformas i någon mån kan leda till att specifik detaljrikedom inte blir relevant.

Drönartypen kommer troligtvis vara av sådant slag att farkosten inte kan hovra och kommer därför behöva ett cirkulärt förprogrammerat rörelsemönster runt avlastningszonen under leveransmomenten. Då detta leveransmoment i sin helhet kommer att involvera moment såsom sensordatabehandling som berör programmering och elektronik kommer detta inte att bearbetas. Vidare förutsätter alltså detta projekt att lasten befinner sig inom avlastningszonen när paketet frigörs från fästmekanismen och tar inte hänsyn till programmeringsaspekter såsom flygmönster för att uppnå detta.

Ytterligare en avgränsning för projektet är lösningens integration med drönare, det vill säga montering och placering av den lösningen som genereras i detta projekt på SSRS drönare. Detta eftersom utformningen på den drönaren som skall användas inte är fastställt och kan komma till att delvis anpassas efter den vinschanordningen som framställs i detta projekt. Därför eftersträvas en kompakt storlek och låg vikt utan numerisk begränsning.

Vinschmekanismens elektriska komponenter kommer behandlas ytligt genom att förklara lite teori om möjliga ingående komponenter samt applicera några på en prototyp. Men vidare undersökning för komponenternas egenskaper och jämförelse sinsemellan kommer inte att göras i det här projektet.

Arbetet utgår från de önskemål på prestanda som kunden har, med det inräknas godshantering med vikter upp till 2kg och en geometri på en hjärtstartare som uppskattas till dimensionerna 30x40x10cm. Vinschlinan ska även kunna vinschas med ett variabelt avstånd mellan 0m och 40m.

## 1.5 Precisering av frågeställningen

Huvudfrågor för arbetet är uppställda nedan. Dessa ska kunna besvaras vid projektets slutskede för att gynna ett fortsatt arbete vid utredning och bearbetning av projektet.

- Existerar det lösningar på motsvarande problem idag som kan tillämpas i detta projekt?
- Hur kan en lösning på fästmekanismen se ut?
- Hur kan en lösning för en vinsch på drönaren se ut?
- Hur kan vidareutveckling av arbetet fortskrida?

## 2 Teori

---

*Teorin för projektet presenteras separat för fästmekanismen och vinschmekanismen där dess påverkan i projektet beskrivs. Samt marknadsundersökning för olika lösningar som finns idag för att samla en bred bas för konceptutvecklingen.*

---

## 2.1 Begreppslista

I rapporten förekommer begrepp och samlingsnamn ett flertal gånger, det kan därför vara bra att känna till dessa för att få en bättre förståelse för vilka ord som avser vad i texten. Det kan även vara bra att inför läsningen ha kännedom om områdesspecifika termer och hur dessa ord används i rapporten. Dessa är listade i Tabell 1.

Tabell 1 En begreppslista över benämningar i rapporten.

Vinschanordning	Namnet på en helhetslösning som avser kombinationen av en Fästmekanism och Vinschmekanism
Vinschmekanism	Den delen/komponenten av helhetslösningen som utför det mekaniska arbetet att dra in och ut lina/förbindelsen mellan motor och fästmekanism. Ordet innefattar även alla övriga delar förutom det som direkt berör fästmekanismen.
Fästmekanism / Krok	Den delen/komponenten av helhetslösningen som förbinder lasten med linan/förbindelsen till motorn och som ansvarar för att avlasta paket vid intagen marknivå.
Last/Nyttolast/Paket	Extern produkt som transporteras med Vinschanordningen
Drönare	En obemannad luftfarkost
Lastgivare / Lastcell / Force Sensor	En elektisk givarkomponent som används för att avläsa pålagt kraft i elektiska signaler.

## 2.2 Fästmekanism

En fästmekanism eller krok avser i detta sammanhang den delen som ansluter paketet med linan. Fästmekanismen är alltså ett förband som skall användas för att snabbt och enkelt kunna frigöra paketet men även med att montera nya paket inför nya uppdrag.

### 2.2.1 Befintliga lösningar

I detta avsnitt kommer befintliga lösningar för olika typer av fästmekanismer att presenteras som hittats efter marknadsundersökning. Både patent och andra lösningar som sedan används som inspiration vid konceptframtagningen.

#### 2.2.1.1 Bälteslås

Det klassiska välbekanta bälteslåset som består av flera varianter är ett exempel på en fästmekanism. Dess funktion är ofta lätt att förstå då den ska vara lätt att använda vid stressade situationer. Den består av en hona och en hane som låses fast i varandra vid knäppning och knäpps isär genom att trycka på en knapp som oftast är tydligt synlig. Den kan vara tillämpningsbart i detta projekt då det troligtvis kommer brukas i liknande situationer och kräver en intuitiv design, exempel på detta finns i patentet (Honey & Reynolds, 1957).

#### 2.2.1.2 Klickspänne

Det finns många varianter av klickspännet som det kallas, det kan bland annat finnas på ryggsäckar och olika cykelhjälm. Det finns många olika varianter och patent med olika höjd och geometri. Den består av en hona och en hane som trycks ihop, där hanen har böjbara piggar som låser fast. Vid isärtagning trycks dessa piggar ihop och frigör spännet. I patentet (Postolek Filip, 2019) visas en vanlig utformning av klickspännet och dess geometri.

### 2.2.1.3 *Push and twist*

Den här fästmekanismen bygger på att en hona och hane kopplas ihop genom att vrida. Det kan visualiseras i (dafo, n.d.), den ena delen har två piggas som passar i den andra som består av två spår där de vrids på och kopplas ihop. Den förekommer bland annat på brandslangar och är också ett exempel på en fästmekanism.

### 2.2.1.4 *Automatisk krok*

Den här automatiska kroken kan lösgöra lasten mekanisk utan handkraft. Det är en fjäder som spänns upp när kroken belastas och när sedan lasten intar marken igen så drar fjädern tillbaka kroken vid en viss vinkel och släpper loss. Den går att visualisera i videoklippet (Dematek, n.d.).

### 2.2.1.5 *Off release hook*

Den här sortens krok är vanligt förekommande vid livräddningsbåtar på större fartyg. Den har många funktioner och har olika användningsområden men har främst ett användningsområde för större lyftanordningar. Den har en viss komplexitet som kräver att användaren vet hur den ska brukas för att uppfylla sitt syfte. Funktionen kan visualiseras i videoklippet (SHON, 2016).

### 2.2.1.6 *Korg*

Definitionen av en korg i det här projektet är en slags bandliknande hållare för paketet för att kunna koppla paketet med fästmekanism. Den omsluter lasten för att hålla den på plats och går att knäppa upp på något sätt för att kunna ta fram innehållet i paketet.

## 2.3 *Vinschmekanism*

En vinsch kan finnas i flera olika utformningar och storlekar men består ofta av en spole där lina ska vevas upp på med antingen handkraft eller med hjälp av motorkraft samt ett omslutande hölje runt spolen. Den kan till exempel finnas på en segelbåt eller bilbärgare och dylikt. Beroende på hur tung last som ska vevas upp och under vilka omständigheter har spolen och linan olika utformningar och dimensioner. Dessa kan därför anpassas till olika material och vikter för att passa situationen så bra som möjligt.

### 2.3.1 Drift av vinsch

Driften i vinschmekanismen sker genom någon form utav linspolning på en rulle eller liknande. Enligt kravspecifikationen som används ska linans utvinschade längd kunna varieras när som under flygningen för att kunna anpassa sig till situationen som råder, därav behöver linspolningen kunna ske åt både med och moturs. Olika typer av elmotorer som drivs av samma batteri som används för framdriften av drönaren är de alternativ som blivit aktuella i projektet. Två tänkbara motoralternativ för projektet är stegmotorn och en vanlig borstad likströmsmotor.

Den vanliga stegmotorn är en borstlös motor som roterar stegvis med små exakta steg via styrsignaler. Med precisa steg vid rotationen är det på så vis möjligt att beräkna hur lång lina som är utvinschad genom att räkna hur många steg som motorn har tagit. Potentiella problem med stegmotorn är då vridmomentet överstiger det motorn kan hålla emot vilket resulterar i att motorn ”hoppas över” ett eller flera steg och det finns därefter ingen möjlighet att längre hålla koll på hur mycket lina som är utvinschad. Ytterligare en nackdel med stegmotorn är dess höga strömförbrukning. Stegmotorn är lättillgänglig och finns med många olika specifikationer, en standard som används för formfaktorn på stegmotorn är NEMA, exempelvis på olika klasser är NEMA 17 och NEMA 23 (Schneider Electric Motion, n.d.).

En vanlig borstad likströmsmotor är ett också ett lämpligt alternativ på motor i vinschmekanismen. De är prisvärda och lättillgängliga samt enkla att styra. För att ”orka” stå emot vridmomenten som lasten i projektet medför är det troligt att en form av växellåda kommer behövas för att öka vridmoment på motorn i detta storleksformat. Likströmsmotorn, tillskillnad från stegmotorn, har inte möjlighet att på samma sätt räkna olika steg då motorn inte rör sig stegvis. För att då hålla koll på rotationen kan en så kallad “encoder” eller ”pulsgivare” placeras på motorns axel för att avgöra motorns position vilket även kan användas för att beräkna motorns aktuella rotationshastighet. Fördelen med detta är att inte motorpositionen tappas oavsett vilket moment som belastar motorn till skillnad från stegmotorn. Likströmsmotorn finns i många olika storlekar, former och tekniska prestandaspecifikationer samt är tillgänglig både med växellåda och/eller pulsgivare som en komplett komponent (Eitel, 2014; Seedstudio, 2019).

Enligt arbetes avgränsningar ska programmeringsdelen av lösningen lämnas utanför och det finns därför inte möjlighet att veta om det måste finnas kännedom om motorns position eller inte för att utföra kunna utföra uppdraget, alltså är det inte säkert att en pulsgivaren på den borstad motor kommer vara ett krav eller inte.

### 2.3.2 Lastgivare vinsch

En lastgivare, mer känt som en "Load Cell" eller "Force Sensor", är en givare som används för att mäta vikt/spänning i antingen drag och/eller tryckriktning beroende på givartypen. Det finns flera typer av dessa givare med olika former och med olika användningsområden, några utav de vanligare varianterna är S-Beam, Singel Point, och Button Cell varav Button Cell oftast bara används för att mäta tryck medan de andra ofta kan avläsa båda drag och tryckspänning. Den vanliga lastgivaren behöver en förstärkare för att amplifiera signalen och göra den läsbar för exempelvis en mikrokontroll. En lastgivare i detta sammanhang kan användas någonstans mellan drönaren och lasten för att mäta belastningen och på så vis avgöra om exempelvis paketet har fastnat, lastats av eller vinschats hela vägen upp (Flintec, n.d.; Trent, n.d.).

### 2.3.3 Lina

Linan för en vinsch kan vara utformad på många olika sätt och bestå av många olika material, det är situationen som styr. Till exempel kan en lina av lindade små ställinor användas där det kräver mycket styrka från linan. Även textilliknande lina finns tillgängligt som till exempel tampar som ofta har det materialet.

## 2.4 Befintlig Helhetslösning

Vid undersökning av marknaden hittades en helhetslösning för en drönare som ska vinschar ner hjärtstartare. Då SOS-alarm får in ett larm om hjärtstopp så skickas det vidare så att en drönare flyger i väg med hjärtstartare och sedan vinschar ned den vid rätt position. Denna lösning är ännu inte helt i bruk men är beprövad och kan vara en bra tillgång i framtiden. I nyhetsinslaget från SVT Nyheter (Olof, 2020) visas ett videoklipp som visar hur drönaren tar sig fram till platsen och vinschar ner paket. Det syns också att hjärtstartaren är placerad i en slags korg som också ger ifrån sig ett ljud för att lättare kunna lokalisera den när den är levererad.

## 2.5 3D modellering

Där 3D-modeller och ritningsunderlag är skapade i detta arbete har programmet Catia V5 (Catia, 2016) använts.

## 2.6 Additiv tillverkning

En relativt ny produktionsmetod är additiv tillverkning eller som det också kallas 3D-printning eller friformsframställning. Den gör det möjligt för en tillverkare att först skapa en modell i ett 3D moduleringsprogram sedan printa ut den i fysisk form. Dess förmåga att kunna skapa komplexa geometrier gör det också möjligt med nya designkoncept som kan skapas på ett enkelt sätt (Linköpings universitet, n.d.).

### 3 Metod

---

*I detta kapitel kommer metoderna för generering och utvärdering av de olika koncepten att genomföras.*

---

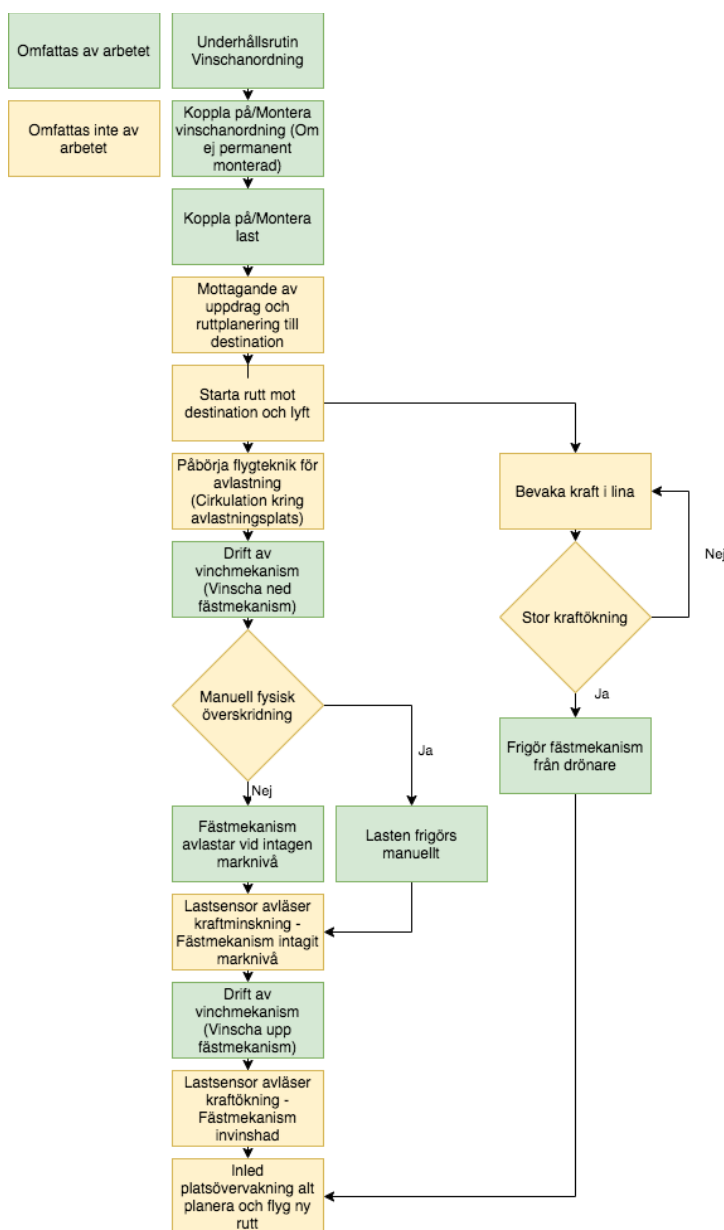
### 3.1 Kundbehovslista

Följande kundbehovslista har sammanställts från dels de uttryckta behoven som framkom i uppdragsbeskrivningen som främst kommunicerats verbalt, dels genom att analysera dessa ytterligare i kombination med produktens tänkta användningsmiljö. På så vis har även behov som är indirekt uttryckt kunnat fastställas och användas i arbetet för att uppnå ett bättre resultat. Följande behov vid användning är de mest grundläggande och kommer ligga till grund för kravspecifikationen. Behoven listade nedan är enbart sådana behov som infaller inom avgränsningarna för arbetet, ytterligare behov kan alltså vara aktuella för vidare arbete med helhetslösningen.

- Året runt
- Varierande miljö
- Skyddad mot både söt och saltvatten
- Svårare väderlekar
- Låg vikt
- Liten totalvolym med aerodynamisk utformning
- Kraftfull och lätt lina 40m
- Motordriven Vinschmekanism med variabel linmatning
- Automatisk fästmekanism med möjlighet till manuell överskridning
- Säkerhetssystem för oväntade händelser
- Intuitiv fästmekanism för på och avlastning av nyttolasten

### 3.2 Funktionsanalys

För att skapa en förståelse över hur den tänkta lösningen ska användas och på så vis skapa bra grund för avgränsningar och kundbehov som översätts till krav och önskemålskriterier görs en funktionsanalys. Funktionsanalysen bryter ned processen av användandet i olika delmoment där dessa moment placerats i ett flödesschema enligt den kronologiska ordning som de skall ske i, enligt Figur 1. Metoden klargjorde omfånget av projektets helhet och används som fundament för hela arbetet. Helhetslösningen kommer ha ett ömsesidigt beroende på mekanik, elektronik och datateknik, alltså kommer en del av momenten innefatta sådant som inte faller inom ramen för arbetet. Arbetets inriktning är framför allt mot mekanik men även lite elektronik. Moment som faller utanför arbetets inriktning i flödesschemat är markerat med gult, respektive grönt för de moment som inkluderas.



Figur 1 Flödesschema för leveranssekvensen, från start till slut

Första delen av processen är att en person underhåller vinschanordningen vid regelbundna tillfällen. Därefter ska vinschanordningen monteras på drönaren alternativt så är den redan permanent monterad beroende på vad som åstadkommit i projektet. Sedan kan lasten monteras på fästmekanismen på det angivna sättet med den specifika produkten som ska transporteras. Drönaren matas sedan med flygrutt och data för det inkomna larmet för att kunna utföra flygningen till destinationen. Därefter är drönaren redo för avfärd, här appliceras en stödfunktion som medföljer hela resterande delen av processen där det sker en bevakning av lasten i linan för att eventuellt frigöra lasten och linan om nämnda skulle fastna och riskera att drönaren störtar. Vid ankomst till destinationen ska drönaren påbörja en flygteknik för att möjliggöra en säker nedvinschning av lasten. När detta är uppnått börjar spolen veva ut lina och paketet närmar sig målet, näst följer två alternativ, lasten intar marknivå och fästmekanismen släpper paketet automatiskt alternativt att en person tar emot paketet och lossar det manuellt. Därefter läser en kraftsensor av att lasten har levererat och en kraftminskning i linan. Då kan spolen börja veva upp linan igen till ännu en avkänning av lastökning sker när linan är fullt uppvinnschad och nytt kommando som platsövervakning eller ny rutt kan påbörjas.

### 3.3 Kravspecifikation

För att kunna uppnå en viss prestanda på den lösningen som ska generas i projektet används en kravspecifikation. Kravspecifikationen specificerar olika kriterier som antingen krav i lösningen eller ett önskemål med ett mätbart målvärde om möjligt enligt Bilaga A. Kraven verifieras senare i rapporten för att säkerställa att det resulterande konceptet uppfyller dessa kriterier. Kriterierna är baserad på kundbehovslistan som baseras på den uppdragsbeskrivning givet från kunden, i detta fall SSRS, men omformade till tekniskt specifika och mätbara krav där möjligt.

Kraven och önskemålen har numrerats 1 - 17 där önskemålen även har blivit viktade för att tydliggöra hur stor betydelse det har i projektet. De mätbara kriterierna har fått ett målvärde för när det kan anses som uppfyllt eller avklarat. En kontrollmetod gavs till vardera kriteriet för att specificera hur verifieringen av kravet kan utföras efter att slutgiltig produkt har framförts. Det har också tydliggjorts i kravspecifikationen vad kriteriet avser för del av vinschanordningen eller om det gäller både fästmekanismen och vinschmekanismen. Också hur kravet eller önskemålet har uppkommit har hänvisats i referenskolumnen där alla är uppkomna från kundbehov. Där förtydligande har behövts av något kriterium eller målvärde har detta förtydligats med en kommentar för vad det avser.

### 3.4 Konceptframtagning för Fästmekanism

Genom att använda kunskapen som presenteras i teoriavsnittet i kombination med olika systematiska metoder ska olika konceptalternativ genereras. Konzepten ska bevaras med låg detaljrikedom och hög diversitet för att belysa alla eventuella möjligheter till lösningar på problemet innan en noggrannare teknisk analys görs av koncepten.

#### 3.4.1 Fri idégenerering

Efter att ha färdigställt flödesschemat påbörjades en kravlös idégenerering för att kunna hitta lösningar som kan tänka sig lösa de problem som finns i projektet. Under brainstorming processen upptäcktes lösningar till andra problem som kan tänka sig vara applicerbart även på detta arbete med någon form av modifikation. I samband med den fria idégenereringen blev det mer uppenbart om vilka kärnfunktioner som söktes, därmed underlättades informationssökning på patent och andra likvärdiga projekt som kan komma till nytta vid utvecklandet av koncepten. Denna information skapade tillsammans ett underlag som var mycket användbart för att skapa olika förslag på dellösningar på de olika problemen i projektet.

#### 3.4.2 Morfologisk matris

En morfologisk matris upprättades för att kunna se möjliga kombinationer på dellösningar till de olika delfunktionerna och hur dessa fungerar i kombination med varandra, Bilaga B. Detta ger en god överblick över hur de förslag som genererats i den fria idégenereringen tillämpas på de olika delfunktionerna. Delfunktionerna baseras på den funktionsanalysen som gjorts och som presenterats i ett flödesdiagram tidigare i rapporten, detaljnivån på dellösningarna till delfunktionerna behålls på en relativt låg nivå för inte utesluta några möjliga alternativ på koncept.

Utifrån matrisen genereras olika konceptalternativ som består utav olika sammansatta dellösningar till de olika funktionerna. Logiskt förda resonemang har kunnat konstatera att en del kombinationer av dellösningar är inte praktiskt genomförbart eller onödigt då det inte bidrar till något prestandahöjande koncept jämfört med konceptets komplexitet. I stället har likvärdiga koncept, alltså kombinationer av dellösningar, som anses kunna prestera på likvärdig nivå valts ut för vidare undersökning och bedömning med metodiska uteslutningsmetoder för att objektivt kunna avgöra det mest lämpade konceptet. Detta görs eftersom prestandaskillnaden mellan dessa koncept inte går att avgöra utan vidare analyser.

##### 3.4.2.1 Konceptalternativ

Nedan presenteras de olika koncept som genererats i den morfologiska matrisen och förklaras mer noggrant hur de är tänkta att fungera samt möjliga för- och nackdelar.

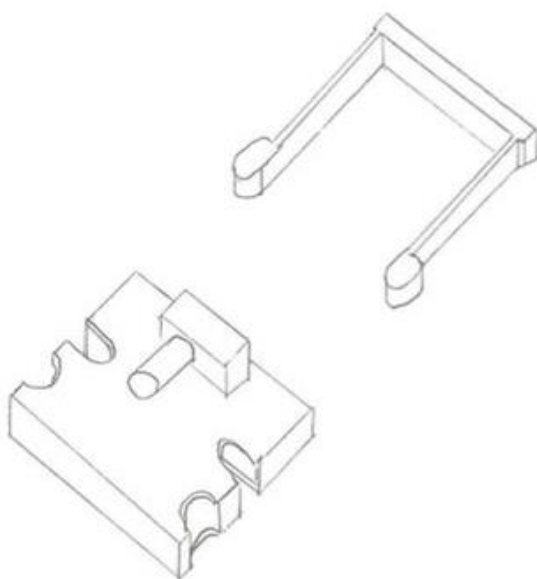
### 3.4.2.1.1 Konceptalternativ F.A

Styrkan med detta konceptalternativ ligger i dess enkelhet och hur lättförståelig fästmekanismen är då dess centrala del, bältspännet, är en välkänd mekanism som känns igen av många i flera olika sammanhang, till exempel ryggsäckar och annan packningsutrustning. En lättförståelig fästmekanism likt denna är viktig i stressfulla situationer för att spara värdefull tid om lasten skulle frigöras manuellt innan det intagit marknivå och således gjort det per automatik. Inspiration till detta koncept finns i teoriavsnittet 2.2.1.2.

Bältspännet som fungerar på ett sådant sätt att två "armar" kläms ihop av handkraft gör att fästet "öppnas" och medför även att mekanismen är lätt att hantera med en hand och kan visualiseras i Figur 2. Eftersom fästmekanismen kommer förekomma hängandes i linan är det även av fördel att handkraften tillämpas från i motsatt riktning för att öppna fästet då detta undviker att kraften att öppna en fästmekanism inte resulterar i att föremålet förflyttar sig i stället för att frigöra lasten.

Tillskillnad från ett vanligt bältspänne skall även detta fäste enligt kravspecifikation kunna frigöras då lasten intar marknivå per automatik. I detta koncept görs detta med tunn vajer som går runt spännet i ett avsett spår, vajern är i sin tur lindad runt en elektrisk roterande motor av typen servo som klämmer ihop spännet när servot roterat med ett visst antal grader. Av lastens egenvikt i kombination med att servot öppnat spännet frigörs lasten och leveransmomentet är avklarat. Då även en kommunikationsenhet ska användas för att fästet ska kunna ta kommandon från en operatör manuellt används samma teknik för att frigöra lasten på order.

I det scenario där lasten fastnat i något föremål och kraftigt ökad spänning i fästmekanism uppstår skall spännet släppa lasten för att skydda drönaren från krasch. Med en geometri anpassat efter materialet som gör att spännets armar viks in vid en viss spänning så skall denna funktion uppnås.

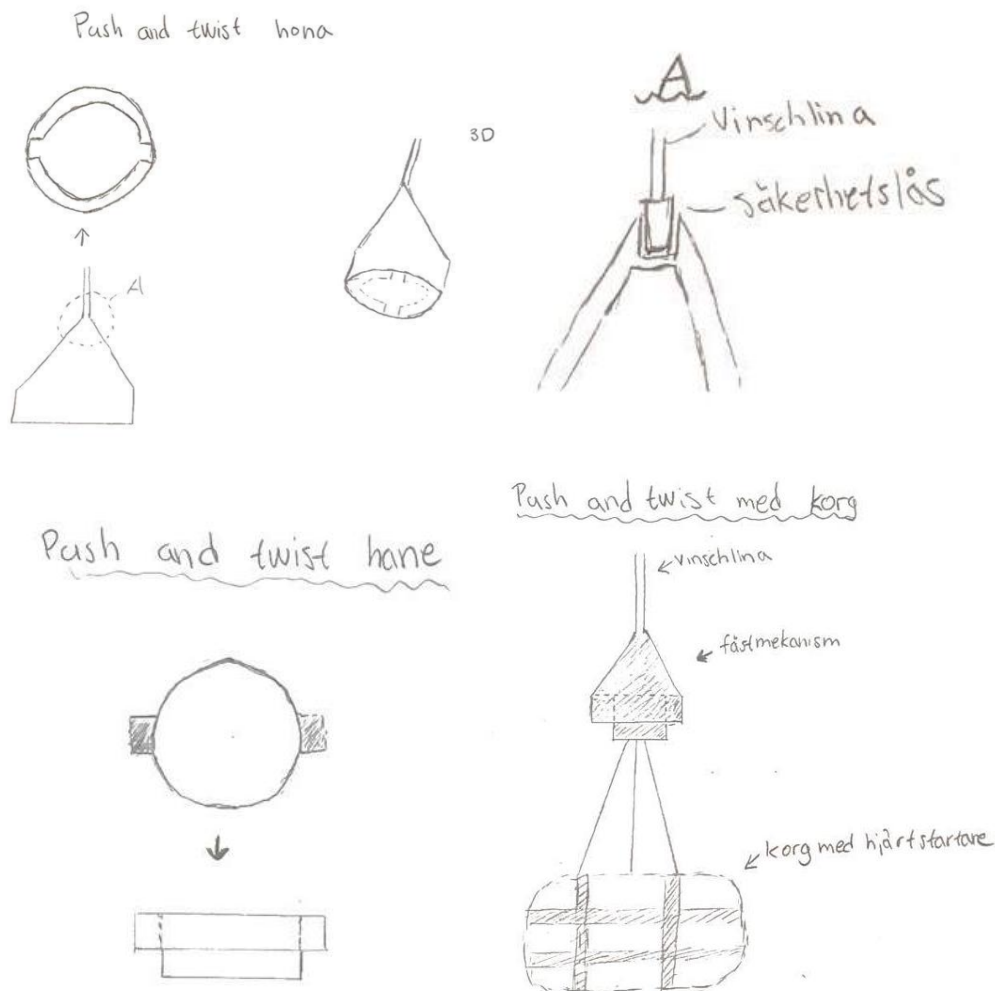


Figur 2 Skiss koncept F.A

### 3.4.2.1.2 Konceptalternativ F.B

Detta koncept bygger på en "Push and Twist" fästmekanism som är skissad i Figur 3, där inspiration har hämtats från teoriavsnitt 2.2.1.3. Enligt den morfologiska matrisen så innehåller konceptet också en korg som ska bära upp paketet samt en mekanisk säkerhetslösning som ska frigöra fästmekanismen från vinschlinan om det skulle fastna på något sätt.

Dess konliknande utseende ska förhindra att den fastnar när den vinschas upp efter att lasten lämnats. Dess ihåliga design ska göra att vikten minskar och får en smidig design. Vid vinschlinans infästning finns ett mekaniskt säkerhetslås som ska frigöra fästmekanismen vid för mycket motstånd. Piggarna på hanen av fästmekanismen passar i de två spåren på överdelen och vrids om för att låsas fast. Korgen har linor som är fästa i underdelen av fästmekanismen och kan lätt fritas vid avlämning. När lasten intar marknivå så blir fästmekanismen obelastad och en fjäder som skruvats upp inne i konan vrider tillbaka hanen så den åker ut genom spåren och lasten släpps loss.

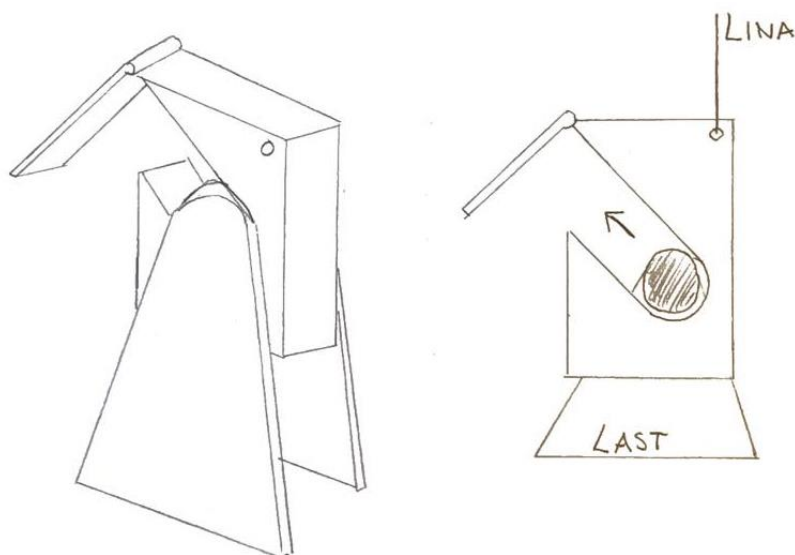


Figur 3 Skiss koncept F.B

### 3.4.2.1.3 Konceptalternativ F.C

Konceptalternativ F.C är en helmekanisk lösning för automatisk avlastning när nyttolasten intar marknivå. Den automatiska avlastningen sker på ett sådant vis att när lasten intagit marknivå och linan börjar slacka glider handtaget för lasten snett uppåt relativt till haken. En envägs "lucka" används för att tillåta att handtaget som håller lasten att kunna glida ur haken men inte av misstag sedan kunna återvända in igen. Mekanismen är en mycket robust men samtidigt enkel design som löser huvudproblemet att kunna leverera lasten autonomt enligt kravspecifikationen och kan visualiseras i Figur 4.

Manuella ingripande för att lossa lasten görs genom att personen gör ett bestämt ryck i paketet på ett sådant vis att säkerhetsfunktionen vid vinschen, som specificerats som ett kriterium i kravspecifikationerna, utlöser och släpper last, fästmekanism och löpt lina fri. Alternativt kan användaren med två händer frigöra lasten manuellt såsom paketet hade intagit marknivå, detta är dock ett mindre troligt scenario då det kräver mer eftertanke hur man ska göra vid en redan stressfull situation.

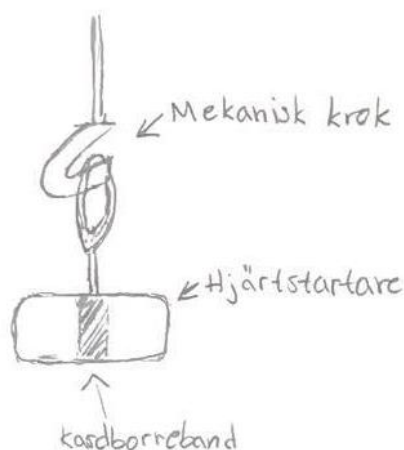


Figur 4 Skiss koncept F.C

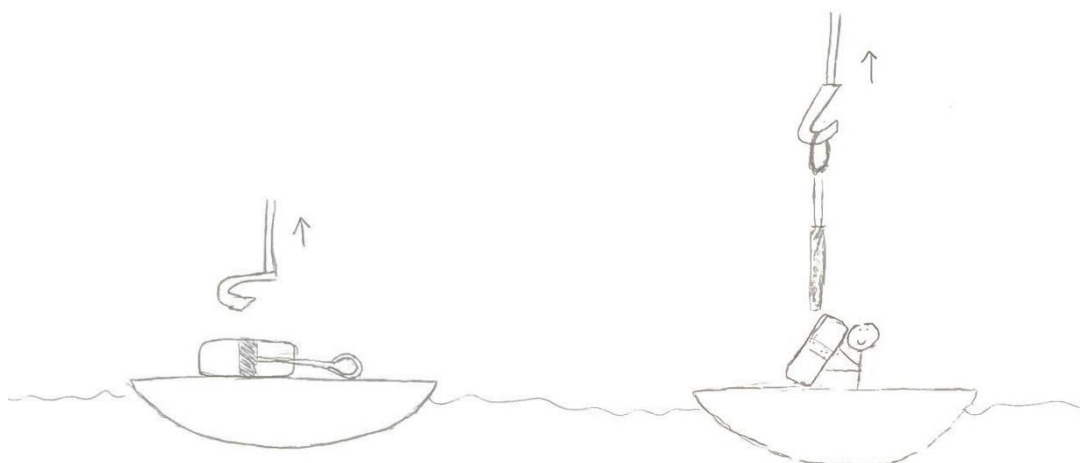
### 3.4.2.1.4 Konceptalternativ F.D

Figur 5 visualiserar koncept F.D som skapades i den morfologiska matrisen. Vinschlinan fäster i en mekanisk krok som fungerar liknande som den automatiska kroken från Dematek i teoriavsnittet 2.2.1.4, som är stängd när kroken är i belastning men när lasten intar marknivå ska kroken dras uppåt av en fjäder och släppa öglan och lasten enligt Figur 6 alt 1.

Om lasten blir fångad så ska mottagaren kunna lossa lasten genom att dra av kardborrebandet som är fäst på hjärtstartaren som visualiseras i Figur 6 alt 2. Fodralet på hjärtstartaren har fästsytt ena delen av kardborren och den andra dras loss från den för att frigöra lasten. Denna funktion ska vara lätt att förstå sig på för mottagaren för att snabbt kunna frigöra lasten vid nödsituation. Möjligtvis skulle kroken kunna vara konstruerad så den även släpper öglan när lasten lossats manuellt av mottagaren. Detta för att förhindra att kardborrebandet fastnar när fästmekanismen vinschas upp.



Figur 5 Skiss koncept F.D bär last

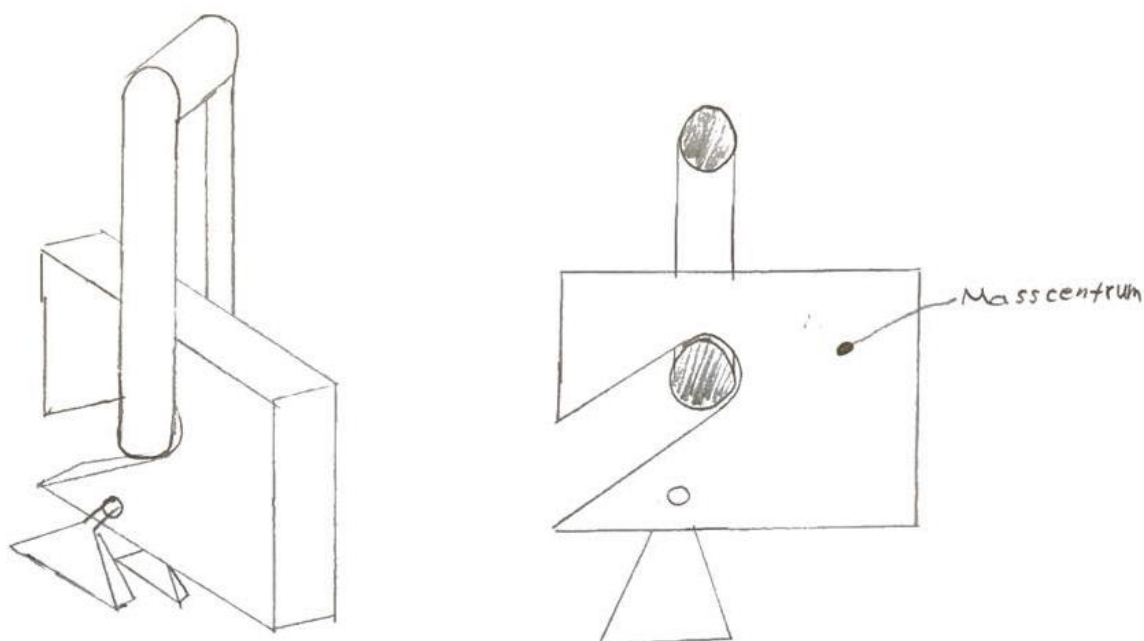


Figur 6 Skiss koncept F.D lämnar last alt 1 och alt 2

### 3.4.2.1.5 Konceptalternativ F.E

Koncept F.E är inspirerad av de automatiska avlastningskrokar som förekommer vid livräddningsbåtar i större fartyg till sjöss. Även om detta koncept är inspirerat av dessa befintliga lösningar har utformningen skett på ett sätt för att lämpa sig till dess användningsområde. I stora drag handlar det om att manuell överskridning och övriga inställningar inte hittas på denna fästmekanism utan fokuserar i stället på att göra en väldigt geometrienkel och effektiv konstruktion, enligt Figur 7, för att lösa den automatiska avlastningen vid intagen marknivå.

Systemet bygger på tre komponenter, den övre delen som kallas öglan, mittendelen som innehåller ett utflyttat masscentrum samt den undre delen som anknyter lasten till fästmekanismen. Vid intagen marknivå av den nedre delen kommer mittendelen rotera medurs kring rotationspunkten på grund av det utflyttade masscentrumet i horisontalled vilket frigör öglan vid en viss lutning hos mittendelen. Därefter när öglan åter vinschas upp glider denna del ur mittendelen och lasten tillsammans med mitten och undre delen av fästmekanismen behålls kvar på marknivå. Det här konceptet medför alltså att den större delen av fästmekanismen är fäst på lasten och kommer därmed inte vinschas upp igen.

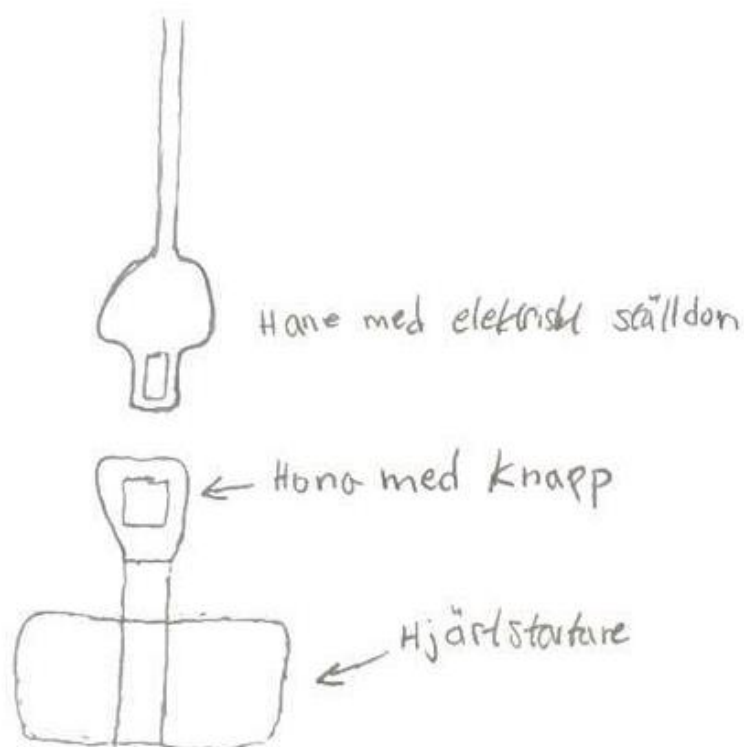


Figur 7 Skiss koncept F.E

### 3.4.2.1.6 Konceptalternativ F.F

Detta koncept bygger på ett bilbälteslås som trycks ihop och hanen låses fast och kan knäppas loss genom att trycka på knappen på underdelen. Inspiration till detta koncept återfinns i patentet i teoriavsnittet 2.2.1.1. Hanen är fäst direkt på vinschlinan som är kopplad med ett elektriskt ställdon som kan göra att låset låses upp genom kommunikation. Hanan är fastsydd direkt på fodralet som tex hjärtstartaren ligger i enligt Figur 8.

När lasten intar marknivå så skickas en signal till låset och spännet låses upp automatiskt. Om lasten blir mottagen i luften av mottagaren kan denne låsa upp bälteslåset genom att trycka på knappen som tydligt ska vara markerad för att det ska vara uppenbart hur lasten frigörs.



Figur 8 Skiss koncept F.F

### 3.4.3 Analys och utvärdering av konceptalternativ

Utefter de koncept som genererats i tidigare avsnitt skall nu dessa lösningar genomgå ett flertal olika sållningsmetoder. Sållningsmetoderna görs objektivt med olika tekniker för att finna den lösning som löser problemet bäst samt hitta styrkor och svagheter i alternativen som kan vara användbart vid vidareutvecklingen av det resulterande konceptet.

#### 3.4.3.1 Elimineringssmatris

Koncepten genomgår först en elimineringsmatris för att säkerställa att samtliga krav uppfylls:

- att huvudproblemet löses
- att konceptet är realiserbart med avseende på komplexitet i förhållande till resurserna som går att tillgå i arbetet
- om konceptet passar företaget och inte krockar med några kärnvärden eller på något sätt konkurrerar mot sig själva
- att tillräckligt med information går att tillgå för att fullfölja konceptutvecklingen

Förhoppningen i detta skede var att alla koncepten skulle gå vidare för vidare utvärdering för att på så sätt kunna få en bredare inblick om konceptens likheter och skillnader i senare urval. Efter genomförd metod klarade alla koncept sig från eliminering då inget koncept föll på någon punkt, se Tabell 2.

Tabell 2 Elimineringssmatris för konceptalternativen

Koncept	Löser Huvudproblemet	Uppfyller Alla Krav	Realiserbart	Passar Företaget (Ej konflikter med resterande verksamhet)	Tillräcklig Info
A	+	+	+	+	+
B	+	+	+	+	+
C	+	+	+	+	+
D	+	+	+	+	+
E	+	+	+	+	+
F	+	+	+	+	+

### 3.4.3.2 Pughmatrix

Då alla koncept genomgått elimineringsmatrisen och klarat alla kraven så fördes de vidare in i en Pugh matrix, Tabell 3. Där ansattes de olika krav och önskemål som presenteras i kravspecifikationen. Ett koncept sattes som referens och sen utvärderas de resterande koncepten med antingen ett plus som betyder att det uppfyller kriteriet bättre eller minus som motsvarar sämre eller en noll som betyder likvärdigt. Detta gav ett tydligt resultat att koncept F.B som är grå markerat i Tabell 3 inte skulle vara värt att gå vidare med till nästa fas, därför eliminerades detta.

Tabell 3 Pughmatrix för konceptalternativen

Kriterier	A						
	K/Ö	(Referens)	B	C	D	E	F
Låg Vikt	Ö5	0	0	0	0	0	-
Lastvikt (>0.5kg)	K	0	+	0	0	0	0
Låg Vinsmekanismvolym	Ö5	0					
Lastvolym (>0.012m <sup>3</sup> )	K	0	0	0	0	0	0
Vinschdrift	K	0					
Variabelt avstånd mellan Drönare och Last (0-30m)	K	0					
Variabelt avstånd mellan Drönare och Last (0-50m)	Ö3	0					
Frigöra last vid intagen marknivå	K	0	-	+	+	+	0
Avsatt utrymme till komponenter för vidare utveckling	K	0	-	0	0	0	0
Säkerhetsfunktion Vinsmekanism	K	0					
Säkerhetsfunktion Fästmekanism	Ö1	0	0	-	-	-	-
Kapslingsklass	K	0	0	0	0	0	0
Drifttemperatur	K	0	0	0	0	0	0
Manuell lossning av last	K	0	0	0	0	0	0
Intuitiv Fästmekanism	Ö5	0	-	-	0	-	0
Lossa last med en hand	Ö2	0	-	-	+	0	0
Mindre Komplex Lösning	Ö5	0	-	+	+	+	0
Summa (+)			1	2	3	2	2
Summa (0)			6	7	8	8	10
Summa (-)			5	3	1	2	0
<b>Summa (Tot)</b>			<b>-4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>

### 3.4.3.3 Kesselring

De återstående koncepten från tidigare Pughmatris sattes in i Kesselring matris för att utvärderas efter de önskemål som finns i kravspecifikationen. En viktning gjordes på de olika önskemålen som senare skulle kunna generera poäng. Koncepten bedömdes hur väl de skulle uppfylla önskemålen på en skala mellan ett och fem. Därefter multiplicerades det givna poänget med viktningen och genererar då totalpoäng som senare summeras när detta gjorts för samtliga kriterier.

Efter genomförandet av matrisen enligt Tabell 4 så visar det ett tydligt resultat att konceptalternativ F.C, F.D och F.E presterade bäst. En gemensam nämnare för dessa tre är att de kan frigöra lasten utan elektrisk hjälp vilket är en stor fördel i projektet vilket även har styrkts av SSRS, därför har resterande koncept eliminerats i det här steget och vidareutveckling kommer ske med de högpresterande koncepten.

Tabell 4 Kesselringmatris för konceptalternativen

Kriterier	w	Ideal		A		C		D		E		F	
		v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Låg Vikt	5	5	25	2	10	5	25	5	25	5	25	3	15
Säkerhetsfunktion													
Fästmekanism	1	5	5	5	5	1	1	5	5	1	1	1	1
Intuitiv Fästmekanism	5	5	25	5	25	3	15	3	15	3	15	5	25
Lossa Last med en Hand	2	5	10	5	10	3	6	3	6	3	6	5	10
Mindre Komplex Lösning	5	5	25	1	5	5	25	4	20	5	25	1	5
<b>Summa</b>			<b>90</b>		<b>55</b>		<b>72</b>		<b>71</b>		<b>72</b>		<b>56</b>
<b>Rangordning</b>					<b>4</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>1</b>		<b>3</b>

### 3.4.4 Resultande Koncept

Efter genomförandet av elimineringsmatriserna så har resulterade koncept fastställts, konceptalternativ F.C, F.D och F.E. Koncept F.C och F.E bygger på liknande funktion där placering av masscentrum gör att lasten lossas automatiskt när lasten intagit marknivå. Medan koncept F.D har en fjäderliknande funktion som laddats med energi när fästmekanism är lastad och kommer dra kroken uppåt när paketet inte längre tynger ner den. För att alla dessa tre fick betydligt högre poäng än de resterande koncepten så valdes det att gå vidare med dessa för vidareutveckling och närmare utvärdering.

Efter att studerat de resulterande koncepten från urvalsmatriserna har olika styrkor respektive svagheter hos dessa kunnat konstaterats på olika punkter. Med resonemang har även en bredare uppfattning uppnåtts kring hur de olika koncepten löser problemet rent praktiskt och hur några av dessa lösningar bedöms fungera bättre i sammanhanget.

### 3.4.5 Vidareutveckling, prototyp tillverkning och funktionstestning av resulterande koncept

Under denna del av rapporten vidareutvecklades de resulterande koncepten vilket i detta fall är tre olika konceptalternativ. Anledningen till att tre koncept vidareutvecklas är på grund av det jämna resultat som uppnåtts i Kesselringmatrisen och därav utvecklas samtliga för att skapa ett mer tillförlitligt beslutsunderlag inför nästa steg.

#### 3.4.5.1 Koncept F.C

För att vidare kunna utvärdera koncept F.C så 3D-utskrevs en enklare funktionsmodell av V1 enligt Figur 9, då kunde manuella tester utföras och nya versioner utvecklas. En mer strömlinjeformad och detaljerad 3D utskrivna prototyp visas i V2, där en centrumaxel har placerats i fästmekanismen för att den ska kunna rotera runt den när lasten ska släppas av. Lasten illustreras med den trekantsliknande biten i samma figur. Viss problematik upptäcktes med detta koncept i det här steget då det hände att fästmekanismen inte roterade när den skulle släppa av lasten. Det här är under förhållanden där det inte råder något som helst blås- eller regnväder. Vilket det kan förutspås skulle bli ännu mer problematiskt när yttre omständigheter är med i ekvationen.

Därför utvecklades V3, den har en annan design som arbetar mer på bredden för att få ett större vinkelrätt avstånd mellan masscentrum och rotationspunkten. Den resulterade i att lasten måste färdas ett längre avstånd i skåran på fästmekanismen för att kunna släppas av. Vid testning av detta koncept upplevdes det som att ytterligare mer massa skulle behövas och med det ännu längre skåra för lasten att färdas när paketet ska lossas, vilket också resulterar i en konstruktionsmässigt ännu svagare detalj.

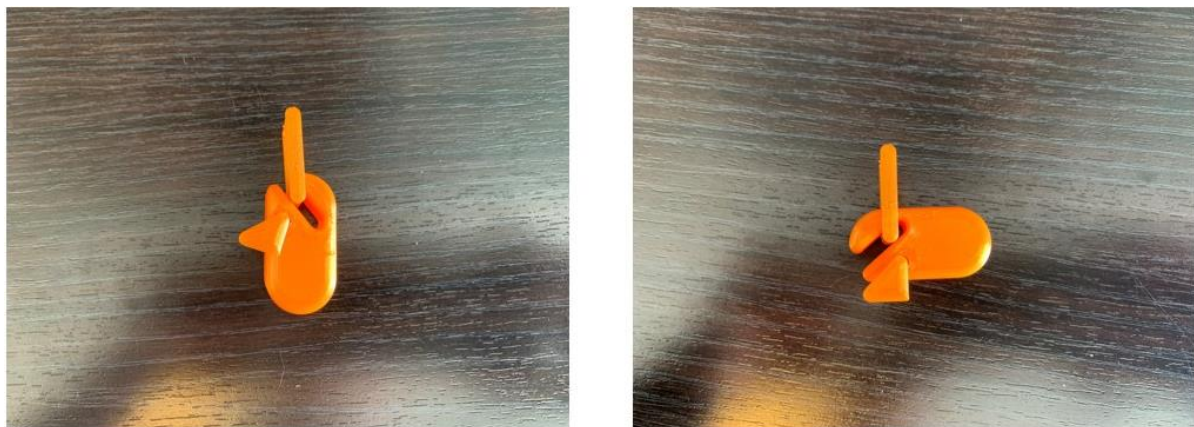


Figur 9 Prototyper av Koncept F.C i olika versioner

### 3.4.5.2 *Koncept F.E*

Efter noggrannare granskning på utformningen av koncept F.E har vissa justeringar gjorts för att uppnå bättre funktionalitet till i ett smidigare format. Totalhöjden på konceptet minskades för att uppnå ett mindre luftmotstånd när lasten är uppvisad under transport. Med den låga profilen behövdes mer massa föras in i konceptet för att fortsatt uppnå en garanterat rotationsavlastning, därav flyttades masscentrum ännu längre ut på ena sidan genom att skapa en längre profil för konceptet vilken medför ett ökat moment i rotationspunkten. Utöver detta har även en rundare profil används för att reducera mängden vassare kanter och över lag få ett mer estetisk tilltalande utseende med ett mindre luftmotstånd vilket bör vara närmare en slutgiltig design vilket kan visualiseras i Figur 10.

Under vidareutvecklingen av detta resulterande koncept gjordes flera prototyper för att testa konceptets förmåga att utföra uppgiften. En förbättringspotential som upptäcktes under detta steg var att ta bort fästmekanismens möjlighet att rotera åt båda hållen. Rotationsmöjligheten åt båda hållen kunde bland annat försvåra avlastningen av paketet om fästmekanismen inte antog marknivå i horisontellt läge i relation till lasten vilket det ofta inte gjorde då lastens masscentrum är omständligt att placera centrerat undertill. Lösningen till detta blev att skapa en rotationsspärr som begränsar vinkeln hos kroken i relation till lasten vilket kan ses i Figur 10.



*Figur 10 Prototyp av koncept F.E*

### 3.4.5.3 *Koncept F.D*

Koncept F.D är ett av de koncepten som presterat bra i elimineringsmatriserna vilket kan bero på dess enkla och tydliga funktion. Det består av en fjäder och en krok med en hylsliknande detalj som kan visualiseras i Figur 11. Kroken har en mindre design med en högre vinkel för att inte tillåta att lasten trillar av vid till exempel turbulens i drönaren och lasten far upp och ner. Hylsan består av två pelare, en där kroken fäster och en där ena sidan av fjädern fäster. Fjäderpositionen ska optimeras så att den kan prestera som bäst under specifika vinklar. För att fjädern ska kunna fästas i pelaren finns det ett hål igenom den där änden på fjädern kan placeras. Andra änden kan fästas direkt i kroken där det också finns ett hål. Krokens fäste för fjädern har placerats lite mer till höger för att skapa viss vinkel för fjädern att arbeta på för att ha ett visst grundmoment.

När kroken är belastad kommer fjädern vara utsträckt och hålla emot kroken som står rakt ner. När lasten sedan ska lämnas av kommer fjädern dra åt sig kroken för att lasten minskar och med det släppa av paketet. Eventuella risker som kan förutspås med den här designen är att om lasten gungar lite upp och ner vid ostadigt väder riskerar kroken att släppa paketet utan att det är levererat.



Figur 11 *Rendering och prototyp av koncept F.D*

### 3.4.6 Val av slutgiltigt koncept

Efter att konceptframtagning av vinschmekanismen hade slutförts återupptogs det slutgiltiga valet av koncept för fästmekanismen. Framtagningen av de olika vinschmekanismkoncepten gav en uppfattning om fästmekanismens påverkan på vinschanordningen, i synnerhet hur utformning av fästmekanismen kraftigt påverkar utformningen av vinschmekanismen på olika sätt för att uppnå samma funktionalitet. Även vilken typ av spole och lina som används för vinschmekanismen påverkar valet av fästmekanism.

För att projektet skulle hållas inom avgränsningarna så fanns det inte tidsutrymme för att vidare undersöka de samtliga resulterande fästmekanismerna i vinschanordningen för att verkligen vara försäkrade om att det är det mest lämpade konceptet som kvarstod. Därför togs beslutet om val av det slutgiltiga konceptet på grunden om vilket koncept som är mest lämpligt att förverkliga genom prototyp tillverkning och testa den slutliga vinschanordningen med elektriska komponenter i en funktionsmodell. Detta kommer göras genom att tillverka prototyper genom additiv tillverkning och utvärdera dess prestationer av de olika funktionerna.

Det resulterande konceptet F.C är ett alternativ som uppfyller de ställda kraven på lösningen men bemöter vissa utmaningar i detta utvecklingsstadium vilket ligger till grund varför inte konceptet väljs som slutgiltigt koncept. Framför allt handlar det om att konceptet inte matchar eller överpresterar jämfört med det liknande konceptet F.E. Konstruktionens utformning bedöms göra hållfastheten sämre och behöver därför kompenseras med större dimensioner, något som helt enkelt inte är önskvärt i sammanhanget.

Koncept F.D innehåller en funktion där en fjäder ska styra avkrokningen av lasten och som kräver vissa beräkningar och en del testning. Fjäders placering i förhållande till kroken kräver beräkningar av kokens egentyngd och av fjäderns påverkan på denna i olika vinklar. För att få den att fungera på ett bra sätt skulle många test behöva göras och inköp av många olika fjädrar. Detta resulterade i att projektet behövde avgränsas här och koncept F.D valdes bort.

Det slutgiltiga konceptet blev därför koncept F.E där masscentrum är centralt för fästmekanismen funktion. Det var enligt tester med prototypen tillförlitligt vid lossning av last och hade en enkel funktion. Detta ska vidareutvecklas ytterligare för att få fram en bra och tydlig modell med ritningar i resultatdelen.

### 3.4.7 Vidareutveckling av slutgiltigt koncept

Vidareutvecklingen inleddes genom att omforma konceptet till en mer effektiv konstruktion som uppnår likvärdig eller bättre funktionalitet i ett mindre format samt anpassas konstruktionen i högsta möjliga mån till additiv tillverkning för att undvika stödstruktur. Därefter söktes potentiella fel, analysera dess konsekvenser och få förståelse för hur de kan uppstå samt hur dessa konsekvenser kan förhindras ur ett konstruktionsperspektiv. Slutligen korrigeras eventuella mindre förändringar som krävs för att sammanfoga vinsch- och fästmekanismen till en helhetslösning innan protypen för fästmekanismen tillverkas.

De största riskerna som fästmekanismen utsätts för och som kan hindra mekanismen från att lösa huvudproblemet är föroreningar såsom damm, salt från saltvattnet men också vanligt vatten som fryser i kallare temperaturer. Dessa problem kan potentiellt antingen helt eller delvis förhindra rotationen i fästningspunkten vilken i sin tur leder till att paketet inte lastas av automatiskt.

För att minimera denna risk så gott det går rent konstruktionsmässigt ska produkten ha en jämn yta, framför allt i kontaktpunkterna, vilket leder till att mindre smuts kan fastna och skapa problem. Operatören av drönaren bör även ha ett regelbundet underhåll på denna mekanism enligt anvisningar från en förutbestämd kontrollista gällande framför allt rengöring av produkten, detta av samma anledning, att minska friktionen i alla kontaktpunkter.

Även grövre toleranser (0.5mm) mellan axel och hål ska användas i konstruktionen för att göra mekanismen mindre känslig för förändringar som kan påverka toleransen, till exempel salt från havet. Att i stället använda underhållsfria lager har varit på tal, men detta anses kostat mer, öka komplexiteten men framför allt addera mycket vikt, något som vill undvikas enligt kravspecifikationen.

Om rörligheten i leden på något sätt reducerats finns det risk att rotationsavlastningen inte initieras, därför har geometrin på det resulterande konceptet justerats för att flytta ut masscentrum i fästmekanismen. Detta gör att ett högre grundmoment infinner sig kring rotationspunkten och således blir det enklare att rotera om smuts eller liknande skulle öka friktionen.

För att förhindra att rotationen går åt fel håll vilket kan leda till avlastningen inte helt slutförs får axeln och hålen en viss profil som gör att axel bara kan glida ut när en viss vinkel mellan fästmekanismen och paketet gäller. Detta spår ser även till så att lasten inte kan tappas av misstag under transport, såsom under kraftiga vindar och turbulens.

Utöver detta finns nu även en anknytningspunkt för linan till mekanismen med syfte att centrera lasten mot linan. Även rundare kropp har använts för att dels minska vindomfånget men även minimera risken att fastna i olika föremål. Den undre delen av fästmekanismen där lasten sammanfogas har fått en mer detaljerad konstruktion, oavsett form på paketet kan nu rotationdelen rotera fritt inuti detta utrymme vilket säkerställer avlastningsfunktion på alla former av paket vilket ger ett förutsägbart avlastningsmoment. Denna del av fästmekanismen som rotationen sker inuti trycker även ut öglan som är fäst i linan med hjälp utav rotationsdelens egenvikt, något som kan vara användbart om öglan skulle fastna i spåret på grund av föroreningar.

### 3.4.8 Prototyp tillverkning och funktionstestning av slutgiltigt koncept

För att undvika stödstruktur vid additiv tillverknings delas den nedre delen av fästmekanismen upp i två komponenter som sedan sammanfogas med hjälp av två M3 skruvar igenom axlarna på denna del. Delningen sker på insidan av ena "väggen" för ritning se Bilaga D. Fästmekanismen består då av 4 separata delar. Efter att ha tillverkat prototypen genomfördes tester i en inomhus miljö där funktionen hos fästmekanismen säkerställdes efter vidareutvecklingen, Figur 12 visar en bild på prototypen.



Figur 12 Prototyp av slutgiltig fästmekanism

### 3.5 Konceptframtagning för Vinschmekanism

Innan vidareutvecklingen och beslutfattandet av det slutgiltiga konceptet för fästmekanismen inleds konceptutvecklingen för vinschmekanismen för att kunna förutse samspelet mellan dessa två komponenter. Detta görs för att inte vidareutveckla fästmekanismen i fel riktning till den graden att stora förändringar kommer behövas göras vid sammansättningen av dessa komponenter.

Vinschmekanismen kommer genomgå en liknande process för konceptframtagning som för fästmekanismen, där koncept genereras med en morfologisk matris som baseras på lösningsalternativ till olika delproblem. Därefter kommer dessa konceptalternativ genomgå ett urval för att på så vis få fram det bästa alternativet inför vidareutvecklingen av helhetslösningen.

#### 3.5.1 Fri idégenerering

En fri idégenerering skapades liknande som för fästmekanismen i kapitel 3.4. En vinsch kan framstå i olika former men dess funktion består oftast av en rund spole där lina vevas upp på. Därför lades fokus på dess design och placering i den här konceptframtagningen för att kunna generera olika lösningar för vinschens utformning.

#### 3.5.2 Morfologiskmatris

En morfologisk matris skapades även för vinschmekanismen på liknande sätt som för fästmekanismen. Olika delfunktioner som kunde identifieras listades först upp i den morfologiska matrisen, Bilaga C, som sedan skulle ge underlag för att en idégenerering som motsvaras med flera lösningar för vardera del. Dessa användes sedan för att genererade lösningar för koncept där de olika dellösningarna kombinerades på olika sätt. Dessa dellösningar genererades fram genom diskussion samt med inspiration från marknadsundersökningen. Lösningarna behölls på en väldigt grundläggande nivå för att lämna utrymme för vidareutveckling i nästa steg.

För vinschmekanismen var dellösningarna mer inriktade på designen och utformningen av vinschmekanismen då dess grundläggande funktion är given från start. Därav från den morfologiska matrisen genererades fyra koncept som beskrivs närmare i nästa avsnitt.

##### 3.5.2.1 Konceptalternativ

I detta kapitel kommer de olika koncepten som utvunnits från den morfologiska matrisen presenteras.

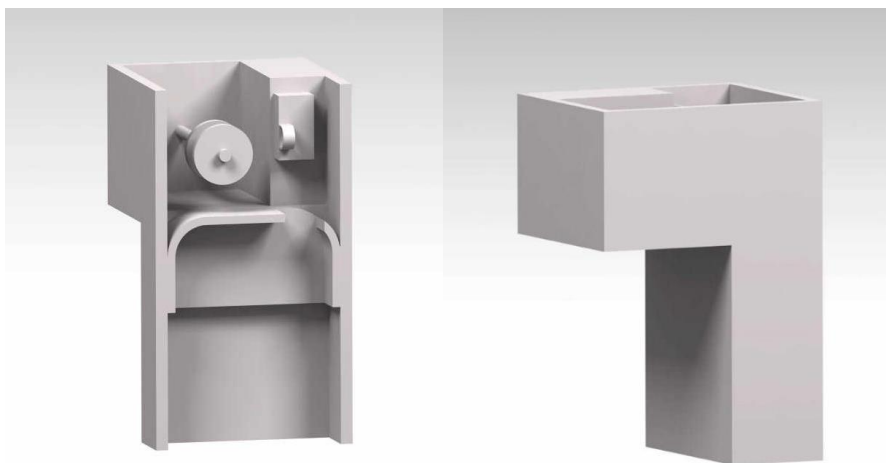
### 3.5.2.1.1 Koncept V.A

Koncept V.A är en vinschmekanism som bygger på inkapsling av en spole som används för att utträtta upp och ned vinschningen av fästmekanismen, även den motor som används för att rotera denna spole är inkapslad i samma utrymme som spolen. Detta hölje används för att skydda hela mekanismen mot föroreningar som kan påverka funktionerna negativt men också för att öppna upp möjligheten för att skapa aerodynamik med jämn påverkan på flygfarkosten vilket förhoppningsvis också leder till en lägre energiförbrukning, som visas i Figur 13.

På höljets undersida är en urgröpt volym anpassad efter den fästmekanism som vidareutvecklats i projektet. Då urgröpningsen är anpassad efter fästmekanismen i kombination med att fästmekanismen trycks upp av motorn via linan medför detta en transport där paketet sitter kloss an mot höljet och således fås en robust transportlösning. När lasten trycks kloss an mot höljet kommer lasten inte pendla i luften vilket det hade gjort om det hängde fritt i linan. Positiva effekter av detta är mindre störningar under flygandet då masscentrumet är konsistent vilket också minimerar helhetsrisken för problem under flygningen.

Höljet monteras med små maskinskruvar i drönaren men ska vara enkel att demontera om användandet under en period inte kräver funktionerna som vinschanordningen tillför. Enkel demontering kan vara önskvärt då det minskar vikt och minskar luftmotstånd som på så vis leder till mindre energiförbrukning vid flygning och uppnå längre flygtid om detta behövs. Alternativt kan vinschmekanismen integreras med drönare och på så sätt ha en tillräckligt låg negativ påverkan för att kunna vara monterad permanent.

I höljet ska linan löpa längst med igenom en ögla för att minska risken för trassel men också för att kunna mäta lasten i linan med hjälp av en lastsensor för att avgöra om paketet är avlastat eller inte. Linan ska vara dimensionerad efter styrka så att vid abrupta spänningar ska brott ske för att separera lasten från drönaren som säkerhetsfunktion enligt kravspecifikation.



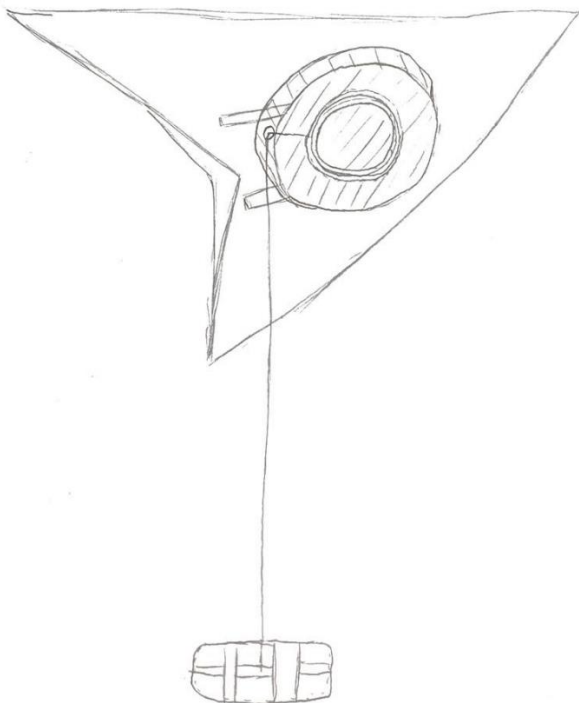
Figur 13 Rendering av koncept V.A

### 3.5.2.1.2 Koncept V.B

Det här konceptet bygger på att vinschen alltid sitter på drönaren men som även kan tas av vid behov av tex rengöring eller underhåll och dylikt. Vinschens design ska vara så aerodynamiskt som möjligt, vilket uppnås genom att nyttja drönarens bredd och längd. Den ska breda ut sig och ha sin centrumaxel vinkelrätt mot planet i stället för parallellt, det ska bidra till en mer slimmad design med planet. Spolen kommer ha ett skyddande hölje som förhindrar slitage från väder och vind, samt eventuella störningar vid användandet vilket kan visualiseras i Figur 14.

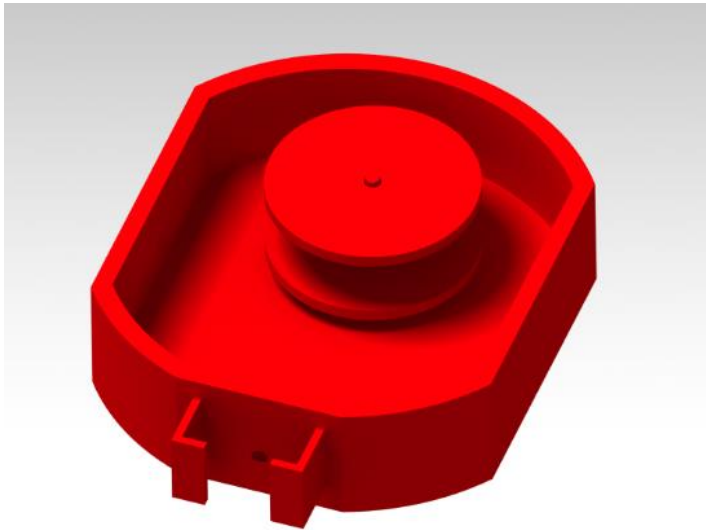
En hållare för lasten kommer vara installerad bakom vinschen med öppen design för att lätt kunna frigöras när lasten ska vinschas ner. Den kommer förvara lasten under färden mot destinationen och förhindra att paketet eventuellt trillar ner. När linan ska vinschas upp efter att lämnat av lasten så är spolen så pass smal att linan troligtvis inte kommer behöva någon sorts fördelare då den ändå kommer bygga på höjden ut från spolens centrum. Men om det vid behov kommer behövas någon form av detta så är det lämpligt att spolen rör sig fram och tillbaka i axiell riktigt för att rikta linan rätt för att förhindra trassel.

Linan löper igenom ett näst intill friktionsfritt hål genom vinschens hölje för att kompensera för den horisontella spolens linplacering. Om linan fastnat på något sätt och måste frigöras för att inte drönaren ska förlora kontrollen kommer det finnas en säkerhetsmekanism. Den kommer att lösas ut när motståndet i linan blir godtyckligt stort och bränna av linan, den är placerad på insidan av hålet där linan löper ut.

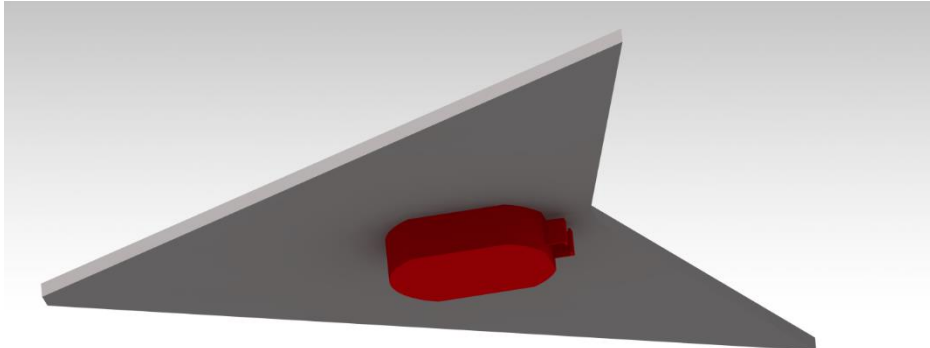


Figur 14 Skiss av koncept V.B

För att få en mer detaljerad bild av konceptet modellerades en 3D modell av det i Catia V5. Det gjorde även viss utveckling av designen under skapandet av modellen. Även mer specifika detaljer kunde tydliggöras och designas. I Figur 15 kan vinschen med spole visualiseras, spolen är placerad längre fram i höljet för att göra plats för motor och sensorer med mera i höljet. Utanpå höljet är två armar placerade för att hålla lasten på plats vid transporten. Figur 16 visar hur vinschen fäster på drönaren.



*Figur 15 Rending av koncept V.B*



*Figur 16 Rending av koncept V.B med drönare*

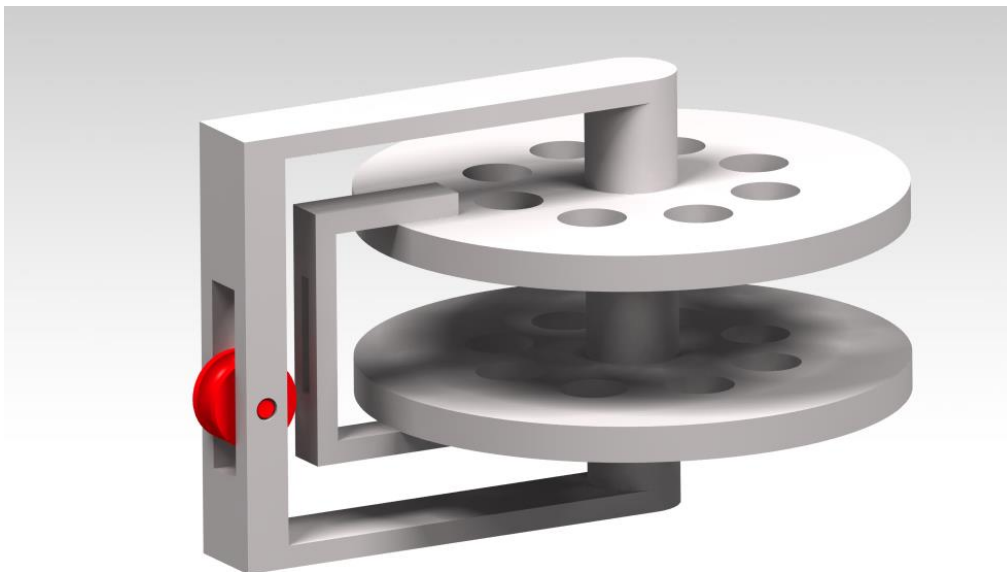
### 3.5.2.1.3 Koncept V.C

Detta koncept bygger på en permanent monterad vinschmekanism där spolen sitter monterad mot planet utan ett omslutande hölje se Figur 17. Spolen är placerad liggandes under planets vingor med en stegmotor infäst direkt i denna spole. Spolen har ett spår som används för att linda upp ett relativt tunt band som förbinder spolen med fästmekanismen. Användandet utav av ett band som förbindelse minimerar risken för trassel och därav behövs ingen mekanism eller konstruktion för att strategiskt placera linan på spolen på ett mönsterliknande sätt för att undvika detta.

Denna konstruktion består utav ett minimalt antal komponenter och en liten volymstorlek som samtidigt har ett lågt vindomfång på sättet den monteras under vingarna. Denna utformning möjliggör därför en permanent installation av vinschen på planet då en låg påverkan på planets totala vikt med flera påverkas.

En mynning där bandet löper ut ifrån spolen skall användas för att med hjälp av kraft från spolen kunna pressa fästmekanismen mot denna mynning så att på så vis paketet bibehåller en stabil anknytning mot vinschen och därmed inte pendlar i luften. En lastgivare mellan planet och stegmotorn ska användas för att kunna avgöra om paketet har lastats av eller inte.

Banden har en specificerat maximal spänning, när denna spänning i bandet inträffas skall brott ske som en säkerhetsfunktion om till exempel paketet eller bandet fastar i ett träd, mast eller liknande.



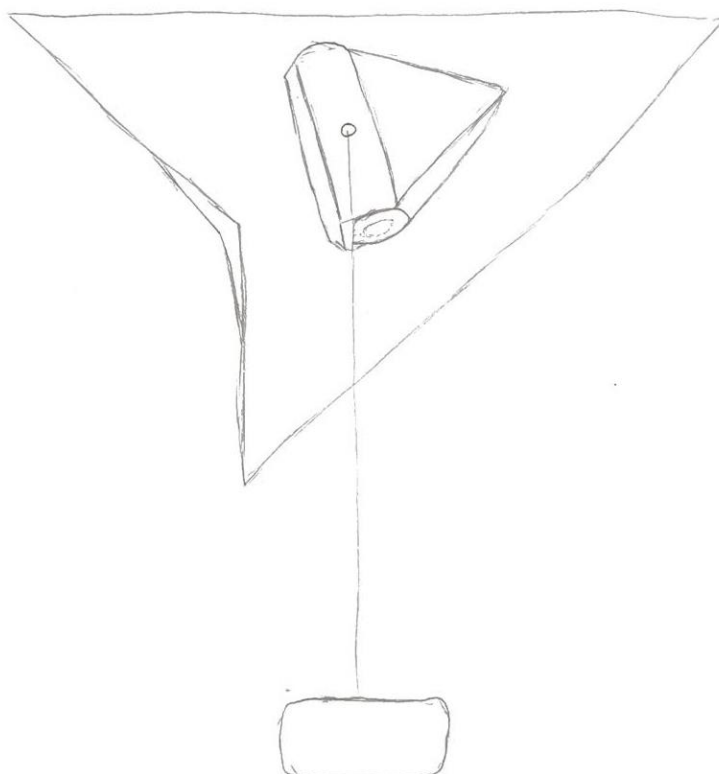
Figur 17 Rendering av koncept V.C

#### 3.5.2.1.4 Koncept V.D

Det här vinschkonceptet har en aerodynamisk design som följer planets former med en spetsig front och minskade tvärsnitt. Den har runda kanter för att minimera luftmotståndet när drönaren flyger och kan betraktas i Figur 18. Den går lätt att ta av och på drönaren för att både kunna köra drönaren med eller utan last beroende på vad situationen kräver.

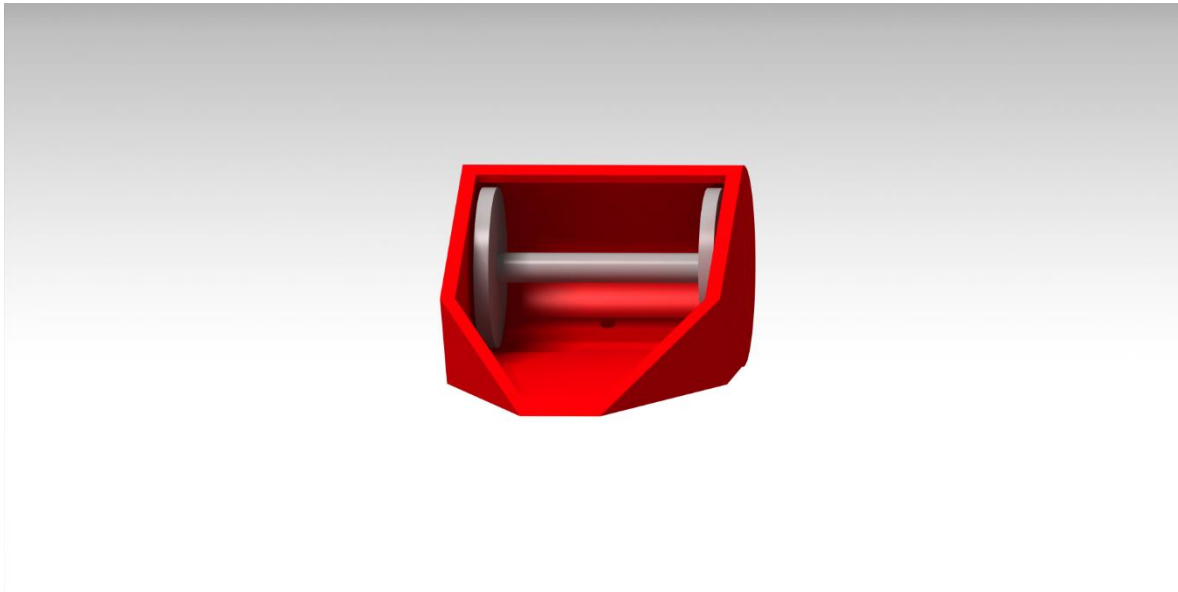
Laster kommer hållas på plats vid transport genom att kraften i linan trycker paketet dikt an mot vinschen. Det för att förhindra att det blir någon slags rörelse på paketet under drönarens färd och eventuella störningar. Linan kommer vara en elastisk nylonlina vilken kommer göra att linan tillåter viss turbulens utan att agera stumt mot paketet. Spolen är en längre variant som gör att vinschen kan hålla en slimmad design. Innanför höljet sitter det en riktare som för linan fram och tillbaka över spolen för att all lina inte ska samla sig på samma ställe och medföra trassel. Uppvinschningen kommer ske vinkelrätt mot drönaren och inte leda för kraftfördelning i vinschen.

Ett elektriskt ställdon kommer känna av om linan skulle fastna då detta skulle medföra extra kraft som drar i linan. Då kommer ett vassare föremål skjutas fram vid hålet där linan löper ut och linans kraft mot denna kommer då klyva av den för att drönaren inte ska krascha.

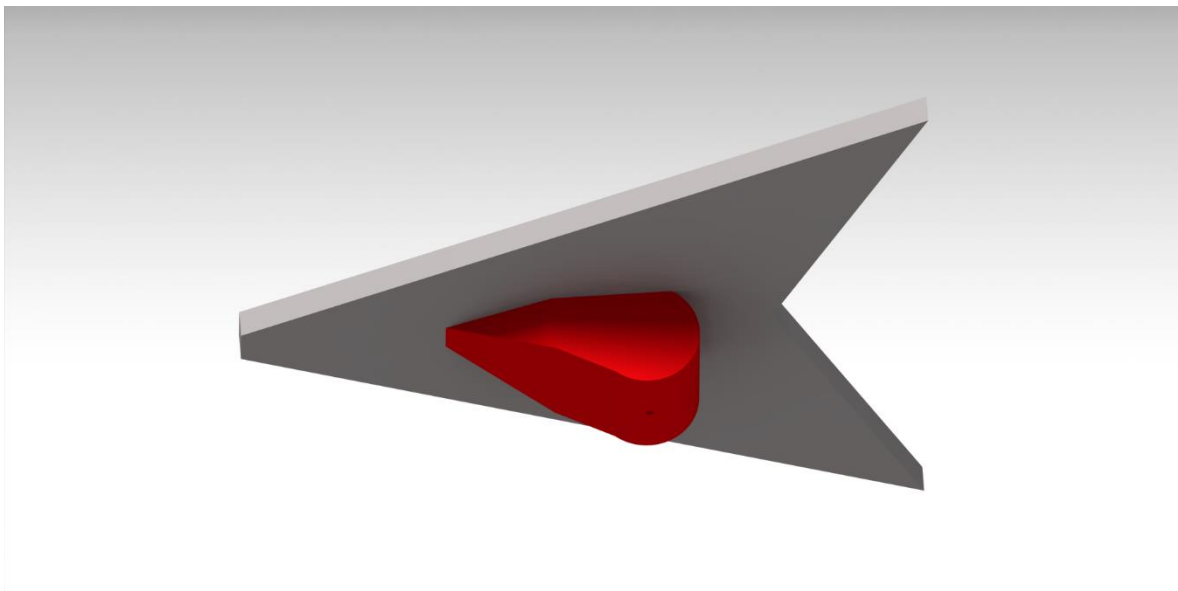


Figur 18 Skiss av koncept V.D

För att få en tydligare och mer detaljerad vy över konceptets design och funktions så skapades en 3D modell i Catia V5. Vinschen kan visualiseras i Figur 19 där spolen är gråfärgad och höljet är färgat med rött. Hålet där linan går ut från vinschen är placerat under spolen och även en skena för att kunna ha en riktare som styr linan upp på spolen när den ska vinscha upp. Figur 20 visar hur vinschen ser ut när den är fäst på drönaren. Den har en aerodynamisk design där det finns plats lämnat i främre delen av höljet för elektriska komponenter och motor.



*Figur 19 Rendering av koncept V.D*



*Figur 20 Rendering av koncept V.D med drönare*

### 3.5.2.1.5 Analys och utvärdering av konceptalternativ

Vid framtagningen av konceptalternativen lades mycket fokus på att få en bred bas av koncept som är lätta att visualisera. Det för att samtliga ska kunna nyttjas vid framtida arbete med projektet. Vinschen innehåller elektriska komponenter såsom motor och sensorer som finns i många olika varianter och utformningar. Dessa komponenter har en stor inverkan på hur vinschen kan utformas. För att hålla projektet inom dess ramar och mån av tid fanns det inte möjlighet att utforska alla dessa motorer och anpassa dem till varje genererat konceptalternativ. Därför lämnades det i stället plats för dessa komponenter i höljet för vinschmekanismerna. Ett önskemål var att konceptet skulle vara aerodynamiskt med lågt luftmotstånd men då utformningen på drönaren inte är fastställd så lades inte högt fokus på just detta vid urvalet.

På grund av obestämda omständigheter kring vinschmekanismen såsom, vilken sorts drönare som den ska fästas på och vilka och storlek på de elektriska komponenterna så är det problematiskt att ta fram grunder för vilken vinschmekanism som bedöms kommer prestera bäst för ändamålet. Därför grundades beslutet för det slutgiltiga konceptet på följande:

- Vilket som var mest lämplig att kombinera med den slutgiltiga fästmekanismen
- Vilket av alternativen som har godast möjlighet att praktiskt utvärderas och verifieras mot kravspecifikationen genom exempelvis prototypmodell av additiv tillverkning
- Vilket som hade varit mest rimligt med avseende på komplexitet i förhållande till användarnytta att förverkliga i en helhetslösning

Dessa tre punkter användes för att få fram ett slutgiltigt koncept för vinschmekanismen.

### 3.5.3 Val av slutgiltigt koncept

Valet av det slutgiltiga konceptet togs på grunder som punktades i tidigare avsnittet. Det koncept som bedömdes uppfylla dessa bäst var koncept V.A. Det har en separat förvaring för fästmekanismen vilket kommer underlätta kombinationen av de två delarna i vinschanordningen. Dess relativt kompakta design med sin enkla geometri utan att kompromissa med funktionaliteten gör det till ett bra alternativ för att praktiskt utvärdera genom prototyp tillverkning via 3D-utskrift. Med den enkla geometrin går det lätt att anpassa till att applicera elektriska komponenter för en helhetslösning.

De övriga koncepten valdes bort på dess oförmåga att uppfylla de urvalsparametrar lika bra som konceptet V.A, ofta beror detta på en mer komplex utformning utan verklig funktionsnytta vilket både försvårar prototyp tillverkningen och möjligheten att testa lösningen praktiskt. Även svårigheterna att integrera fästmekanismen till de övriga alternativen var ytterligare en faktor som ledde till att något övrigt koncept inte valdes till slutgiltigt koncept. Någon av dessa hade möjligtvis uppnått liknande prestation som koncept V.A med ännu mer vidareutveckling men på grund av tidsbrist så lämnas dessa konceptalternativ i detta steg.

### 3.5.4 Vidareutveckling av slutgiltigt koncept

Vidareutvecklingen av konceptet inleddes med att noggrannare undersöka de olika motor- och sensoralternativ som finns att välja på för att få ett hum om dess utformning för att därefter kunna vidareutveckla konstruktionen av vinschmekanismen med specifika dimensioner anpassade efter dessa komponenter. Därefter framställdes en prototyp med additiv tillverkning för att testa vinschanordningen i praktiken och dess förmåga att utföra uppgiften och eventuellt hitta förbättringsområden som behöver hanteras.

### 3.5.5 Prototyp tillverkning och funktionstestning av slutgiltigt koncept

Valet av motor stod mellan en stegmotor och en vanlig borstad likströmsmotor där valet landade på det senare, detta eftersom stegmotorn drar mer ström och den noggranna precisionen som stegmotorn levererar har ingen direkt fördel i det aktuella sammanhanget. Likströmsmotor som saknar förmågan att kunna styra utvinschningen på ett sådant sätt att styrsystemet kan beräkna hur stor del av linan som är utvinschad kan kompletteras med en så kallad "Encoder" på drivaxeln för att uppnå likvärdig funktionalitet om så önskas. I detta skede diskuterades om denna funktionalitet är ett verkligt behov eller om utläsning av sensordatan som lastcellen medför kan vara tillräcklig för att styra systemet, för att minska prototypkostnader valdes därför en utväxlad motor utan encoder eftersom utan styrprogrammering saknar encodern syfte i detta sammanhang. Motorn som prototyp höljet anpassas efter är en *Pololu 37D Metal Gearmotor 12V 100RPM (#4745)* (Pololu, n.d.). En viktig parameter som togs hänsyn till vid valet av motorn var vridmomentet för att säkerställa förmågan att lyfta last med den specificerade vikten i kravspecifikationen.

Efter att undersökt olika typer av lastceller har valet av lastcell bestämts till en så kallad "Singel Load Beam" som har möjligheten att avläsa böjspänningen i en balk och på så vis avgöra vikten. Lastcellen valdes på grund av god tillgänglighet och lämplig utformning som tar relativt liten plats i höljet. Sensorns benämning som konstruktionen anpassas efter är *SparkFun Electronic SEN-13329* och har förmågan att med hög noggrannhet kunna avgöra den lastade vikten mellan 0 och 10kg (HTC-sensor, n.d.).

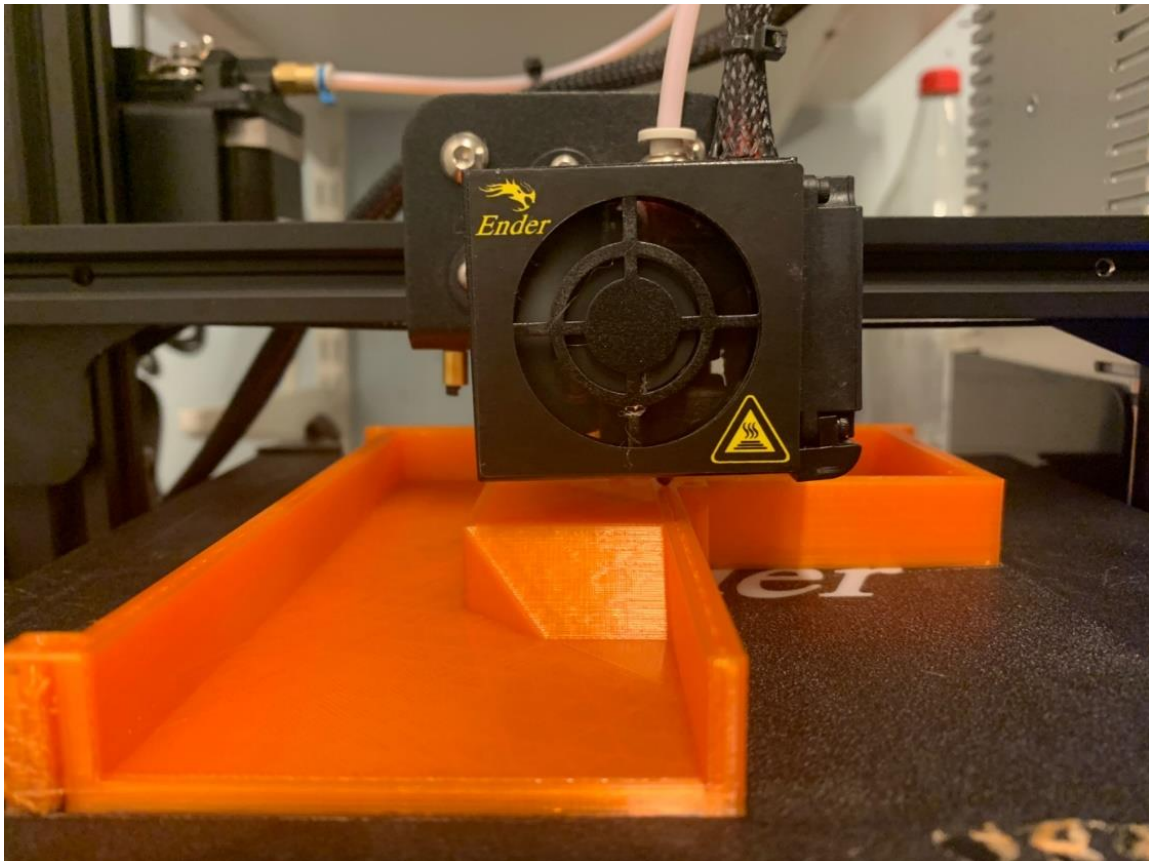
Efter att dessa två komponenter bestämts genomgick konstruktionen en hel del större förändringar och anpassats efter dessa komponenters ritningar. Motorns placering har flyttats och motoraxeln ligger numera i samma riktning som drönarens färdriktning. Onödigt material har skalats bort och fästmekanismens totalhöjd minskades för att reducera vinschmekanismens volym. Placeringen av lastcellen är nu horisontell och med den specificerade motorn kunde höljet göras smalare. Höljets lådliknande och något icke-aerodynamiska utformning används för att enkelt kunna justera vinschanordningen till den drönare som ska användas genom att bara ändra några få dimensioner och få höljet att passa till den drönare som ska användas.

CAD-Modellen för vinschmekanismen består utav höljet, spolen och en distans för lastcellen. Höljet delades i två halvor dels för att möjliggöra additiv tillverkning utan stödstruktur då modellen är konstruerad på ett sådant sätt att detta inte ska behövas samt för att enkelt kunna montera motor, spole och lastcell med tillhörande kabeldragning. Höljet skrivs ut i PLA plast och har dedikerade M3 och M5 skruvhål för montering av motor och lastcell samt sammanfogning av höljets olika delar. Även spolen och distansen för lastcellen skrivs ut i PLA Plast. I Figur 21 går det att visualisera processen när prototypen 3D-printas.

De valda komponenterna för det slutgiltiga konceptet samt en motordrivare "L298N" inhandlades i syfte att göra fysiska verifieringar på praktisk genomförbarhet och säkerställa att teoretiska fastställande fungerar i verkligheten. Genom att faktiskt montera och testköra vinschen lastad kan problem och frågeställningar dyka upp som inte tidigare upptäckts.

Vid hopsättning av prototypen lindades först en 10m lång flatlina med diametern 0.13mm runt spolen som sedan monterades på motorns axel med presspassning. Då motorns axel är asymmetrisk finns det ingen risk för spolen att glida på axelns yta. Motorn monterades därefter på vänstra delen av höljet med 3st 12mm M3 skruvar. Öglan monterades därefter på lastcellen även här med presspassning innan lastcellen tillsammans med distansen och 2st M5 skruvar monterades likväl mot vänstra delen av höljet. Då lastcellen är färdiggängad behövs ingen mutter eller dylikt undertill. Därefter drogs linan igenom öglan och knöts fast mot den övre delen av fästmekanismen. Kablarna dras ut genom den dedikerade kabelhålen på vänstra delen av höljet innan denna del sammanfogas med högra delen av höljet, för att sammanfoga den högra delen med den vänstra skruvas lastcellen loss något för att kunna placera den högra delen på plats. 4st 20mm M3 skruvar gängas i plasten på höljet och skruvas igenom, därefter dras lastcellens m5 skruvar åt igen.

Under testkörning användes endast motorn aktivt av de elektriska komponenterna medan lastcellen användes endast passivt för att undersöka om genomförandet av upp och ned vinschningen fungerat som tänkt samt att placeringen av komponenterna blev som tänkt i CAD-modellen. Upptäckter som gjordes under testningen var att det lättare blev trassel om linan inte var spänd, alltså att fästmekanismen inte var lastad. Det märktes även att under tyngre laster kunde materialet som lastcellen var monterad i böja sig, något som möjligtvis kan bli en orsak till att givaren ger felaktiga värden om denna hade varit i användning.



*Figur 21 Visualisering av processen när vinschmekanismen 3D-printas*

## 4 Resultat

---

*Efter framtagning av konceptalternativ och vidareutveckling av de slutgiltiga koncepten för vinsch- och fästmekanismen sammanfogas dessa till den slutgiltiga helhetslösningen för arbetet, en vinschanordning som blir en del av resultatet. Resultatet för arbetet presenteras under detta avsnitt.*

---

## 4.1 Slutkonstruktion

Här redogörs detaljerat underlag av lösningens olika delar såsom noggranna beskrivningar, renderingar och ritningsunderlag. Ritningsunderlagen är inte fullständiga och bör endast användas i prototyp eller vidareutvecklings-sammanhang.

### 4.1.1 Vinschanordningen

Vinschanordningen är en komplett lösning på hur en fästmekanism i kombination med en innesluten motor och tillhörande elektriska komponenter kan användas för att leverera en specifik last från exempelvis en flygande drönare ned till marknivå. Det inneslutande höljet skyddar inte bara de elektriska komponenterna mot omgivningen utan även för att förvara fästmekanismen på ett sådant sätt att lasten ligger kloss an mot höljet som medför en stabil transport.

Med en elektrisk utväxlad motor roteras en spole som är lindad med en lämplig lina för omständigheterna. Linan i sin tur löper genom en ögla som är sammansatt med en lastsensor vilket gör det möjligt att avgöra krafterna i linan, därefter är linan fäst i den övre delen av fästmekanismen vilket kan visualiseras i Figur 24. Spolens rotation kan nu öka respektive minska lastens höjd beroende på rotationsriktning.

Vid marknivå frigörs lasten automatiskt från linan med hjälp av den helmekaniska avlastningsfunktionen i fästmekanismen. Vid intagen marknivå avläser även lastgivaren detta genom minskad pålagd kraft och kan på så vis bekräfta att lasten är levererad samt påbörja in-spolningen igen. Om lasten av någon anledning inte skulle vara frigjord kan lastgivaren även avläsa detta. Hela fästmekanismen utom den övre delen lämnas kvar med lasten vilket resulterar i en mindre totalvikt hos vinschanordningen efter leverans. I Tabell 5 finns data presenterat för att få en överblick om vinschanordningens proportioner.

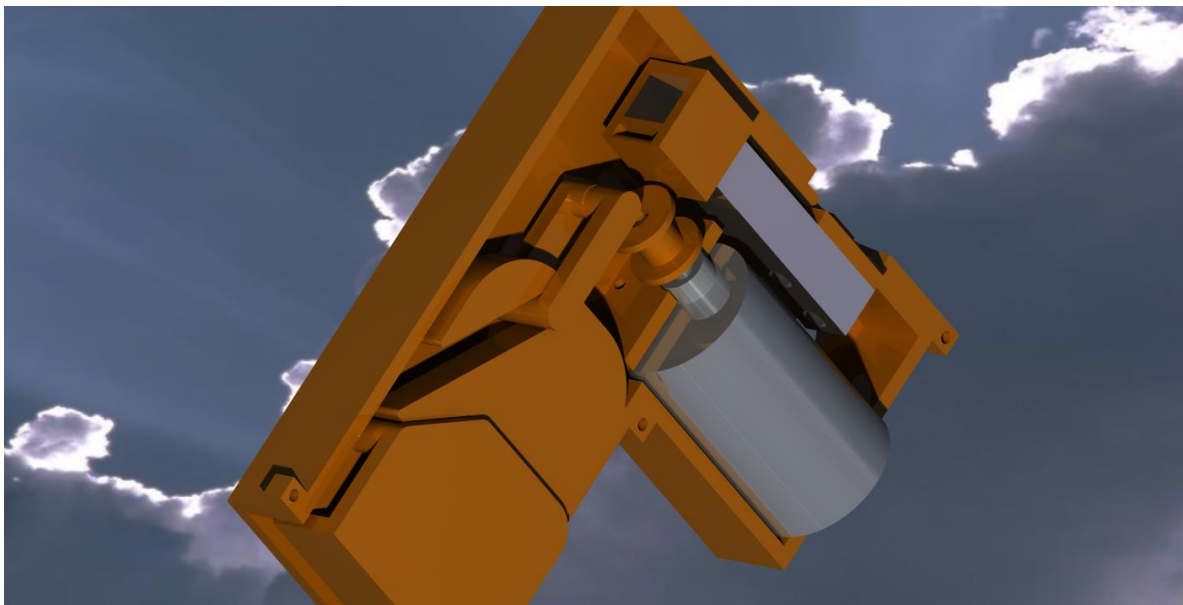
Tabell 5 Övergripande data vinschanordning

Vikt hela vinschanordningen	~435 g
Volym	345 cm <sup>3</sup>
Max höjd	156 mm
Max bredd	132 mm

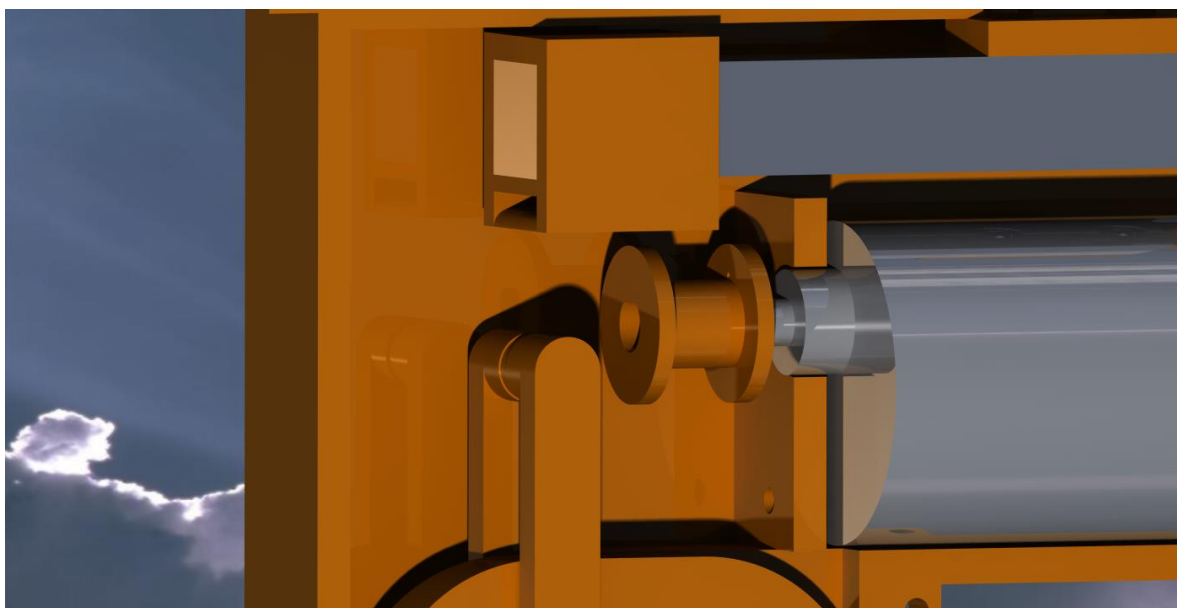
I Figur 22 illustreras vinschanordningen när fästmekanismen har påbörjat sin nedvinschning och är på väg ut ur höljet. Medan Figur 23 visar hur fästmekanismen är placerad på plats i höljet som den befinner sig under transporttiden. Ett stängt hölje för vinschmekanismen syns i Figur 25 där fästmekanismen är placerad under och är på väg att vinschas ner.



*Figur 22 Rendering av vinschanordningen*



*Figur 23 Rendering av vinschanordningen*



*Figur 24 Rending av spolen i vinschmekanismen*



*Figur 25 Rending av både vinsch och fästmekanism*

#### 4.1.2 Fästmekanismen

Fästmekanismen som kan visualiseras i Figur 26 består av 4 separata delar, övre delen som sammanfogar linan med fästmekanismen, mittendelen som hänger i överdelen, samt underdelen som består av en vänster och högerdel för montering. Tillhörande ritningar för dessa delar kan ses i Bilaga D. Dess funktion att frigöra lasten automatiskt fungerar på ett sådant sätt att när kraften i linan minskar, det vill säga när lasten intar marknivå, så kommer mittendelen av fästmekanismen rotera runt den axeln som sammanfogar under och mittendelen av mekanismen. Genom att masscentrumet för mittendelen är placerad på ett sådant sätt att det inte är jämnvikt när fästmekanismen är obelastad medför att denna del alltid kommer vilja rotera då det finns ett grundmoment från egenvikten.

Underdelen av fästmekanismen fungerar som ett slags hölje för att mittendelen ska kunna rotera fritt inuti. Mitten samt underdelen som också är de större delarna av fästmekanismen kommer att släppas av när lasten levereras medan den övre delen är sammansatt med linan. Utan mitten och underdelen av fästmekanismen minskas risken för att linan fastnar vid uppvinschning samt minskas totalvikten för vinschanordningen vilket har flera fördelar.

Fästmekanismen är utformad med en enkel geometri vilket gör det möjligt att dimensionera komponenten efter önskade egenskaper. Spårbanan i mittendelen av fästmekanismen har en längd på 50mm (Utan rundade hörnen vid mynningen) och en utfallsvinkel på 60 grader. Dessa mått i kombination med kroppens bredd, det vill säga, hur långt masscentrumet är utflyttat från hängningspunkten, avgör hur fästmekanismen beter sig. Dessa mått bör lämpligen dimensioneras efter användningsscenario såsom lastvolym och vikt. Spårbanans längd bör i kombination med delens bredd dimensioneras genom att testa en specifik last under tuffa väderförhållande och flygplansturbulens för att säkerställa att fästmekanismen inte av misstag frigör lasten i luften men ändå hålla dimensionerna så små som möjligt för att minska upptagen volym och totalvikt. Även komponentens slutgiltiga materialval samt om komponenten har en homogen densitet eller är tyngre i vissa delar av kroppen är faktorer som kan ha stor betydelse vid dimensionering av fästmekanismen. Justeringar av dimensionerna på fästmekanismen kräver justeringar på vinschmekanismens dimensioner.



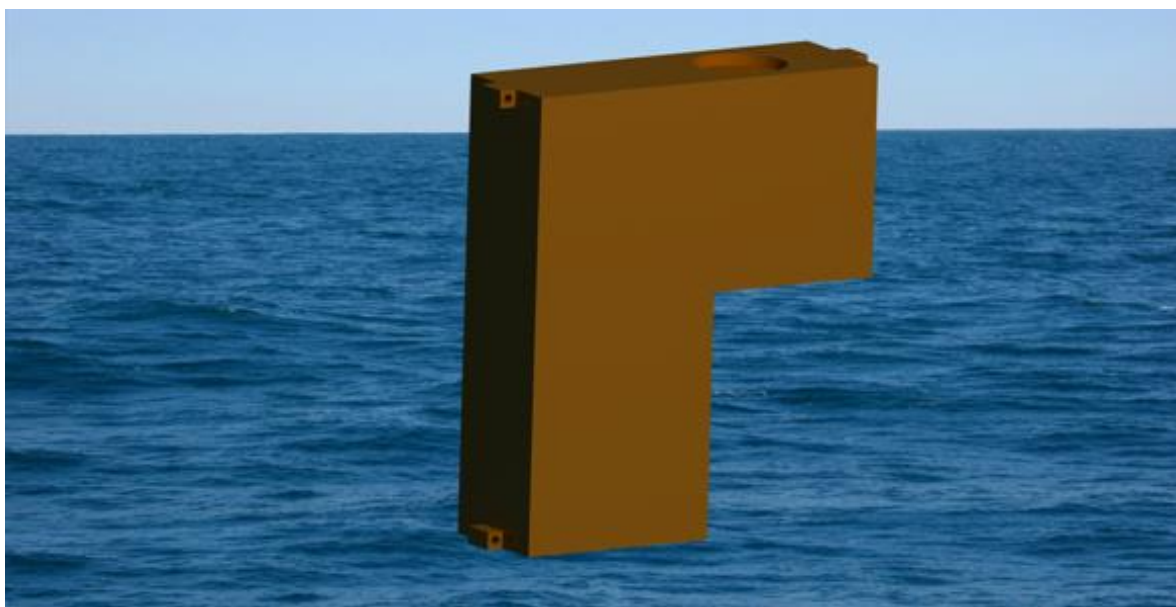
Figur 26 Rendering av fästmekanismen

### 4.1.3 Vinschmekanismen

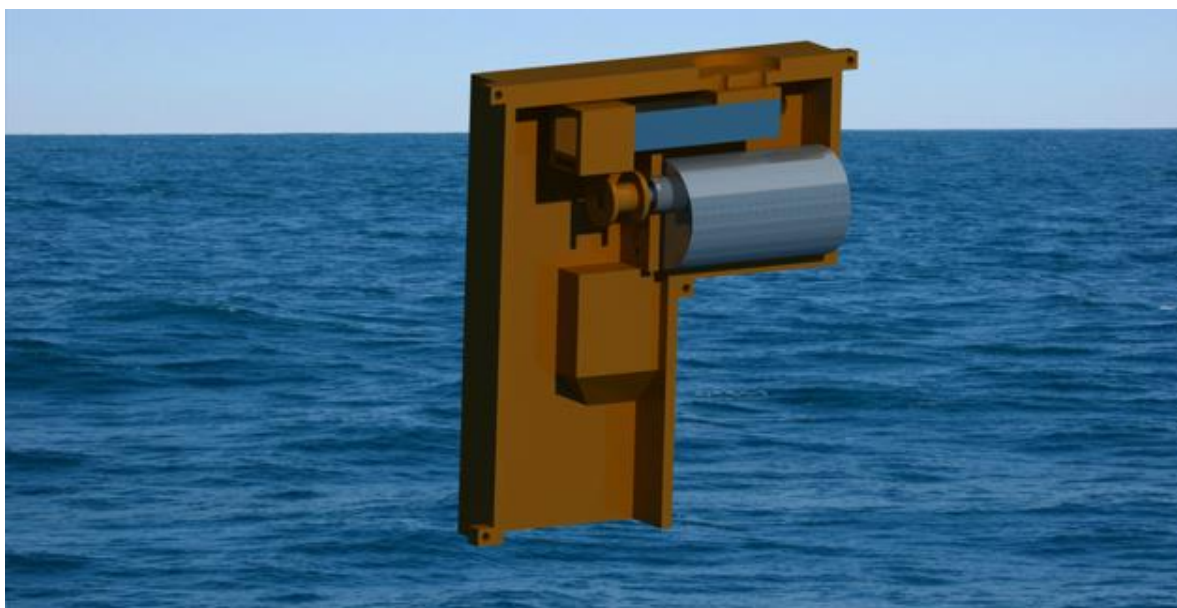
Vinschmekanismen kan visualiseras i Figur 27 och består av ett hölje som är uppdelat i två delar och en spole samt en distans, ritningar på samtliga finns i Bilaga E. Höljet omsluter alla elektriska komponenter och spolen, det skyddar och gör att de kan samspela på ett bra sätt. Ett utrymme finns anpassat till fästmekanismen för att den ska vara väl förankrad vid transport. Figur 28 visar ett tvärsnitt av vinschmekanismen där de ingående komponenterna kan betraktas.

Distansen i vinschmekanismen användes för att skapa en luftspalt mellan höljet ”tak” och lastgivaren för att säkerställa korrekta mätvärden. Öglan på lastcellen som linan löper genom sitter fast genom presspassning, detta gör även spolen på den asymmetriska motoraxeln. Vinschmekanismen kan i praktiken monteras på en drönare i vilken färdriktning som helst men måste vara placerad så att linan löper vertikalt mot lastgivaren, alltså stående. Kablaget från lastgivaren och motorn löper ut genom ena ”väggen” och kopplas ihop med lämplig utrustning för att avläsa och styra dessa komponenter.

Vinschmekanismen bibehåller raka geometriska former för att enkelt kunna anpassas aerodynamiskt och integreras volymeffektivt på en specifik drönare. Dessa raka geometrier gör det också enkelt att anpassa höljets storlek efter olika typer av elektriska motorer, till exempel längre motorer med pulsgivare monterade på axel samt olika lastgivare. Höljet kan också utan svårigheter dimensioneras efter olika mått på fästmekanismen ifall större eller mindre laster ska användas. Komponentens konstruktion är inte anpassat efter något materialval men önskvärt är ett styvt och lätt material för att öka flygtiden genom att minska totalvikten.



Figur 27 Rendering av vinschmekanismen stängt hölje

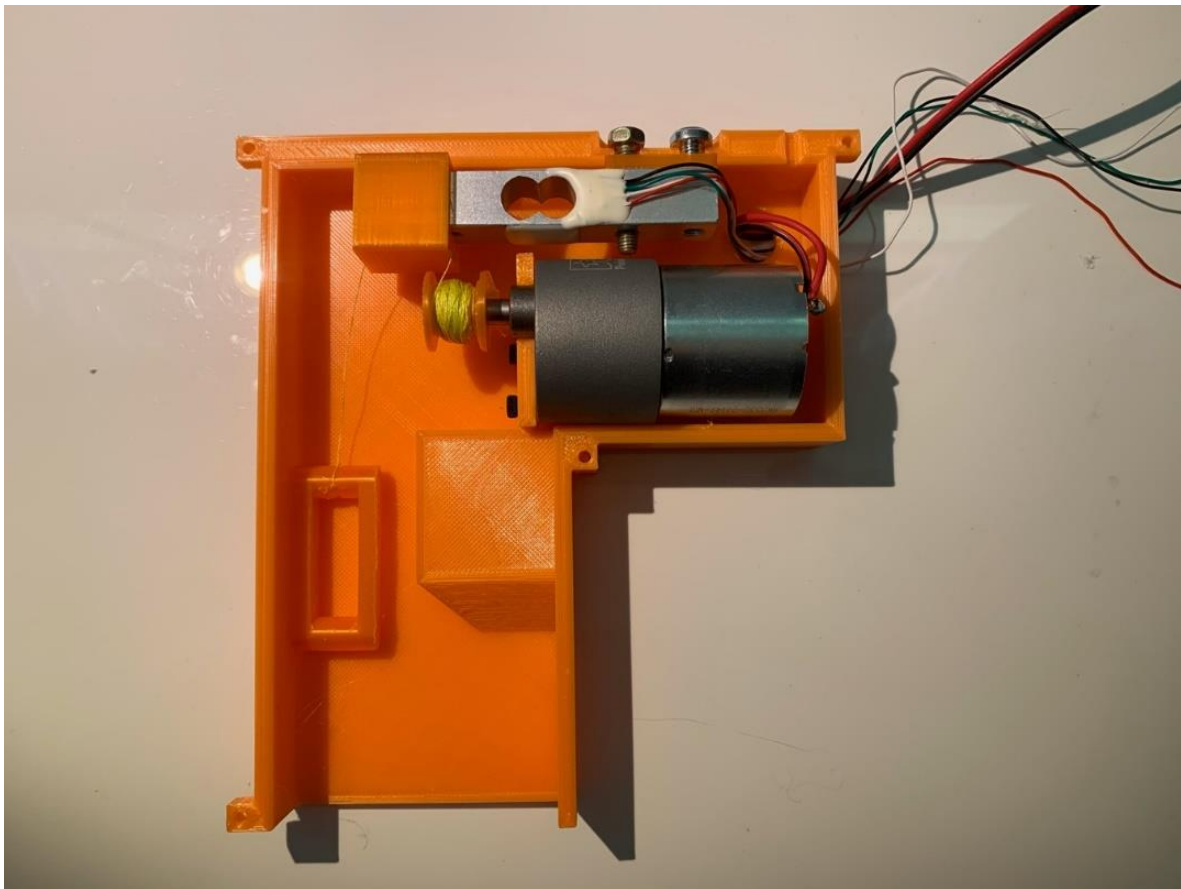


*Figur 28 Rendering av vinschmekanismen med öppet hölje*

#### 4.1.4 Funktionsmodellen

Slutkonstruktionen tillverkades genom additiv tillverkning som en funktionsmodell för att påvisa och verifiera dess funktionalitet i de olika momenten som täcks av arbetet. Materialet på funktionsmodellen, bortsett från de inhandlade externa komponenterna, är av PLA-plast. Inställningsparametrarna för 3D-skrivaren såsom lagerhöjd, antal skallager, ifyllnadsandel med fler har anpassats för att dimensionerna i ritningsunderlaget ska ge tillräckligt god styrka i konstruktionen samt att toleranser ska fungera som tänkt, där inkluderas presspassning mellan komponenter och möjlighet till att gänga plasten med enbart skruv. I Figur 29 visas en bild från monteringen av funktionsmodellen med dess elektriska komponenter.

Funktionsmodellen är riggad med provisoriska lösningar för att fästa en last (vit låda) med fästmekanismen och för att montera vinschanordningen i takhöjd.



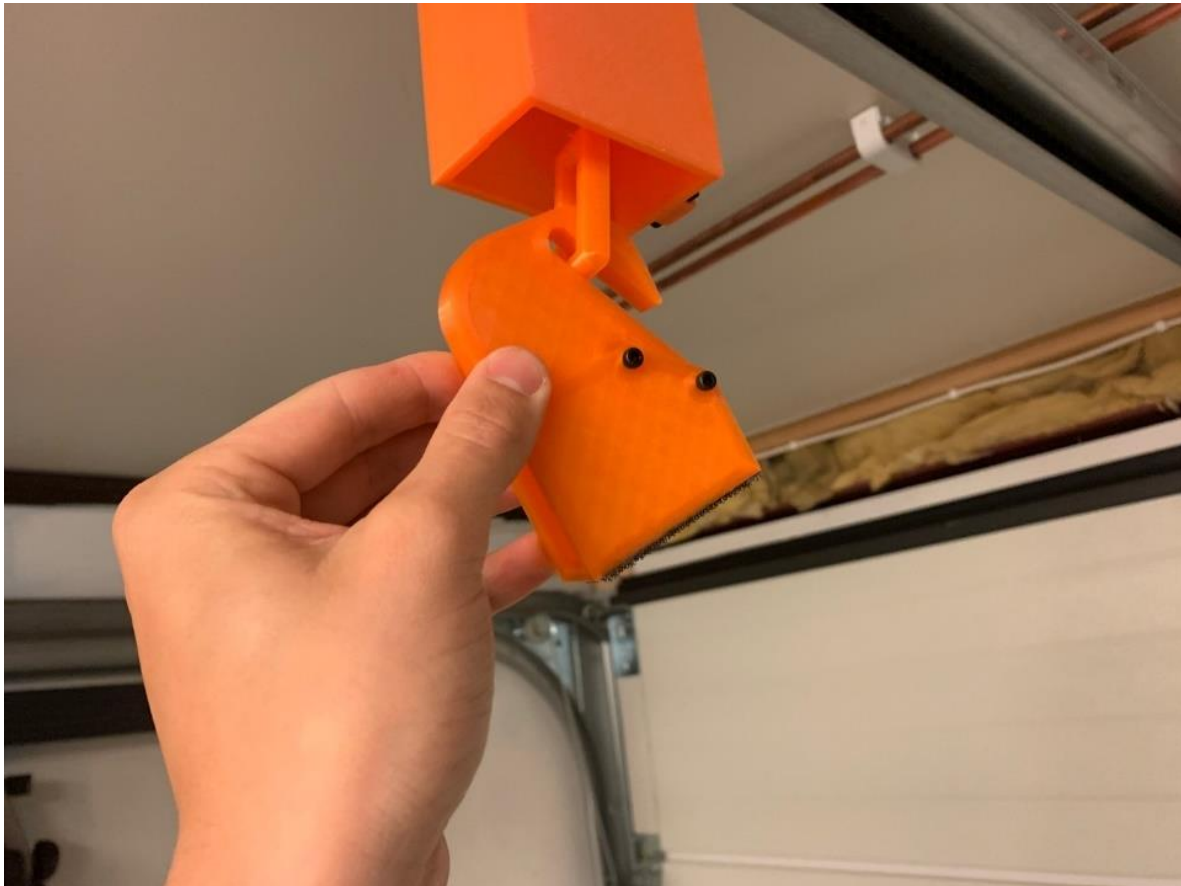
*Figur 29 Prototyp vinschmekanism med elektriska komponenter, öppet hölje*

#### 4.1.4.1 *Beskrivning av vinschanordningens steg vid leverans*

I detta avsnitt kommer vinschanordningens olika funktioner som arbetet omfattades av att beskrivas och visualiseras i figurer från dess att paketet är redo att fraktas till dess att det är levererat.

##### 4.1.4.1.1 *Steg 1*

Mittendelen av fästmekanismen hängs på den övre delen av vinsmekanismen då endast en liten del av linan är utvinschad och kan visualiseras i Figur 30.



*Figur 30 Fästmekanismen lastas på vinsmekanismen*

#### 4.1.4.1.2 Steg 2

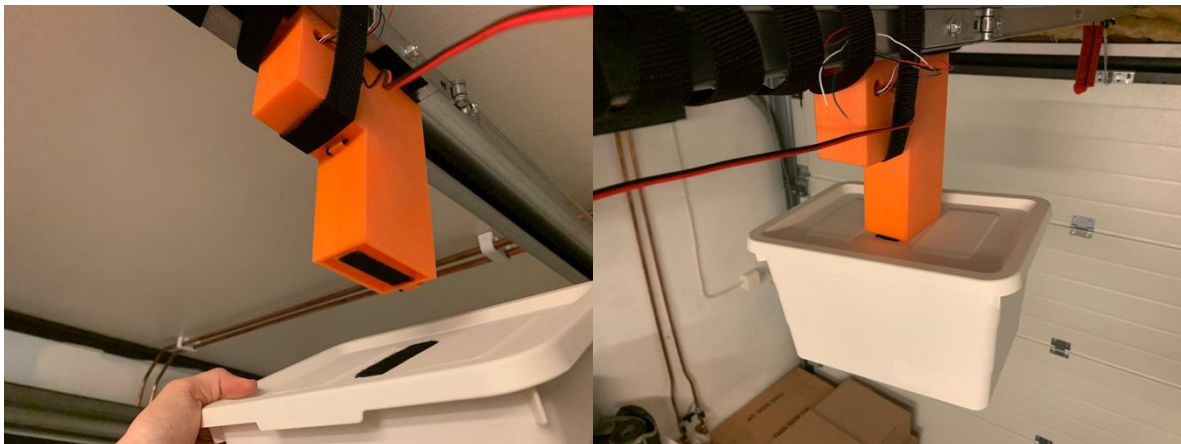
Linan spolas in manuellt till dess att fästmekanismen trycks mot stoppen inne i höljet. Vid automatisk drift är detta något som lastgivaren skulle kunna avläsa. Vinschanordningen är i olastat läge redo för att fästmekanismen ska anslutas med den valda lasten dikt an mot höljet och visas i Figur 31.



*Figur 31 Vinschanordning redo att bli lastad med det föremål som ska levereras*

#### 4.1.4.1.3 Steg 3

I Figur 32 monteras lasten mot fästmekanismen dikt an med den provisoriska lösningen som använder sig utav kardborreband.



*Figur 32 Lasten fästes på fästmekanismen*

#### 4.1.4.1.4 Steg 4

Utvinschningen påbörjas i Figur 33 och lastens relation till fästmekanismen under färd kan visualiseras.



*Figur 33 Bildsekvenser under nedvinschning av lasten*

#### 4.1.4.1.5 Steg 5

Lasten intar marknivå och fästmekanismen avlastar automatiskt lasten, detta kan betraktas i Figur 34.



*Figur 34 Fästmekanismen är under lossning av last vid intagen marknivå*

#### 4.1.4.1.6 Steg 6

I Figur 35 har linan börjat vinschas upp efter att paketet och delar av fästmekanismen har frigjorts.



*Figur 35 Lasten är levererad och uppvinschning av linan påbörjas*

#### 4.1.4.1.7 Steg 7

Övre delen av fästmekanismen har vinschats upp hela vägen. Lasten tillsammans med mitten och undre delen av fästmekanismen har levererats enligt Figur 36. Leveransprocessen är genomförd.



*Figur 36 Leveransen är slutförd och linan är uppvinnschad samt lasten är levererad*

## 4.2 Kravuppfyllelse

För att undersöka vinschanordningens egenskaper jämförs denna med kravspecifikationen för att de ska kunna verifieras. Vissa specificerade krav skapades för att ge underlag till vidareutvecklingen av detta projekt, därför är några av dessa krav inte verifierbara då det är i ett för tidigt skede att till exempel bestämma exakt vilket material som ska användas på produkten.

Nedan listas krav och önskemål från kravspecifikation och hur de har verifierats.

1. *Låg Vikt* – Detta krav möts genom att ett material som plast har valts som prototypmaterial som är ett hållfast material relativt sin låga vikt. Vid vidareutveckling kan detta vidare undersökas för att minimera vikten genom material och konstruktion.

2. *Lastvikt* - Lastvikten beror stor del på hur mycket vikt drönaren kan hantera kontra hur mycket lina som är utvinschad. Hållfastheten på vinschanordningen spelar stor roll för hur mycket vikt som går att lasta, dock har inte hållfasthetsberäkningar behandlats i detta projekt då det är ett för tidigt stadie för att det skulle vara givande.

3. *Låg Totalvolym* – Volymen är mestadels anpassad efter de elektriska komponenter som ingår i vinschmekanismen och dels efter fästmekanismens utformning. Detta gör att volymen är minimerad i detta stadie av projektet.

4. *Lastvolym* – Eftersom produkten är anpassad till att vinschen ska hålla lasten dikt an höljet så finns det egentligen ingen begränsning för hur stor volym lasten kan ha.

5. *Kapslingsklass* – Detta krav kan verifieras i vidareutvecklingen av detta projekt då materialet för produkten inte har beaktats i detta stadie.

6. *Drifttemperatur* – Även detta krav är delvis materialberoende och går inte att verifiera i det här stadiet.

7. *Avsatt utrymme till komponenter för vidare utveckling* – Det här kravet har uppfyllts genom att vinschmekanismens utformning har anpassats så att det går snabbt och smidigt att ändra i höljet för eventuellt tillägg av elektriska komponenter. Vidare så har en grundläggande utvärdering gjorts för att inkludera de elektiska komponenter som krävs i detta stadie av projektet.

8. *Mindre Komplex Lösning* – Det här är det konceptet med en relativt simpel geometri som enkelt går att anpassa. Fästmekanismen är här enkel att förstå för tredje part vid stressade situationer.

9. *Elektrisk Vinschdrift* – Vinschens spole kommer drivas med en elektisk motor för att förenkla uppvinschningen av linan.

10. *Variabel avstånd mellan Drönare och Last* – Det finns utrymme på spolen till att ha lina som är minst 30m.

11. *Variabel avstånd mellan Drönare och Last* – Det finns möjlighet att anpassa spolen så att det får plats mer än 30 m lina, men det är en senare fråga hur vida det är värt det, då det inte är nödvändigt att ha mer last i form av extra lina om det ändå inte kommer komma till användning.

12. *Manuell lossning av last* – Fästmekanismen är väl anpassad till att enkelt kunna avlastas manuellt av tredje part, antingen genom att ta tag i paketet och låta fästmekanismen lossa sig själv eller manuellt ta tag i fästmekanismen och kroka av.

13. *Säkerhetsfunktion Vinschmekanism* – Det finns en sensor som känner av tyngden i linan ifall den har fastnat eller likvärdigt som medför ökad belastning. I detta projekt har dock inte ingått att utveckla en säkerhetsfaktor där linan kapas ifall belastningen blir för hög i den utvärderats närmare.

14. *Frigöra last vid intagen marknivå* – Fästmekanismens funktion är anpassad så att när lasten intar marknivå så släpper fästmekanismen linan och paketet lossas.

15. *Säkerhetsfunktion Fästmekanism* – Det här önskemålet har under projektets gång utvärderats och ifrågasatts huruvida det är nödvändigt att ta i beaktande. I stället har fästmekanismen anpassats så den lossnar med paketet när det har intagit marknivå för att förhindra att den skulle fastna vid uppvinschning.

16. *Intuitiv Fästmekanism* – Fästmekanism är väl anpassad för att vara lätt att lossa vid stressade situationer, antingen genom att ta tag i paketet så linan slackar eller ta tag i fästmekanismen och kroka av från linan.

17. *Lossa last med en hand* – Fästmekanismen är anpassad så att den går att lossa med en hand vid behov.

Föreslagen vinschanordningen har därmed uppnått de krav och önskemål som sattes tidigare i projektet.

### 4.3 Svar på frågeställning

Svar på frågeställningar som ställdes i är enligt följande:

*Existerar det lösningar på motsvarande problem idag som kan tillämpas i detta projekt?*

Som nämnt i teoriavsnittet finns det lösningar för hur en drönare kan leverera paket och last till bestämda destinationer. Det finns därför information och erfarenheter att hämta från detta, men det behöver också vägas emot de förutsättningar som är givna i det här projektet. Möjligen kräver de yttre omständigheterna mer av produkten, till exempel att drönaren färdas i hårdare väderlek än angivet.

*Hur kan en lösning på fästmekanismen se ut?*

Projektet genererade flera olika koncept som bland annat bygger vidare på befintliga lösningar som finns på marknaden idag men även egengenererade lösningar som inspirerats från delar av befintliga lösningar. Ett flertal potentiella lösningar har presenterats för hur en fästmekanism kan utformas och fungera, dessutom en prioriterad lösning med tillhörande ritningar och prototyp.

*Hur kan en lösning för en vinsch på drönaren se ut?*

En vinsch består oftast av som tidigare nämnt en spole med lina och något slags omslutande hölje. Därav genererades flertalet olika lösningar för hur en vinschmekanism på en drönare kan se ut genom att fokusera på utformningen av spolen i relation till drönaren och höljet. En bred bas av lösningsalternativ presenterades med olika varianter av uppvinchningslösningar och designs av hur höljet kan prestera tillsammans med de ingående elektriska komponenter som behövs för att uppfylla vinschanordningens funktion. Det föreslagna konceptet för vinschanordningen var väl anpassad för att enkelt kunna justera utformning och som var möjlig att förverkliga i en helhetsprototyp.

*Hur kan vidareutveckling av arbetet fortskrida?*

Den här frågeställningen vidareutvecklas mer i avsnitt 5 där rekommendationer och diskussioner presenteras.

## 5 Diskussion och Slutsats

---

*Diskussion kring resultat samt vidare rekommendationer och slutsats presenteras i detta avsnitt.*

---

## 5.1 Förutsättningar

Projektet startade på ett blankt papper med få ramar för hur arbetet skulle utföras och vad det skulle innehålla. Därav sattes tydliga avgränsningar och mål för vad som skulle åstadkommas med projektet och med vilka metoder. Underliggande i projektet har det varit viktigt att inte dyka in på detaljer i enstaka koncept och omständigheter då det hade gett en ojämn nivå i projektet. Det för att skapa ett så bra och brett grundligt underlag som möjligt för fortsatt arbete. Eftersom en bred bas med mycket information från start i ett projekt ger bättre förutsättningar för vidareutveckling.

Vid marknadsundersökningen upptäcktes befintliga helhetslösningar på marknaden idag enligt teoriavsnitt 2.4 där SVT Nyheter gjort ett reportage. Det är dock fortfarande en relativt ny möjlighet med just leveranser med hjälp av drönare och det finns därför en stor utvecklingspotential. Just att paketet ska flygas ut till havs ger andra förutsättningar i jämförelse med vad som kunnat hittats på marknaden idag, exempelvis andra väderförutsättningar och att paketet släpps med mer precision beroende på hur situationen ser ut.

Under projektets gång har vissa upptäckter och iakttagelser gjorts utifrån vad som föreskrivits tidigare i projektet. Ett exempel på det är hur viktigt det är att fästmekanismen hänger med paketet upp igen när paketet släppts av. Det slutgiltiga konceptet för fästmekanismen är konstruerad på ett sådant sätt att fästmekanismen sitter sammanfogat med lasten och kommer därför inte vinschas med upp igen under normala fall. Detta kan ses som både för- och nackdel. Fördelarna är att drönaren belastas med mindre vikt vid hemfärd samt att linan löper mindre risk att fastna när den vinschas upp. Det behöver avgöras om kostandsförlusten för fästmekanismen i relation till lasten är betydande, i förhållande till risken för att linan fastnar vid uppvinning.

Tidigare i projektet var det viktigt att vinschanordningen skulle vara aerodynamisk för att passa ihop med drönaren och minska luftmotståndet. Men på senare tid är det inte givet vilken typ av drönare som kommer användas för ändamålet. Därför är det slutgiltiga konceptet skapat på så sätt att det är lätt att anpassa höljet till andra dimensioner för att möjligheten till aerodynamik finns. Det var också sagt i kravspecifikationen att en säkerhetsmekanism skulle finnas på fästmekanismen för att kunna frigöra endast fästmekanismen om den skulle fastna någon gång under processen. Men under projektets gång har detta önskemål ifrågasatts mer då det kan vara överflödigt för det kan anses räcka med säkerhetsmekanismen som sitter upp i vinschmekanismen. Både ur synvinkeln för komplexitet som fästmekanismen då får och kostnadssynpunkt.

## 5.2 Prototyp tillverkning

Vid prototyp tillverkningen gjordes en del upptäckter värda att diskutera, den föreslagna produkten består av ett hölje där fästmekanismen är anpassad att passa i. Detta medför att om det skulle bli en misslyckad leverans och paketet behöver vinschas upp igen så kan det vara problematiskt för fästmekanismen att komma upp i höljet igen. Därför kan det vara på agendan att överväga nyttan att fästmekanismen ingår i höljet eller om det finns en bra lösning så den kan komma på plats igen efter uppvinning såsom en trattformad utformning.

## 5.3 Rekommendationer vidareutveckling

Utifrån underlaget som presenterats i denna rapport finns det utrymme för vidareutveckling ur flera aspekter. Några områden med utvecklingspotential för vinschanordningen är:

- Dela upp projektet ytterligare i fästmekanism och vinschmekanism för att gå in på djupare detaljnivå. Även klargöra fler yttre omständigheter och möjliga scenarion som vinschanordningen kan hamna i.
- Behöver fästmekanismen kunna vinschas upp hela vägen igen med last? I sådant fall, vad behövs ändras på konstruktionen för att detta ska vara möjligt?
- Olika typer av linor för att se hur de till exempel beter sig lastade samt hur de påverkar vindomfånget vid utvinningen.
- Alternativa lastgivare som möjligtvis kan vara mer volymeffektivt?
- Alternativa motorer för snabbare ned och uppvinning.
- Undersöka behovet av att veta exakt längd utvinschad lina.
- Lösningar på hur fästmekanismen kan hållas upp utan motorkraft i höljet för att spara på batteri.
- Optimala dimensioner för fäst- och vinschmekanism anpassade efter fastställda elektroniska komponenter och last.
- Lösningar på hur specifika laster bäst monteras på vinschen, hur lasten ska fästas på fästmekanismen för att vara som mest flexibel men samtidigt hålla fast den på ett säkert sätt.
- Förekommer trassel på spolen i den mån att det blir ett problem? Hur frekvent? Vad kan göras åt det?
- Olika lösningar för säkerhetsmekanismen vid för mycket kraft i linan samt undersöka om behovet finns att en operatör ska kunna kapa linan manuellt med denna säkerhetsmekanism.
- Vilken drönare som ska användas och hur en integration alternativt montering kan se ut.
- Optimera konstruktionen i kombination med materialval och hållfasthetsberäkningar.
- Undersöka lämpliga produktionsmetoder.

Dessa rekommendationer är exempel på vad som kan ligga till grund för vidareutveckling av vinschanordningen.

#### 5.4 Slutsats

Det här projektet resulterade i en helhetslösning för en vinschanordning som genererades fram genom varsin konceptgenerering för fäst- och vinschmekanismen. Detta resultat kan ligga som grund för att underlätta illustrationen om förverkligandet av den ursprungliga visionen.

Det föreslagna konceptet är också ett resultat som kan användas som underlag för vidareutvecklingen. Framtagningen av kravspecifikation och flödesschema behövs för att vidare kunna arbeta med projektet och göra Anpassningar för de framtida tillägg av ändrade förutsättningar för projektet. Även de metoder som morfologisk matris för generering av olika koncept kan betraktas som underlag för att vidare utöka dessa och få fram ytterligare lösningar för vinschanordningen.

Olika situationer och funktioner av vikt för utformningen för projektet har iakttagits och lyfts fram för att underlätta i nästa skede. Dessa iakttagelser ska då kunna vägas in i vidareutvecklingen för att effektivisera processen och uppnå bästa möjliga framgång.

## Referenser

- Catia (No. V5). (2016). Dassault Systemes.
- dafo. (n.d.). *Brandslang folder*. Retrieved May 6, 2021, from <https://user-wuolivt.cld.bz/Brandslang-folder>
- Dematek. (n.d.). *Automatisk krok*. Retrieved May 5, 2021, from <https://www.dematek.se/produkter/lastmatning-kransakerhet/automatic-hook/>
- Eitel, E. (2014). Basics of Rotary Encoders: Overview and New Technologies. *Machine Design*. <https://www.machinedesign.com/automation-iiot/sensors/article/21831757/basics-of-rotary-encoders-overview-and-new-technologies>
- Flintec. (n.d.). *Lastceller, exakta och pålitliga med hög kvalitet*. Retrieved May 10, 2021, from <https://www.flintec.com/sv/viktgivare/lastceller>
- Honey, L. M., & Reynolds, R. C. (1957). *Seat belt buckles* (Patent No. US2807066A). US Patent Office. [https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/024212454/publication/US2807066A?q=Seat belt](https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/024212454/publication/US2807066A?q=Seat+belt)
- HTC-sensor. (n.d.). *Parallel Beam Load Cell*. Retrieved May 10, 2021, from <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/TAL220M4M5Update.pdf>
- Linköpings universitet. (n.d.). *Additiv tillverkning*. Retrieved May 11, 2021, from <https://liu.se/forskning/additiv-tillverkning>
- Olof, T. (2020). Drönare ska hjälpa till vid hjärtstopp – larmas via SOS Alarm. *SVT Nyheter*. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vast/dronare-ska-flyga-hjartstartare-i-goteborg>
- Pololu. (n.d.). *37 D Metal Gearmotors*. Retrieved May 10, 2021, from <https://www.pololu.com/file/0J1736/pololu-37d-metal-garmotors-rev-1-2.pdf>
- Postolek Filip. (2019). *Locking buckle* (Patent No. US10226106B2). US Patent Office. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/056974578/publication/US10226106B2?q=pn%3DUS10226106B2>
- Schneider Electric Motion. (n.d.). *Sizing: stepper motor physical size*. Retrieved May 10, 2021, from <https://motion.schneider-electric.com/technology-blog/stepper-motor-sizing-physical-size/>
- Seedstudio. (2019). *Choosing the Right Motor for Your Project - DC vs Stepper vs Servo Motors - Latest open tech from seeed studio*. <https://www.seeedstudio.com/blog/2019/04/01/choosing-the-right-motor-for-your-project-dc-vs-stepper-vs-servo-motors/>
- SHON, Y. (2016). *Release hook*. <https://www.youtube.com/watch?v=bybEM2Kydn8>
- Svenska Sjöräddningssällskapet. (n.d.). *Om oss | Sjöräddningssällskapet*. Svenska Sjöräddningssällskapet. Retrieved May 7, 2021, from <https://www.sjoraddning.se/om-oss>
- Trent, D. (n.d.). *How Does a Strain Gauge Load Cell Work? | Load Cell Central*. Load Cell Central. Retrieved May 10, 2021, from <https://www.800loadcel.com/load-cell-and-strain-gauge-basics.html>

## Bilagor

### Bilaga A

#### Kravspecifikation

#	#Kriterie	#K/Ö	#Målvärde	#Kontrollmetod	#Avser	#Kommentar
1	Låg Vikt	Ö5	Minimera	CAD-Konstruktion	Fästmekanism, Vinsch	
2	Lastvikt	K	< 2 kg	Specifikationsblad Lina	Fästmekanism, Vinsch	Lyfta hjärtstartare
3	Låg Totalvolym	Ö5	Minimera	CAD-Konstruktion	Fästmekanism, Vinsch	
4	Lastvolym	K	> 0,012 m <sup>3</sup>	Specifikationsblad Hjärtstartare	Fästmekanism, Vinsch	0,4x0,3x0,1m hjärtstartare
5	Kapslingsklass	K	IP67	Specifikationsblad	Fästmekanism, Vinsch	Vatten- och dammresistent
6	Drifttemperatur	K	Min: -30C, Max 50C	Materialegenskaper	Fästmekanism, Vinsch	Frostanpassad
7	Avsatt utrymme till komponenter	K	Ja	CAD-Konstruktion + Specifikationsblad	Fästmekanism, Vinsch	
8	Mindre Komplex Lösning	Ö5	Ja	Funktionsmodell	Fästmekanism, Vinsch	För de områden som projektet inte berör så ska det ändå lämnas utrymme för vidareutveckling.
9	Elektrisk Vinschdrift	K	Ja	Funktionsmodell	Vinsch	
10	Variabelt avstånd mellan Drönare och Last	K	0-30m	CAD-Konstruktion	Vinsch	
11	Variabelt avstånd mellan Drönare och Last	Ö3	0-50m	CAD-Konstruktion	Vinsch	
12	Manuell lossning av last	K	<10 Sekunder	Funktionsmodell	Vinsch	Mottagaren ska kunna fånga paketet och lossa för hand
13	Säkerhetsfunktion Vinschmekanism	K	Ja	CAD-Konstruktion	Vinsch	Släppa vid specificerat motstånd
14	Frigöra last vid intagen marknivå	K	Ja	CAD-Konstruktion	Fästmekanism	
15	Säkerhetsfunktion Fästmekanism	Ö3	Ja	CAD-Konstruktion	Fästmekanism	Släppa vid motstånd
16	Intuitiv Fästmekanism	Ö5	Ja	Funktionsmodell	Fästmekanism	Enkel Frigöring och montering av last + Belysning mm...
17	Lossa last med en hand	Ö2	Ja		Fästmekanism	För att fästmekanismen ska vara enkel att öppna
18	Aerodynamisk	Ö4	Ja		Fästmekanism, Vinsch	

## Bilaga B

### Morfologisk matris Fästmekanism

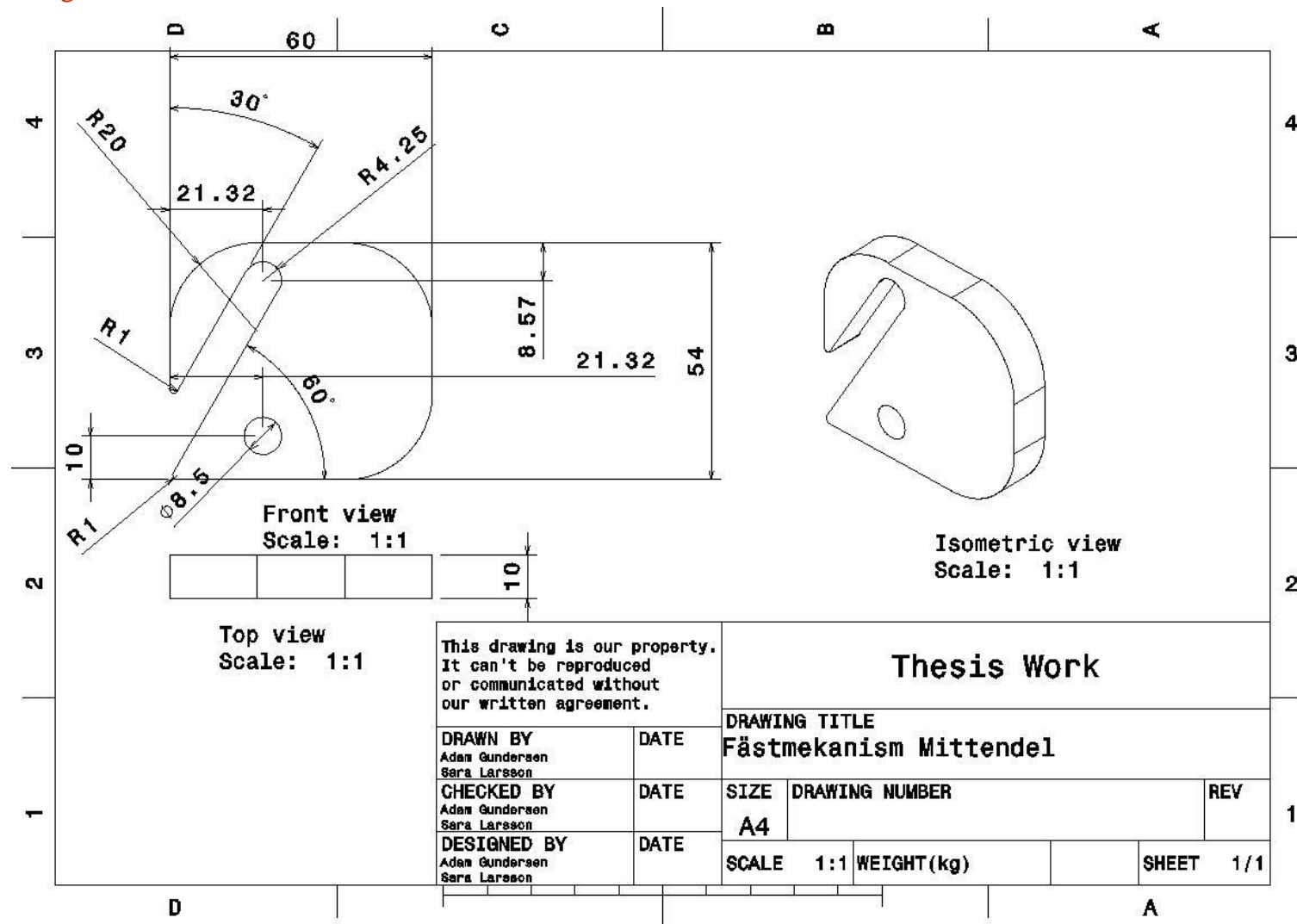
Delfunktion\Delösning	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4	Alternativ 5	Alternativ 6
<b>Fästmekanism</b>	Push and Twist Hane/Hona (B)	Bälteslås Hane/Hona (F)	Kabinhake / Ögla (D)	Hake (C) (E)	Kardborreband (D)	Spänne (A)
<b>Styrning fästmekanism</b>	Elektrisk Klo	Elektromagnetisk	Helt mekaniskt system (B) (C) (D) (E)	Elektriskt ställdon (A) (F)		
<b>Fästmekanism hålla Last</b>	Korg (B) (E)	Påse	Handtag (C)	Direkt i fästmekanism (A) (D) (F)		
<b>Stödfunktion</b>						
<b>Frigör fästmekanism från lina (Säkerhetsyfte)</b>	Mekaniskt (A) (B)	Elektriskt Ställdon (F)	Används ej (C)			

## Bilaga C

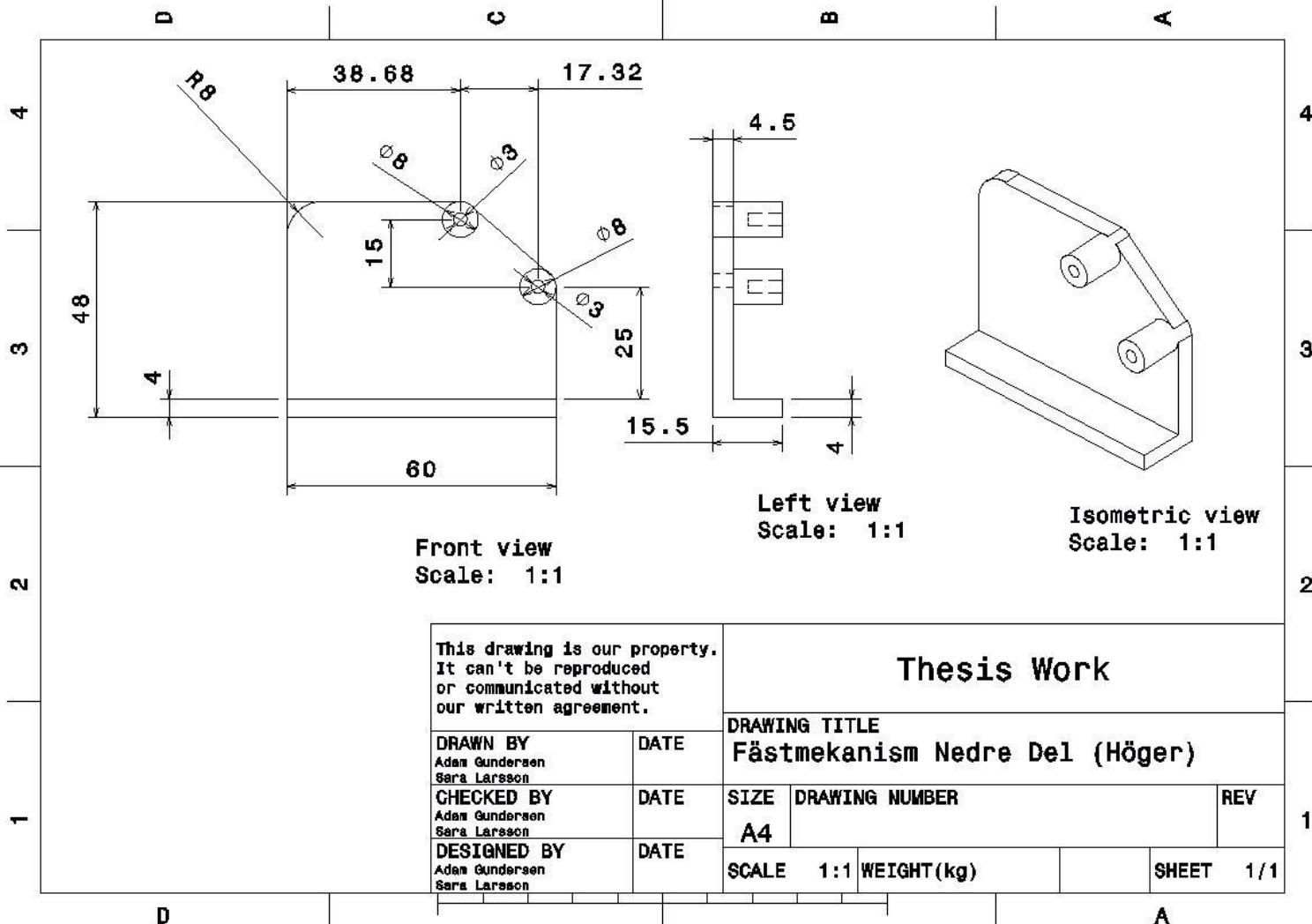
### Morfologisk matris Vinschmekanism

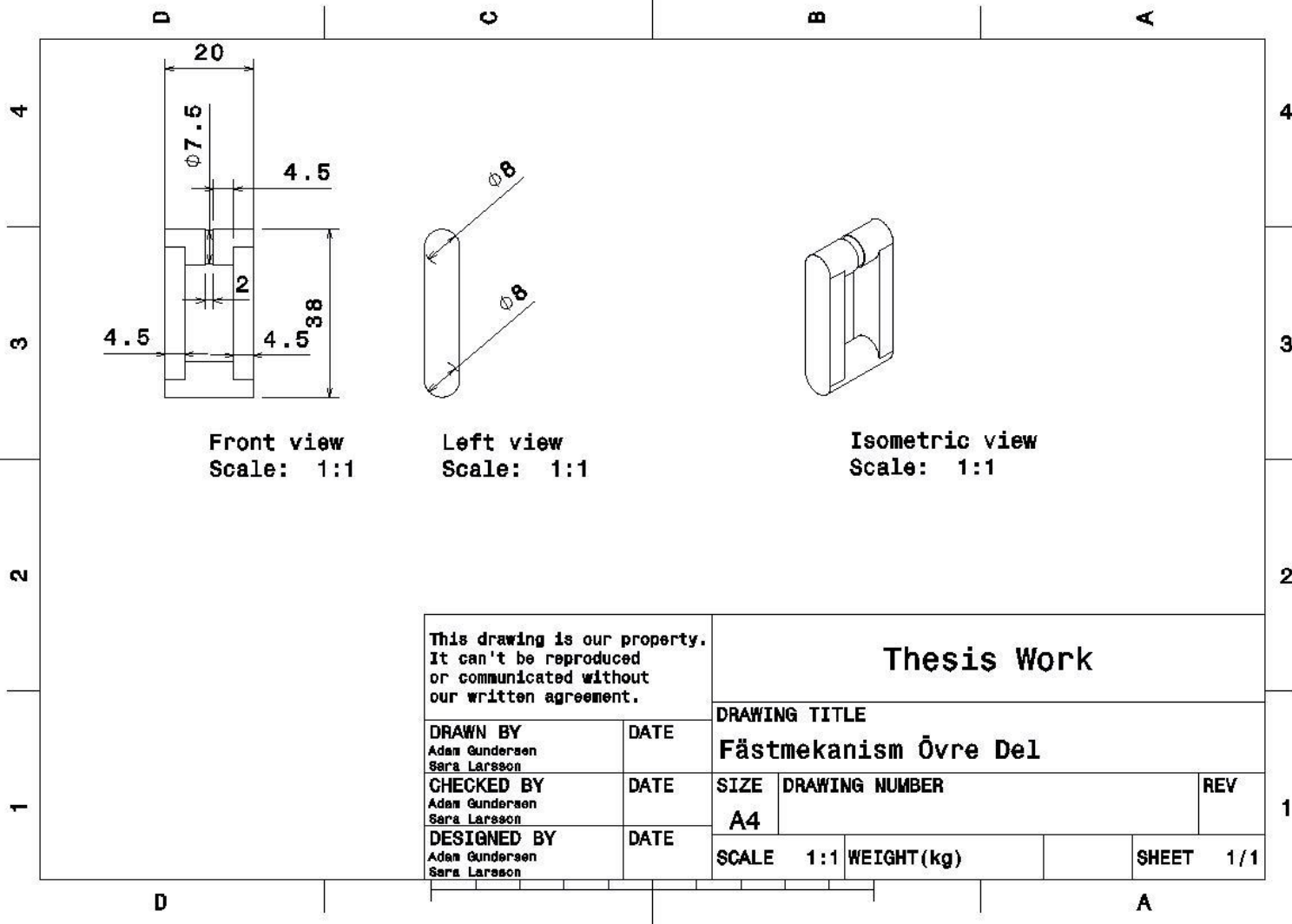
Delfunktion\Dellösning	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
<b>Koppla på Vinschmekanism på Drönare</b>	Monteras vid Behov (A) (D)	Monterad Permanent (B) (C)		
<b>Förbindelse mellan Vinsch och Fästmekanism (Lina)</b>	Nylonlina (Elastisk) (D)	Band (Stum) (C)	Flätlina (Stum) (A) (B)	
<b>Förvara Lina med Minimalt Trassel</b>	Styr linans placering på spolen med riktningmekanism (D)	En rörlig spole (B)	Kil / Enkelspår i Spolen (C)	"Vanlig" Inlindning, Slumpartad Linplacering på Spole.
<b>Vinscha lina Variabel Längd (Upp/Ned)</b>	12V Utväxlad likströmsmotor (B) (D)	12V Stegmotor (A) (C)		
<b>Avgöra om Nyttolasten är Avlastad</b>	Load Cell (A) (C)	Mekaniskt	Avläsning av Strömförbrukning	Mekatroniskt System med betoning på Mekanisk biten i lösningen
<b>Vinschhölje Utformning</b>	Exponerad spole / Öppen (C)	Skyddad Spole / Sluten (A) (B) (D)	Integrerad i Drönaren	
<b>Förvaring av Lastad Fästmekanism vid Transport</b>	Hållare för korg (B)	Kraft som håller lasten dikt an (C) (D)	Ugröpt Utrymme i Höljet (A)	
<b>Placering av Spole</b>	Liggandes / Horisontellt (B) (C)	Ståendes / Vertikal (A) (D)		
<b>Relation mellan Drönare och Spole</b>	Spole axiellt mot färdriktning (B) (D)	Spole vinkelrät mot färdriktning (A) (C)		
<b>Relation mellan Spole och Lina</b>	Linutmatning axiellt mot spolens rotation (B) (D)	Linutmatning vinkelrät mot spolens rotation (A) (C)		
<b>Stödfunktion</b>				
<b>Frigör lina från drönare (Oväntad motstånd i lina)</b>	Mekaniskt - Brott i förbindelsen vid viss spänning (A) (C)	Elektriskt Ställdon - Klyva med vasst föremål (D)	Elektriskt Ställdon - Värmehölje smälter/bränner av förbindelsen (B)	

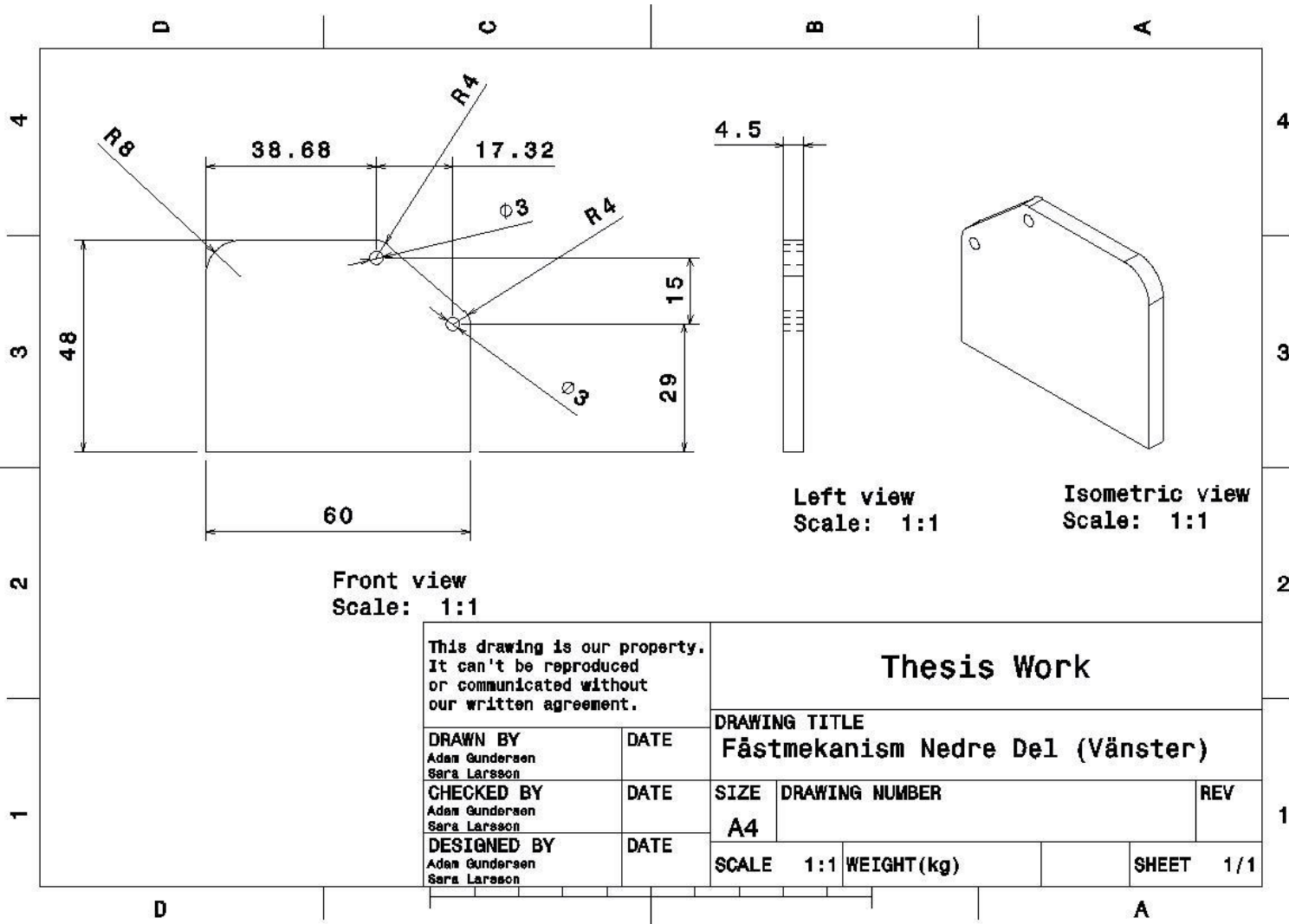
Bilaga D



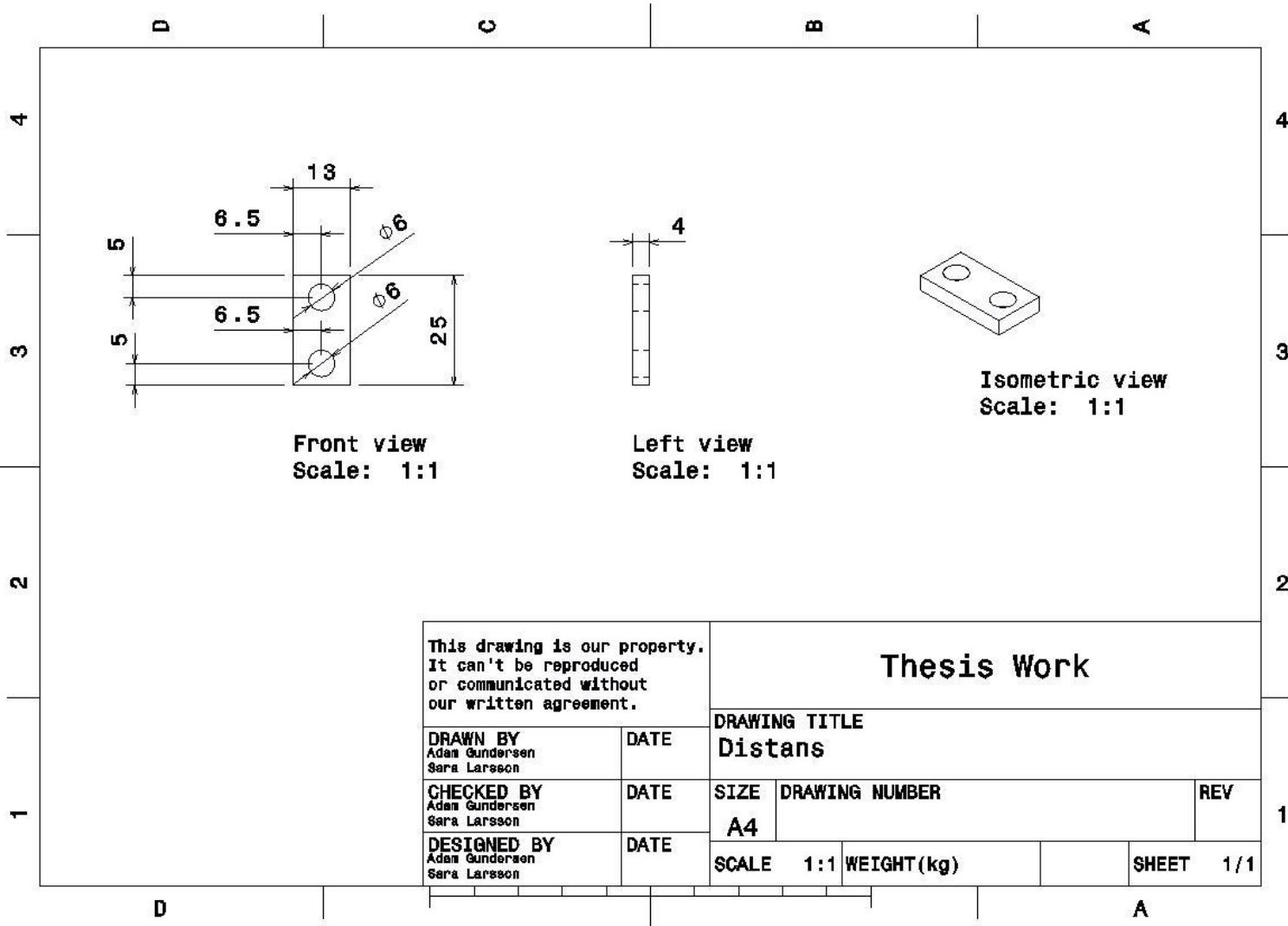
This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		<b>Thesis Work</b>		
DRAWN BY Aden Gundersen Sara Larsson		DRAWING TITLE <b>Fästmekanism Mittendel</b>		
CHECKED BY Aden Gundersen Sara Larsson	DATE	SIZE <b>A4</b>	DRAWING NUMBER	REV
DESIGNED BY Aden Gundersen Sara Larsson	DATE	SCALE <b>1:1</b>	WEIGHT(kg)	SHEET <b>1/1</b>

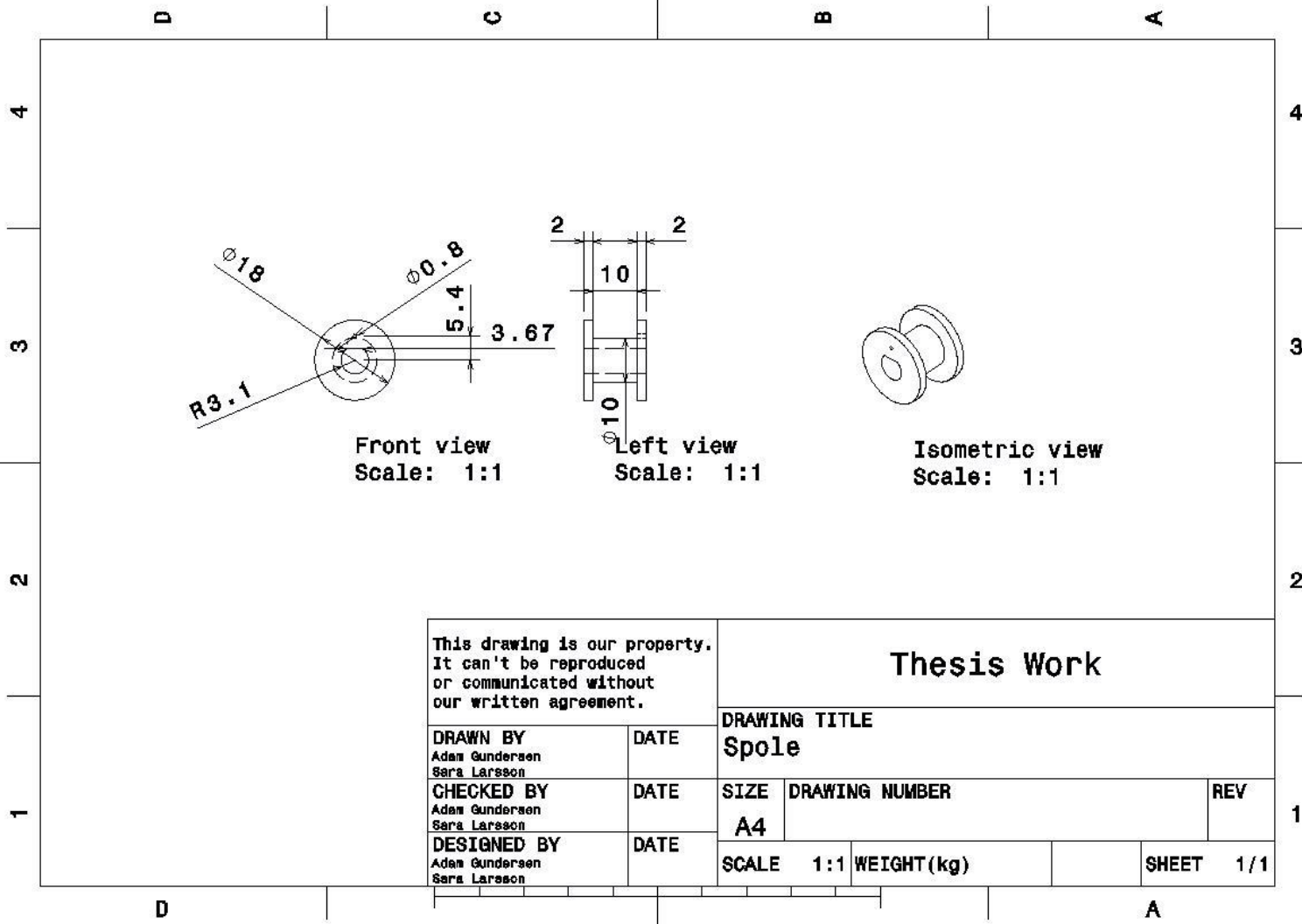


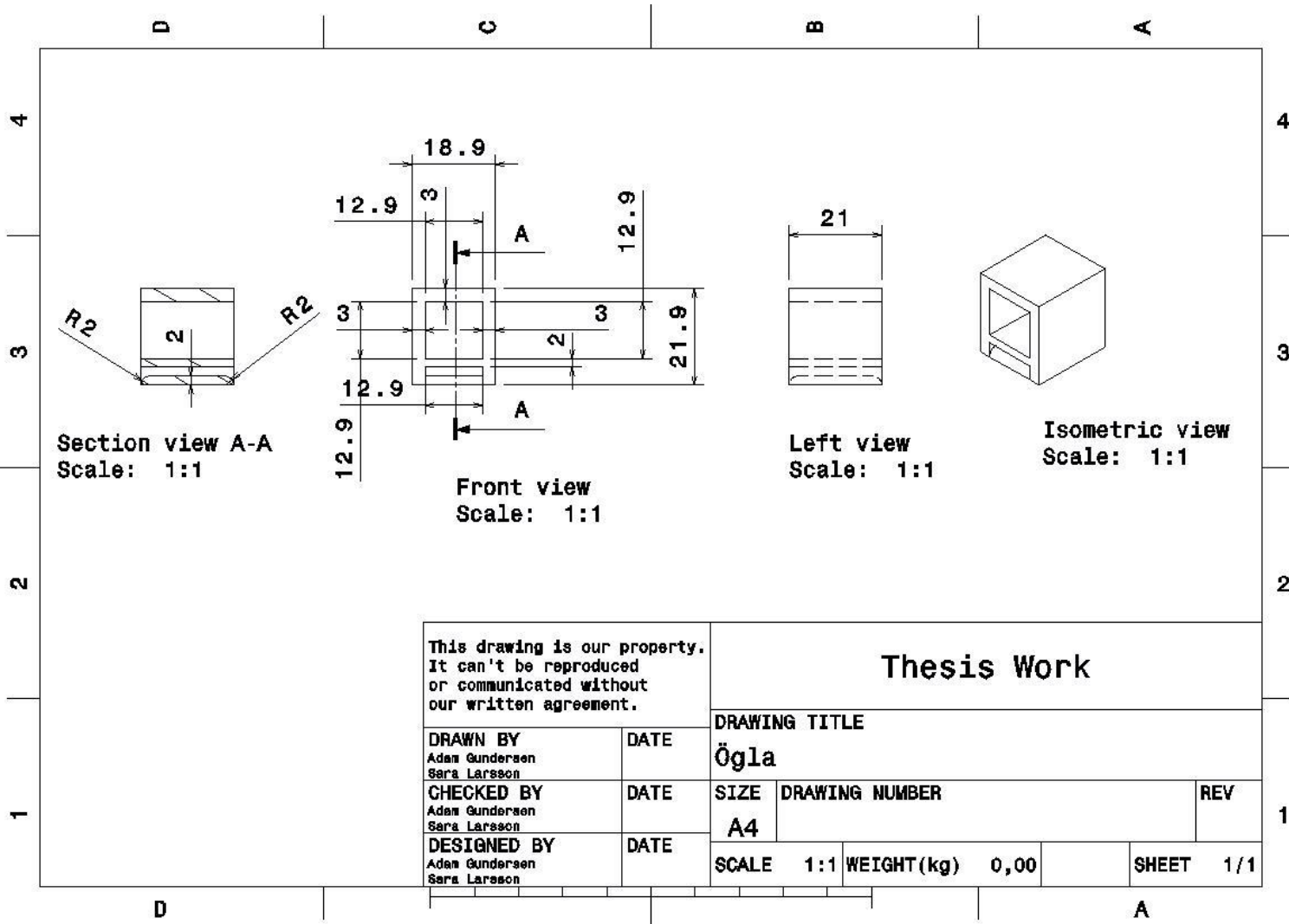




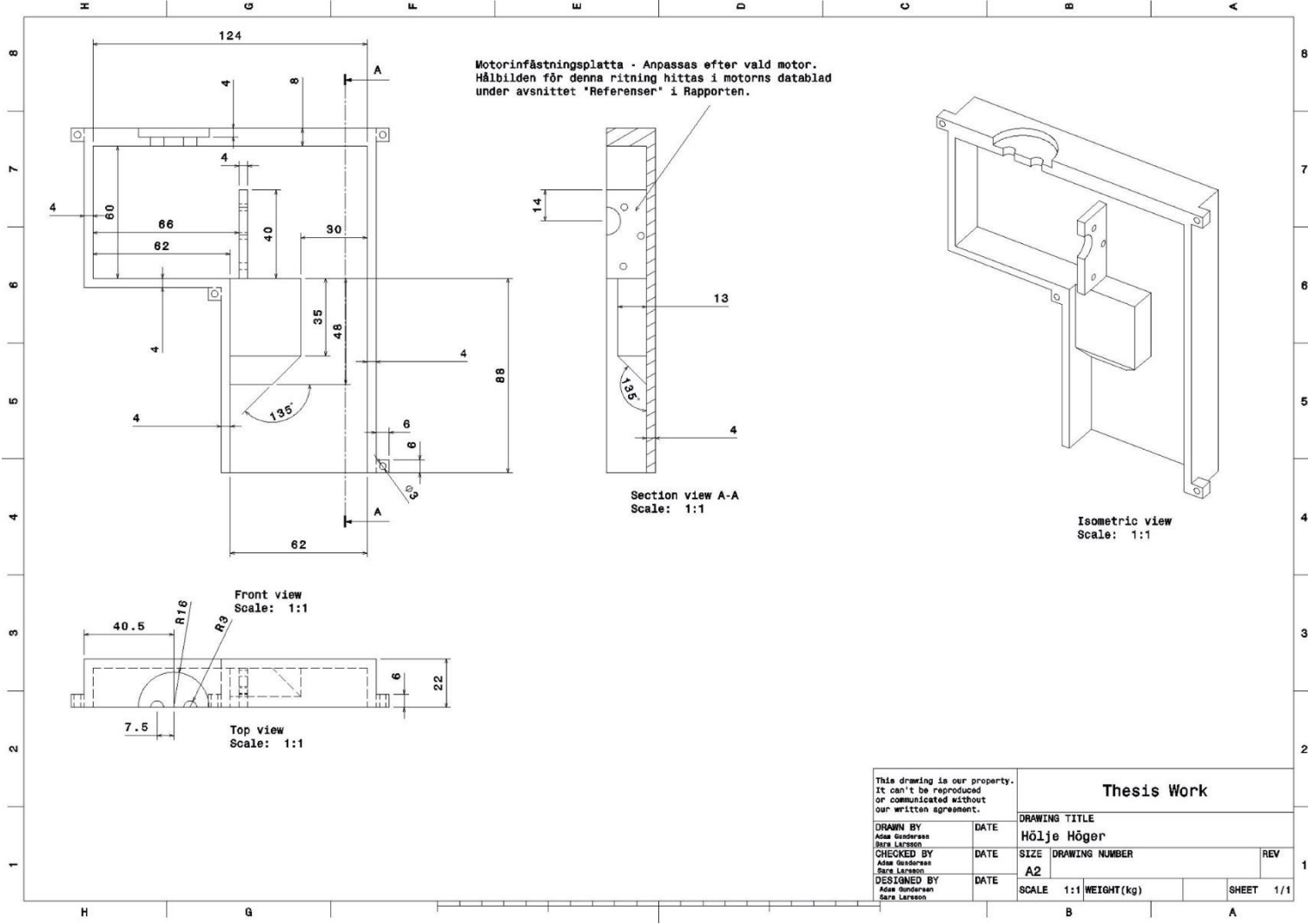
Bilaga E



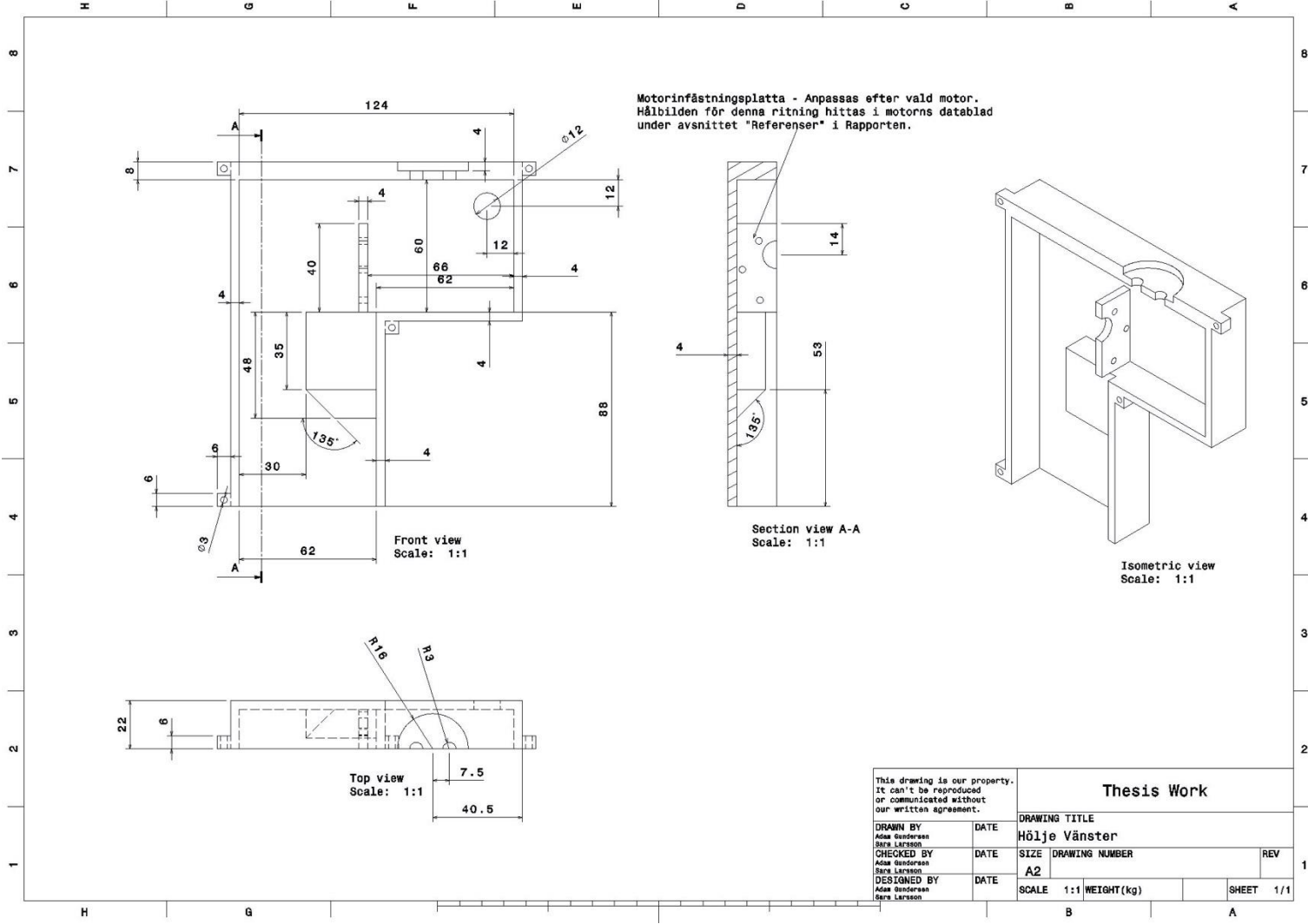




This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		<b>Thesis Work</b>			
DRAWN BY Aden Gundersen Sara Larsson		DATE		DRAWING TITLE <b>Ögla</b>	
CHECKED BY Aden Gundersen Sara Larsson		DATE		SIZE <b>A4</b>	DRAWING NUMBER
DESIGNED BY Aden Gundersen Sara Larsson		DATE		SCALE <b>1:1</b>	WEIGHT(kg) <b>0,00</b>
				SHEET	<b>1/1</b>



This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		<b>Thesis Work</b>	
DRAWN BY Aida Gundersen Sara Larsson	DATE	DRAWING TITLE <b>Hölje Höger</b>	
CHECKED BY Aida Gundersen Sara Larsson	DATE	SIZE <b>A2</b>	DRAWING NUMBER <b>REV</b>
DESIGNED BY Aida Gundersen Sara Larsson	DATE	SCALE <b>1:1</b>	WEIGHT(kg)      SHEET <b>1/1</b>



# Bilaga F

